

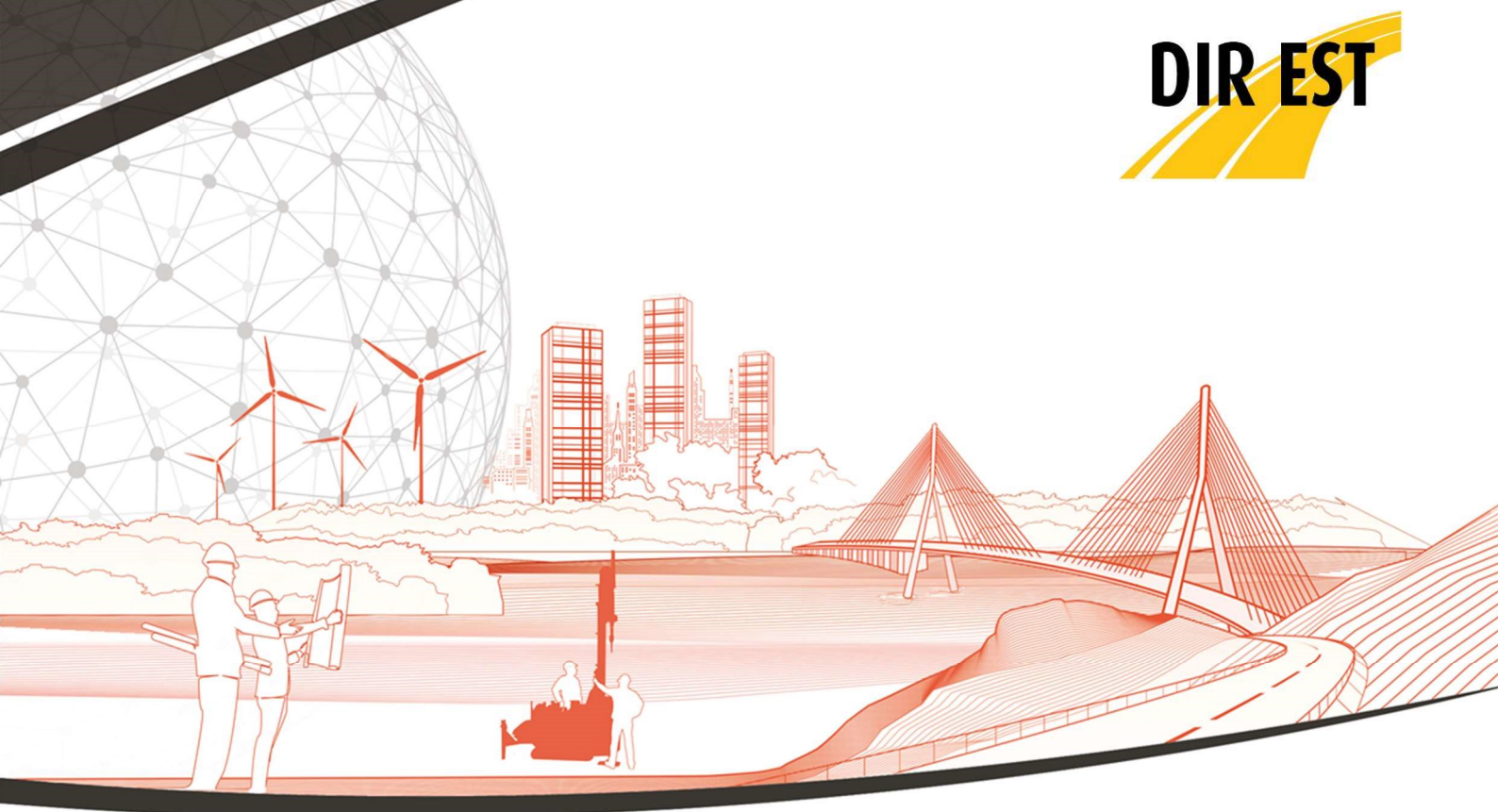
HYDROGEOTECHNIQUE

Mise

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.



DIR EST



**Mise en place de murs de soutènement pour la construction d'une passe à poissons sur
la Furieuse – RN83**

RENNES SUR LOUE (25)

Rapport d'étude géotechnique G2PRO

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	SUPERVISEUR	OBSERVATIONS
C.24.20.341_G2PRO	1	03/01/2025	A. LAVADO	J. VERSCHUERE	L. COLIN	Première diffusion

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	4
1.1. MISSION.....	4
1.2. RÉFÉRENTIELS	6
1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	6
2. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	9
2.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE.....	9
2.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	10
3. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE MISSION G1ES (RAPPELS)	11
3.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE.....	11
3.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	13
3.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	14
3.4. RISQUES NATURELS	14
4. CONTEXTES GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE, GÉOTECHNIQUE ET SISMIQUE (RAPPELS).....	19
4.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	19
4.2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	19
4.3. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES	19
4.4. SISMICITÉ	20
5. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES.....	22
5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES	22
5.2. ALÉAS	22
6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-PRO	24
7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE TERRASSEMENTS – MISSION G2-PRO.....	25
7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS.....	25
7.2. TERRASSEMENTS	25
7.3. STABILITÉ DES TALUS EN DÉBLAIS	26
7.4. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE.....	27
8. DIMENSIONNEMENT DES MURS DE SOUTÈNEMENT – MISSION G2 PRO.....	28
8.1. PRINCIPE	28
8.2. NIVEAU D'ASSISE	28
8.3. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	29
8.4. MODÈLE GÉOTECHNIQUE DU TERRAIN	30
8.5. MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE	30

8.6.	HYPOTHÈSES RELATIVES AU SÉISME	31
8.7.	ÉTUDE DE LA STABILITÉ EXTERNE DU MUR.....	31
8.8.	TASSEMENTS	34
8.9.	STABILITÉ DU RADIER	35
8.10.	SUJÉTIONS D'EXÉCUTION	36
9.	POINTS COMPLÉMENTAIRES À ÉTUDIER AUX STADES ULTÉRIEURS.....	36
ANNEXES		38
ANNEXE 1		39
ANNEXE 2		40
ANNEXE 3		41

1. INTRODUCTION

1.1. MISSION

À la demande de la **Direction Interdépartementale des Routes Est – Service Ouvrages d’Art**, la Direction Régionale Franche-Comté du Bureau d’Études Géotechniques **HYDROGÉOTECHNIQUE EST** a réalisé une étude géotechnique G2PRO dans le cadre de la mise en place de murs de soutènement pour la **construction d’une passe à poissons sur la Furieuse, en contrebas et au Nord de la RN 83, à RENNES SUR LOUE (25).**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme NFP94-500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase étude de site,
 - PGC : Phase principe généraux de construction,
- ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase avant-projet,
 - **PRO : Phase projet,**
 - DCE / ACT
- ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
- Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.

Le présent rapport correspond à la réalisation d'une **mission G2-Phase PRO** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexes la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

La présente mission fait suite à nos études de mission G5 établie le 22/06/2021 (document référencé C.21.20331 – Indice 1), et G1+G2AVP établies le 04/12/2024 (document référencé C.24.20.341 – Indice 1).

Ce rapport a été rédigé par **Antonio LAVADO**, Ingénieur INSA Strasbourg, avec le contrôle interne de **Jonas VERSCHUERE**, Ingénieur ENPC, et le contrôle externe de **Laurent COLIN**, Directeur d'agence et Ingénieur géologue-géotechnicien, DESS de Géologie Appliquée.

Les objectifs de cette étude sont :

- La présentation des données générales relatives au projet étudié,
- L'exposé des choix constructifs retenus à ce stade de la mission G2 PRO pour la réalisation des ouvrages géotechniques associés,
- L'analyse des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- La présentation des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier, définition des modèles géotechniques de calculs spécifiques à chaque ouvrage géotechnique élémentaire),
- Le dimensionnement géotechnique de niveau G2 PRO des ouvrages géotechniques indissociables de la construction du projet, hors ouvrages provisoires proposés par l'entreprise (grue...),
- La définition de prescriptions géotechniques particulières d'exécution et des éléments de contrôle qui leur sont associés.

Notre mission de type **G2-Phase PRO** s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-DCE/ACT, puis par la mission G4. Ponctuellement, une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle, à la caractérisation d'ouvrages enterrés, aux vérifications et dimensionnements liés aux calculs hydrauliques et le dimensionnement des enrochements et les conditions de leur mise en œuvre sont exclus de cette mission.

1.2. RÉFÉRENTIELS

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

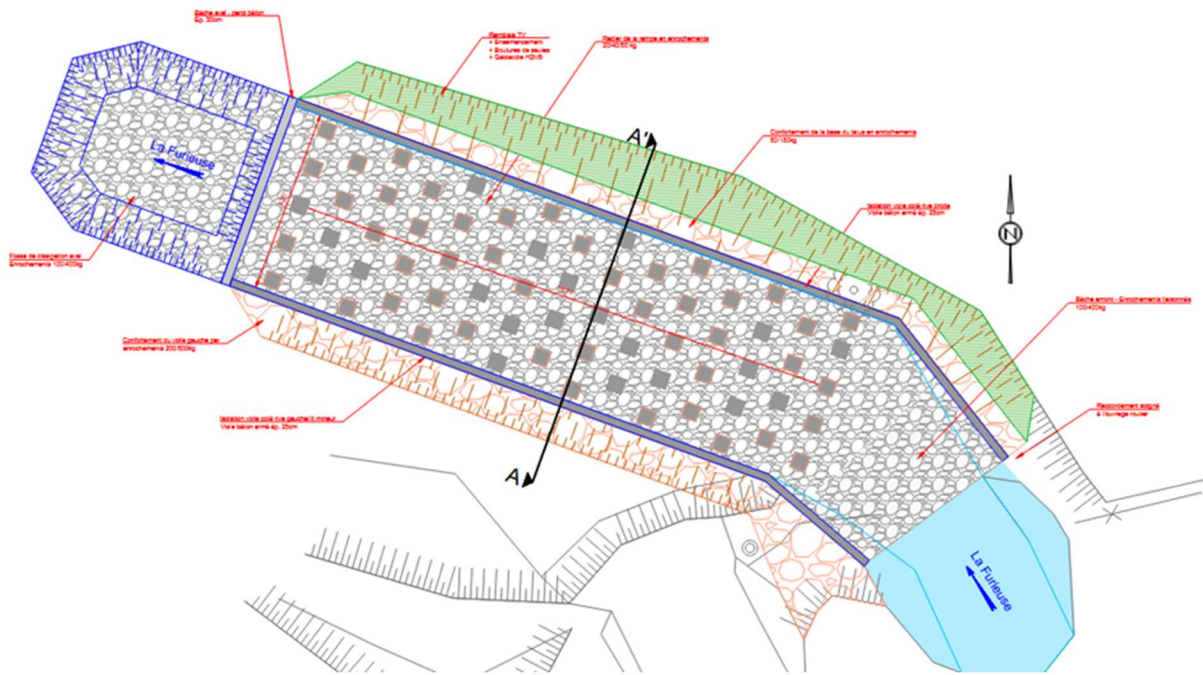
- DTU 11.1 : Cahier des charges applicables aux travaux de sondages.
- Norme NFP 94-202 : Prélèvement des sols et des roches.
- Norme NFP 94-110 : Essai pressiométrique.
- Norme NFP 94-115 : Essai au pénétromètre dynamique.
- Norme NFP 94-281 : Norme d'application de l'Eurocode 7 – Ouvrages de soutènement – Murs (avril 2014).
- Eurocodes 1- NF-EN-19991-1 (mars 2003).
- Eurocodes 8 – NF- EN – 1998-5 (septembre 2005).

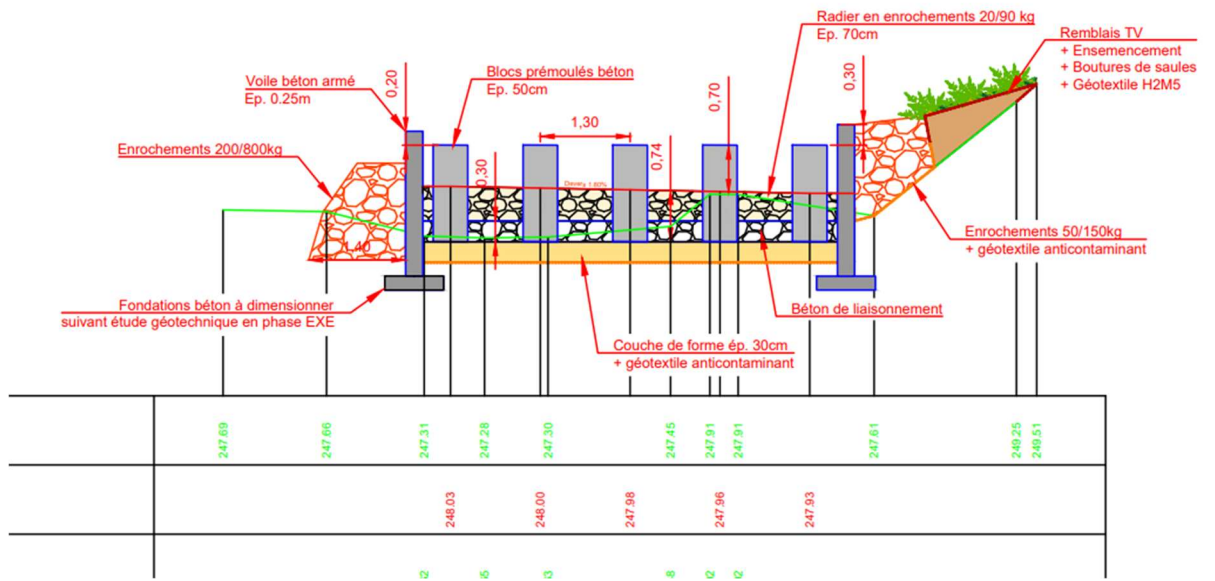
Pour mener à bien notre mission au stade, ARTELIA (MOE) nous a fourni les éléments suivants :

- Note projet sur la restauration de la continuité écologique sur le cours d'eau de la Furieuse au droit de l'ouvrage d'art sous la RN 83, de juin 2022, avec ses annexes graphiques.

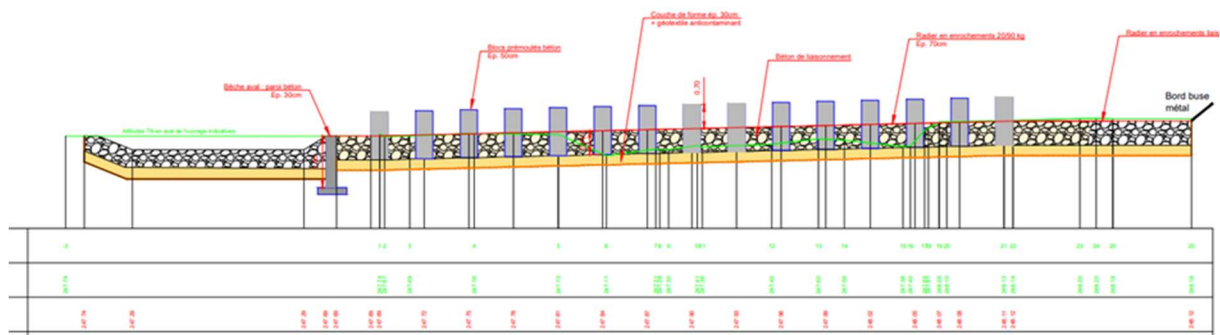
1.3. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet prévoit la construction d'une passe à poissons en contrebas et au Nord de la RN83, sur la moitié Nord – Est de la Furieuse. Les dimensions maximales de la passe à poissons sont 18.7 m + 5.0 m de longueur x 6.0 m de largeur. L'ouvrage sera raccordé à l'ouvrage hydraulique Nord existant, de type buse Armco, permettant le franchissement de la Furieuse sous la RN 83.





Coupe en travers du projet initialement au 1/100



Profil en long du projet initialement au 1/100

Les murs seront en forme de T, avec un voile en béton armé de 0.25 m d'épaisseur et posés sur une semelle filante en béton. La hauteur des murs au-dessus de la semelle sera de 2.0 m et l'assise des semelles (hors gros béton éventuel) sera calée à la cote 246.53 m NGF. Entre les murs, il sera mis en œuvre un « radier » en enrochement et gros béton de 0.7 m d'épaisseur, posé sur une couche de forme de 0.3 m d'épaisseur.

2. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

2.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

En 2021, HYDROGEOTECHNIQUE EST avait réalisé sur ce site et pour le compte de la DIR EST (dossier référencé C.21.20.331) :

- **1 sondage de reconnaissance géologique de type destructif**, noté SP1, pour la réalisation d'essais pressiométriques. Ce forage avait été descendu à 6.70m de profondeur, en diamètre 70mm, l'outil étant adapté aux types de terrains.

- **6 essais pressiométriques**, suivant une maille de principe de 1,00m, permettant la mesure, par un essai de chargement in-situ :
 - Du module de compressibilité : E_m
 - De la pression de fluage : p_f
 - De la pression de rupture : p_l
 - De la pression horizontale des terres : σ_{HS}
 - Qui permet celle de la pression limite nette : p_l^* .

Dans le cadre de la présente étude, HYDROGEOTECHNIQUE EST a réalisé le long de la rive droite :

- **6 essais au pénétromètre dynamique manuels**, notés PD1 à PD6, descendus au refus compris entre 1.4 et 2.4 m de profondeur, avec mesure de la résistance de pointe tous les 0.10 m par la formule de Redtenbacher.

3. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE MISSION G1ES (RAPPELS)

3.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE

L'ouvrage étudié sera construit sur la Furieuse, au Sud – Ouest du village de RENNES SUR LOUE, en contrebas et au Nord de la RN 83.

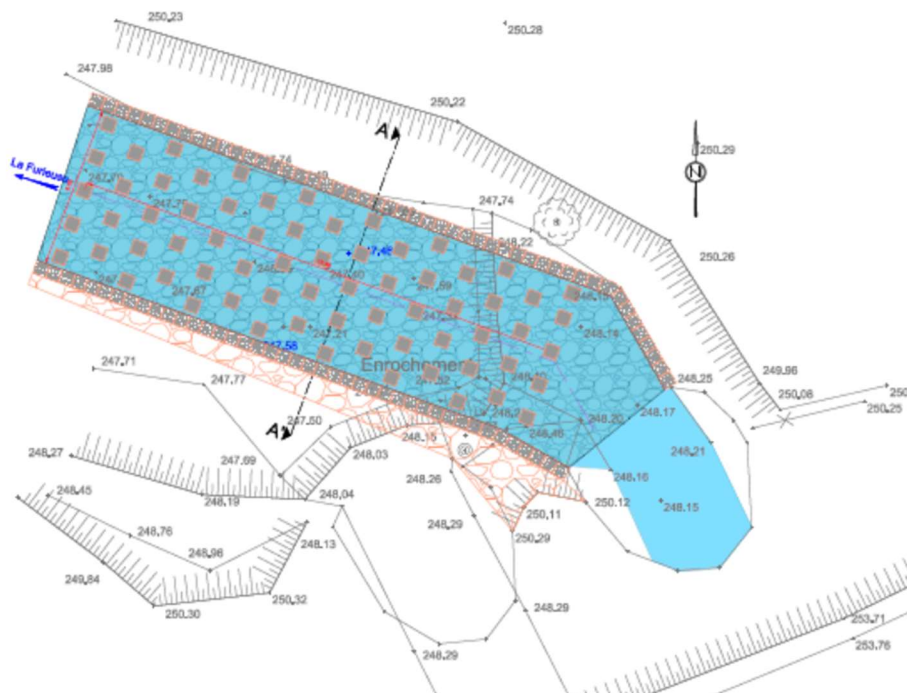


Localisation sur cartes IGN de la zone d'étude (source : Géoportail)



Extrait de la photographie aérienne du tronçon étudié (source : Géoportail)

A l'amont immédiat du projet, la rivière traverse la RN 83 avec 2 buses Armco. L'ouvrage sera construit sur la moitié Nord de la Furieuse, face à la buse Armco Nord. La rive droite de la Furieuse est boisée puis le terrain est sensiblement plat et horizontal et correspond à un pré puis un champ cultivé. À l'aval immédiat de l'ouvrage hydraulique, la berge est confortée par de gros blocs calcaires.



Plan topographique de la zone étudiée

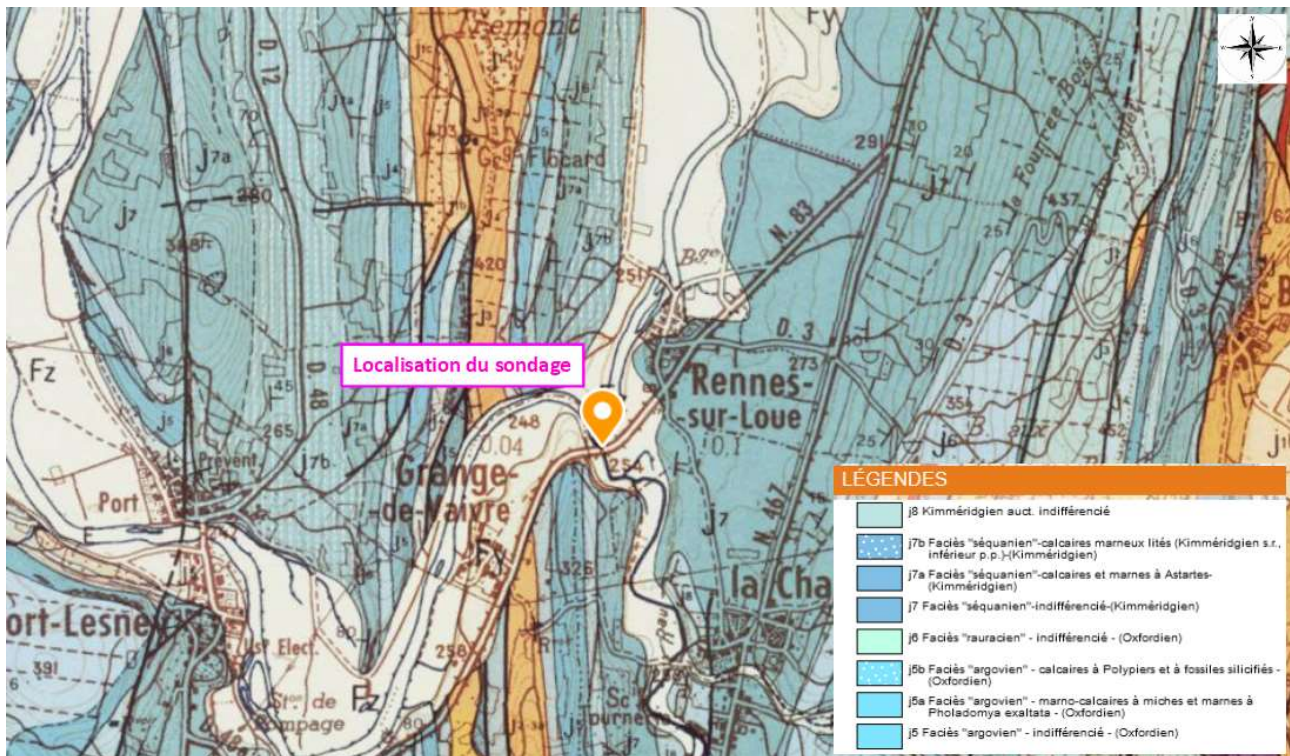


Vues du site et plus particulièrement de la rive droite

3.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique au 1/50000 de Quingey montre que la zone étudiée se situe sur les formations suivantes :

- **Alluvions actuelles des vallées (Fz)** caractérisées par des matériaux à dominante limono-argileuse puis sablo-graveleuse.
- **Substratum du Jurassique** constitué de calcaires, marnes ou marno-calcaires.



Carte géologique de QUINGEY initialement au 1/50000 (source : Géoportail)

3.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

On s'attend à rencontrer au droit du site :

- Une nappe alluviale associée à la Furieuse et la Loue, soumise à variations et calée sensiblement au niveau de la rivière.
- Des circulations d'eau dans les horizons superficiels au gré des perméabilités variables des sols.
- Le cours de la Furieuse.
- Des circulations d'eau erratiques dans les calcaires.

3.4. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de la transition Écologique et Solidaire, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune de RENNES SUR LOUE sont les suivants :

ANNEXE 2 : LISTE DES ARRÊTÉS CAT-NAT PRIS SUR LA COMMUNE

Cette liste est utile notamment pour renseigner la question de l'état des risques relative aux sinistres indemnisés par l'assurance à la suite d'une catastrophe naturelle.

Nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles (CAT-NAT) : 3

Source : CCR

Inondations et/ou Coulées de Boue : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
NOR19830111	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983

Mouvement de Terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Les arrêtés sont liés à des inondations et/ou coulées de boue, et mouvements de terrain. Ces événements ne sont pas localisés.

3.4.1. REMONTÉE DE NAPPES DANS LES SÉDIMENTS ET ALEA INONDATION

Le site est concerné par la présence d'une nappe alluviale soumise à variations, en lien avec la Furieuse et la Loue et calée à faible profondeur. Le site est concerné par le PPRI de la Loue.



INONDATION

Le Plan de prévention des risques naturels (PPR) de type Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation nommé PPRI de la Loue a été approuvé et affecte votre bien.

Date de prescription : 07/06/2001

Date d'approbation : 30/06/2008

Un PPR approuvé est un PPR définitivement adopté.

Le PPR couvre les aléas suivants :

Inondation Par une crue à débordement lent de cours d'eau

Le plan de prévention des risques est un document réalisé par l'Etat qui interdit de construire dans les zones les plus exposées et encadre les constructions dans les autres zones exposées.



Extrait de la cartographie du PPRI de la Loue

3.4.2. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La zone d'étude est exposée à un aléa faible au retrait/gonflement des sols argileux en limite à l'Ouest avec une zone d'exposition moyenne, comme en témoigne l'extrait de carte ci-après :

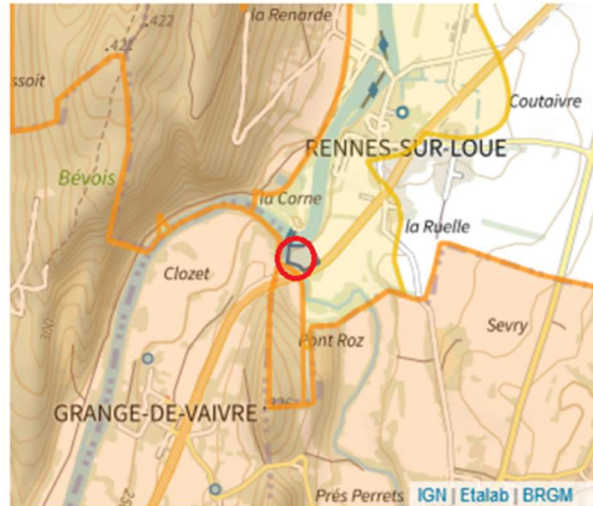


- 1 : Exposition faible
- 2 : Exposition moyenne
- 3 : Exposition fort

Les sols argileux évoluent en fonction de leur teneur en eau. De fortes variations d'eau (sécheresse ou d'apport massif d'eau) peuvent donc fragiliser progressivement les constructions (notamment les maisons individuelles aux fondations superficielles) suite à des gonflements et des tassements du sol, et entraîner des dégâts pouvant être importants. Le zonage argile identifie les zones exposées à ce phénomène de retrait-gonflement selon leur degré d'exposition.

Exposition faible : La survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante, mais ces désordres ne toucheront qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable, avec par exemple des arbres proches ou une hétérogénéité du sous-sol). Il est conseillé, notamment pour la construction d'une maison individuelle, de réaliser une étude de sols pour déterminer si des prescriptions constructives spécifiques sont nécessaires. Pour plus de détails :

<https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/sols-argileux-secheresse-et-construction#e3>

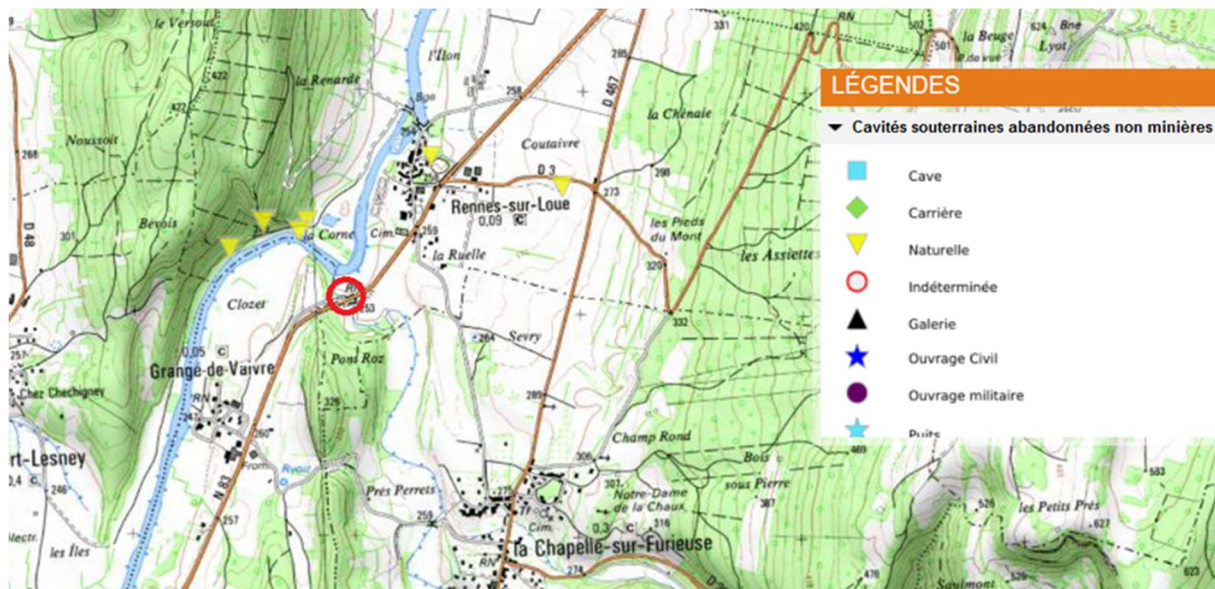


Carte de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux (source : Géorisques)

Cette carte renseigne sur la sensibilité au phénomène de retrait / gonflement des sols en surface et non sur ceux en profondeur.

3.4.3. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

D'après la base de données du BRGM, plusieurs cavités naturelles en lien avec la karstification des calcaires sont recensées à moins d'un kilomètre au Nord de la zone étudiée.



Carte des cavités souterraines (source : Géorisques)

3.4.4. MOUVEMENTS DE TERRAIN

Aucun glissement de terrain n'est recensé par le BRGM au droit de la zone d'étude, ni dans son environnement proche.

3.4.5. BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE

Aucun ancien site industriel n'est recensé par le BRGM au droit de la zone d'étude.

3.4.6. POTENTIEL RADON

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et des Logements, le potentiel radon sur la commune de RENNE SUR LOUE est **faible** (catégorie 1).

3.4.7. SISMICITÉ

Le décret n°2010-1255 classe la zone étudiée en zone 3 d'aléa modéré.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance γ_1 attribué à chacune des catégories d'importance de l'ouvrage. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATÉGORIE D'IMPORTANCE	COEFFICIENT D'IMPORTANCE γ_1
I	0,8
II	1,0
III	1,2
IV	1,4

Ici, en l'absence d'information, on retiendra $\gamma_1 = 0.8$ pour des ouvrages de catégorie d'importance I (à confirmer par le maître d'ouvrage).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux (sol de classe A) par la valeur d'accélération a_{gr} . Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :

ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s^2)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3.0

Dans le cadre de cette étude $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération a_{gr} par le coefficient d'importance γ_1 .

On retiendra donc :

$$a_g = a_{gr} \times \gamma_1 = 0.8 \times 1.1 = 0.88 \text{ m/s}^2.$$

En zone sismique 3 et pour des ouvrages de catégorie d'importance I (à valider par l'équipe de MOE), les ouvrages et fondations ne seront pas dimensionnés au séisme.

Remarque : Il conviendra que l'équipe de MOE valide l'hypothèse de catégorie d'importance de l'ouvrage. On gardera à l'esprit que si l'ouvrage est d'une catégorie d'importance II ou supérieur, l'ouvrage devra être dimensionnée vis-à-vis du séisme, et l'étude menée ici deviendra caduque.

4. CONTEXTES GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE, GÉOTECHNIQUE ET SISMIQUE (RAPPELS)

4.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La coupe du sondage de reconnaissance géologique est donnée à titre indicatif, la méthode de foration utilisée de type destructive à l'eau ne permettant pas de définir des profondeurs précises, ni des lithologies rigoureuses.

Le sondage SP1 a relevé la succession lithologique suivante :

- 0,20m de limons bruns à radicelles, correspondant à l'horizon de « terre-végétale ».
- Surmontant des limons +/- sableux +/- argileux, gris-marron, observés jusqu'à 2.20m de profondeur. Ces matériaux correspondent aux alluvions.
- Puis, des argiles marneuses gris-marron à cailloutis calcaires entre 2.20 et 3.40m de profondeur.
- Reposant sur le substratum constitué de marno-calcaires beiges, reconnu à 3.40m de profondeur. Le sondage a été arrêté dans cet horizon à 6.70m de profondeur.

4.2. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Lors de la réalisation du sondage, aucune arrivée d'eau n'avait pu être relevée du fait de l'utilisation d'eau comme fluide de forage.

On s'attend toutefois à rencontrer au droit du site :

- Une nappe soumise à variations dans les alluvions accompagnant la Furieuse et la Loue potentiellement proche de la surface, voire débordante.
- Des circulations d'eau diffuses au sein du substratum à la faveur de la fracturation des marno-calcaires. Ces circulations d'eau peuvent être en charge sous les matériaux superficiels.
- Des circulations d'eau erratiques dans les sols superficiels en période pluvieuse.

4.3. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

Les essais pressiométriques effectués en SP1 ont permis de caractériser la compacité des formations. On note :

Une faible compacité des alluvions entre 0.20 et 2.20m de profondeur, mesurée sur 2 essais, avec :

$$0.23 \text{ MPa} \leq p_l^* \leq 0.26 \text{ MPa}, \text{ avec comme moyenne géométrique } p_l^* = 0.24 \text{ MPa}.$$

$$2.8 \text{ MPa} \leq E_m^* \leq 3.9 \text{ MPa}, \text{ avec comme moyenne harmonique } E_m = 3.3 \text{ MPa}.$$

La compacité des argiles marneuses à cailloutis calcaires reconnues à partir de 2.20m de profondeur et jusqu'à 3.40m de profondeur est très élevée, avec sur un essai :

$$p_l^* = 2.06 \text{ MPa}.$$

$$E_m = 13.0 \text{ MPa}$$

Enfin, les marno-calcaires reconnus à partir de 3.40m de profondeur et observés jusqu'à l'arrêt du sondage à 6.70m sont très compacts, avec sur trois essais :

$$p_l^* \geq 2.50 \text{ MPa}.$$

$$33.2 \text{ MPa} \leq E_m^* \leq 140.9 \text{ MPa}, \text{ avec comme moyenne harmonique } E_m = 63.7 \text{ MPa}.$$

Les essais au pénétromètre dynamique PD1 à PD6 implantés sur la berge en rive droite, le long du linéaire du projet, indiquent une compacité variable des sols superficiels, modeste à moyenne, avec $1.6 \leq q_d \leq 3.7$ MPa. Le refus a été obtenu dans les 6 essais entre 1.4 et 2.4 m de profondeur, vraisemblablement sur le toit des argiles marneuses de compacité très élevée.

4.4. SISMICITÉ

4.4.1. CLASSIFICATION DES SOLS

La classe du sol a été définie en considérant les profils lithologiques des sondages de reconnaissance et les essais géotechniques réalisés in situ.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		Vs.30 (m/s)	NSPT (coupes /30cm)	Cu (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5m de matériau moins résistant	>800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	>250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180-360	15 - 50	70-250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de Vs de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5m environ et 20m reposant sur un matériau plus raide avec Vs > 800 m/s			
S1	Dépôts composés ou contenant une couche d'au moins 10m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante	< 100 (valeur indicative)		10 – 20
S2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S1			

Le profil de sol probable considéré sur ce site serait de **classe A**.

En zone sismique 3 et pour des ouvrages de catégorie d'importance I, conformément à l'Eurocode 8, les ouvrages et fondations ne seront pas dimensionnés au séisme (à valider par l'équipe de MOE).

4.4.2. LIQUÉFACTION

On appelle liquéfaction d'un sol un processus conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement du sol par augmentation de la pression interstitielle. Elle s'accompagne de déformations dont l'amplitude peut être limitée ou quasi illimitée. Ce processus intéresse les sols sous nappe fins ou peu compacts.

Compte tenu des caractéristiques géotechniques des limons sableux et de la présence d'une nappe peu profonde, la liquéfaction pourrait être possible dans ces sols.

Les argiles marneuses et marno-calcaires ne sont pas liquéfiables.

5. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

N° couche	1	2	3
Lithologie	Limons	Argiles marneuses	Marno-calcaires
Cote NGF toit	250.20 m	248.80 à 247.80 m	246.80 m
PI* moyenne	0.24 MPa	2.06 MPa	≥ 2.5 MPa
\bar{E} moyen	3.3 MPa	13.0 MPa	63.7 MPa
α	0.50	0.66	1.0
Hydrogéologie	Nappe en lien avec la Furieuse et la Loue + circulations d'eau erratiques dans les sols superficiels et les marno-calcaires cours de la Furieuse		

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. LA GÉOLOGIE

- Variations latérales de faciès au sein des alluvions, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable au sein des alluvions.
- L'hétérogénéité des alluvions avec la présence possible de lentilles de graviers et sables.
- Profondeur variable du toit des argiles marneuses et des marno-calcaires sous-jacents.
- Lithologie non reconnue dans le lit de la rivière avec la possibilité d'un surcreusement des argiles marneuses.

5.2.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX

- Présence possible de lentilles de sables et/ou graviers au sein des alluvions.
- Présence possible de remontées du substratum marneux, très compact / indurée.
- Sensibilité à l'eau de tous les matériaux.
- Sensibilité à l'affouillement des alluvions.
- Sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution des sols.
- Sensibilité des limons à la boulance.

5.2.3. L'HYDROGÉOLOGIE

- Circulations d'eau en périodes pluvieuses dans les sols superficiels.
- Fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe d'accompagnement de la Furieuse et de la Loue.
- Circulations d'eau erratiques dans le substratum.
- Travaux à réaliser dans le cours de la Furieuse.

5.2.4. L'ENVIRONNEMENT ET L'HISTORIQUE DU SITE

- Travaux à réaliser dans le cours de la Furieuse qui devra être dévié le temps des travaux.
- Projet mitoyen à l'ouvrage hydraulique Nord sous la RN 83.
- Berge en rive droite en partie confortée par des enrochements.
- Berge en rive droite boisée.
- Zone inondable en cas de crue de la Furieuse.

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION – MISSION G2-PRO

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Les murs en T pourront être assis sur une semelle filante en gros béton ancrée dans les argiles marneuses ou les marno-calcaires reconnus sous les limons. Cette solution est développée dans le chapitre 7 ci-après.

7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE TERRASSEMENTS – MISSION G2-PRO

7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS

Pour réaliser les travaux dans le lit de la Furieuse, il sera nécessaire de dévier le cours d'eau dans la buse Sud à l'amont de la RN83 puis de créer un batardeau provisoire sur le linéaire des travaux avec un assemblage de big bags et un polyane étanche. Le dimensionnement de ce batardeau sera à réaliser dans le cadre de la mission G3 de l'Entreprise.

Nous recommandons fortement la réalisation de ces travaux en période d'étiage, avec un niveau d'eau le plus bas possible dans la Furieuse.

Les terrassements comprennent pour la réalisation de l'ouvrage le décapage des horizons foisonnés, dessouchage et purge associée sous les remblais contigus à l'ouvrage.

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd impliquant la création d'une piste de chantier et d'une plateforme de portance correcte. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements.

Toutes les précautions devront être prises pour ne pas déstabiliser l'ouvrage hydraulique et les enrochements du « radier » devront être liés par un béton au contact avec l'ouvrage.

7.2. TERRASSEMENTS

Les matériaux concernés sont des matériaux meubles (couche 1), puis indurés à rocheux (couches 2 et 3) avec possibilité de rencontres de blocs ou vestiges d'ouvrages enterrés

Nous conseillons :

- le décapage de la « Terre Végétale » à la pelle en rétro, mise en cordons fermés sans circuler sur l'arase,
- la purge des éventuelles poches de matériaux foisonnés, décomprimés ou organiques,
- la réalisation du décaissement à la pelle hydraulique puissante en rétro, en excluant toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée, pour ne pas remanier les arases terrassées, de manière à garder un contrôle visuel précis des matériaux terrassés et pour permettre une analyse visuelle du fond de fouille par un géotechnicien dans le cadre des missions géotechniques de type G3 et G4. On exclura toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée,

- l'utilisation d'un brise roche hydraulique pour le terrassement des éventuels bancs calcaires, en veillant à limiter les vibrations à proximité des existants,
- la mise en décharge des matériaux extraits ou réemploi possible des matériaux extraits pour une valorisation des terrassements conformément au Guide des Terrassements Routiers et après contrôles spécifiques.

Les travaux seront réalisés impérativement en période d'étiage et dans le respect des règles environnementales. Malgré la construction du batardeau, des pompages seront inévitables pour assécher la fouille. En cas de météo défavorable, compte tenu de la forte sensibilité à l'eau et au remaniement des sols, nous préconisons l'arrêt du chantier.

L'assise du remblai sera réceptionnée par le géotechnicien dans le cadre de la mission G3 de l'entreprise et puis dans le cadre d'une mission G4 pour s'assurer de l'absence d'anomalie (zone de remblais, fouilles archéologiques, marnières, vestiges, ...).

7.3. STABILITÉ DES TALUS EN DÉBLAIS

Les talus provisaires en déblais (de hauteur maximale supposée $H_{max} = 2.5m$) seront réglés au maximum 3 de base pour 2 de hauteur (3B/2H) en l'absence d'avoisinants, à adoucir en cas de venue d'eau ou d'indice d'instabilité.

Compte tenu de la sensibilité des matériaux à l'eau, on prévoira tous dispositifs permettant d'éviter toute arrivée d'eau sur ces talus comme par exemple :

- protection par film polyane,
- mise en place d'une rigole ou d'un solin en haut du talus pour canaliser les eaux,
- pente écartant les eaux de ruissellement.

Ces dispositions seront complétées par la réalisation d'éperons drainants en cas de venue d'eau en talus.

Dans les zones où un talutage naturel n'est pas réalisable, on s'orientera vers des techniques de soutènement des terres (écrans).

À long terme, le reprofilage de la partie basse du talus sera réalisé avec des matériaux d'enrochement de type concassé insensible à l'eau et au gel, agencés entre eux soigneusement.

Les enrochements seront accrochés à la pente par redans.

7.4. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

En phase chantier, les dispositifs d'assainissement correspondent à la nécessité de protéger la plate-forme, des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de modeler la fouille en toit avec une pente d'au moins 2% pour permettre l'évacuation des eaux de surface.

Il conviendra de prévoir des dispositifs de pompage permettant d'évacuer les venues d'eau provenant de la furieuse et ainsi d'assécher le fond de fouille.

8. DIMENSIONNEMENT DES MURS DE SOUTÈNEMENT – MISSION G2 PRO

8.1. PRINCIPE

Cette solution consiste à fonder le mur de soutènement en T sur semelles filantes ancrées d'au moins 0.40m dans les argiles marneuses ou les marno-calcaires compacts, reconnus sous les alluvions fines.

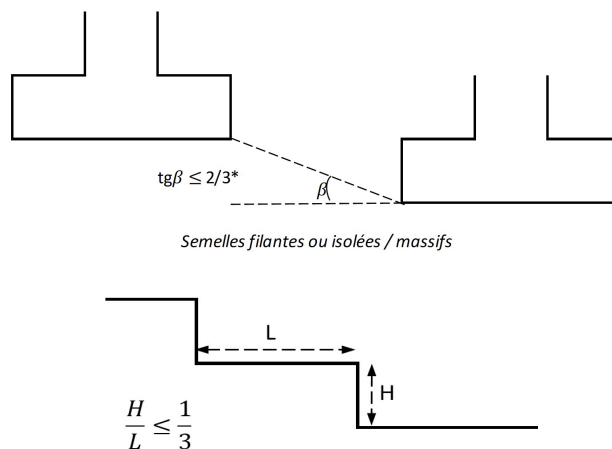
En fonction des variations altimétriques du toit des sols d'assise qui seront rencontrés à l'échelle du linéaire de mur de soutènement à créer et en fonction des critères de niveau d'assise à respecter (cf. ci-dessous), un béton de rattrapage sera mis en œuvre en tant que de besoin sous le niveau d'arase inférieure de la semelle BA du mur afin de satisfaire les conditions d'assise et d'ancrage des fondations définies ci-après.

Avant coulage de la semelle, un béton de propreté de 0.10m d'épaisseur sera mis en œuvre.

8.2. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter les critères suivants :

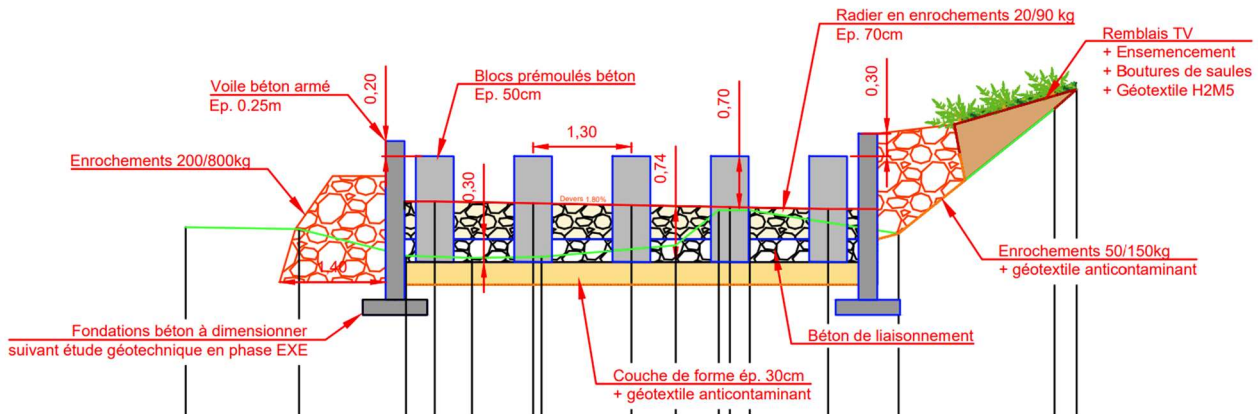
- La mise hors gel des fondations projetées par rapport au lit projeté de la Furieuse : 0.70m minimum.
- Une profondeur d'assise minimale de 0.40m sous l'arase terrassement.
- Un ancrage minimum de 0.40m dans les argiles marneuses et/ou les marno-calcaires.
- Respect des règles sur les fondations à niveaux décalés



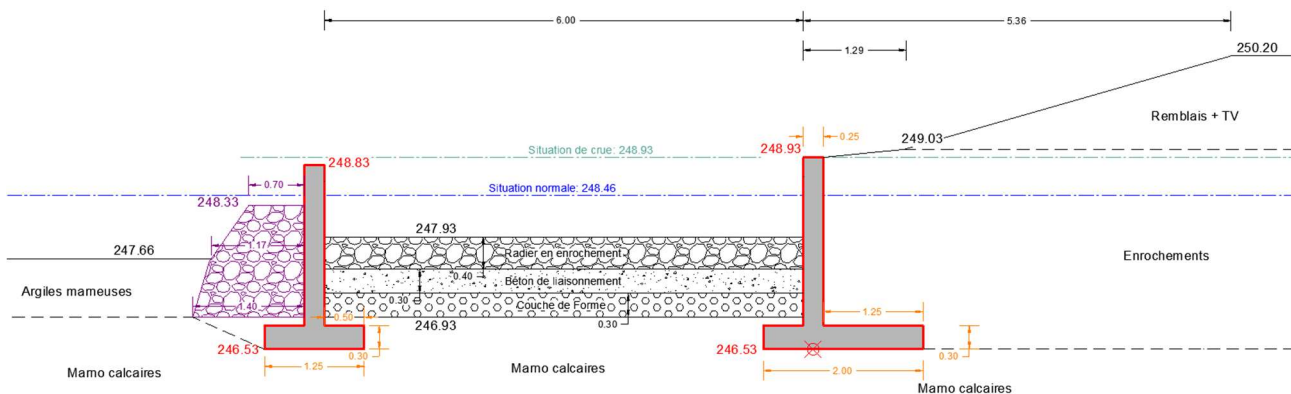
8.3. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

8.3.1. HYPOTHÈSES GÉOMÉTRIQUES

Il nous a été transmis la vue en coupe suivante :



Il vient la coupe considérée dans nos modèles :



Remarque : compte tenu de la géométrie complexe des couches derrière le mur côté talus, nous avons modélisé uniquement les couches horizontales en contact avec le plan fictif derrière le mur. Cela suppose que les pentes d'excavation soient suffisamment douces (3H/2V maximum) et que les remblais soient réalisés intégralement en enrochements jusqu'à la cote +248.93 derrière le mur.

Soit, des semelles filantes avec :

- Une largeur de 2.0m, côté rive droite.
- Une largeur de 1.25m, côté rive gauche.

8.3.2. SURCHARGES

Compte tenu de l'emplacement, aucune surcharge variable n'est ici considérée (à confirmer par l'équipe de MOE/ MOA).

8.4. MODÈLE GÉOTECHNIQUE DU TERRAIN

Nous considérons en première approche le modèle géotechnique suivant :

n°	Nature	$\gamma_{h,k}$ (kN/m^3)	$\gamma'_{h,k}$ (kN/m^3)	$c'_{,k}$ (kPa)	$\varphi'_{,k}$ ($^{\circ}$)	$p'_{,k}$ (MPa)	α
1	Limons	17	7	0*	20*	0,24	1/2
2	Argiles marneuses	19	9	25*	18*	2,00	2/3
3	Marno-calcaires	21	11	30*	18*	2,50	1
E	Enrochements	21	11	0	37	-	
R	Remblais apportés + TV	20	10	0	25	-	

* Valeurs estimées en absence de données spécifiques

Les valeurs présentées dans le tableau précédent correspondent à des valeurs relativement prudentes définies sur la base d'un critère de dimensionnement géotechnique.

Il est considéré une inclinaison de poussée de 16°/horizontale pour le modèle rive droite, et des poussées horizontales pour le modèle rive gauche, conformément aux éléments de la norme NF P94-281.

Les caractéristiques des matériaux prises en compte dans les calculs sont les suivantes pour :

Les matériaux de remblaiement en amont du mur :

- $\gamma_h = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 0 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 25^{\circ}$

Les enrochements en amont et en aval du mur :

- $\gamma_h = 21 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 0 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 37^{\circ}$

Ces valeurs sont des critères de performance cible à atteindre.

8.5. MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Conformément aux indications de l'équipe de MOE, nous étudions deux situations de niveau de nappe :

- Situation courante : 248.46 mNGF des 2 cotés

- Situation de crue : 248.93 mNGF des 2 cotés.
- Situation « vidange » : 247.93 mNGF à l'intérieur et 248.18 mNGF à l'extérieur.

En situation courante et de crue, le niveau de nappe est considéré à l'équilibre de part et d'autre du mur, donc aucune poussée hydrostatique horizontale n'est intégrée dans nos modèles. Toutefois, les couches sous le niveau de la nappe sont modélisées avec un poids volumique déjaugé.

8.6. HYPOTHÈSES RELATIVES AU SÉISME

Non concernée, pour des ouvrages en catégorie d'importance I (à valider par l'équipe de MOE).

8.7. ÉTUDE DE LA STABILITÉ EXTERNE DU MUR

Le dimensionnement de la stabilité externe est mené suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-281, relative au dimensionnement des murs de soutènement.

Nous menons les vérifications suivantes :

- Vérification au poinçonnement du sol support (GEO ELU et ELS),
- Vérification au glissement sur la base (GEO ELU),
- Vérification des critères d'excentrement (GEO ELU et ELS).
- La stabilité interne des murs devra être vérifiée par un BE structure en complément.

8.7.1. VÉRIFICATION AU POINÇONNEMENT

On tablera sur la définition suivante de la résistance nette du terrain à la sous face des fondations suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF P94-281 :

$$V_d - R_0 < R_{v,d}$$

- V_d : valeur de la charge verticale transmise par le mur de soutènement au terrain,
- R_0 : valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux,
- $R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation du mur de soutènement,

Avec méthode pressiométrique :

$$R_{v,d} = R_{v,k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{v,k} = A' \cdot q_{net} / \gamma_{R,d,v}$$

- $R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,
- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

Avec :

$$R_{v,k} = A' \times k_p \times pl_e^* \times i_\delta \times i_\beta / \gamma_{R,d,v}$$

- $pl_e^* = 0.85$ MPa (pression limite nette équivalente), sous réserve du respect d'un ancrage de la fondation du mur dans la couche des grès argileux et argilites dans les conditions énoncées dans le présent rapport, en prenant soin de ne pas remanier/altérer le sol d'assise,
- $k_p = 1$: facteur de portance pressiométrique, facteur de portance pressiométrique, pour une fondation du mur sollicitant le substratum correspondant marno-calcaires, avec une hauteur d'encastrement équivalente De prise égale à 1,
- i_δ : variable (coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison de la charge), paramètre calculé automatiquement par le logiciel GEOMUR,
- i_β : coefficient de réduction de portance lié à la présence du talus en aval du mur,
- $A' =$ surface effective de la semelle (m²),
- $\gamma_{R,d,v} = 1,00$ (coefficient de modèle),
- $\gamma_{R,v} = 1,40$ à l'ELU durable et transitoire et à l'ELU sismique, 1,20 à l'ELU combinaison accidentelle et 2,30 aux ELS caractéristique et quasi-permanent.

Il vient :

Mur	Situation	Combinaison	V _d (kN)	R _{v,d} (kN)	Vérification
Rive droite	Situation normale	ELS	63,7	494,9	OK
		ELU	86,0	813,0	OK
	Situation crue	ELS	56,0	494,7	OK
		ELU	75,6	812,8	OK
	Situation vidange	ELS	74,5	264,4	OK
		ELU	111,5	504,0	OK
Rive gauche	Situation normale	ELS	27,6	346,0	OK
		ELU	37,2	568,4	OK
	Situation crue	ELS	26,6	341,9	OK
		ELU	35,8	561,8	OK

8.7.2. VÉRIFICATION AU GLISSEMENT

On doit vérifier la relation suivante conformément à l'approche 2 de l'Eurocode 7 et de la norme NF P94-281 :

$$H_d < R_{h,d} + R_{p,d}$$

Avec :

- H_d : valeur de calcul de la composante horizontale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain,
- $R_{h,d}$: valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain,
- $R_{p,d}$: valeur de calcul de la résistance frontale ou tangentielle de la fondation à l'effet de H_d (négligée ici au regard de la configuration du mur prise pour hypothèse). On ne prend la butée que pour le calcul temporaire "ouvrage vide" avec un angle de frottement de 35°

La valeur de calcul de $R_{h,d}$ est estimée par la relation suivante :

$$R_{h,d} = V_d \tan \delta_{a,k} / (\gamma_{R,h} \cdot \gamma_{R,d,h})$$

Avec :

- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain,
- $\delta_{a,k}$: valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain, ici, $\delta_{a,k} = 18^\circ$ au regard du modèle géotechnique pris pour hypothèse, pour une semelle filante supposée être coulée en place,
- $\gamma_{R,h} = 1,1$ facteur partiel pour la résistance au glissement de la fondation superficielle,
- $\gamma_{R,d,h} = 0,9$ (coefficient de modèle).

Il vient :

Mur	Situation	Combinaison	H_d (kN)	$R_{h,d}$ (kN)	Vérification
Rive droite	Situation normale	ELU	19,7	21,4	OK
	Situation crue	ELU	16,8	18,8	OK
	Situation vidange	ELU	55,2	57,4	OK
Rive gauche	Situation normale	ELU	5,1	9,1	OK
	Situation crue	ELU	5,1	8,7	OK

8.7.3. VÉRIFICATION DES CRITÈRES D'EXCENTREMENT

On doit vérifier les relations suivantes conformément à l'Eurocode 7 et la norme NF P94-281 :

- Pour les situations à l'ELS quasi-permanent et ELS caractéristique :

$$(1 - 2e_B/B) \geq 1/2$$

- Pour les situations à l'ELU durables et transitoires :

$$(1 - 2e_B/B) \geq 1/15$$

Il vient :

Mur	Situation	Combinaison	eB (m)	Critère	Vérification
Rive droite	Situation normale	ELS	0,04	< 0,50	OK
		ELU	0,09	<0,93	OK
	Situation crue	ELS	0,05	<0,50	OK
		ELU	0,10	<0,93	OK
	Situation vidange	ELS	0,13	<0,50	OK
		ELU	0,11	<0,93	OK
Rive gauche	Situation normale	ELS	0,06	<0,31	OK
		ELU	0,09	<0,58	OK
	Situation crue	ELS	0,06	<0,31	OK
		ELU	0,09	<0,58	OK

8.8. TASSEMENTS

En 1^{ère} approche, pour une semelle de 1.5 m de largeur et une contrainte de calcul de 0.25 MPa aux ELS, les tassements absolus et différentiels devraient être inférieurs au centimètre pour une assise homogène dans les argiles marneuses et/ou les marno-calcaires compacts.

8.9. STABILITÉ DU RADIER

Le radier sera soumis aux sous-pressions due à la nappe. Nous vérifions ci-après la stabilité du radier à la base du béton de liaisonnement en considérant les hypothèses suivantes :

- Le béton de liaisonnement est suffisamment étanche pour éviter la remontée de nappe
- La passe à poisson peut être vide uniquement en situation de maintenance (d'après les indications de l'équipe de MOE, avec un niveau de nappe à l'extérieur calé à environ 248.18 mNGF.

Il vient donc les actions à la base du béton de liaisonnement :

- $G_{stab} = \epsilon p_{radier} \times \gamma_{radier} = 0.7 \times 21 = 14.7 \text{ kPa}$
- $G_{dst,NN} = H_{eau,normale} \times \gamma_{eau} = (248.18 - 247.23) \times 10 = 9.5 \text{ kPa}$

Et donc :

$$G_{stab} = 14,7 > 12,8 = 1,35 \times G_{dst}$$

La stabilité du radier est assurée.

Remarque : Il conviendra que l'équipe de MOE vérifie l'hypothèse de l'ouvrage vide. Si l'ouvrage peut être vide lors des phases de crue ou en situation normale, la stabilité du radier n'est pas assurée.

8.10. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

- Pour les terrassements, au respect des préconisations indiquées dans le chapitre 6.
- À l'évacuation des matériaux extraits.
- À la réalisation de l'ancrage effectif des fondations de 0,40m dans les argiles marneuses et marno-calcaires compacts reconnus sous les limons.
- Au respect d'une garde hors-gel de 0,70m par rapport au niveau du lit de la Furieuse après travaux.
- Au respect d'une profondeur d'assise minimale de 0.40m sous l'arase terrassement.
- À la mise en œuvre d'un gros béton de rattrapage jusqu'au niveau des semelles BA immédiatement après l'ouverture des fouilles et à l'avancement pour éviter la décompression et l'altération des sols d'assise. Toute ouverture prolongée des fouilles nécessitera des purges et donc des surconsommations de gros béton.
- À la purge des éventuelles surépaisseurs de limons en fond de fouille et à leur substitution par un gros béton jusqu'au niveau d'assise des fondations.
- À l'utilisation du BRH pour le terrassement des bancs calcaires.
- Au remblaiement à l'arrière des murs avec une grave concassée, propre, de bonne qualité, insensible à l'eau et au gel, soigneusement compactée par couches avec un objectif q3.
- À la mise en place de barbacanes dans les murs pour évacuer les poussées hydrostatiques le cas échéant.

9. POINTS COMPLÉMENTAIRES À ÉTUDIER AUX STADES ULTÉRIEURS

Dans le cadre de la mission G3 à la charge de l'Entreprise adjudicataire des travaux géotechniques, les points suivants devront être spécifiquement justifiés / détaillés / précisés :

- Dimensionnement EXE des ouvrages en tenant compte des descentes de charges définitives, de la géométrie et de la disposition effective du projet,
- Étude des phases et ouvrages provisoires de réalisation (terrassements, pistes, traficabilité, interaction avec les voies de circulation et les autres avoisinants sensibles (réseaux enterrés par exemple), ...).

Notre mission se termine à la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.
Nous restons à la disposition de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Ingénieur en charge de l'élaboration du présent
rapport

Antonio LAVADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Antonio', with a stylized flourish at the end.

Ingénieur en charge du contrôle interne

Jonas VERSCHUERE

Ingénieur en charge de l'opération

Laurent COLIN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Laurent', with a large loop and a horizontal line extending to the right.

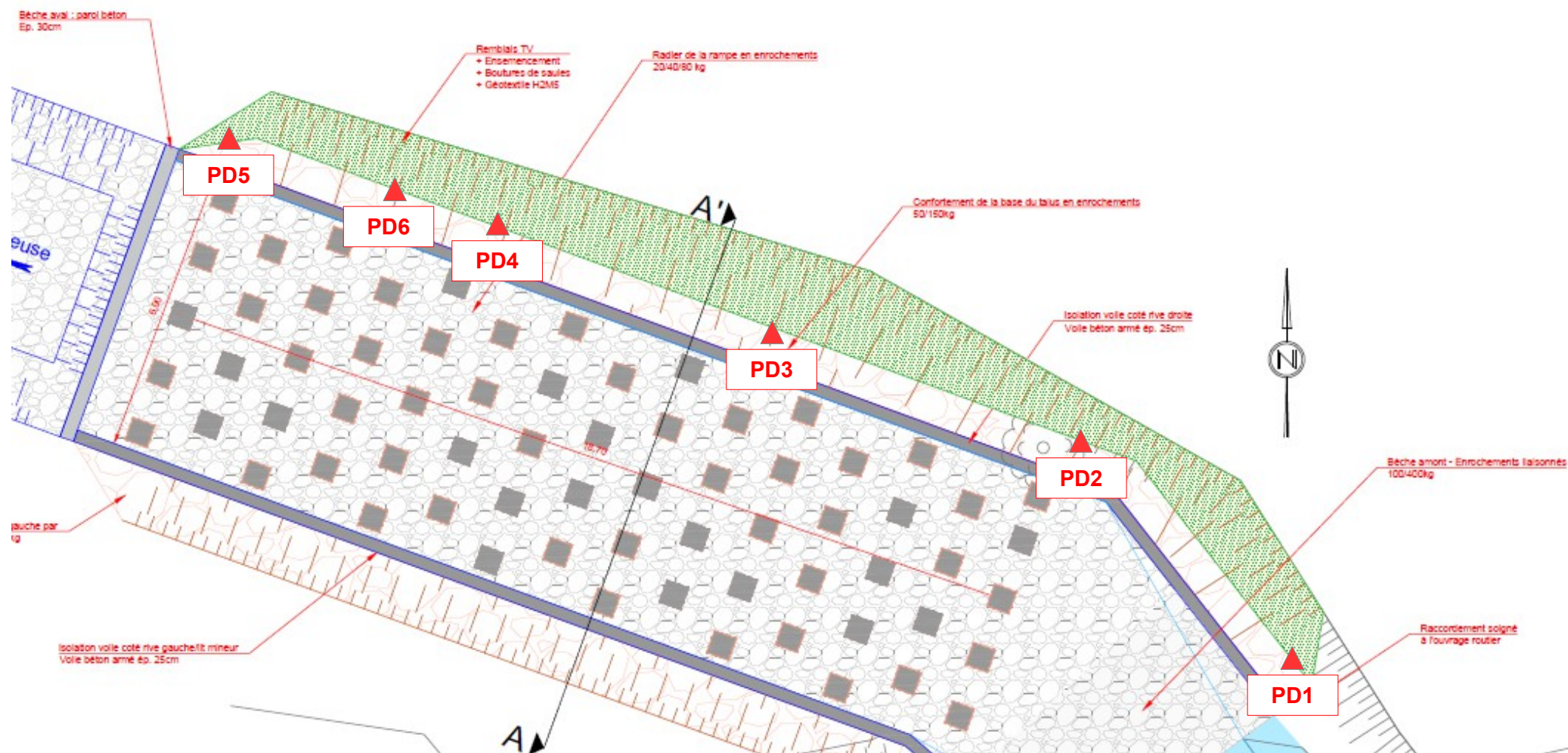
ANNEXES

ANNEXE 1

PROCÈS-VERBAUX DES SONDAGES

RENNES-SUR-LOUE (25)

Plan d'implantation des sondages



Légende :

▲ PD : Essai pénétromètre dynamique



HYDROGÉOTECHNIQUE

RENNES SUR LOUE (25)

(Contrat C.21.20331)

Date : 08/06/2021

Machine : Hydrofore 750

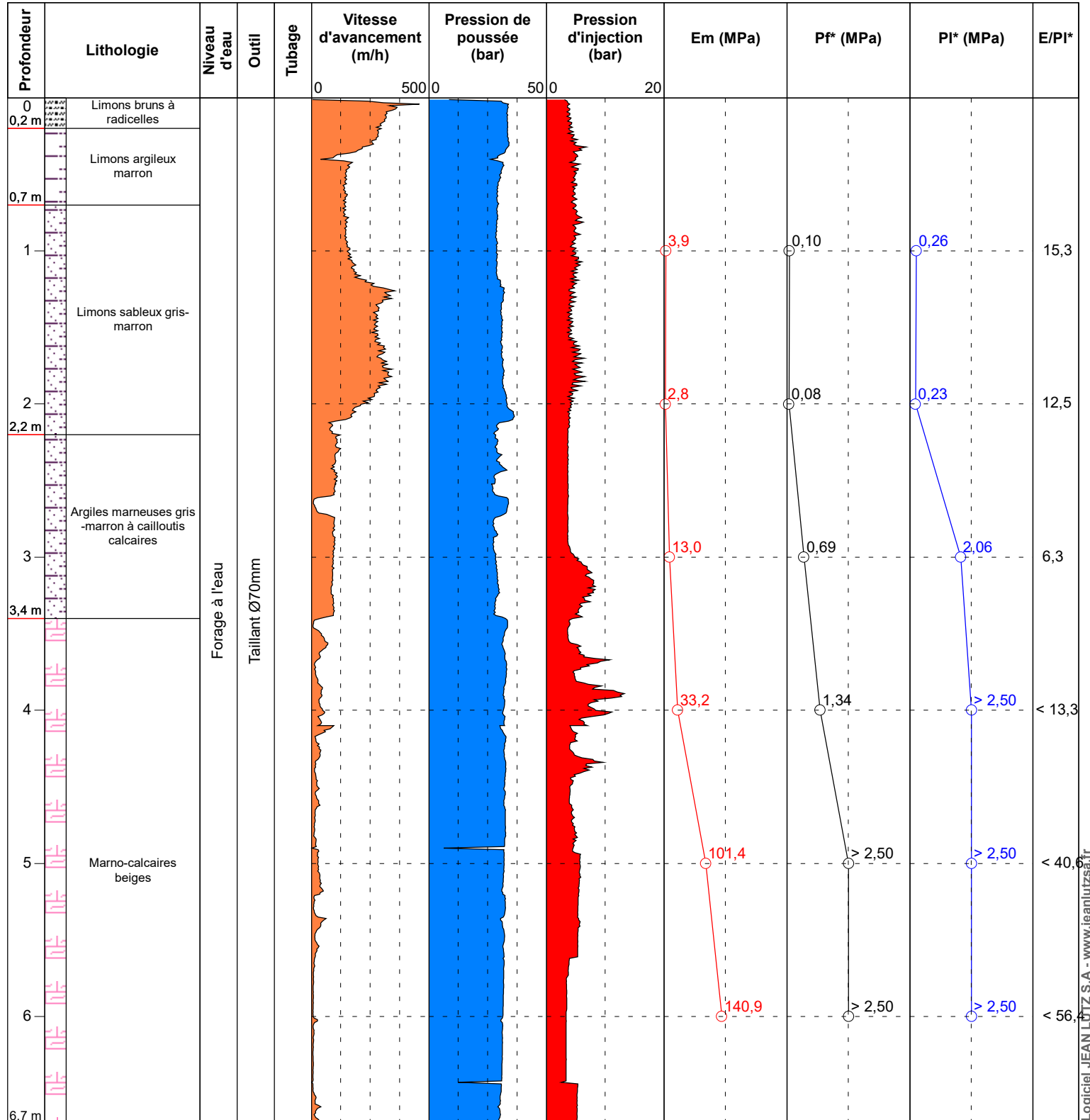
Profondeur : 0,00 - 6,70 m

Outil : Taillant Ø70mm

1/35

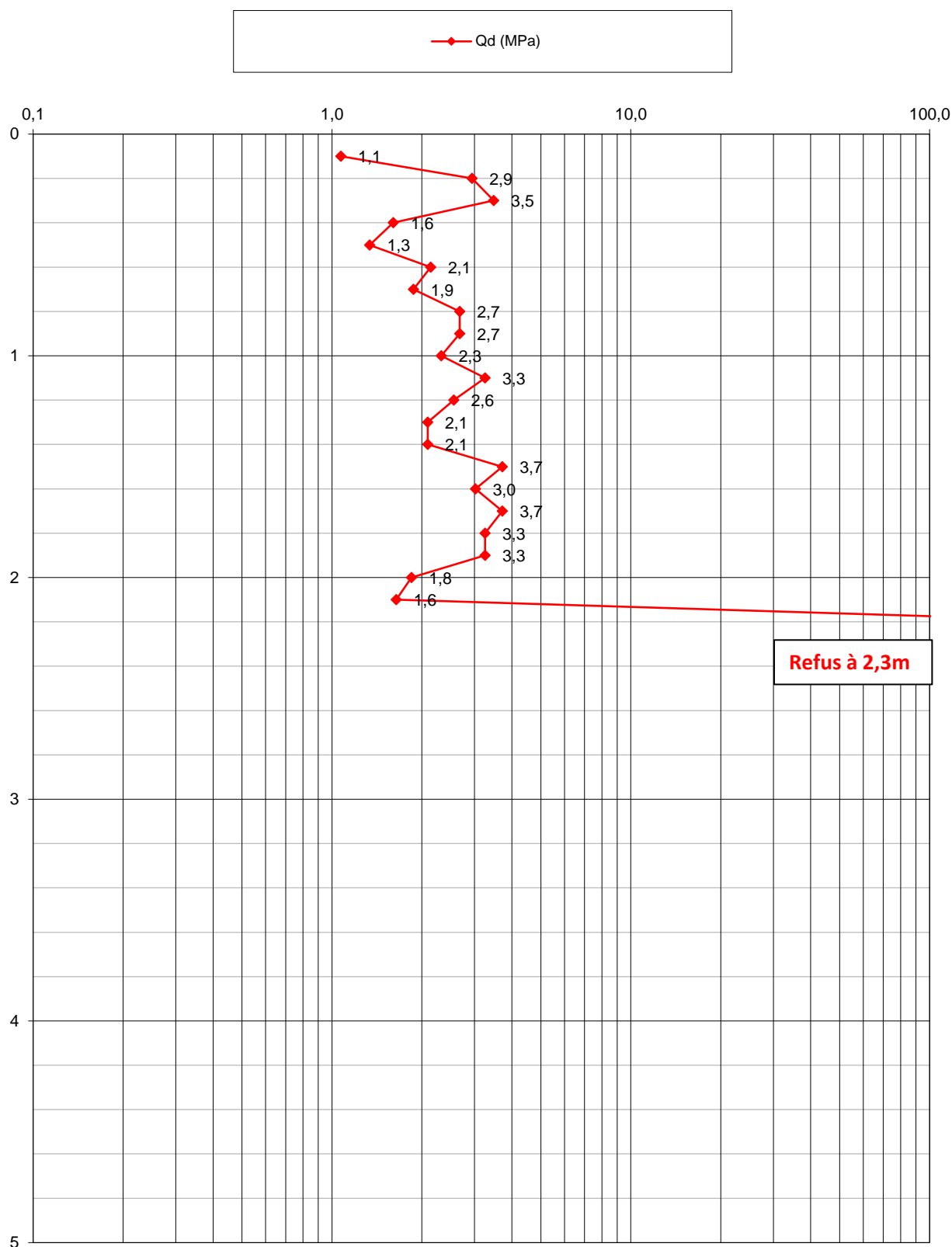
Forage : SP1

EXGTE B3.20.11/LB2EPF580FR



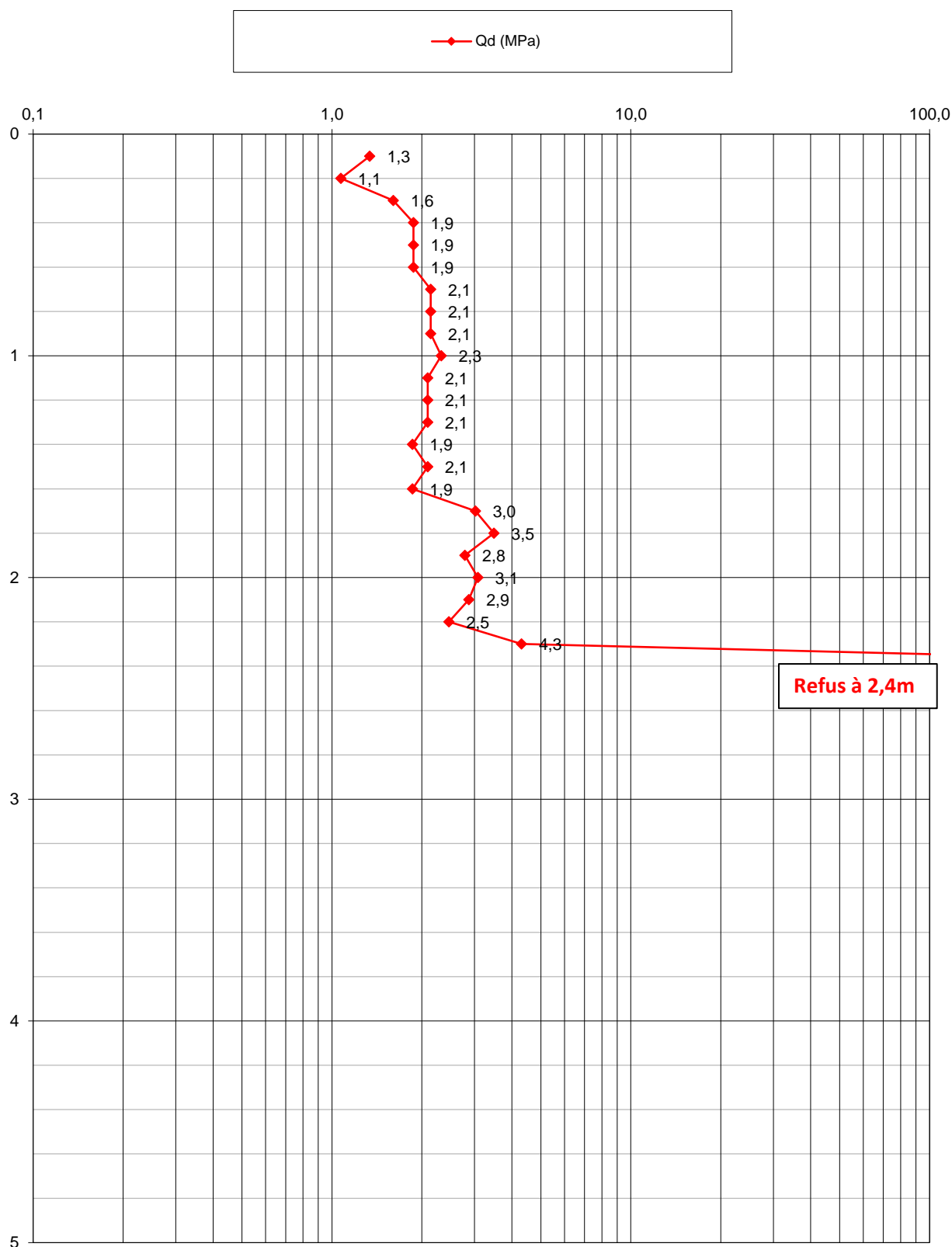
Client **DIR EST**
 Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
 Dossier **C24.20.341**
 Date **15/11/2024**
 Outils Pénétrömètre à main

Sondage PD1



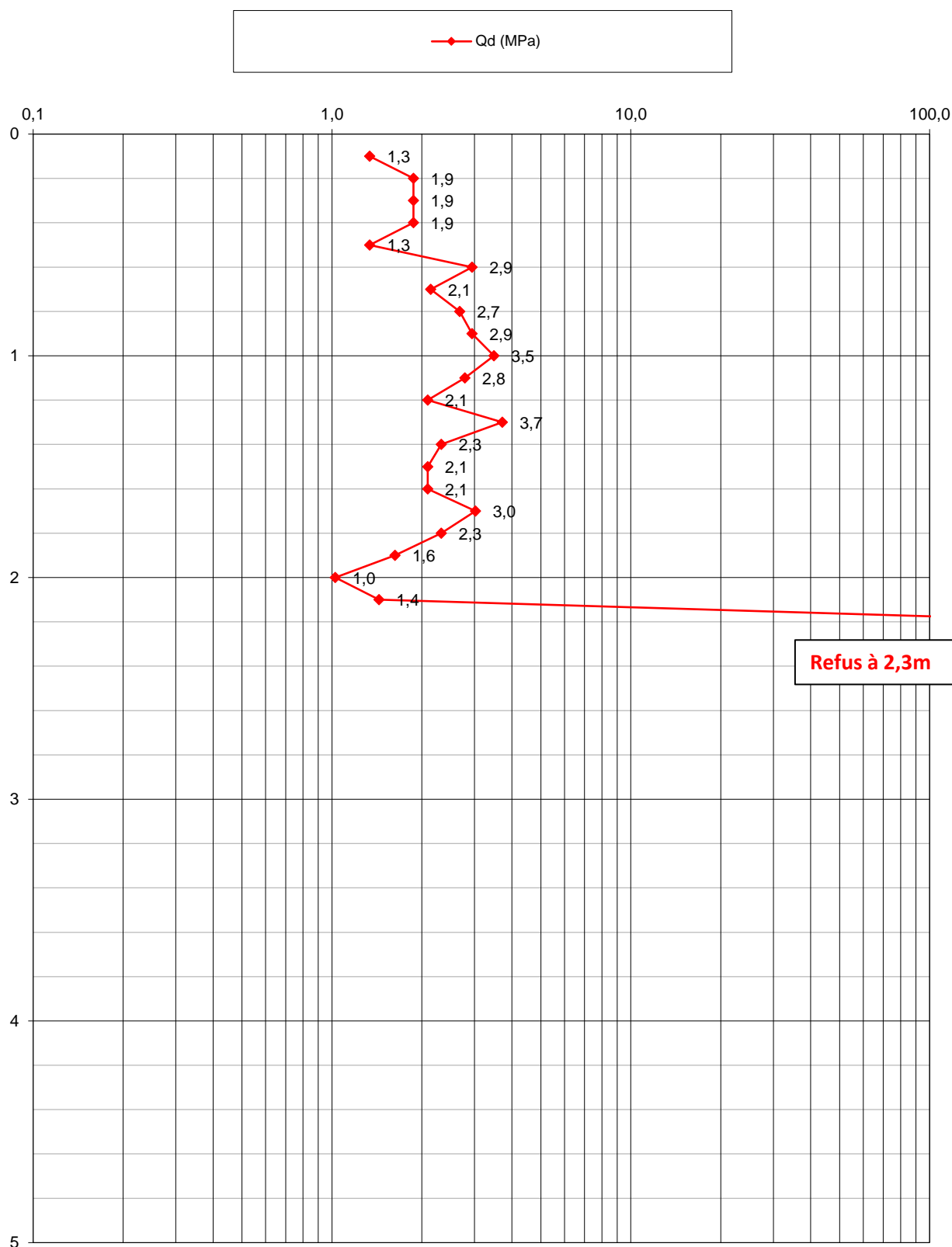
Client **DIR EST**
 Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
 Dossier **C24.20.341**
 Date **15/11/2024**
 Outils Pénétrömètre à main

Sondage PD2



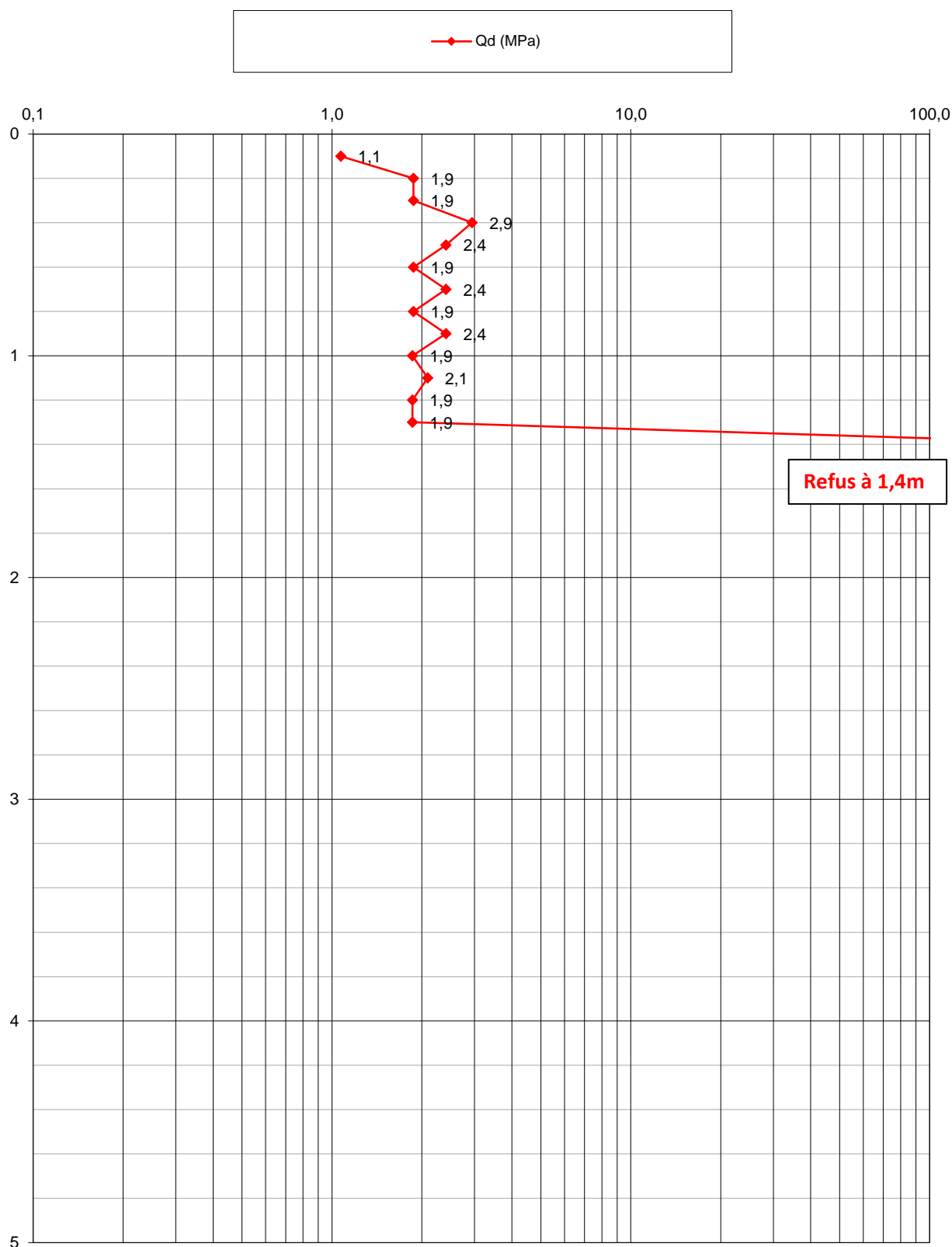
Client **DIR EST**
Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
Dossier **C24.20.341**
Date **15/11/2024**
Outils Pénétromètre à main

Sondage PD3



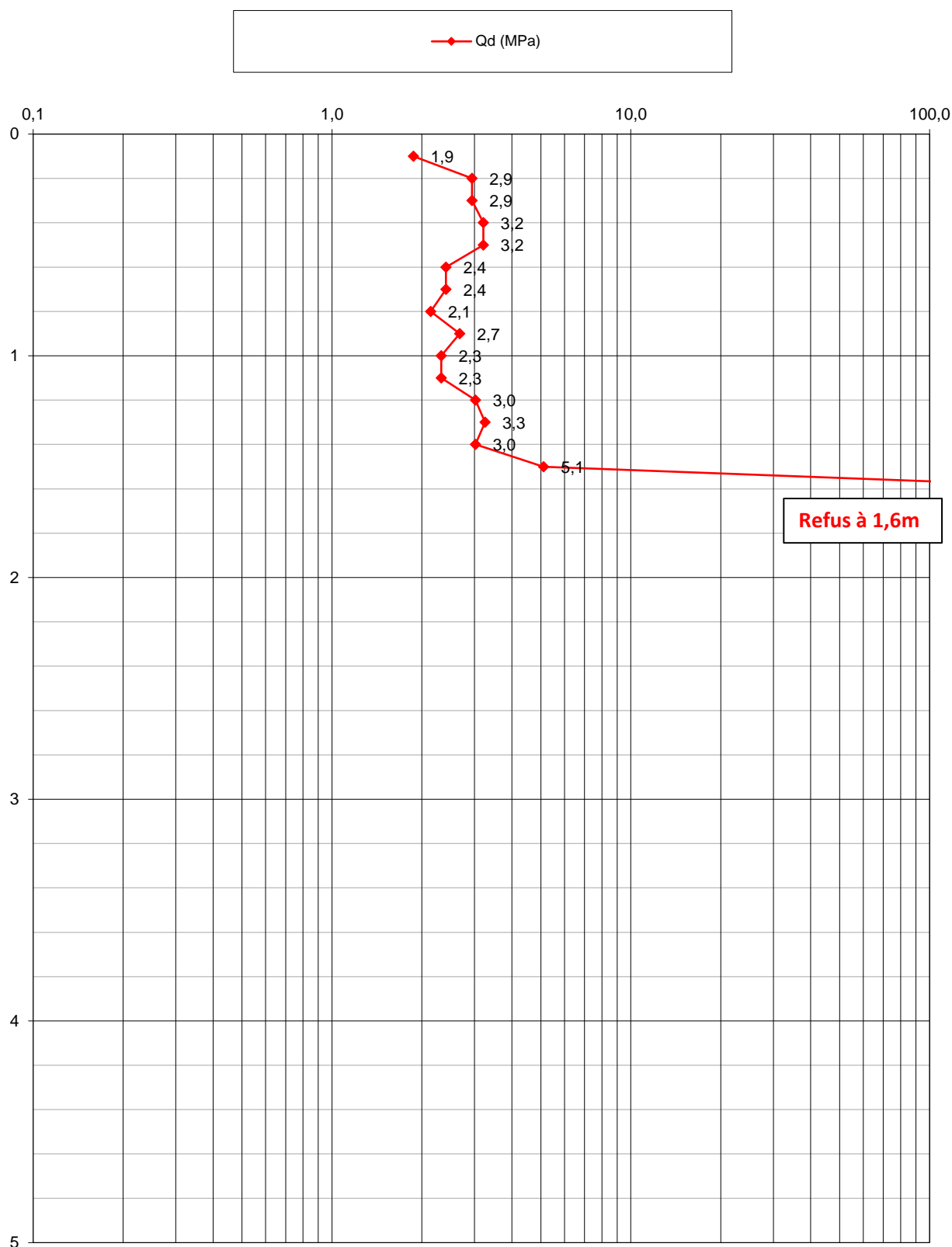
Client **DIR EST**
Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
Dossier **C24.20.341**
Date **15/11/2024**
Outils Pénétromètre à main

Sondage PD4



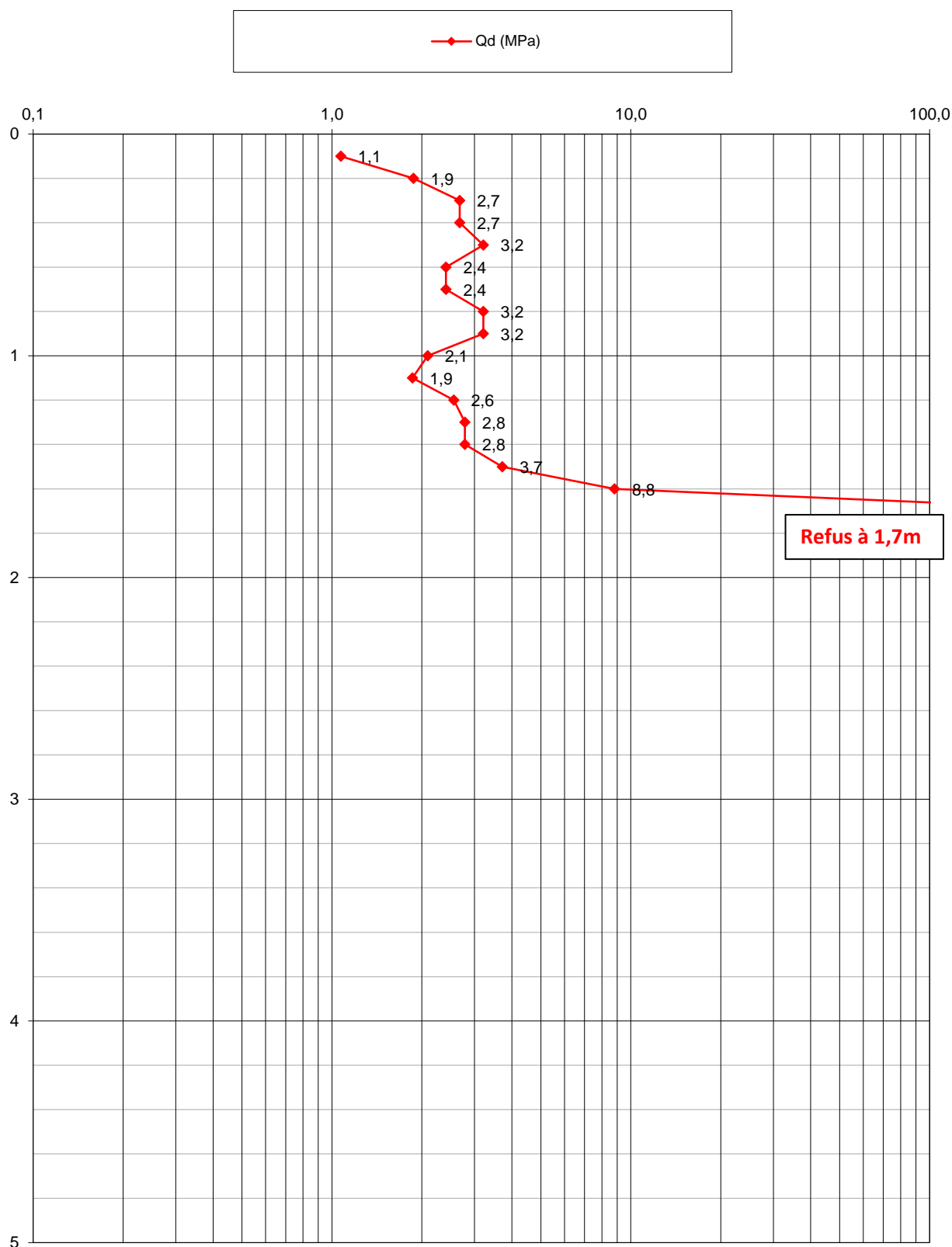
Client **DIR EST**
Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
Dossier **C24.20.341**
Date **15/11/2024**
Outils Pénétrömètre à main

Sondage PD5



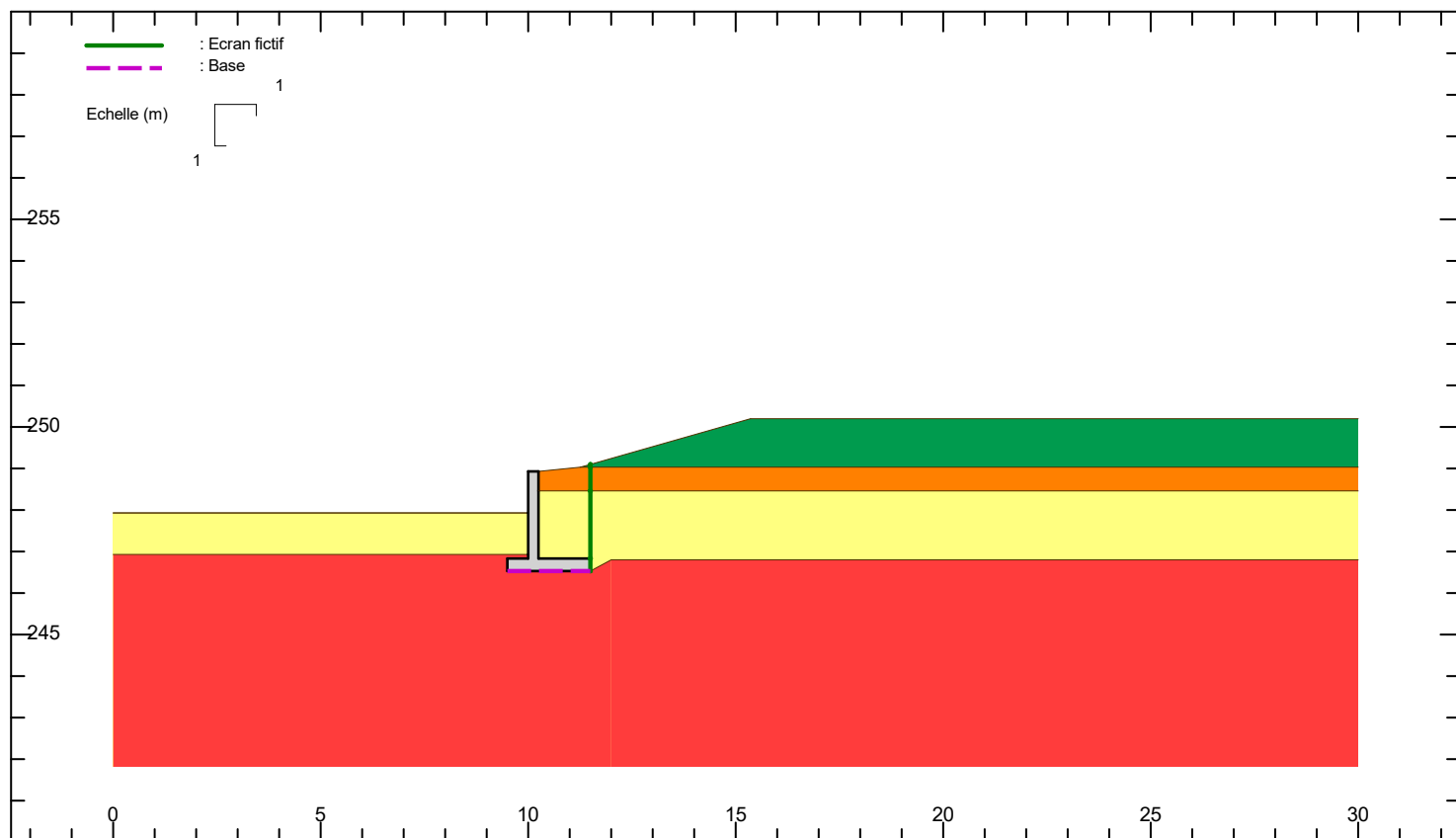
Client **DIR EST**
 Chantier **RENNES-SUR-LOUE**
 Dossier **C24.20.341**
 Date **15/11/2024**
 Outils Pénétrömètre à main

Sondage PD6



ANNEXE 2

SORTIES GRAPHIQUES



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	ϕ	δ	Ca
■ 1	11.00	30.00	18.00	0.00	0.00
■ 2	21.00	0.00	37.00	16.00	0.00
■ 3	11.00	0.00	37.00	16.00	0.00
■ 4	20.00	0.00	25.00	16.00	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol
■	15.11		30.00	18.00	0.00	850.00	cohérent

Fichier : Mur droite-normale.gmr

Unités : kN, m

Méthode de CULMANN

Surfaces brisées précalculées

Xi incliné à delta

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :
Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

3/1/2025 - 10:26		FIGURE 1/4



Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma q = 1.35$ variables défavorables $\gamma q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma q = 1$ variables favorables $\gamma q = 0$ Eau favorable $\gamma w; \inf = 1$ Eau défavorable $\gamma w; \sup = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma R; v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma R; v = 2.3$ glissement $\gamma R; h = 1.1$ butée $\gamma R; e = 1.4$ Methode glissement $\gamma R; d; h = 0.9$ portance $\gamma R; d; v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids défavorable	 $R_h; d = 21.388 \text{ kN/m}$ $R_p; d = 0 \text{ kN/m}$ $H_d = 19.668 \text{ kN/m}$ $H_d \leq R_h; d + R_p; d$ $e = 0.0886 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.933 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.698$ $R_v; d = 813.01 \text{ kN/m}$ $V_d = 86.001 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		
	Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	 $e = 0.0405 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.5 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.698$ $R_v; d = 494.87 \text{ kN/m}$ $V_d = 63.704 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
SOL À PREDOMINANCE COHERENTE		
Statique $\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$ Vol. mur = 1.125 m ²		

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax : 04 50 95 99 36
---	---	--

3/1/2025 - 10:26		FIGURE 2/4



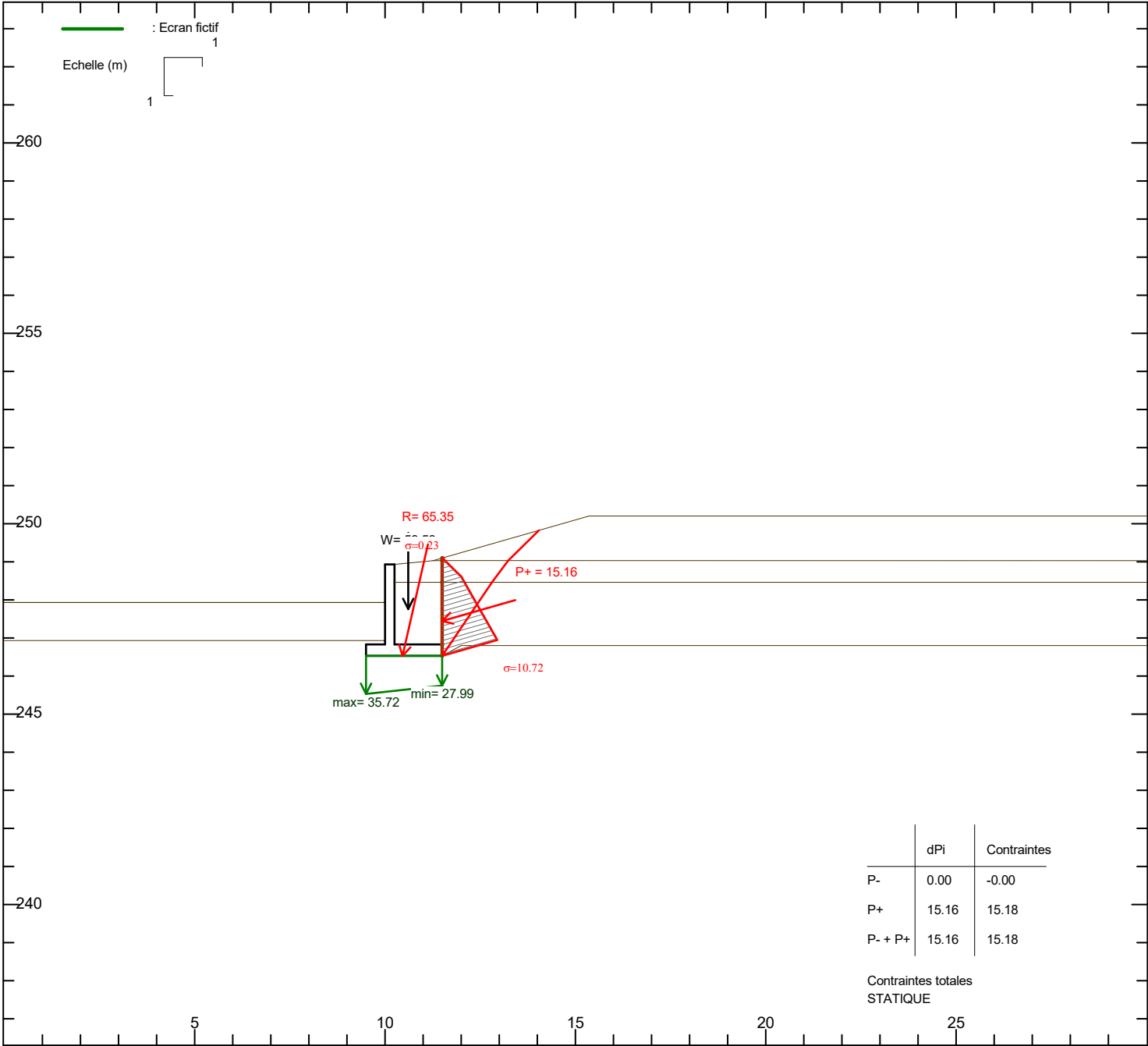
GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 10:26

FIGURE
3/4



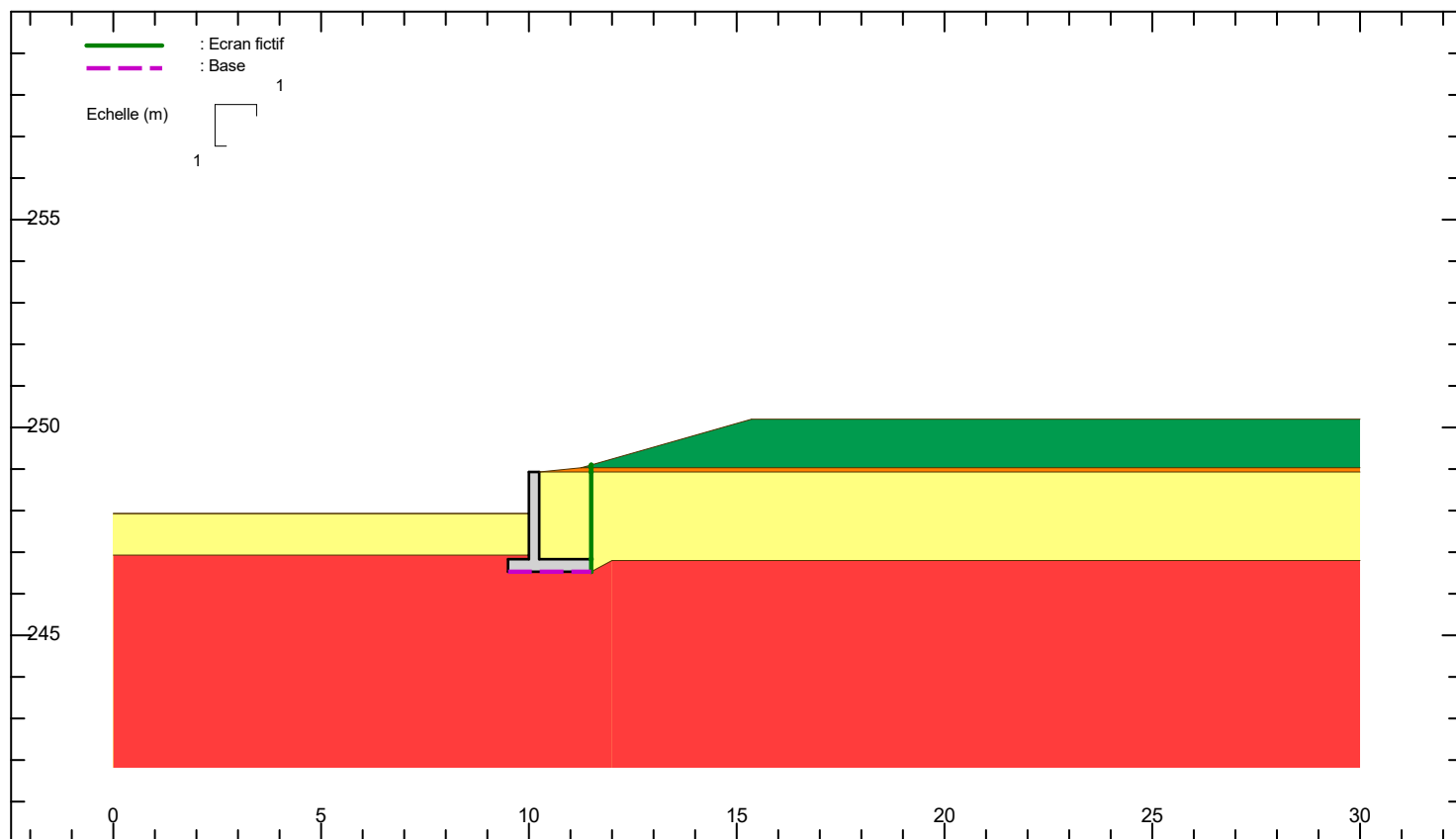
POIDS DU MUR		W= 59.53 kN		Xg= 10.61 m	Yg= 247.76 m
dont :	W mur= 17.00 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 36.48 kN	W sol/patin = 6.05 kN	W sol sous semelle= 0.00 kN
					W eau= 0.00 kN

POUSSEE TOTALE	P= 15.16 kN	$\tau= 16.00^\circ$	Pv = 4.18 kN	Ph = 14.57 kN	X = 11.50 m	Y = 247.44 m
Poussée due au sol	P= 15.16 kN	$\tau= 16.00^\circ$	Pv = 4.18 kN	Ph = 14.57 kN	X = 11.50 m	Y = 247.44 m

RESULTANTE	R= 65.35 kN	$\tau= 77.12^\circ$	Rv= 63.70 kN	Rh= 14.57 kN	X = 10.46 m	Y = 246.53 m
------------	-------------	---------------------	--------------	--------------	-------------	--------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax :04 50 95 99 36
---	---	---

3/1/2025 - 10:26	FIGURE 4/4



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
 site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
 Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	ϕ	δ	Ca
1	11.00	30.00	18.00	0.00	0.00
2	21.00	0.00	37.00	16.00	0.00
3	11.00	0.00	37.00	16.00	0.00
4	20.00	0.00	25.00	16.00	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol
	14.00		30.00	18.00	0.00	850.00	cohérent

Fichier : Mur droite-crue.gmr
 Unités : kN, m
 Méthode de CULMANN
 Surfaces brisées précalculées
 Xi incliné à delta

Prise en compte de la cohésion pour le calcul
 des poussées :
 Intégration de la partie positive du diagramme
 des contraintes, calculé avec la cohésion.

3/1/2025 - 10:51		FIGURE 1/4



Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma q = 1.35$ variables défavorables $\gamma q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma q = 1$ variables favorables $\gamma q = 0$ Eau favorable $\gamma w; \inf = 1$ Eau défavorable $\gamma w; \sup = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma R; v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma R; v = 2.3$ glissement $\gamma R; h = 1.1$ butée $\gamma R; e = 1.4$ Methode glissement $\gamma R; d; h = 0.9$ portance $\gamma R; d; v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids défavorable	$Rh; d = 18.779 \text{ kN/m}$ $Rp; d = 0 \text{ kN/m}$ $Hd = 16.791 \text{ kN/m}$ $Hd \leq Rh; d + Rp; d$ $e = 0.0952 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.933 \text{ m}$ $R0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.705$ $Rv; d = 812.78 \text{ kN/m}$ $Vd = 75.559 \text{ kN/m}$ $Vd \leq Rv; d + R0$		
	Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	$e = 0.0509 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.5 \text{ m}$ $R0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.705$ $Rv; d = 494.74 \text{ kN/m}$ $Vd = 55.969 \text{ kN/m}$ $Vd \leq Rv; d + R0$		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
SOL À PREDOMINANCE COHERENTE		
Statique $\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$ Vol. mur = 1.125 m ²		

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax : 04 50 95 99 36
---	---	--

3/1/2025 - 10:51		FIGURE 2/4

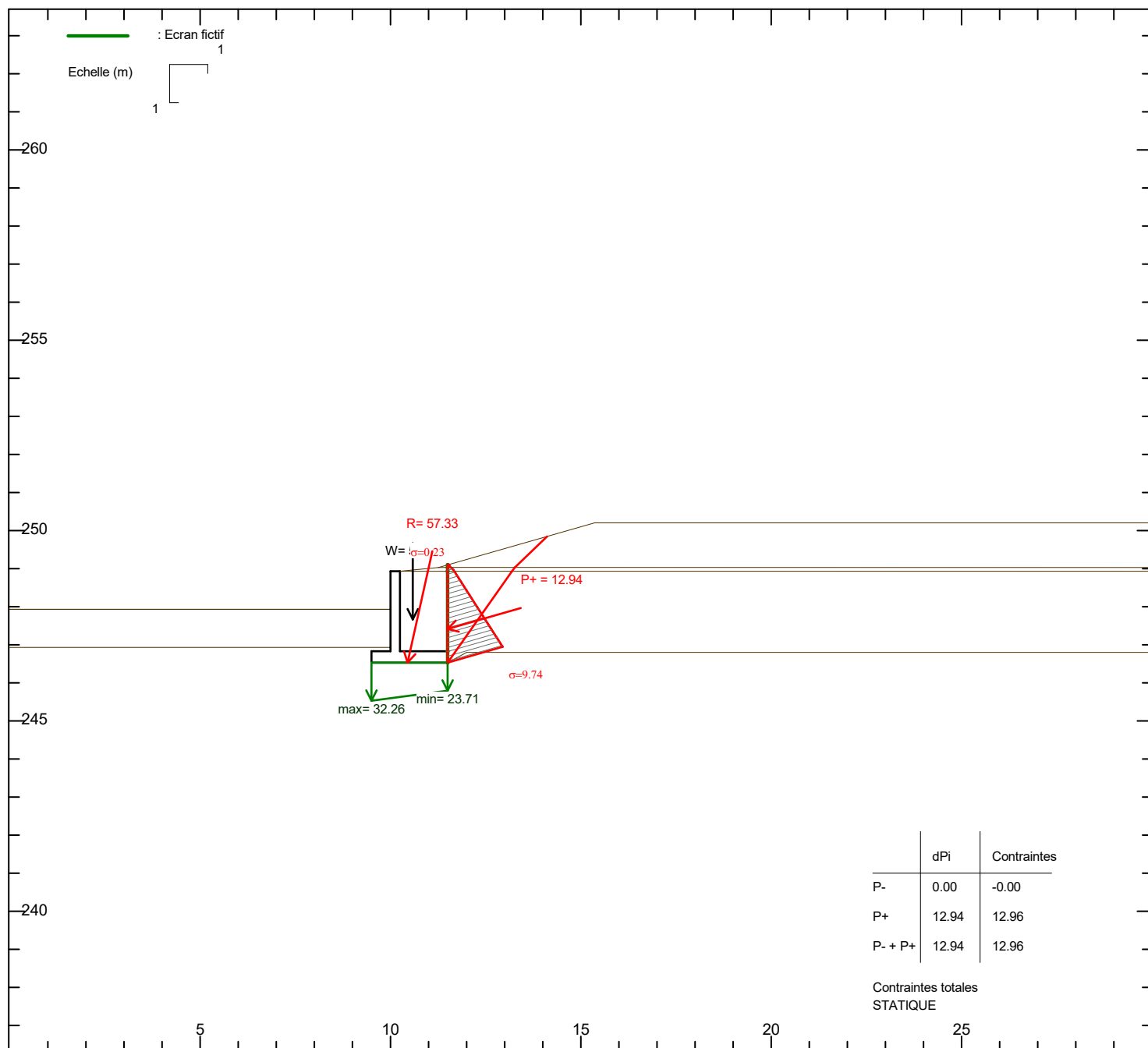


GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 10:51		FIGURE 3/4



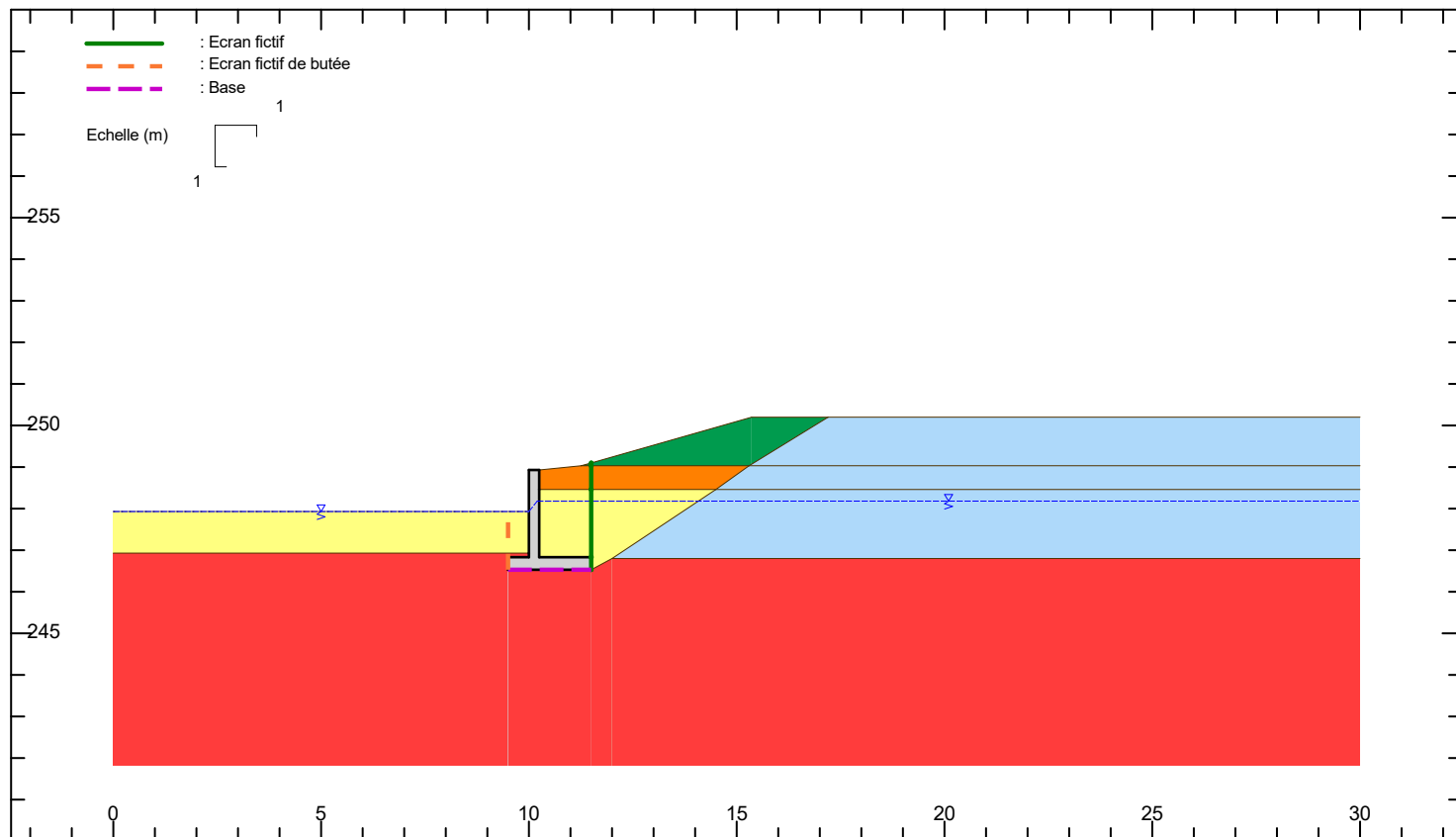
POIDS DU MUR		W = 52.40 kN		Xg = 10.59 m	Yg = 247.67 m
dont :	W mur = 15.75 kN	W charges = 0.00 kN	W sol/semelle = 30.60 kN	W sol/patin = 6.05 kN	W sol sous semelle = 0.00 kN
					W eau = 0.00 kN

POUSSEE TOTALE	P = 12.94 kN	$\tau = 16.00^\circ$	Pv = 3.57 kN	Ph = 12.44 kN	X = 11.50 m	Y = 247.41 m
 Poussée due au sol	P = 12.94 kN	$\tau = 16.00^\circ$	Pv = 3.57 kN	Ph = 12.44 kN	X = 11.50 m	Y = 247.41 m

RESULTANTE	R = 57.33 kN	$\tau = 77.47^\circ$	Rv = 55.97 kN	Rh = 12.44 kN	X = 10.45 m	Y = 246.53 m
------------	--------------	----------------------	---------------	---------------	-------------	--------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2	Tél : 04 50 95 38 14
site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 10:51		FIGURE 4/4



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	ϕ	δ	Ca
1	21.00	30.00	18.00	0.00	0.00
2	21.00	0.00	37.00	16.00	0.00
3	21.00	0.00	37.00	16.00	0.00
4	20.00	0.00	25.00	16.00	0.00
5	17.00	0.00	20.00	0.00	0.00
butée	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00

Fichier : Mur droite-vidange.gmr

Unités : kN, m

Méthode de CULMANN

Surfaces brisées précalculées

Xi incliné à delta

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol
	24.00		30.00	18.00	0.00	850.00	cohérent

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :

Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

3/1/2025 - 18:16

FIGURE
1/4



Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma q = 1.35$ variables défavorables $\gamma q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma g = 1$ variables favorables $\gamma q = 0$ Eau favorable $\gamma w; \inf = 1$ Eau défavorable $\gamma w; \sup = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma R; v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma R; v = 2.3$ glissement $\gamma R; h = 1.1$ butée $\gamma R; e = 1.4$ Methode glissement $\gamma R; d; h = 0.9$ portance $\gamma R; d; v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée favorable -Poids défavorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids défavorable Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	 $Rh; d = 22.031 \text{ kN/m}$ $Rp; d = 35.414 \text{ kN/m}$ $Hd = 55.225 \text{ kN/m}$ $Hd \leq Rh; d + Rp; d$ $e = -0.108 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.933 \text{ m}$ $R0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.447$ $Rv; d = 503.99 \text{ kN/m}$ $Vd = 111.54 \text{ kN/m}$ $Vd \leq Rv; d + R0$ $e = -0.125 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.5 \text{ m}$ $R0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.409$ $Rv; d = 264.44 \text{ kN/m}$ $Vd = 74.457 \text{ kN/m}$ $Vd \leq Rv; d + R0$		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
SOL À PREDOMINANCE COHERENTE		
Statique $\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$ Vol. mur = 1.125 m ²		

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax : 04 50 95 99 36
---	---	--

3/1/2025 - 18:16		FIGURE 2/4

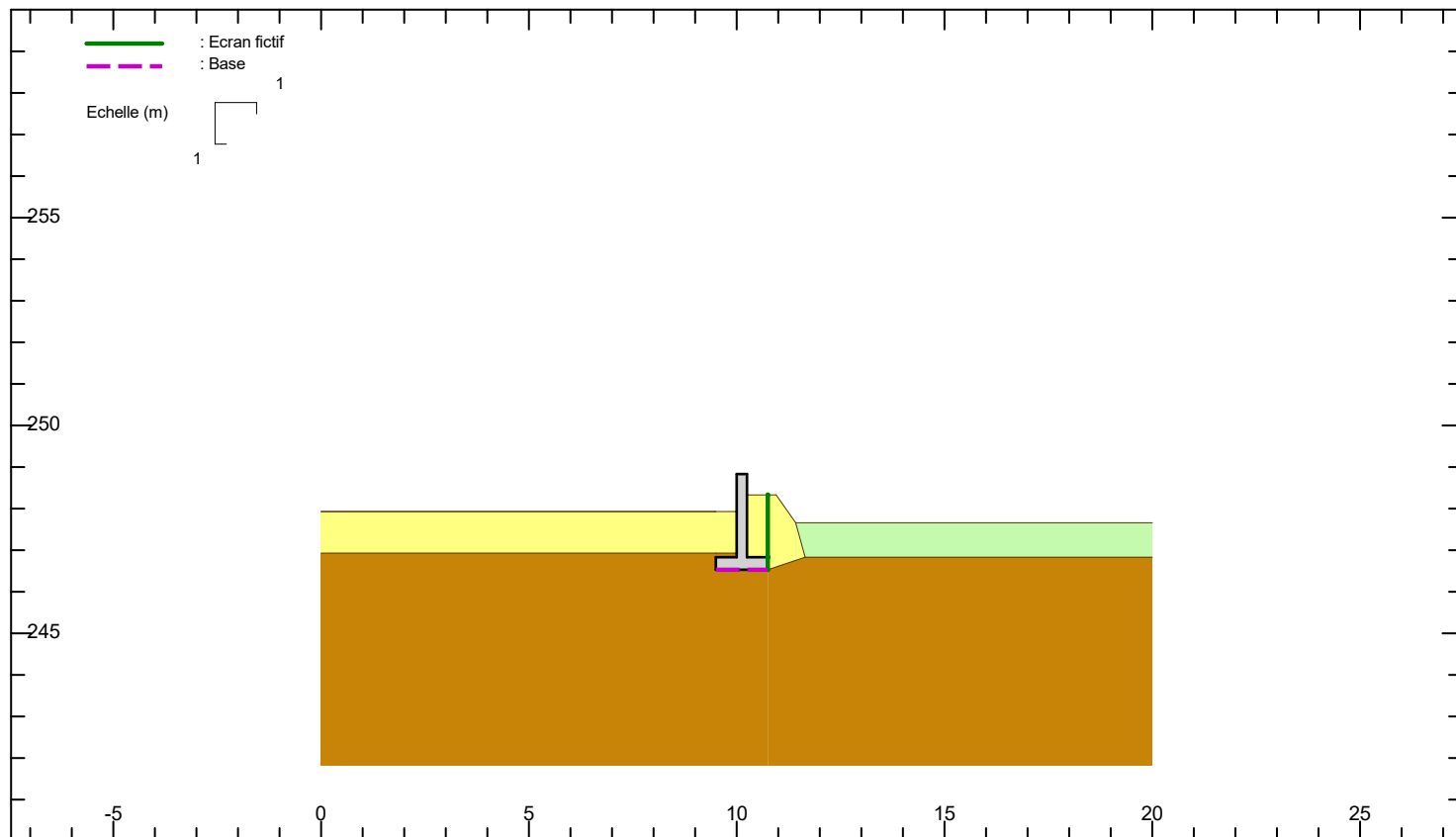


GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 18:16		FIGURE 3/4



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	ϕ	δ	Ca
■ 1	11.00	30.00	18.00	0.00	0.00
■ 2	9.00	25.00	18.00	0.00	0.00
■ 3	11.00	0.00	35.00	0.00	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol
■	15.18		30.00	18.00	0.00	850.00	cohérent

Fichier : Mur gauche-normale.gmr

Unités : kN, m

Méthode de CULMANN

Surfaces brisées précalculées

Xi incliné à delta

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :

Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

3/1/2025 - 10:57		FIGURE 1/4



Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma q = 1.35$ variables défavorables $\gamma q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma g = 1$ variables favorables $\gamma q = 0$ Eau favorable $\gamma w_{inf} = 1$ Eau défavorable $\gamma w_{sup} = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma R_v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma R_v = 2.3$ glissement $\gamma R_h = 1.1$ butée $\gamma R_e = 1.4$ Methode glissement $\gamma R_d; h = 0.9$ portance $\gamma R_d; v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids défavorable	 $R_h; d = 9.0526 \text{ kN/m}$ $R_p; d = 0 \text{ kN/m}$ $H_d = 5.12 \text{ kN/m}$ $H_d \leq R_h; d + R_p; d$ $e = 0.0886 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.583 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.825$ $R_v; d = 568.37 \text{ kN/m}$ $V_d = 37.236 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		
	Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	 $e = 0.0579 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.312 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.825$ $R_v; d = 345.97 \text{ kN/m}$ $V_d = 27.583 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
SOL À PREDOMINANCE COHERENTE		
Statique $\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$ Vol. mur = 0.875 m ²		

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax : 04 50 95 99 36
---	---	--

3/1/2025 - 10:57		FIGURE 2/4



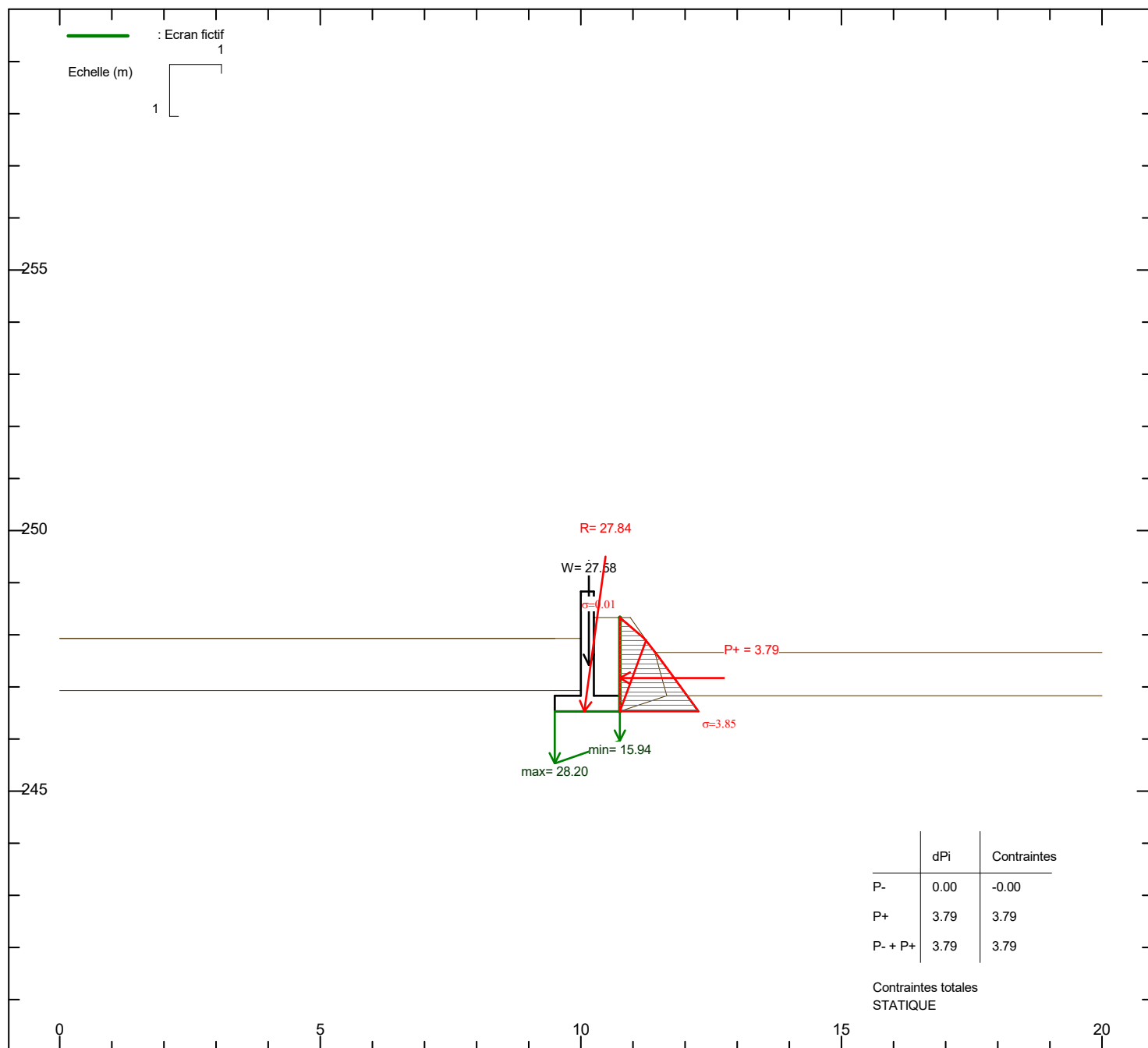
GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 10:57

FIGURE
3/4



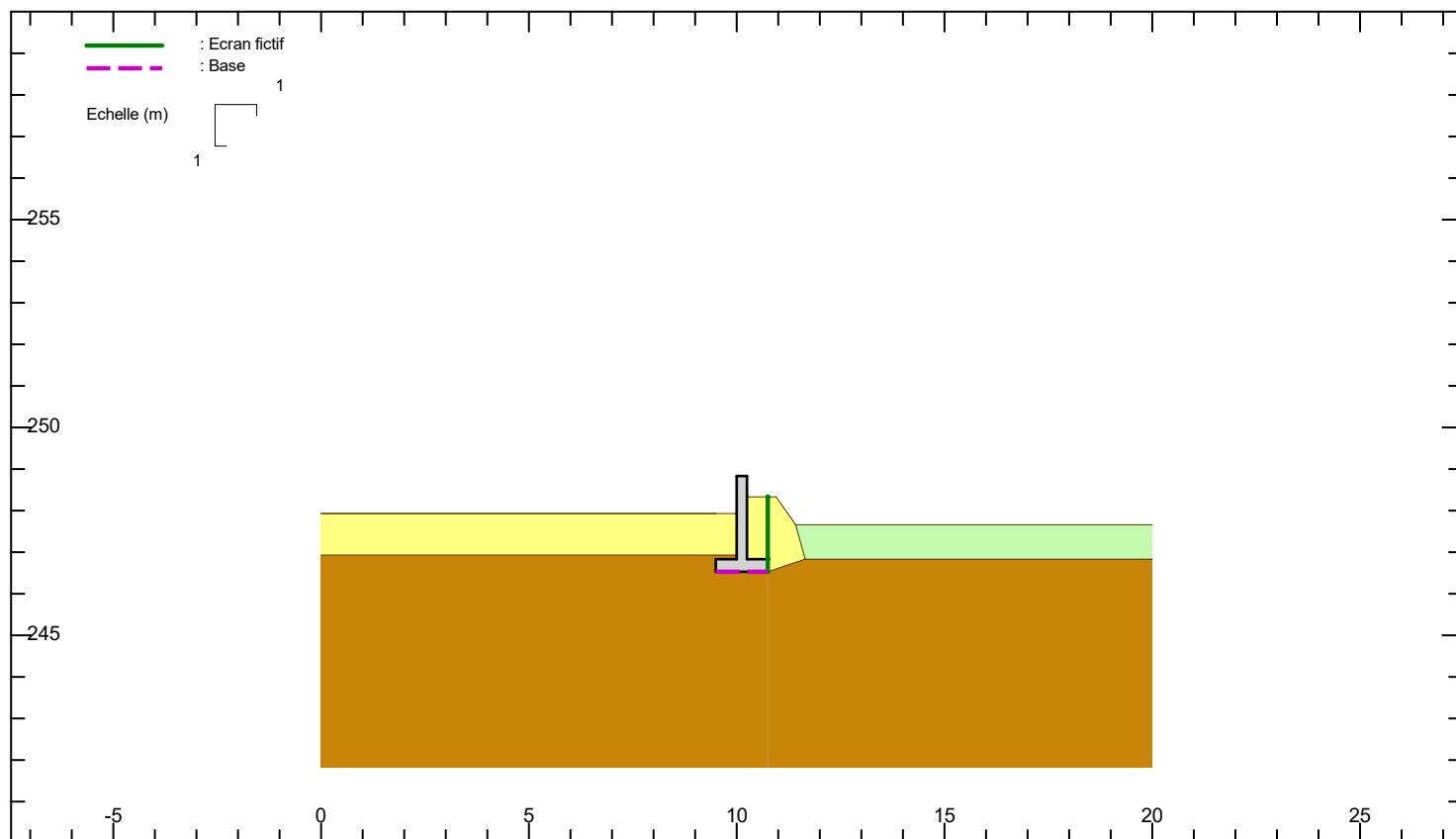
POIDS DU MUR		W= 27.58 kN			Xg= 10.15 m	Yg= 247.42 m
dont :	W mur= 13.28 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 8.25 kN	W sol/patin = 6.05 kN	W sol sous semelle= 0.00 kN	W eau= 0.00 kN

POUSSEE TOTALE	P= 3.79 kN	$\tau = 0.00^\circ$	Pv = 0.00 kN	Ph = 3.79 kN	X = 10.75 m	Y = 247.17 m
Poussée due au sol	P= 3.79 kN	$\tau = 0.00^\circ$	Pv = 0.00 kN	Ph = 3.79 kN	X = 10.75 m	Y = 247.17 m

RESULTANTE	R= 27.84 kN	$\tau = 82.17^\circ$	Rv= 27.58 kN	Rh= 3.79 kN	X = 10.07 m	Y = 246.53 m
------------	-------------	----------------------	--------------	-------------	-------------	--------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax :04 50 95 99 36
---	---	---

3/1/2025 - 10:57		FIGURE 4/4



GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

SOLS	γ	c	ϕ	δ	Ca
1	11.00	30.00	18.00	0.00	0.00
2	9.00	25.00	18.00	0.00	0.00
3	11.00	0.00	35.00	0.00	0.00

MUR	γ	BASE	C	ϕ	q0	qu	Type sol
	14.00		30.00	18.00	0.00	850.00	cohérent

Fichier : Mur gauche-crue.gmr

Unités : kN, m

Méthode de CULMANN

Surfaces brisées précalculées

Xi incliné à delta

Prise en compte de la cohésion pour le calcul des poussées :
Intégration de la partie positive du diagramme des contraintes, calculé avec la cohésion.

3/1/2025 - 10:58		FIGURE 1/4



Facteurs de sécurité partiels	Critère	Statique	Sismique	
			Pesant	Allégeant
Actions - ELU permanentes défavorables $\gamma q = 1.35$ variables défavorables $\gamma q = 1.5$ permanentes favorables $\gamma g = 1$ variables favorables $\gamma q = 0$ Eau favorable $\gamma w_{inf} = 1$ Eau défavorable $\gamma w_{sup} = 1.35$ Résistances portance (ELU) $\gamma R_v = 1.4$ portance (ELS) $\gamma R_v = 2.3$ glissement $\gamma R_h = 1.1$ butée $\gamma R_e = 1.4$ Methode glissement $\gamma R_d; h = 0.9$ portance $\gamma R_d; v = 1$	Eurocodes 7 : NF P 94-281			
	Approche 2 - ELU Glissement (ELU Article 9.3.1) Poussée défavorable-Poids favorable Renversement (ELU Article 9.2.2) Poussée défavorable-Poids favorable Poinçonnement (ELU Article 9.2.1) Poussée défavorable-Poids défavorable	$R_h; d = 8.7138 \text{ kN/m}$ $R_p; d = 0 \text{ kN/m}$ $H_d = 5.12 \text{ kN/m}$ $H_d \leq R_h; d + R_p; d$ $e = 0.0921 \text{ m}$ $e < 7/15 * B = 0.583 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.819$ $R_v; d = 561.76 \text{ kN/m}$ $V_d = 35.842 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		
	Approche 2 - ELS Renversement (ELS Article 12.3) Poinçonnement (ELS Article 12.2)	$e = 0.0601 \text{ m}$ $e < 1/4 * B = 0.312 \text{ m}$ $R_0 = 0 \text{ kN}; i\delta\beta = 0.819$ $R_v; d = 341.94 \text{ kN/m}$ $V_d = 26.55 \text{ kN/m}$ $V_d \leq R_v; d + R_0$		

RESULTATS DE CALCULS INTERMEDIAIRES (METHODE CLASSIQUE)		
SOL À PREDOMINANCE COHERENTE		
Statique $\beta = 0.00^\circ, d = 0.00 \text{ m}$ Vol. mur = 0.875 m^3		

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax : 04 50 95 99 36
---	---	--

3/1/2025 - 10:58		FIGURE 2/4



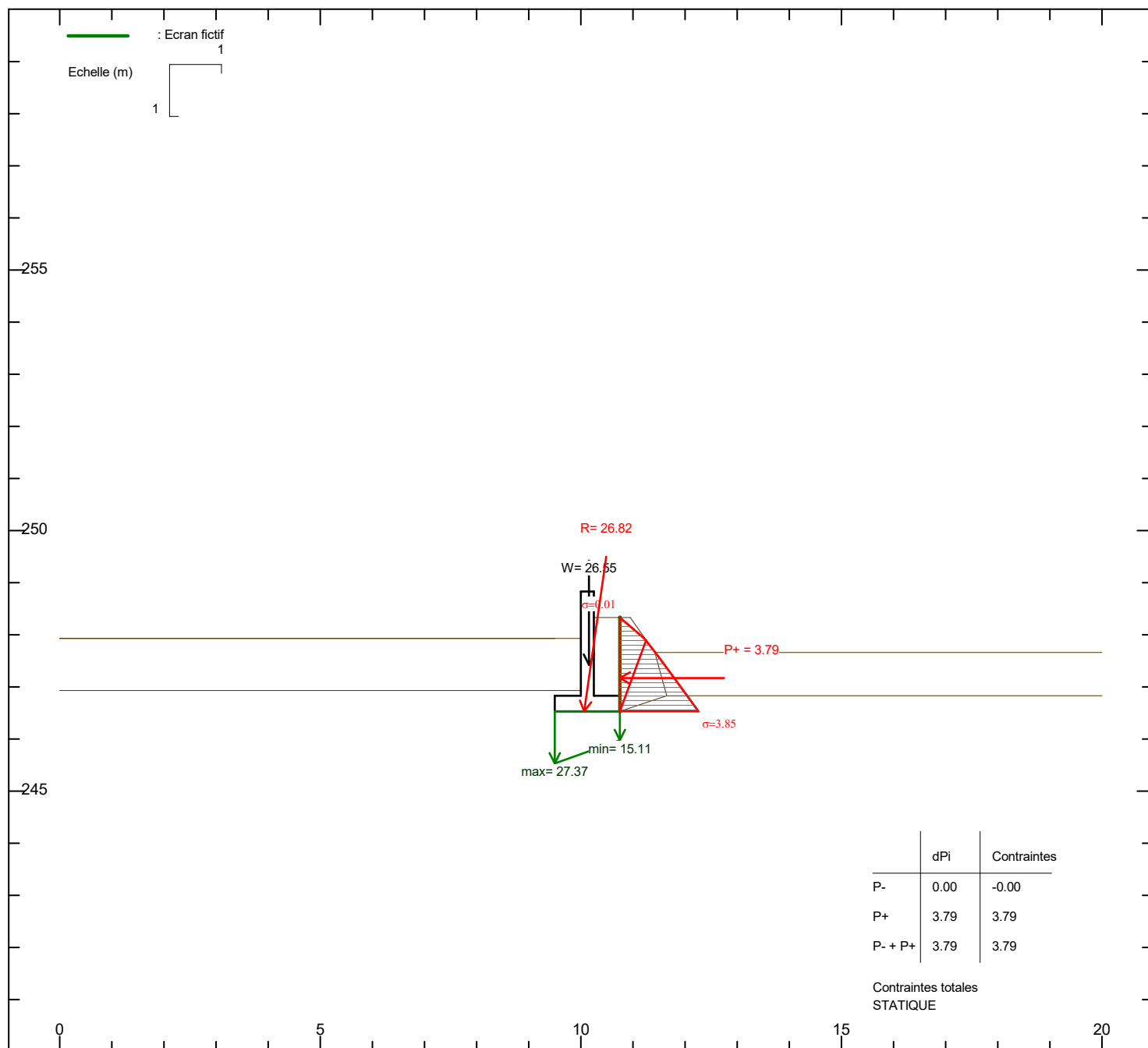
GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS
site web : <http://www.geos.fr> e-mail : logiciels@geos.fr

GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2
Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS

Tél : 04 50 95 38 14
Fax : 04 50 95 99 36

3/1/2025 - 10:58

FIGURE
3/4



POIDS DU MUR		W= 26.55 kN		Xg= 10.16 m	Yg= 247.42 m
dont :	W mur= 12.25 kN	W charges= 0.00 kN	W sol/semelle= 8.25 kN	W sol/patin = 6.05 kN	W sol sous semelle= 0.00 kN
					W eau= 0.00 kN

POUSSEE TOTALE	P= 3.79 kN	$\tau= 0.00^\circ$	Pv = 0.00 kN	Ph = 3.79 kN	X = 10.75 m	Y = 247.17 m
Poussée due au sol	P= 3.79 kN	$\tau= 0.00^\circ$	Pv = 0.00 kN	Ph = 3.79 kN	X = 10.75 m	Y = 247.17 m

RESULTANTE	R= 26.82 kN	$\tau= 81.87^\circ$	Rv= 26.55 kN	Rh= 3.79 kN	X = 10.06 m	Y = 246.53 m
------------	-------------	---------------------	--------------	-------------	-------------	--------------

GEOMUR© 2.20.3 du 06/07/23 développé par GEOS site web : http://www.geos.fr e-mail : logiciels@geos.fr	GEOS Ingénieurs Conseils, 310 av. Marie Curie, Bât, Europa 2 Archamps Technopole, F-74160 ARCHAMPS	Tél : 04 50 95 38 14 Fax :04 50 95 99 36
---	---	---

3/1/2025 - 10:58		FIGURE 4/4

ANNEXE 3

MISSIONS GÉOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols)).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-Projet (AVP)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

→ ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT.

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

→ SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution :

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution :

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis par le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES

(extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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

HYDROGÉOTECHNIQUE