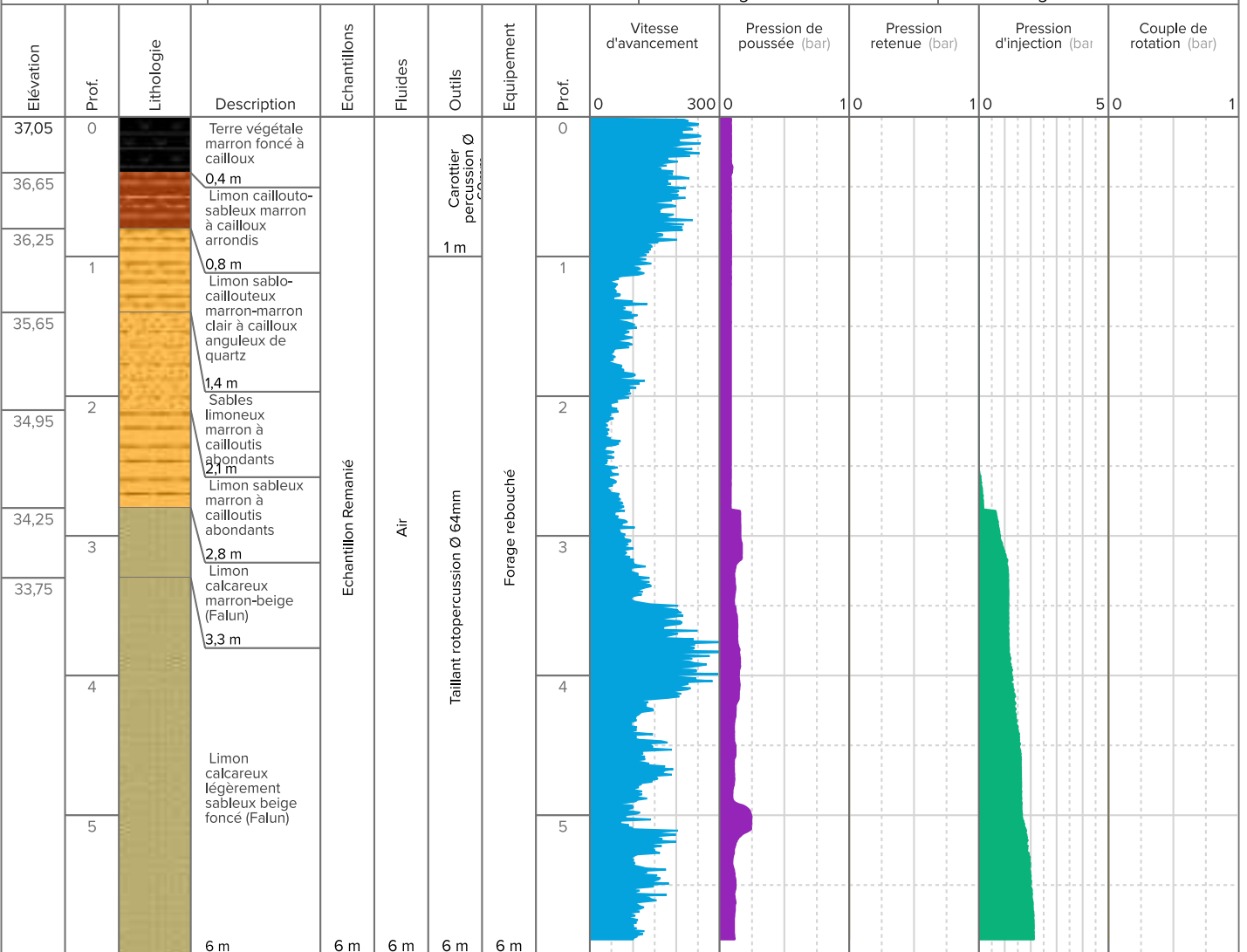


SP15	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,05 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
DPR-SP15	Paramètres destructifs	Non renseigné	Non renseigné

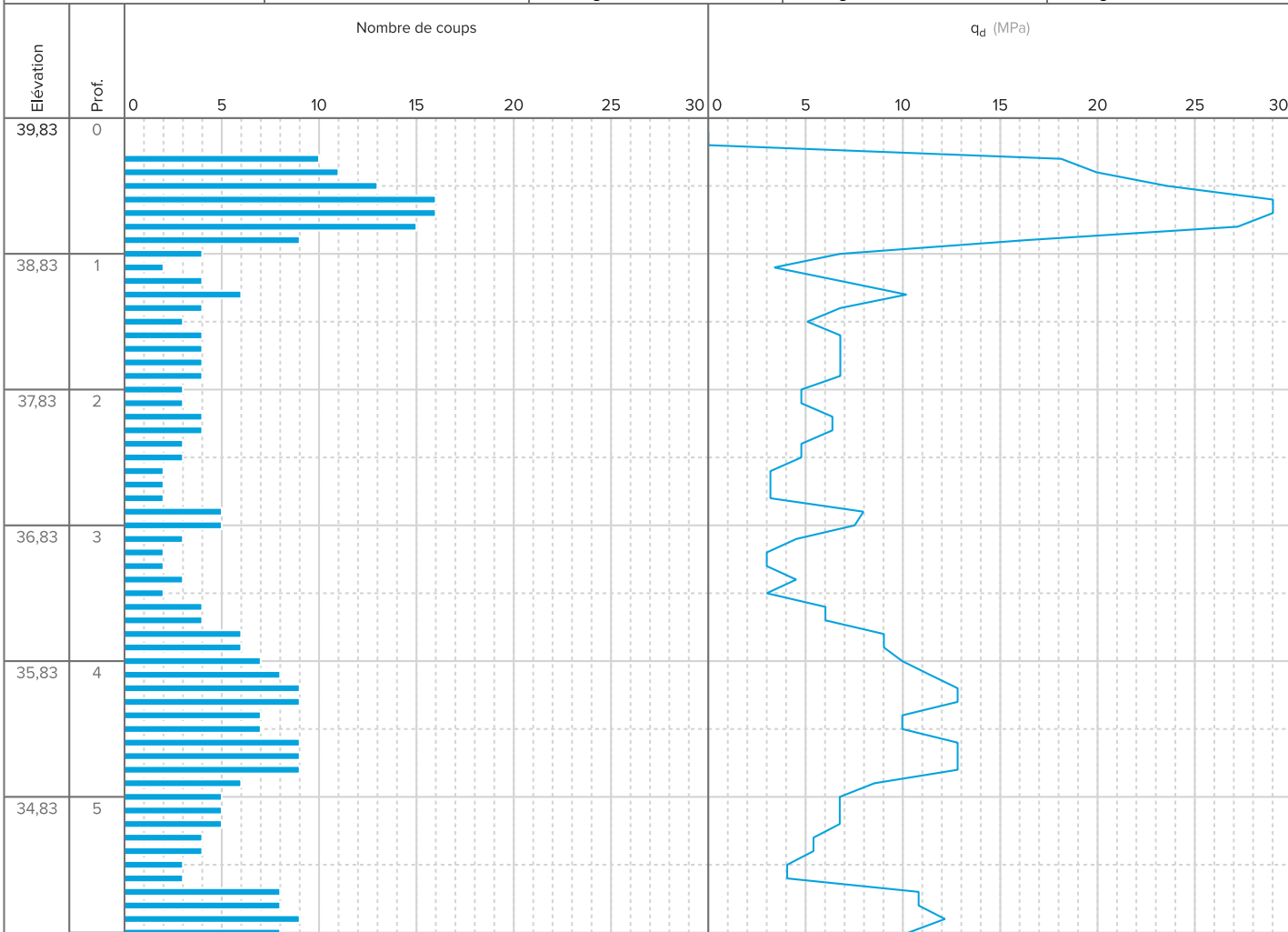


31,05	6		6 m					6					
-------	---	--	-----	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--

DPT11	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,83 m (NGF)	6,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT11	Pénétromètre dynamique	25/05/2021 15:16:00	25/05/2021 15:39:57	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m

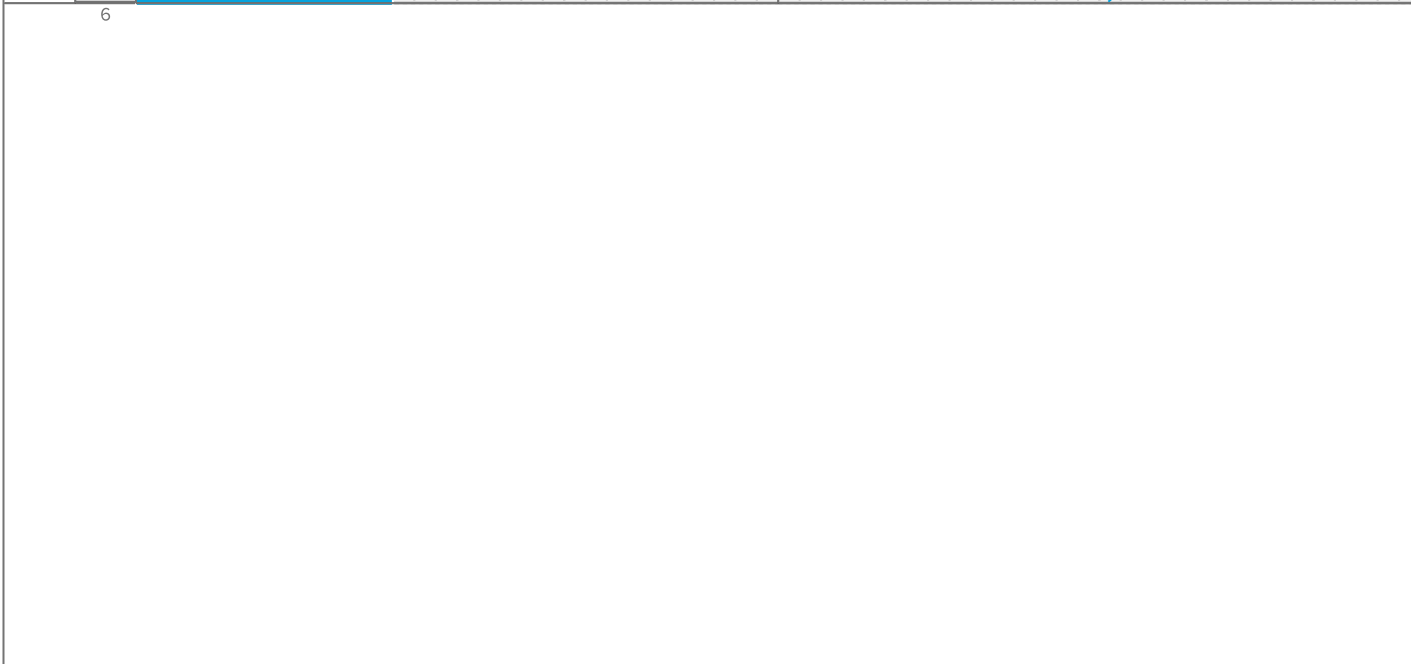
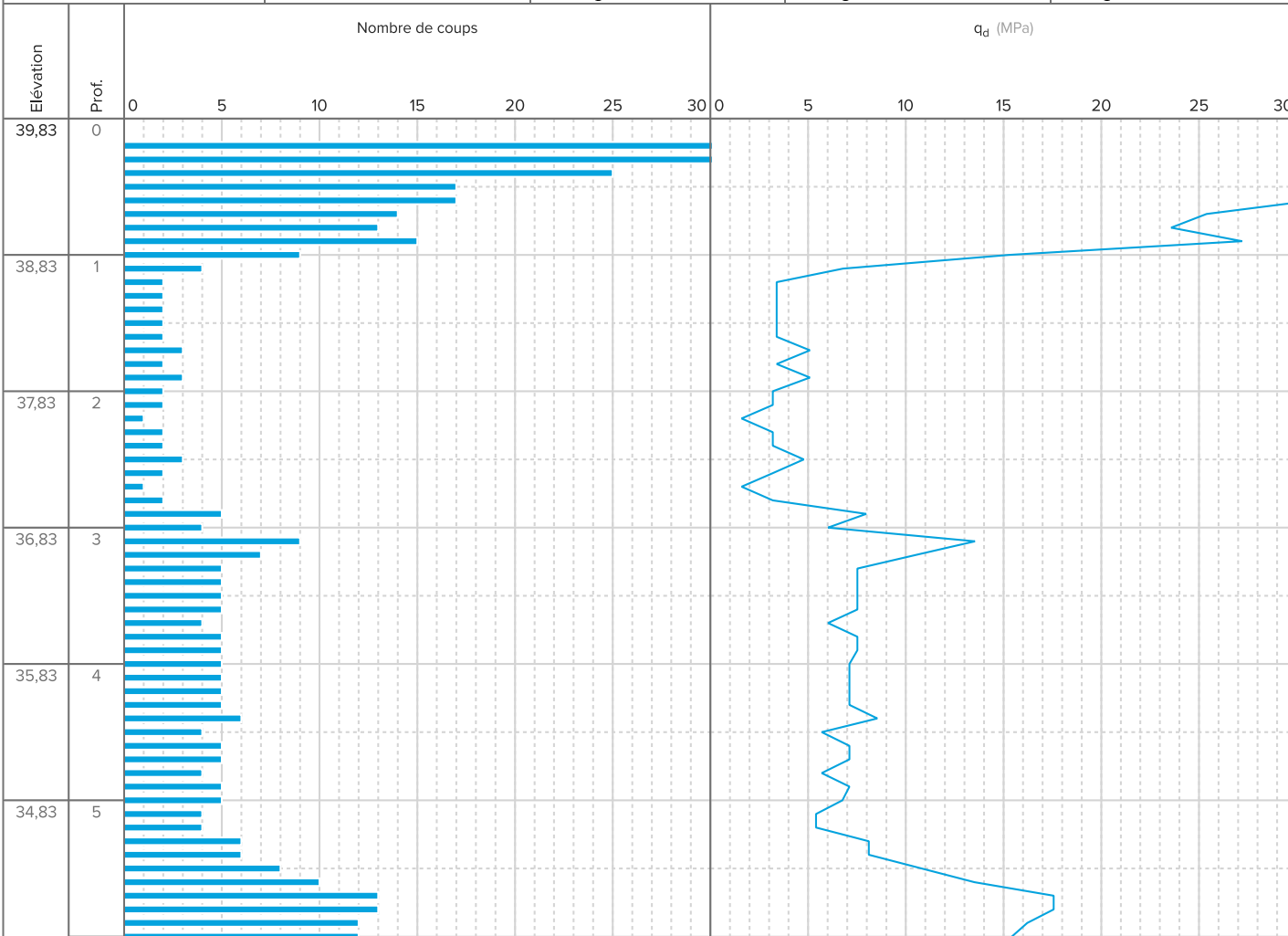


6				
---	--	--	--	--

DPT12	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,83 m (NGF)	6,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT12	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 13:31:37	26/05/2021 13:54:58	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

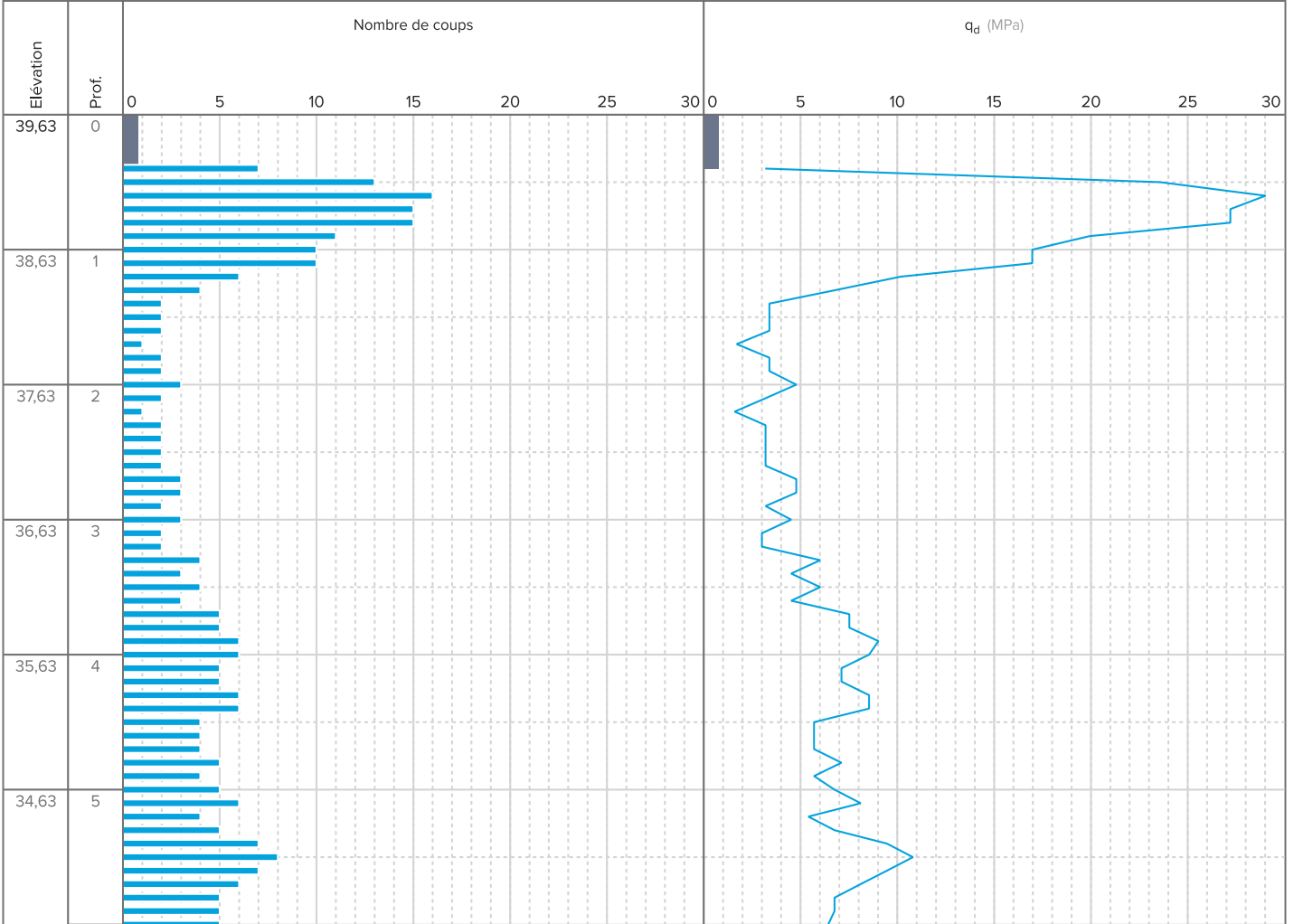
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT13	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,63 m (NGF)	6,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT13	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 12:59:30	26/05/2021 13:17:00	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m

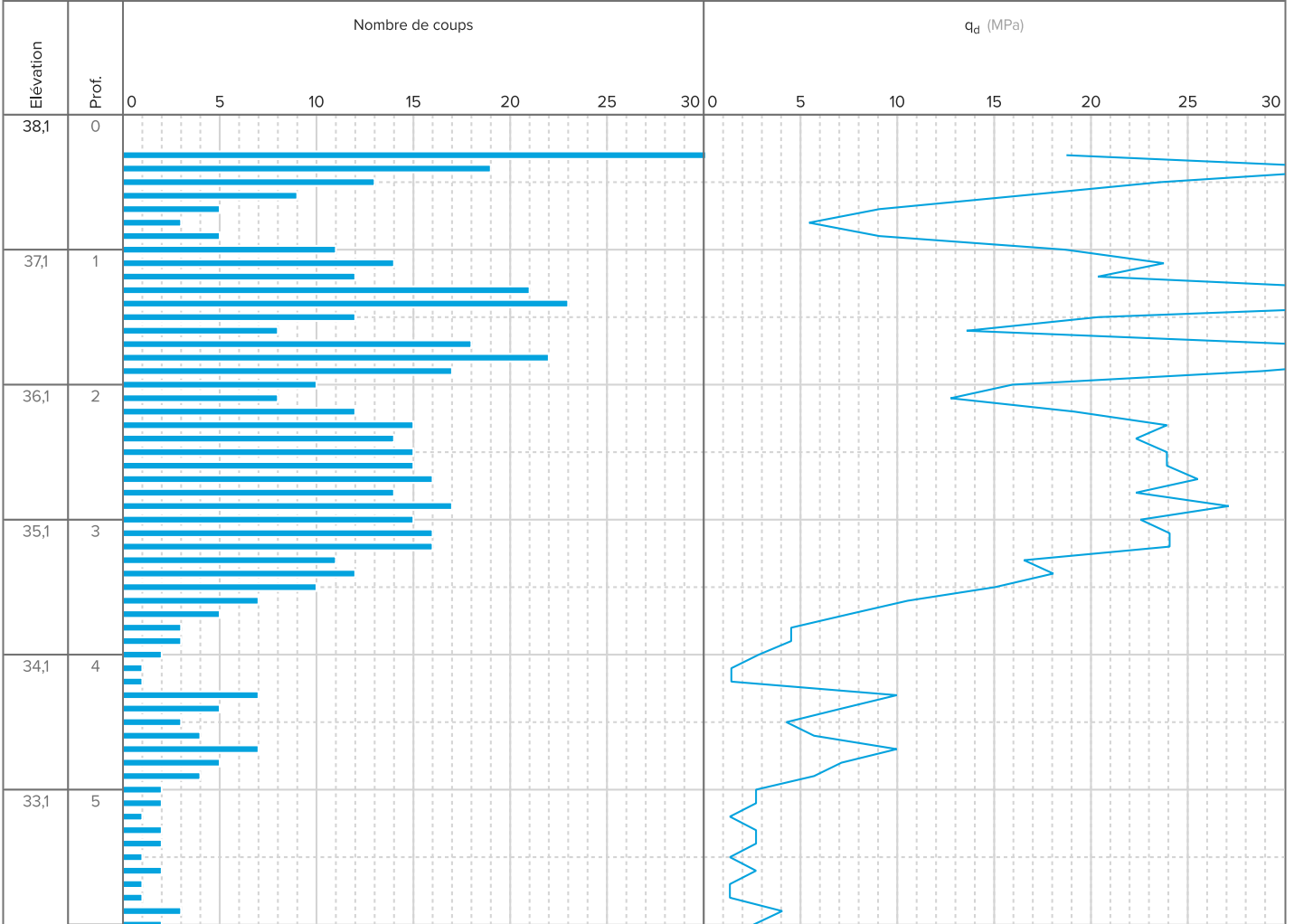


6				
---	--	--	--	--

DPT14	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+38,1 m (NGF)	6,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT14	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 15:12:58	26/05/2021 15:35:33	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m

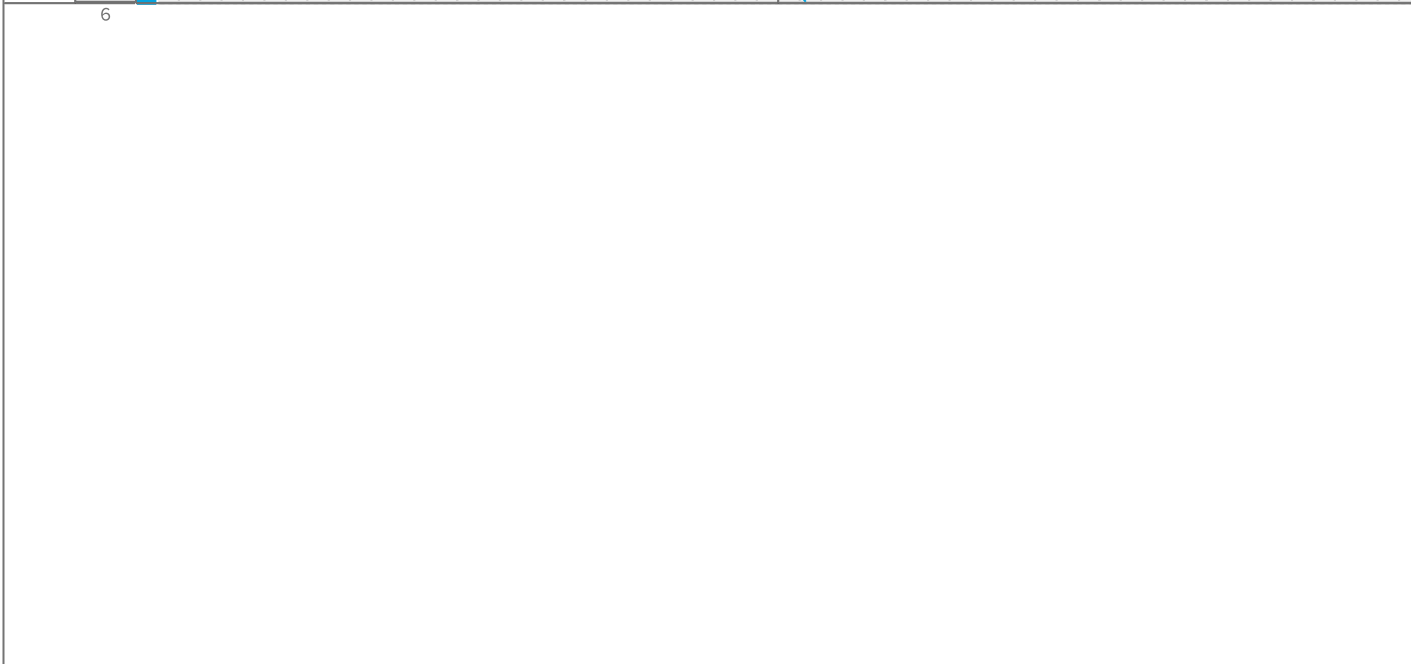
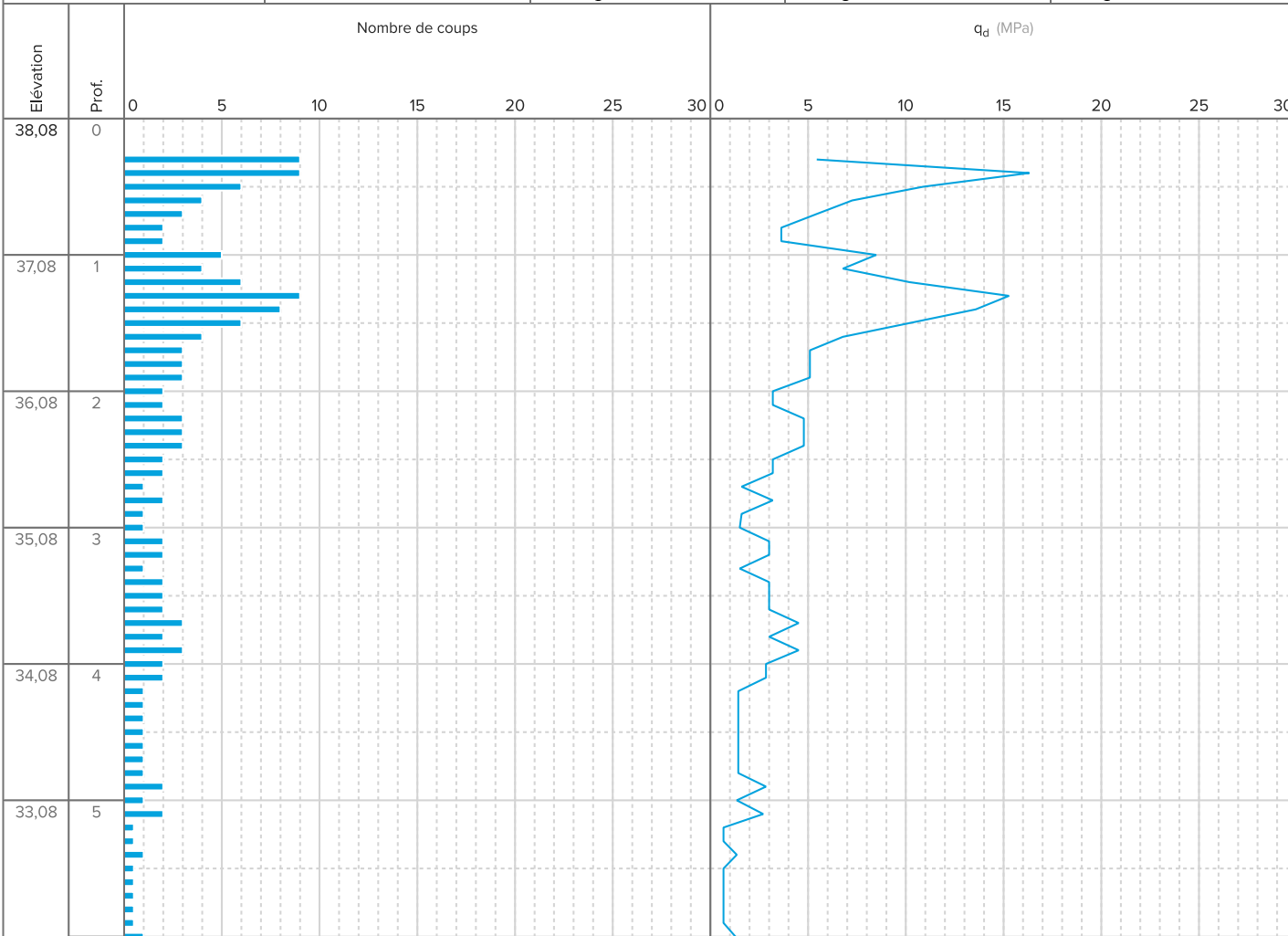


6				
---	--	--	--	--

DPT15	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+38,08 m (NGF)	6,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT15	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 14:23:24	26/05/2021 14:35:49	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

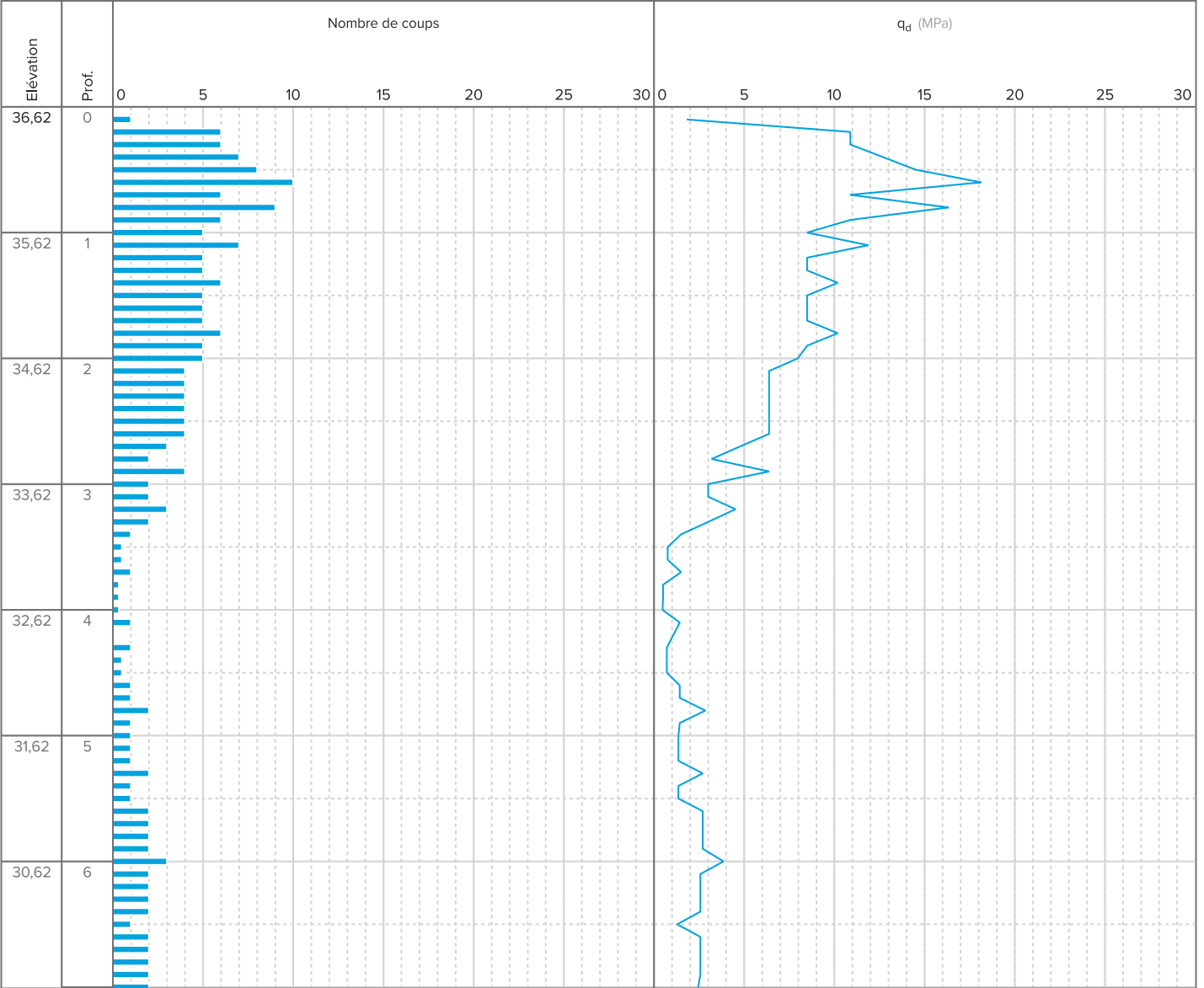
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT16	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,62 m (NGF)	7,0 m	0,0°	
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT16	Pénétromètre dynamique	27/05/2021 13:50:08	27/05/2021 14:07:49	




Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT17	Longitude	Latitude	Elévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71275	48,06504	+37,4 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

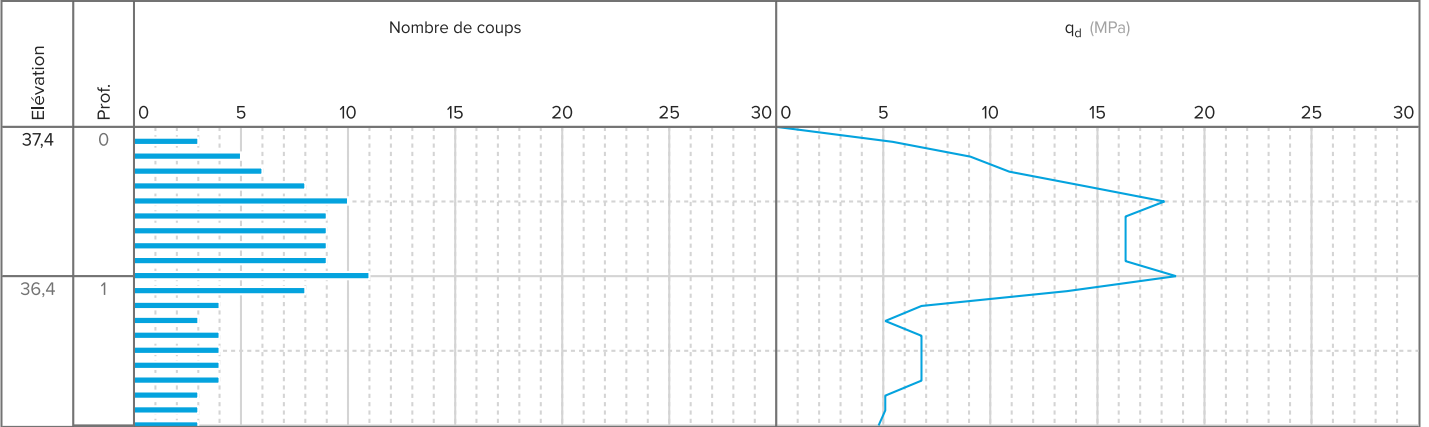
Début	Fin	Machine	Opérateur
27/05/2021 11:44:04	27/05/2021 11:57:05	SD40.1	Guerchais Michel

Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
37,4	0		Terre végétale marron foncé 0,2 m				
37,2			Remblai limono-caillouteux marron				
36,3	1		1,1 m Limon argilo-sableux marron clair à cailloutis	Echantillon Remanié 1,5 m	Néant	Tarrière continue Ø 63mm	Forage rebouché
35,4	2		2 m		2 m	2 m	2 m

DPT17	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,4 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT17	Pénétromètre dynamique	27/05/2021 11:44:04	27/05/2021 11:57:05	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI



Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2

DPT18	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71239	48,06594	+36,79 m (NGF)	2,5 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine	Opérateur
27/05/2021 15:21:27	27/05/2021 15:28:06	SD40.1	Guerchais Michel

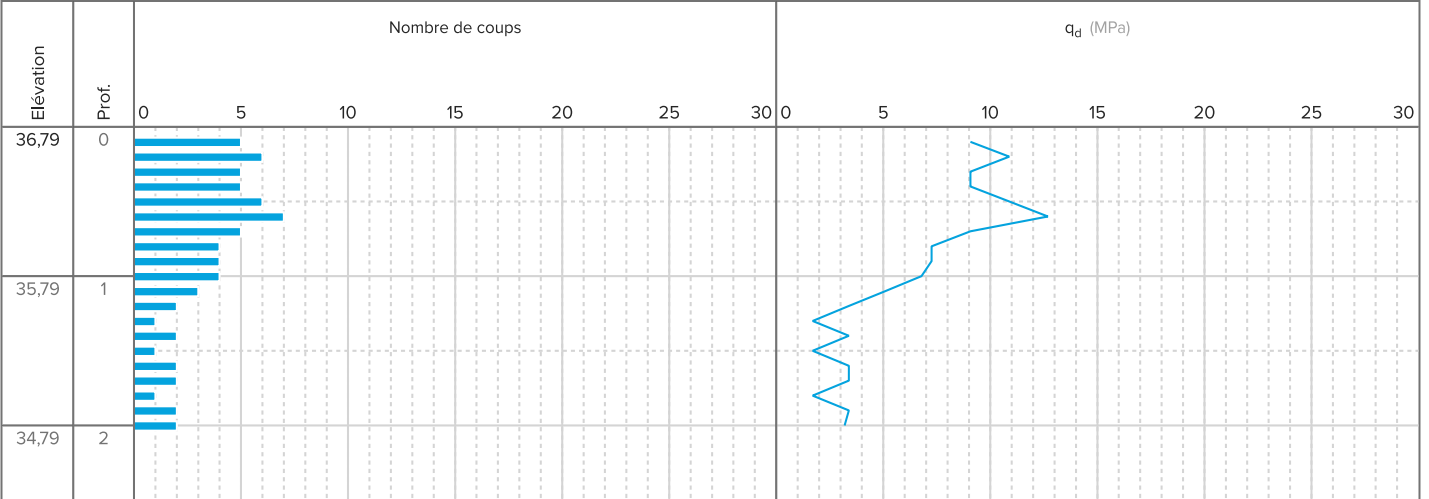
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
36,79	0		Remblai sablo-caillouteux brun-gris	Echantillon Remanié	Néant	Tarière continue Ø 83mm	Forage rebouché
	1	1,1 m					
35,69			Limon calcaireux beige-blanc (Falun)	2,3 m	2,5 m	2,5 m	2 m
	2	2,5 m					

34,29

DPT18	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,79 m (NGF)	2,5 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT18	Pénétromètre dynamique	27/05/2021 15:21:27	27/05/2021 15:28:06	





Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT19	Longitude	Latitude	Elévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71090	48,06615	+35,94 m (NGF)	2,0 m	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé




Début	Fin	Machine	Opérateur
26/05/2021 10:49:41	26/05/2021 10:58:28	SD40.1	Guerchais Michel

Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
35,84	0		Terre végétale marron foncé 0,1 m	Néant	Tarière continue Ø 83mm	Forage rebouché
			Remblai caillouto-sableux marron 0,5 m			
35,44			Limon sablo-caillouteux marron clair à cailloux de quartz 1,1 m			
34,84	1		Sables limono-argileux marron clair à cailloutis 2 m	2 m	2 m	2 m

33,94	2					
-------	---	--	--	--	--	--

DPT20	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71035	48,06600	+39,04 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine	Opérateur
26/05/2021 10:32:13	26/05/2021 10:36:42	SD40.1	Guerchais Michel

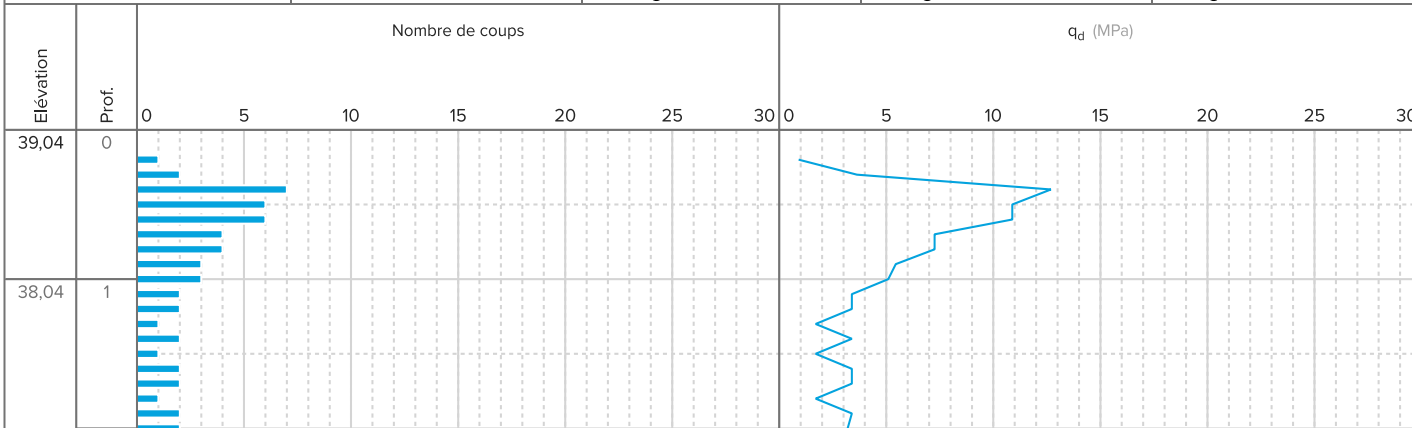
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
38,94	0		Terre végétale marron foncé 0,1 m				
			Remblai limono-caillouteux marron 1 m		Néant	Tarère continue Ø 83mm	Forage rebouché
38,04	1		Limon argilo-sableux marron-gris foncé 2 m	Echantillon Remanié			

37,04	2						
-------	---	--	--	--	--	--	--

DPT20	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,04 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD401
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT20	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 10:32:13	26/05/2021 10:36:42	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI





Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2

DPT21	Longitude	Latitude	Elévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,70983	48,06501	+39,58 m (NGF)	2,0 m	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine	Opérateur
26/05/2021 09:02:29	26/05/2021 09:09:07	SD40.1	Guerchais Michel

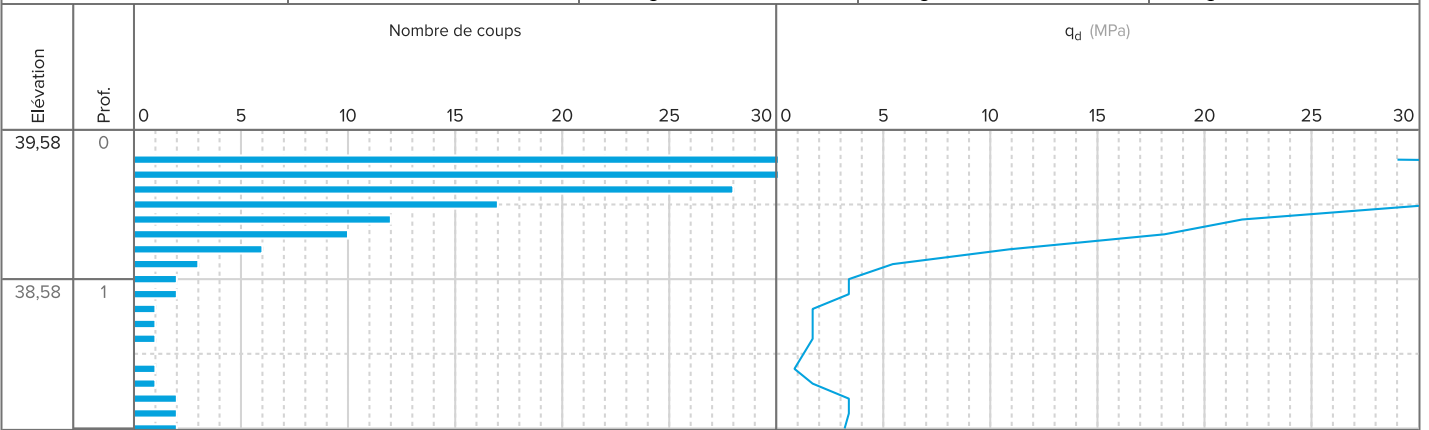
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
39,48	0		Enrobé noir 0,1 m	Néant	Tarière continue Ø 63mm	Forage rebouché
			Remblai sablo-caillouteux gris-marron 1 m			
38,58	1		Limon argilo-sableux marron-gris 1,7 m			
37,88			Argile limoneuse brun-marron clair-gris foncé 2 m	2 m	2 m	2 m

37,58	2					
-------	---	--	--	--	--	--

DPT21	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,58 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT21	Pénétromètre dynamique	26/05/2021 09:02:29	26/05/2021 09:09:07	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI





Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



Elévation	Prof.	Nombre de coups	qd (MPa)
39,58	0	[Graph]	[Graph]
38,58	1	[Graph]	[Graph]
	2	[Graph]	[Graph]

DPT22	Longitude	Latitude	Elévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71029	48,06432	+39,66 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine	Opérateur
25/05/2021 14:50:29	25/05/2021 15:07:11	SD40.1	Guerchais Michel

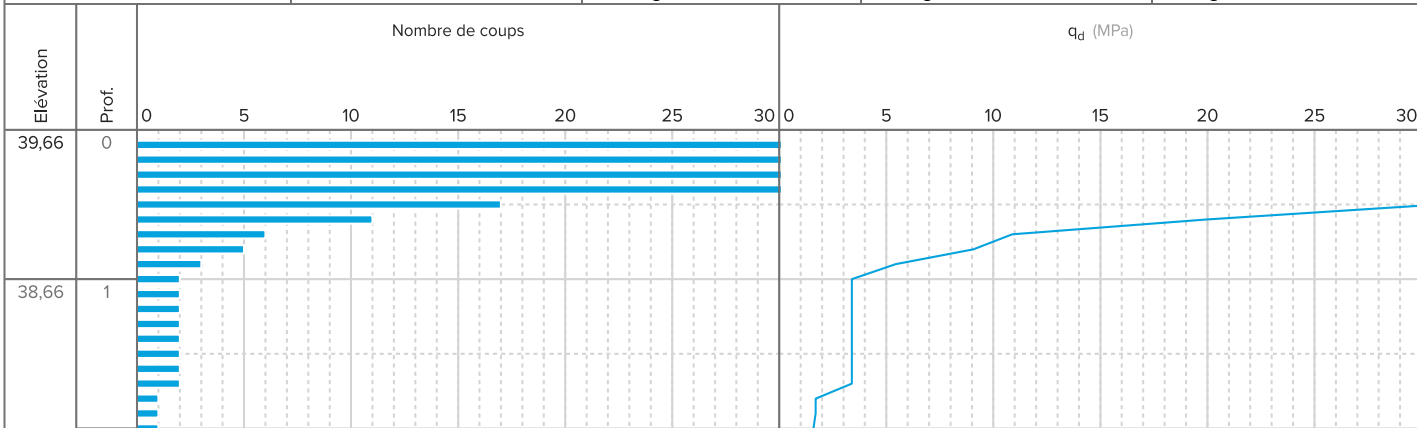
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
39,66	0		Enrobé noir 0,2 m				
39,46			Remblai sablo-caillouteux gris foncé 0,9 m	Echantillon Remanié	Néant	tarière continue Ø 63mm	Forage rebouché
38,76	1		Limon argilo-sableux gris-marron à cailloutis 1,3 m	1,2 m			
38,36			Limon argilo-sableux marron à taches gris foncé 2 m				

37,66	2						
-------	---	--	--	--	--	--	--

DPT22	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+39,66 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD401
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT22	Pénétromètre dynamique	25/05/2021 14:50:29	25/05/2021 15:07:11	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2				
---	--	--	--	--

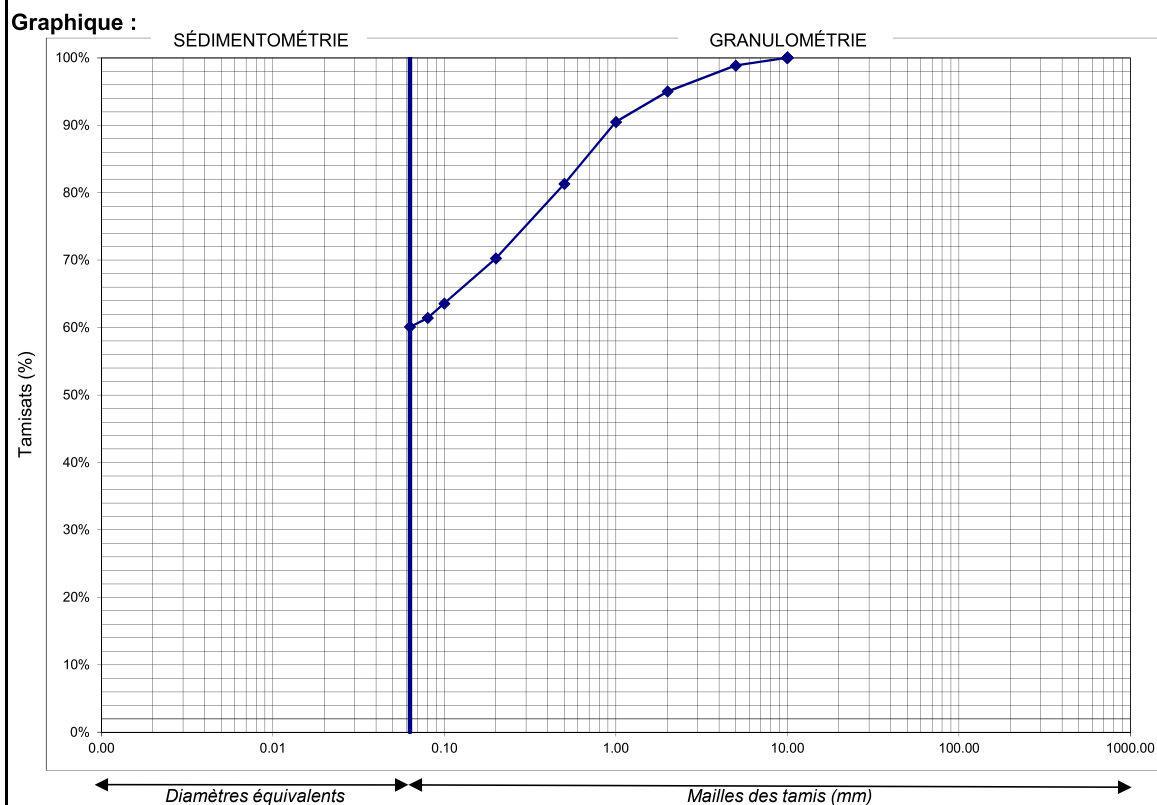
7. RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE (ANALYSES GTR)

**ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC
APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION**
(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non
Sondage : SD17 Date d'essai de prélèvement : N.C
Profondeur (m) 0.90 à 1.50 m Date de réception : 09/06/2021
Cote (m) : à m Mode de prélèvement : Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.2 m Date d'essai : 28/06/2021

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
Classification NF P 11-300 :	A2	Nature du sol selon Classification granulométrique	Argile sableuse rousse
Nature du sol :	Argile sableuse rousse	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	% estimé d'éléments > d _m
% de passant à :		dm = 10 mm	Température d'étuvage : 105°C
50 mm = 100.00%	2 mm = 94.99%		Plus gros élément
20 mm = 100.00%	80 µm = 61.44%		Dmax = 10 mm
5 mm = 98.85%	63 µm = 60.09%		



IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non
Sondage : SD22 **Date de prélèvement :** N.C
Profondeur (m) : 0.60 à 1.20 **Date de réception :** 09/06/2021
Cote (m) : à **Mode de prélèvement :** Sondage destructif
Profondeur moyenne : 0.90 m
Nature matériau : Sable argilo-graveleux marron **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)
Date de l'essai : 22/06/2021
Observations : **Résultat :**
Teneur en eau :
w_n = 11.7 %

MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU
Date de l'essai :
Conditions :
Conditions de conservations :
Conditions de préparation : immersion dans l'eau
Température de la salle d'essai : °C
Observations : **Résultats :**
ρ = t/m³
Autres paramètres :
ρ_d = t/m³
γ = kN/m³
γ_d = kN/m³

LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)
Limite de liquidité W_L :

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)				
w (%) (NF P 94-050)				

Date de l'essai :
Limite de plasticité W_p :

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)			

Résultats :
W_L = %
W_p = %
I_p =

ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)
Date de l'essai : 24/06/2021 **Fraction 0/5mm dans la fraction**
Proportion : C = **84.36**
Observations : **Résultat :**
Valeur de bleu du sol :
VBS = 1.24

EQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8+A1)
Date de l'essai :
Fraction testée : fraction 0/2 mm **f =** %
Teneur en eau : w = %
Observations : **Résultats :**
SE₁ = %
SE₂ = %
Equivalent de sable :
SE(10) = %

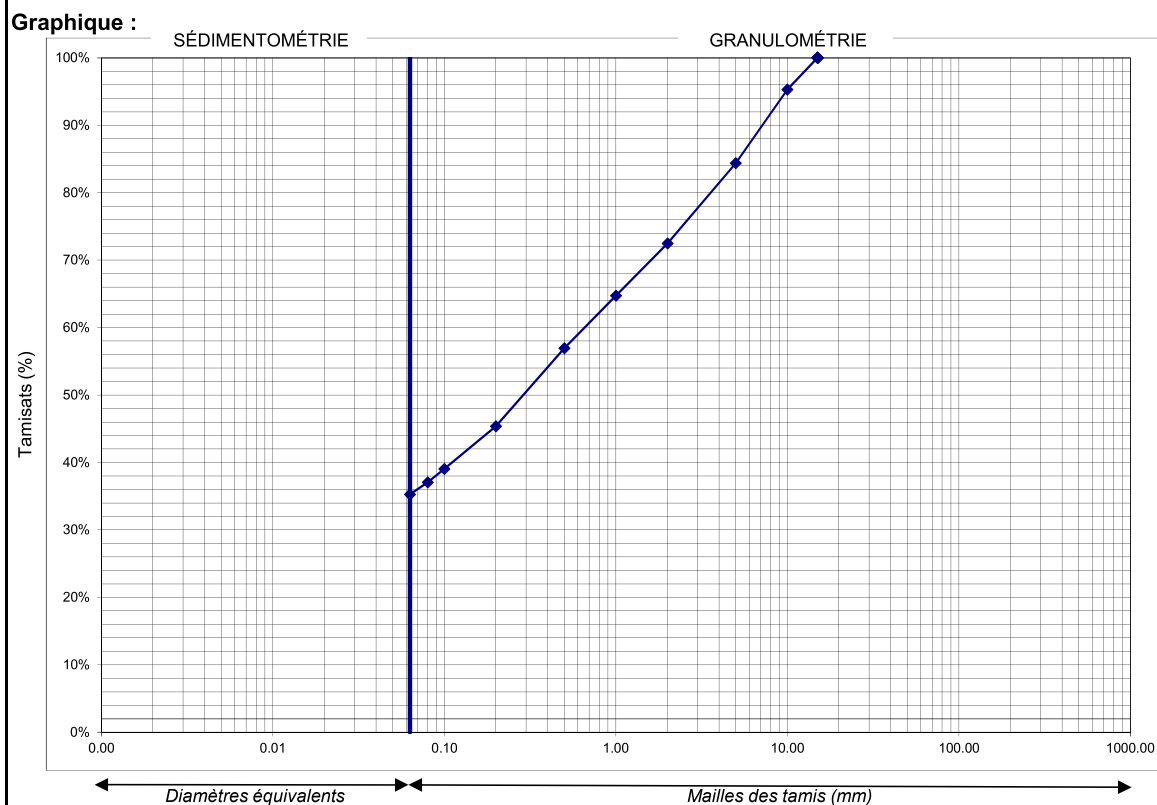
COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)
Observations : **Résultat :**
F_s = %

**ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC
APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION**
(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non
Sondage : SD22 Date d'essai de prélèvement : N.C
Profondeur (m) 0.60 à 1.20 m Date de réception : 09/06/2021
Cote (m) : à m Mode de prélèvement : Sondage destructif
Profondeur moyenne : 0.9 m Date d'essai : 29/06/2021

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
Classification NF P 11-300 :	A1	Nature du sol selon Classification granulométrique	Sable argilo-graveleux marron
Nature du sol :	Sable argilo-graveleux marron	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum : dm = 20 mm	Température d'étuvage : 105°C
% de passant à :			Plus gros élément Dmax = 15 mm
50 mm = 100.00%	2 mm = 72.49%		
20 mm = 100.00%	80 µm = 37.05%		
5 mm = 84.36%	63 µm = 35.27%		



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
Résultats :														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.27	84.36	72.49	64.73	56.94	45.35	39.06	37.05	35.27
Refus %						4.73	15.64	27.51	35.27	43.06	54.65	60.94	62.95	64.73

Observations :

IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)

N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non

Sondage : SD17 **Date de prélèvement :** N.C
Profondeur (m) : 0.90 à 1.50 **Date de réception :** 09/06/2021
Cote (m) : à **Mode de prélèvement :** Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.20 m
Nature matériau : Argile sableuse rousse **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)

Date de l'essai : 22/06/2021

Observations : **Résultat :**
Teneur en eau :
 $w_n = 17.7 \%$

MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU

Date de l'essai :
Conditions :
 Conditions de conservations :
 Conditions de préparation : immersion dans l'eau
 Température de la salle d'essai : °C
Observations : **Résultats :**
 $\rho = \text{t/m}^3$
Autres paramètres :
 $\rho_d = \text{t/m}^3$
 $\gamma = \text{kN/m}^3$
 $\gamma_d = \text{kN/m}^3$

LIMITES D'ATTERBERG

Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)

Limite de liquidité W_L : **Date de l'essai :**

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)				
w (%) (NF P 94-050)				

Limite de plasticité W_p : **Résultats :**

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)			

$W_L = \%$
 $W_p = \%$
 $I_p = \%$

Observations :

ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)

Date de l'essai : 24/06/2021 **Fraction 0/5mm dans la fraction**
 Proportion : C = **98.85**

Observations : **Résultat :**
Valeur de bleu du sol :
VBS = 3.48

EQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8+A1)

Date de l'essai :
Fraction testée : fraction 0/2 mm **f = %**
Teneur en eau : w = %
Observations : **Résultats :**
 $SE_1 = \%$
 $SE_2 = \%$
Equivalent de sable :
 $SE(10) = \%$

COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)

Observations : **Résultat :**
 $F_s = \%$

8. CALCUL D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE (EC7)

I - Contrainte de calcul sous charge verticale centrée

I.1 - Contrainte nette du terrain sous la fondation superficielle

Selon la norme NF P 94-261, la contrainte de rupture du sol nette a pour expression :

$$q_{net} = k_p \cdot P_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta \quad \text{ou} \quad q_{net} = k_c \cdot q_{ce} \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

(méthode pressiométrique) (méthode pénétrométrique)

Avec :

k_p, k_c : facteurs de portance

P_{le}^* : pression limite nette équivalente

q_{ce} : résistance de pointe équivalente

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement

i_β : coefficient de réduction lié à la proximité d' un talus

les valeurs de i_δ et i_β sont données dans l'annexe D de la norme ,elles sont égales à 1 pour une charge verticale et un terrain plat

I.2 - Contrainte caractéristique du terrain sous la fondation superficielle

La contrainte caractéristique verticale $q_{v;k}$ est déduite de q_{net} par application d'un coefficient de modèle $\gamma_{R;d,v}$ égal à 1,2.

$$q_{v;k} = \frac{q_{net}}{1,2}$$

I.3 - Contrainte de calcul

On note :

q_d : contrainte sous fondation relative aux charges de structure, poids du béton de fondation compris

q_0 : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

La contrainte de calcul doit vérifier :

aux Etats Limites Ultimes $q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{1,4} = q_{v;d}$

aux Etats Limites de Service $q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{2,3} = q_{v;d}$

2 - Tassements par la méthode pressiométrique

Selon l'annexe H de la norme P94-261, le tassement final d'une fondation s'exprime par la relation :

$$sf = \left(\frac{\alpha_c B \lambda_c}{E_c} + \frac{2B_o}{E_d} \left(\lambda_d \frac{B}{B_o} \right)^{\alpha_d} \right) \frac{(q' - \sigma'_{v0})}{9}$$

Où :

E_c, E_d : modules pressiométriques représentatifs de la couche compressible située sous la fondation (E_c : domaine sphérique, E_d : domaine déviatorique)

α_c, α_d : coefficients rhéologiques dans les domaines sphérique et déviatorique

λ_c, λ_d : coefficients de forme fonction du rapport L/B

où : L = Longueur de semelle
B = Largeur de semelle

B_o : largeur de référence égale à 0.60 m

σ'_{v0} : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation avant travaux

q' : contrainte verticale moyenne, calculée à l'ELS quasi-permanent, appliquée au sol par la fondation

Les valeurs de calcul de E_c et E_d sont calculées conformément à l'annexe H de la norme P94-261.



www.groupefondasol.com

AGENCE FONDASOL NANTES

12 RUE LÉON GAUMONT, 44700 ORVAULT

☎ 02 51 77 86 50

📠 02 51 78 75 15

✉ nantes@fondasol.fr

fondasol



SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
Mission géotechnique G2AVP

Rapport n° PR.44GT.21.0100 – 004 – Indice A – 31/08/2021

SAS EIFFAGE AMÉNAGEMENT



AMÉNAGEMENT DU SITE DE LA PSA – LOT C
« LA HAUTE CALVENAIS »
SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)

AGENCE FONDASOL NANTES

12 RUE LÉON GAUMONT - 44700 - ORVAULT



☎ 02 51 77 86 50

📠 02 51 78 75 15

📧 nantes@fondasol.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	09/07/2021	81	1 ^{ère} diffusion	C. CASTAGLIOLA	T. BERTON
A	31/08/2021	87	Intégration des résultats d'essais en laboratoire (analyses GTR)		T. BERTON
B					
C					

REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C	REV PAGE	-	A	B	C
1	X	X			41	X	X			81	X	X		
2	X	X			42	X	X			82		X		
3	X	X			43	X	X			83		X		
4	X	X			44	X	X			84		X		
5	X	X			45	X	X			85		X		
6	X	X			46	X	X			86		X		
7	X	X			47	X	X			87		X		
8	X	X			48	X	X			88				
9	X	X			49	X	X			89				
10	X	X			50	X	X			90				
11	X	X			51	X	X			91				
12	X	X			52	X	X			92				
13	X	X			53	X	X			93				
14	X	X			54	X	X			94				
15	X	X			55	X	X			95				
16	X	X			56	X	X			96				
17	X	X			57	X	X			97				
18	X	X			58	X	X			98				
19	X	X			59	X	X			99				
20	X	X			60	X	X			100				
21	X	X			61	X	X			101				
22	X	X			62	X	X			102				
23	X	X			63	X	X			103				
24	X	X			64	X	X			104				
25	X	X			65	X	X			105				
26	X	X			66	X	X			106				
27	X	X			67	X	X			107				
28	X	X			68	X	X			108				
29	X	X			69	X	X			109				
30	X	X			70	X	X			110				
31	X	X			71	X	X			111				
32	X	X			72	X	X			112				
33	X	X			73	X	X			113				
34	X	X			74	X	X			114				
35	X	X			75	X	X			115				
36	X	X			76	X	X			116				
37	X	X			77	X	X			117				
38	X	X			78	X	X			118				
39	X	X			79	X	X			119				
40	X	X			80	X	X			120				

SOMMAIRE

A.	PRESENTATION DE NOTRE MISSION	5
A.1.	Mission selon la norme NF P 94-500	5
A.2.	Investigations géotechniques réalisées	6
A.3.	Documents reçus pour cette étude	7
B.	DESCRIPTIF GENERAL DU SITE ET APPROCHE DOCUMENTAIRE	8
B.1.	Description du site	8
B.2.	Historique du site	9
B.3.	Topographie du site	9
B.4.	Contexte géologique	10
B.5.	Enquête documentaire	10
C.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	15
C.1.	Description lithologique des horizons traversés	15
C.2.	Aspects géomécaniques in situ des sols	15
C.3.	Résultats des essais de classification en laboratoire	16
C.4.	Niveaux d'eau observés	17
C.5.	Capacité du sol à l'infiltration	18
D.	PRINCIPES GENERAUX DE FONDATION	19
D.1.	Données connues du projet	19
D.2.	Analyse vis-à-vis du risque sismique	20
D.3.	Mode de fondation envisageable	20
D.4.	Principe généraux de terrassements	22
E.	EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES	24
E.1.	Assise de dallage sur terre-plein	24
E.2.	Etude de la solution de fondations superficielles	30
F.	EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES STRUCTURES DE VOIRIES	33
F.1.	Généralités	33
F.2.	Couche de forme en zone de déblais ou faibles remblais	33
F.3.	Couche de forme en zone de remblais	35
F.4.	Contrôle	36
F.5.	Structures de chaussée	36
F.6.	Vérification au gel des structures	36
F.7.	Sujétion de conception et d'exécution des voiries	36
G.	ALEA RESIDUELS, CONCLUSION, SUITE A DONNER	37
G.1.	Conclusion	37
G.2.	Aléas, incertitudes géotechniques résiduelles à l'issue de l'étude G2AVP	37

G.3. Suite à donner	37
ANNEXES	39
1. Conditions Générales de service	40
2. Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	43
3. Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	44
4. Plans de situation	45
5. Plan d'implantation des sondages	46
6. Sondages et essais	47
7. Résultats des essais en laboratoire (Analyses GTR)	80
8. Calcul d'une fondation superficielle (EC7)	85

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Mission selon la norme NF P 94-500

SAS EIFFAGE AMÉNAGEMENT envisage l'aménagement d'une partie du site PSA, situé au lieu-dit « La Haute Calvenais » à SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35).

L'étude géotechnique d'avant-projet a été confiée à FONDASOL, Agence de Nantes, suite à l'acceptation du devis SQ.44GT.21.03.025.B, par la commande datée du 31/03/2021.

Le présent rapport étudie l'aménagement du lot B (bâtiment industriel avec parkings et voiries) et le présent indice A intègre les résultats des essais en laboratoire (analyses GTR). La liste et les références des différentes pièces sont données ci-dessous :

Ouvrage étudié	Mission	Référence
Bâtiment 20	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 001
Lot A	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 002
Lot B	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 003
Lot C	G2 AVP (Présent rapport)	PR.44GT.21.0100 – Pièce 004
Lot « Voiries »	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 005

Selon la norme NFP 94-500 (Missions Géotechniques Types – version de novembre 2013), la mission qui nous été confiée est une **mission de type G1+G2AVP**.

Les objectifs de notre rapport sont de développer les points suivants :

Etude préliminaire du site

- Enquête bibliographique et de terrain.

Résultat des sondages et essais in situ

- Coupes géologiques, diagrammes des essais géotechniques,
- Plan d'implantation des sondages.

Analyse et synthèse du contexte géologique et géomécanique du site

- Description de la géologie du terrain,
- Analyse de la compacité des couches traversées,
- Niveaux de l'eau lors de nos investigations, leur influence sur le projet,
- Caractérisation des anomalies d'origine anthropique ou naturelle,

Contexte sismique du site

- Détermination de la classe de sol selon les règles parasismiques (EC8),
- Accélération maximale à retenir en fonction de la zone de sismicité, la classe de sol et la catégorie de l'ouvrage,
- Paliers maximum des spectres de réponse élastique horizontale et verticale,
- Etude préliminaire du risque de liquéfaction des sols rencontrés.

Hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages et ébauches dimensionnelles

- Types et profondeurs des fondations,
- Contraintes de calculs ELS et ELU et estimation des tassements,

- Type de soutènement et paramètres de calcul,
- Stabilité des pentes et des talus,
- Traitement et renforcement de sol,
- Détermination du type de niveau bas envisageable : dallage sur terre-plein ou plancher porté,
- Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, étude de son assise (épaisseur, constitution et critères de réception de la couche de forme, détermination des modules d'Young conformément au DTU 13.3),
- Etude de l'assise des voiries et parkings (épaisseur, constitution, et critères de réception de la couche de forme),

Recommandations particulières pour la réalisation des travaux

- Préparation du terrain (terrassements, drainage, avoisinants, soutènements, etc.),
- Sujétions particulières.

Nota :

Nos études géotechniques ne concernent pas les projets géothermiques : des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc...).

A.2. Investigations géotechniques réalisées

Nous avons réalisé les investigations géotechniques suivantes :

- **SP16 à SP21** : 6 sondages destructifs, avec enregistrement des paramètres de forage, descendus entre 6,0 m et 10,0 m (SP19) de profondeur, avec 42 essais pressiométriques repartis dans ces forages,
- **DPT23 à DPT28** : 6 essais de pénétration dynamique type B poussés jusqu'à 6,0 m de profondeur (arrêts volontaires). Ces essais ont été doublés avec des sondages destructifs à 2,0 m de profondeur pour identification visuelle des sols et prélèvement d'échantillons remaniés pour essais en laboratoire.
- **DPT29 à DPT34** : 6 essais de pénétration dynamique type B poussés jusqu'à 2,0 m de profondeur (arrêts volontaires). Ces essais ont été doublés avec des sondages destructifs à 2,0 m de profondeur pour identification visuelle des sols et prélèvement d'échantillons remaniés pour essais en laboratoire.
- **POR3** : 1 essai de perméabilité PORCHET réalisé vers 0,75 m de profondeur,
- Une série d'essais en laboratoire comprenant :
 - ✓ 2 mesures de la teneur en eau,
 - ✓ 2 mesures de la valeur au bleu du sol (VBS),
 - ✓ 2 analyses granulométriques,

Les sondages ont été implantés en fonction des contraintes d'accessibilité du site, nivelés par nos soins et sécurisés par une entreprise de détection de réseaux enterrés.

Les sondages pressiométriques ont été réalisés au moyen d'une sondeuse pneumatique de marque ATLAS COPCO (WAGON DRILL). Les échantillons ont été prélevés au carottier battu Ø60 mm et au taillant Ø64 mm (foration à l'air et à la bentonite).

Les essais pénétrométriques ont été réalisés au moyen d'une sondeuse hydraulique de marque SEDIDRILL (SD40). Les échantillons ont été prélevés à la tarière continue Ø63 mm.

Les résultats des investigations et le plan d'implantation des sondages sont donnés en annexe du présent rapport.

A.3. Documents reçus pour cette étude

Pour mener à bien cette étude, les documents suivants nous ont été fournis :

 Plans PDF	07/06/2021 12:55	Dossier de fichiers	
 Rapport pollution TAUW	02/04/2021 10:16	Dossier de fichiers	
 20 10 23 A_DIAG_RESEAUX_LA JANAIS	04/03/2021 09:36	Adobe Acrobat D...	7930 Ko
 20 12 18-esquisse VRD AMCO	04/03/2021 09:36	Adobe Acrobat D...	2013 Ko
 9226RJE_-_D2_-_Amiante_Tvx_Norme_2017	04/03/2021 09:36	Adobe Acrobat D...	19584 Ko
 200800 LOT A_APS 03-A0 210225	02/06/2021 10:59	Adobe Acrobat D...	8963 Ko
 200800 LOT B_APS 01bis-A0 210112	02/06/2021 10:59	Adobe Acrobat D...	3014 Ko
 200800 LOT C_APS 01-A0 210115 bis	02/06/2021 10:59	Adobe Acrobat D...	1683 Ko
 200800 LOTS A_B_C_01 - Standard 210120	04/03/2021 09:36	Dossier compressé	8257 Ko
 Batiment 20	04/06/2021 17:11	Fichier DWG	338 Ko
 Batiment 20_01	04/06/2021 17:11	Fichier DWG	244 Ko
 Fosse peinture bat 20	04/06/2021 17:11	Fichier DWG	5730 Ko
 Plan Topo_Partie Ouest	28/04/2021 09:41	Fichier DWG	1946 Ko
 Plan Topo_Partie Ouest-Présentation1	28/04/2021 09:51	Adobe Acrobat D...	2822 Ko
 Recap travaux atelier soudure	07/06/2021 12:59	Présentation Micro...	21313 Ko
 TAL-20004-7 Bplan Division Eiffage	04/03/2021 09:36	Fichier DWG	3475 Ko
 TR Consultation mission géotechnique G...	11/03/2021 09:05	Élément Outlook	231 Ko

Nous avons également utilisé :

- La carte IGN du secteur,
- Les données du BRGM,
- La carte géologique au 1/50 000,
- Les vues aériennes du secteur.

B. DESCRIPTIF GENERAL DU SITE ET APPROCHE DOCUMENTAIRE

B.1. Description du site

Le Lot C est localisé en partie Nord du site PSA de Rennes, localisé au niveau des communes de Saint-Jacques-de-la-Lande (35) et Chartres-de Bretagne (35).



Vue aérienne de la zone d'étude (source : Google Earth)

Lors de notre intervention, le terrain était occupé par des voies de chemin de fer, entourées de part et d'autre par des voiries en enrobé ou gravillonnées et des zones recouvertes de ballast avec une faible végétation.



Vue vers l'Ouest – SPI6



Vue vers le Sud-Est – SP20

B.2. Historique du site

Préalablement à la construction du site PSA (avant 1960), la zone d'étude était occupée par des champs, vierges de toute construction apparente.

D'après les vues aériennes historiques, les voies de chemin de fer, que l'on observe encore aujourd'hui, datent du début de la construction de l'usine. Au fil des années, des zones de stockages et des voiries ont été établies autour de ces chemins de fer.

B.3. Topographie du site

Les sondages ont été nivelés en prenant comme repères des tampons existants dont les côtes sont indiquées sur le plan topographique fourni.

Les altitudes des têtes de sondages sont les suivantes :

Sondage	SP16	SP17	SP18	SP19	SP20	SP21
Altitude (m NGF)	+36,58	+36,62	+37,04	+37,26	+37,33	+37,44

Sondage	DPT23	DPT24	DPT25	DPT26	DPT27	DPT28
Altitude (m NGF)	+36,56	+37,32	+36,92	+37,16	+37,39	+37,35

Sondage	DPT29	DPT30	DPT31	DPT32	DPT33	DPT34
Altitude (m NGF)	+36,46	+36,20	+35,68	+37,68	+37,41	+37,64

Dans la suite de ce rapport, les altitudes et profondeurs seront arrondies à la décimale.

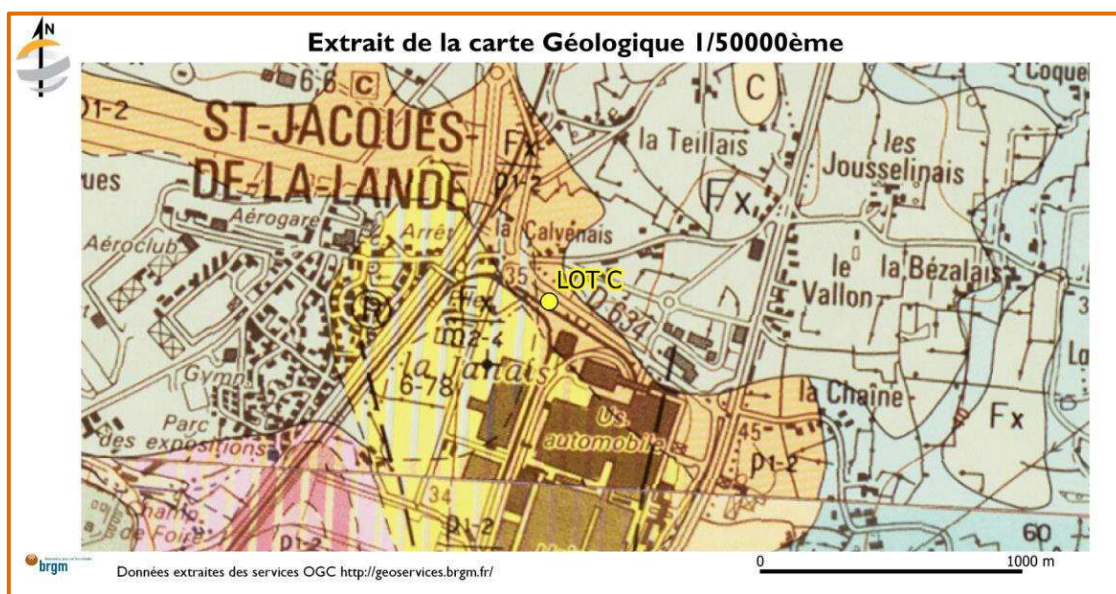
Le terrain présente une pente descendant vers le Nord-Ouest.

L'altitude des points de sondage varie entre les cotes +35,7 m (DPT31) et +37,7 m NGF (DPT32) soit un dénivelé de l'ordre de 2,0 m entre nos points de sondages.

B.4. Contexte géologique

L'examen de la carte géologique du secteur au 1/50 000 et notre connaissance de la zone, permettaient de prévoir la succession lithologique suivante :

- Couverture superficielle végétale et/ou remblais,
- Sables et limons du Pliocène et/ou Alluvions anciennes,
- Faluns (non observés au droit de nos sondages),
- Substratum de schiste plus ou moins altéré en tête sous forme de limons schisteux.



Extrait de carte géologique au 1/ 50 000

Contrairement aux lots A et B également étudiés, le lot C est positionné en dehors du bassin de faluns.

B.5. Enquête documentaire

B.5.1. Inventaire des risques et aléas naturels connus

Sont répertoriés sur la commune de CHARTRES-DE-BRETAGNE les risques naturels suivants (informations issues du site www.georisques.gouv.fr) :

- mouvements de terrain (affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines)
- inondations,
- séisme.

La commune a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle liés à :

- des mouvements de terrains,
- des inondations.

La liste de ces arrêtés et leur date de parution au journal officiel sont présentées ci-dessous :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF19990077	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 6

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF20200015	03/06/2020	03/06/2020	14/09/2020	24/10/2020
35PREF20080028	18/05/2008	18/05/2008	05/12/2008	10/12/2008
35PREF20010093	24/03/2001	25/03/2001	06/07/2001	18/07/2001
35PREF20010076	05/01/2001	07/01/2001	29/05/2001	14/06/2001
35PREF20000012	18/05/1999	18/05/1999	28/01/2000	11/02/2000
35PREF19950022	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF20060005	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006

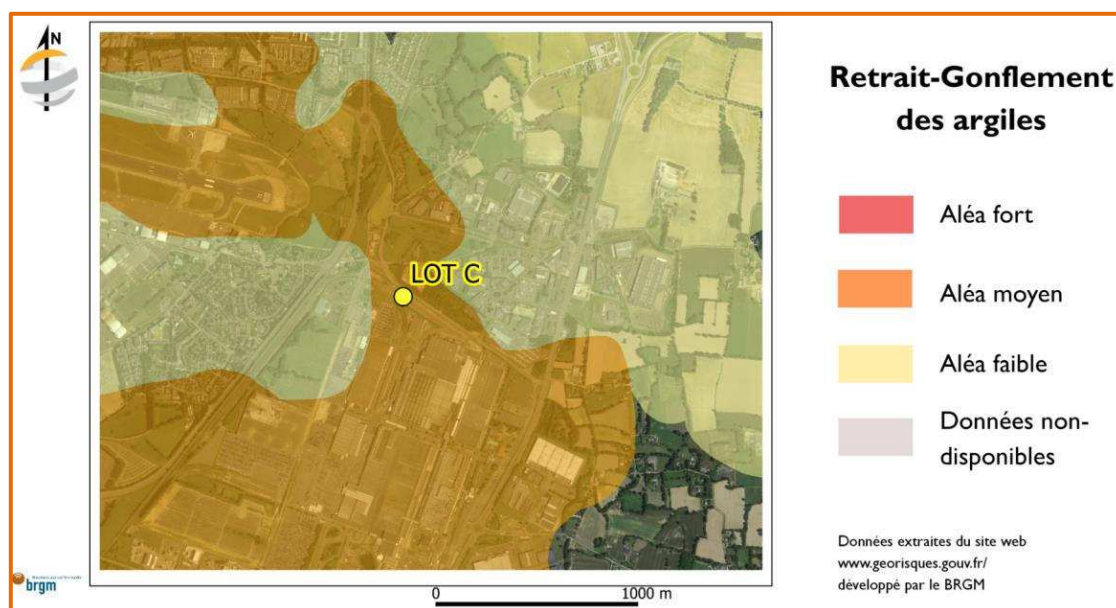
Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF19870064	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987

B.5.2. Risque « retrait-gonflement des sols »

Le schéma d'aménagement de la commune ne comprend pas de plan de prévention relatif à ce type de risque naturel.

Une carte du risque de retrait-gonflement des argiles lié au phénomène de sécheresse/réhydratation des sols est disponible sur le site www.georisques.gouv.fr. Elle indique que le terrain concerné par l'étude est situé dans une **zone d'aléa moyen vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles** :



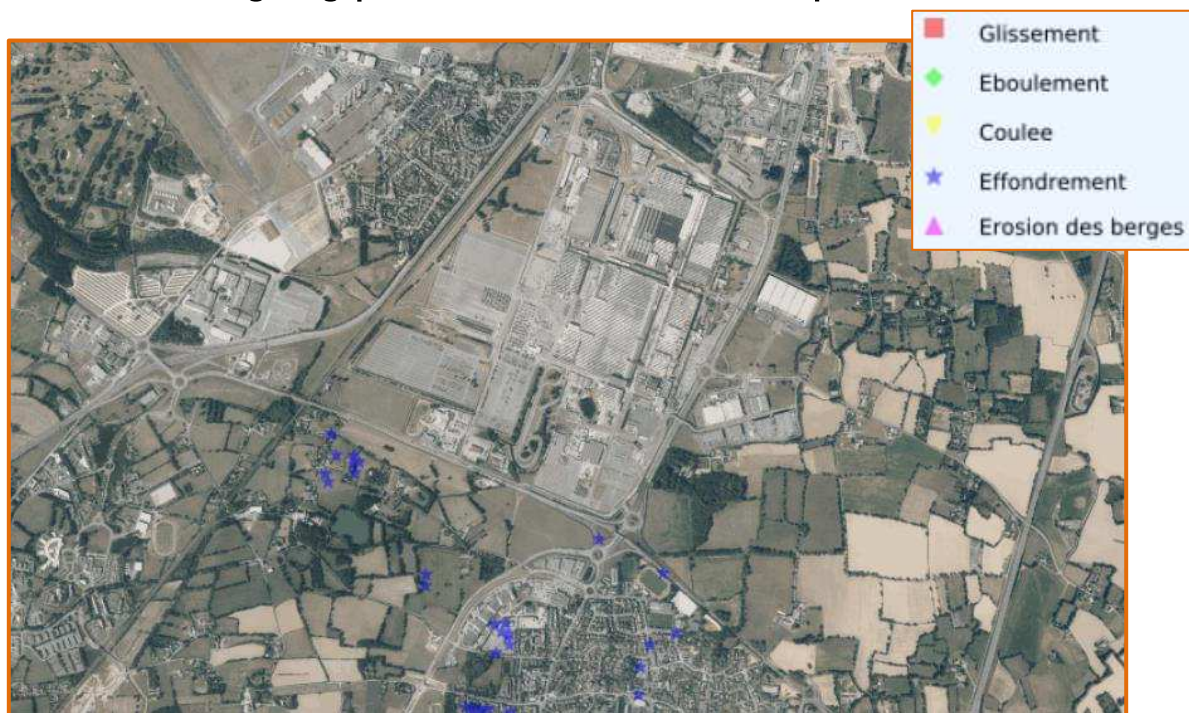
Extrait de carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles

B.5.3. Risque « Effondrement » et « Cavités »

Aucun effondrement et aucunes cavités souterraines naturelles n'ont été recensés dans un rayon de 500 m autour du projet.

La commune de Chartres de Bretagne (35) ne comporte pas de plans de prévention vis-à-vis de ces risques naturels.

On notera toutefois la présence de carrières (anthropiques) ainsi que d'effondrements recensés au Sud de l'usine PSA, davantage au niveau du bourg de Chartres-de-Bretagne (35), **dans un contexte géologique similaire, dans le cadre de l'exploitation des faluns.**



Extrait de la carte interactive des mouvements de terrains recensés (www.georisques.gouv.fr)



Extrait de la carte interactive des cavités souterraines recensées (www.georisques.gouv.fr)

B.5.4. Risque « Inondations » par débordement d'un cours d'eau

Le schéma d'aménagement de la commune comporte un plan de prévention des risques PPRn Inondation auquel il conviendra de se référer :

PPRN	Aléa	Prescrit le	Approuvé le
35DDTM20010003 - PPRi BV Vilaine région rennaise	Par une crue à débordement lent de cours d'eau	28/09/2001	10/12/2007

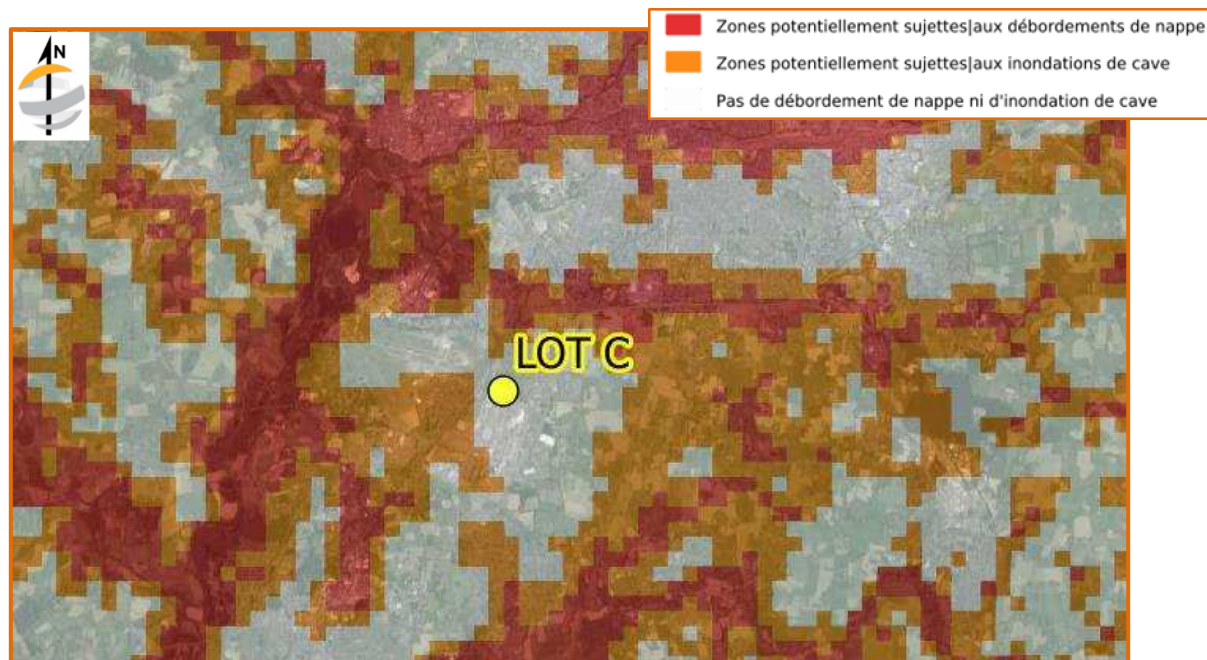
La commune fait partie des Territoires à Risques Importants d'Inondations et du Programme d'Action de Prévention contre les Inondations :

Arrêté TRI national	Nom du TRI	Aléa	Cours d'eau	Arrêté du préfet coordonnateur de bassin
06/11/2012	VILAINE DE RENNES A REDON	Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau		26/11/2012

Nom du PAPI	Aléa	Date de labellisation	Date de signature	Date de fin de réalisation
35DREAL20130001 - PAPI Vilaine 3	Inondation - Par ruissellement et coulée de boue, Inondation - Par submersion marine, Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau	03/07/2020		31/12/2025

B.5.5. Risque « Remontées de nappe »

Une carte des remontées de nappe est disponible sur le site www.georisques.gouv.fr. Elle indique que le terrain concerné par l'étude est situé dans une **zone a priori non sujette aux débordements de nappe et aux inondations de cave**.



Extrait de carte de l'aléa « Remontée de la nappe »

B.5.6. Risque sismique

En vertu du décret n°2010-1255 daté du 22 octobre 2010, la commune se situe en zone de sismicité 2 (sismicité « faible »). Dans ce cas l'analyse sur la liquéfaction des sols n'est pas nécessaire.

Toutefois dans le cas de bâtiments entrant dans la catégorie d'importance III ou IV au sens de la nouvelle réglementation parasismique (ERP de catégories 1, 2 et 3, bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes, habitations collectives et bureaux d'une hauteur supérieure à 28 m,...), les normes sismiques doivent être appliquées.

B.5.7. Risque rayonnements ionisants (radon)

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la dégradation de l'uranium présent dans certaines roches. Il reste diffus dans l'air mais a tendance à se concentrer dans les milieux fermés, tels que les sous-sols, les vides sanitaires ou le RdC des bâtiments, par exemple.

D'après le décret n°2002-460 daté du 4 avril 2004, le projet n'est pas situé dans un département prioritaire pour la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants (présence potentielle de radon).

La carte du potentiel radon établie par l'**IRSN classe la commune du projet en catégorie 2** (<http://www.irsn.fr>).

Les communes à potentiel radon de catégorie 2 sont celles localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments.

Les communes concernées sont notamment celles recoupées par des failles importantes ou dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains... Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol et ainsi augmenter la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.

L'arrêté daté du 27 juin 2018 délimite des zones à potentiel radon du territoire français, désormais à l'échelle communale.

Nous rappelons qu'il existe une obligation de mesures de concentration en RADON dans le cas de certains établissements recevant du public. En fonction des résultats des mesures de radon, des dispositions constructives pourront s'avérer nécessaires.

Ce risque n'étant pas géotechnique, il conviendra donc de se référer aux recommandations de l'IRSN pour limiter toute accumulation de ce gaz dans la construction (www.irsn.fr).

B.5.8. Risque de pollution

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes.

Nous pouvons seulement noter que les échantillons de sol prélevés ne présentaient pas d'odeur particulière.

C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

C.1. Description lithologique des horizons traversés

Nos sondages ont mis en évidence la lithologie suivante du haut vers le bas à partir du terrain actuel (coupes lithologiques détaillées des sondages sont jointes en annexe) :

- 10 à 20 cm d'**enrobé** noir,
- Jusqu'à 0,2 m (SP16, SP17, SP18) à 0,8 m (DPT31) de profondeur : du **remblai caillouteux** (ballast) et du **remblai caillouto-sableux plus ou moins limoneux** marron-gris.
- Jusqu'à 2,6 m de profondeur en SP19 uniquement : du **remblai caillouteux, limono-sableux, limono-argileux** marron-gris à marron-gris-rougeâtre avec **morceaux de schiste sain** de couleur lie de vin à partir de 2,2 m de profondeur,
- Jusqu'à 1,3 m (SP16, SP21) à 2,9 m (SP18) et jusqu'à la base des sondages DPT29, DPT30 et DPT32 à 2,0 m de profondeur : du **limon graveleux, sableux, sablo-argileux à argilo-sableux** marron-gris, à cailloux et cailloutis majoritairement arrondis,
- Jusqu'à 4,8 m de profondeur (SP17, SP18) et jusqu'à 5,7 m (SP19) de profondeur : du **limon sablo-caillouteux à sables argilo-caillouteux** marron clair à cailloux et cailloutis anguleux de quartz (Limons et Sables du Pliocène),
- A partir de 0,6 m (DPT31), 1,3 m (SP16, SP21) à 5,7 m (SP19) de profondeur : du **limon schisteux** (schiste totalement décomposé en limons) gris foncé, gris clair, à marron ; reconnu jusqu'à la base des autres sondages.

REMARQUES :

- Les terrains superficiels ici présents sont de nature à subir des variations de consistance en fonction des conditions météorologiques.
- L'épaisseur des différents horizons peut varier notablement entre les sondages. Dans le cas des terrains superficiels, les variations d'épaisseur et hétérogénéités sont fréquentes.
- La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent par ailleurs des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif.
- En adéquation avec la carte géologique (lot C situé en dehors de la limite du bassin de faluns), nos sondages au droit du lot C n'ont pas mis en évidence les faluns (sables et limons calcaireux à calcaire limoneux de faible compacité) observés au droit des lots A et B (pièce 002 et pièce 003) au Sud-Ouest de la zone d'étude.

C.2. Aspects géomécaniques in situ des sols

Les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés ont été mesurées au pressiomètre (NF EN ISO 22476-4) et au pénétromètre, avec :

p_l^* : pression limite nette

E_M : module de déformation pressiométrique

q_d : effort de pointe au pénétromètre dynamique type B

Ces essais ont pour objectif de caractériser mécaniquement les formations identifiées ci-dessus.

Au droit de nos sondages les résultats sont les suivants :

Formation	Profondeur de la base (m/TN actuel)	Classe de sol selon EC7	E _M (MPa)		PI* (MPa)		q _d (MPa)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max
Remblais caillouto-limoneux	0,4 à 3,0 m	Sables et graves lâches à très denses	2,8		0,21		2	> 50
Limon argileux, graveleux à sablo-caillouteux	0,8 à 2,8 m	Limons mous à raides	6,5	16,2	0,39	1,48	1	5
Limon sablo-caillouteux à sables limono-caillouteux marron clair à passages quartzueux	2,8 à 4,9 m	Limons fermes à raides / Sables moyennement denses à très denses	10,1	43,8	1,43	3,25	3	17
Limons schisteux à schiste décomposé	Au-delà	Limons fermes à raides	5,4	24,4	0,77	1,85	3	7

C.3. Résultats des essais de classification en laboratoire

Des essais en laboratoire (classification GTR) pour identification des matériaux vers 1,0 m de profondeur ont été réalisés en DPT31 et DPT34. Les résultats de ces essais sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Profondeur moyenne (m)	W _n % sur 0/20 NFP 94-050	VBS NFP 94-068	Passant à 80 µm % NFP 94-056	D _{max} (mm)	Classification GTR
DPT31	1,05 m	11,8	1,30	61,7	13	AI
DPT34	1,05 m	13,2	1,10	49,0	13	AI

Les matériaux AI sont des sols fins, peu plastiques, changeant brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau.

C.4. Niveaux d'eau observés

Lors de notre intervention, du 18/05/2021 au 27/05/2021, nous avons observé les niveaux d'eau suivants (niveaux *non stabilisés*) :

	SPI6	SPI7	SPI8	SPI9	SP20	SP21
Altitude du sondage	+36,6	+36,6	+37,0	+37,6	+37,3	+37,4
Profondeur atteinte par le forage	6,0 m	6,0 m	6,0 m	10,0 m	6,0 m	6,0 m
Eau en cours de foration	-	-	Néant	1,4 m	Néant	-
Eau en fin de forage	5,6 m	2,2 m		1,6 m (boue)		-
Eau en fin de chantier	4,4 m	-		1,6 m (boue)		5,6 m
Cote NGF eau en fin de chantier	+32,2	+34,4		+36,0		+31,8

	DPT29	DPT30	DPT31	DPT32	DPT33	DPT34
Altitude du sondage	+36,5	+36,2	+35,7	+37,7	+37,4	+37,6
Profondeur atteinte par le forage	2,0 m	2,0 m	2,0 m	2,0 m	2,0 m	2,0 m
Eau en cours de foration	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
Eau en fin de forage						
Eau en fin de chantier						
Cote NGF eau en fin de chantier						

Tous les forages, sauf le SPI9, ont été réalisés sans injection d'eau (forage à sec ou à l'air), les arrivées d'eau observées sont donc naturelles.

En SPI9, un niveau d'eau en cours de forage, avant injection de la boue bentonitique (nécessaire à la bonne réalisation du forage et des essais) a été observé à partir de 1,4 m de profondeur par rapport au terrain actuel.

Le terrain est manifestement le siège de circulations d'eau provenant d'une nappe ou d'infiltrations dans les limons sablo-caillouteux, sables argilo-caillouteux ou les limons schisteux.

Des circulations et stagnations d'eau dans les sols et horizons de surface resteront possibles en fonction des conditions météorologiques.

Rappelons que les niveaux d'eau mesurés le jour de notre intervention ne sont pas forcément les niveaux les plus défavorables pour le projet : ils sont susceptibles de varier de façon significative en fonction des conditions climatiques et saisonnières.

En effet l'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude G2AVP confiée ne permet qu'une *approche* du niveau d'eau à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Pour obtenir des indications plus précises, il peut nous être confié, dans le cadre d'une mission spécifique complémentaire, la pose d'un piézomètre, son suivi, seul ou accompagné d'une étude hydrogéologique.

C.5. Capacité du sol à l'infiltration

Un essai de perméabilité PORCHET, noté POR3, a été réalisé aux abords de la zone d'étude (voir plan d'implantation des sondages en annexes).

Cet essai a été réalisé dans des limons sablo-caillouteux, vers 0,75 m de profondeur.

On obtient une valeur de perméabilité $K < 1 \times 10^{-7} \text{ m/s} = < 1 \text{ mm/h}$

CONCLUSION :

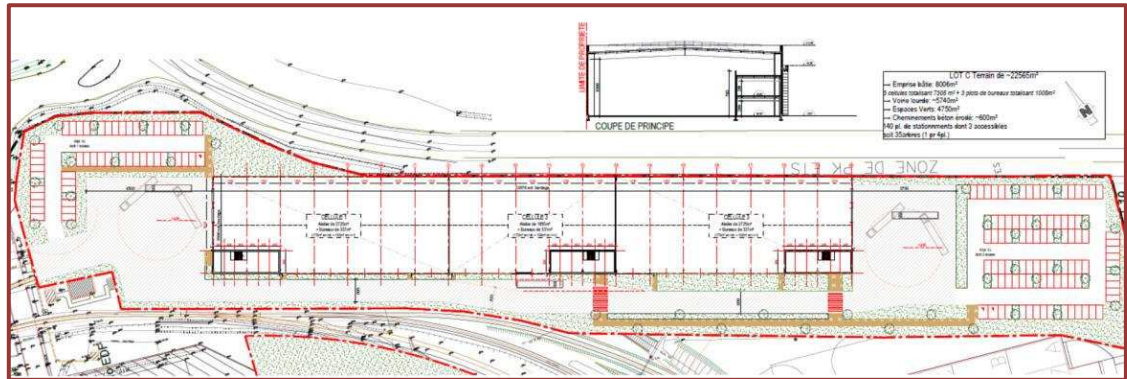
Notons que la valeur limite inférieure généralement admise pour l'infiltration des eaux pluviales est de 7 à 10 mm/h. En deçà, l'infiltration est déconseillée.

Précisons que cet essai de perméabilité reste ponctuel. Il ne préjuge pas de la perméabilité des sols dans d'autres zones ou d'autres horizons.

D. PRINCIPES GENERAUX DE FONDATION

D.1. Données connues du projet

D'après les éléments qui nous ont été communiqués, le projet consiste en la construction d'un bâtiment de 3 cellules d'activité (ateliers + bureaux), sur une surface de 7 800 m² environ, entourés par des voiries et places de stationnement.

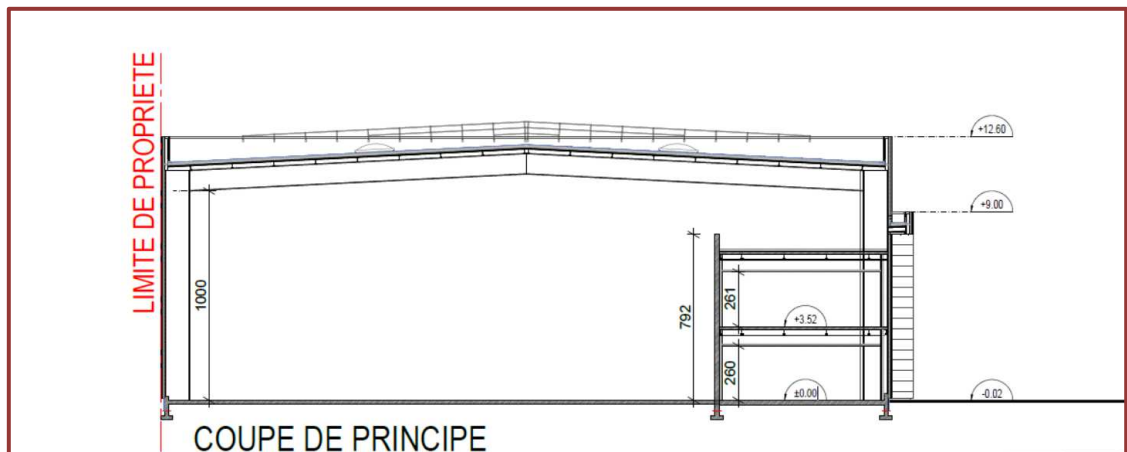


Plan masse du projet

Il s'agit d'un bâtiment type industriel, sans niveau de sous-sol et sans mitoyenneté. Les bureaux sont prévus en mezzanine.

Le niveau rez-de-chaussée de l'ouvrage n'est pas connu à ce stade du projet. Dans la suite de ce rapport, nous supposerons un niveau bas à un niveau moyen du terrain actuel, soit vers la cote +37,1 m NGF (à préciser par le maître d'ouvrage).

Le calage altimétrique du projet devra être défini pour la phase projet.



Coupe de principe

Vis-à-vis des réglementations sismiques, cet ouvrage est supposé classé d'importance II (hypothèse à confirmer par le maître d'ouvrage).

Nous ne disposons pas d'autre information concernant ce projet au moment de la rédaction de ce rapport.

D.2. Analyse vis-à-vis du risque sismique

En vertu du décret n°2010-1255 daté du 22 octobre 2010, la commune se situe en zone de sismicité 2 (sismicité « faible »).

Dans cette zone l'analyse sur la liquéfaction des sols n'est pas requise.

Ici l'ouvrage est supposé de classe d'importance II (à confirmer par le maître d'ouvrage).

Les réglementations parasismiques ne sont donc pas applicables à ce projet. Il n'y a donc aucune prescription parasismique à retenir sur ce projet.

A noter toutefois que dans le cas de bâtiments entrant dans la catégorie d'importance III (si plus de 300 personnes étaient amenées à se trouver dans le bâtiment, par exemple) ou IV au sens de la réglementation parasismique, l'Eurocode 8 doit être appliqué.

D.3. Mode de fondation envisageable

D.3.1. Rappel des contraintes liées au projet

- Substratum de schiste très décomposé en tête sous la forme de limons schisteux jusqu'à la base de nos sondages. Compte-tenu de l'envergure de l'ouvrage, des tassements non-négligeables et différentiels sont à prévoir au droit du projet pouvant nécessiter l'amélioration des sols en place par inclusions souples ou rigides.
- Dénivelé de l'ordre de 2,0 m entre l'extrémité Ouest et Est de l'ilot, impliquant des travaux en déblais / remblais dont la proportion n'est pas connue à ce stade du projet.

D.3.2. Niveaux bas

Des dallages sur terre-plein pourront être réalisés sous réserve de respecter les modalités détaillées au chapitre suivant.

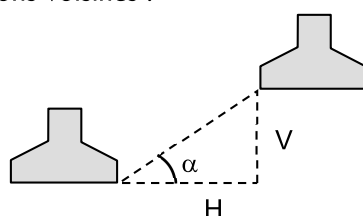
Selon le calage altimétrique du niveau bas (remblaiement à prévoir ?), la valeur des surcharges d'exploitation et les seuils de tassement absolus et différentiels admissibles par les ouvrages, il pourrait être nécessaire de limiter les tassements sous dallage. **A cet effet, il pourra alors être envisagé une amélioration de sol par inclusions souples ou rigides.**

Le maillage, le diamètre et la profondeur des inclusions seront déterminées dans le cadre d'une étude de niveau PRO, à partir des valeurs des descentes de charges (surcharges d'exploitation en particulier) et des seuils de déformations admissibles des ouvrages.

D.3.3. Fondations

Compte tenu des caractéristiques du site et des éléments portés à notre connaissance concernant le projet, nous conseillons un **système de fondation superficiel**, de type semelles isolées ancrées dans les limons sablo-graveleux, les sables limono-caillouteux ou les limons schisteux en place, sous les remblais de surface, **respectant à la fois** :

- Un ancrage de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables limono-caillouteux en place et non remaniés, ce qui pourra conduire à des approfondissements locaux en cas de remaniement (liés aux travaux de terrassements) ou de surépaisseur de remblais (comme rencontrés en SP9). Ces sur-profondeurs pourront être rattrapées par un calage en gros béton coulé pleine fouille,
- Une profondeur minimum d'encastrement de 1,0 m / terrain actuel et fini,
- Les conditions de hors-gel : une profondeur de mise à l'abri des effets du gel minimale de 0,5 m par rapport au niveau fini extérieur,
- La règle des fondations assises à des niveaux différents : par assimilation aux préconisations de la norme EN 1998-5 (Eurocode 8), on respectera une condition de redan de 3H/IV entre fondations voisines :



$$\tan \alpha = \frac{V}{H} \leq \frac{2}{3} \text{ en zone sismique 2}$$

Selon les valeurs des descentes de charges, une amélioration de sol sous semelles pourrait éventuellement être nécessaire.

Au droit de nos sondages, sans remblai « technique », ceci correspond aux assises de fondations suivantes :

Fondations	SP16	SP17	SP18	SP19	SP20	SP21
Altitude du sondage	+36,6	+36,6	+37,0	+37,3	+37,3	+37,4
Profondeur d'assise mini m / TA	1,0 m	1,0 m	1,0 m	2,9 m	1,0 m	1,0 m
Cote d'assise NGF	+35,6	+35,6	+36,0	+34,4	+36,3	+36,4
Profondeur / niveau fini*	1,5 m	1,5 m	1,1 m	2,7 m	0,8 m	0,7 m

Fondations	DPT23	DPT24	DPT25	DPT26	DPT27	DPT28
Altitude du sondage	+36,6	+37,3	+36,9	+37,2	+37,4	+37,4
Profondeur d'assise mini m / TA	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m	1,0 m
Cote d'assise NGF	+35,6	+36,3	+35,9	+36,2	+36,4	+36,4
Profondeur / niveau fini*	1,5 m	0,8 m	1,2 m	0,9 m	0,7 m	0,7 m

*Niveau fini supposé à la cote +37,1 m NGF

D.3.4. Fondations ancrées dans un remblai technique (solution alternative)

Nous rappelons qu'à ce stade du projet, aucune information n'est connue sur les mouvements de terrains prévus au droit du lot C.

Dans le cas où des remblaiements de mise à niveau conséquents seraient à prévoir, un remblaiement dit « technique » pourra être réalisé afin de permettre la réalisation d'un dallage sur terre-plein et la réalisation de fondations superficielles ancrées dans le corps du remblai technique. Dans ce cas, les fondations du bâtiment seront ancrées d'au moins 60 cm dans le remblai technique, avec une contrainte de calcul q'_{ELS} limitée à 0,15 MPa.

La réalisation du remblai dit « technique », qui permet la réalisation d'un dallage sur terre-plein et la réalisation de fondations superficielles ancrées dans le corps de celui-ci, nécessite :

- **l'emploi de matériaux nobles, avec des volumes conséquents, compactés par couches minces, avec contrôle par essais de plaque tout au long de la montée du remblai**
- **l'intervention d'une entreprise spécialisée maîtrisant la mise en œuvre d'un tel remblai dans les règles de l'art.**

Cette solution alternative, dépendante de la connaissance de la nature et de la localisation des mouvements de terrain prévus sur site (niveaux du projet non connus à ce stade), sera éventuellement étudiée, si l'évolution du projet le permet, au stade G2 PRO.

D.4. Principe généraux de terrassements

Les mouvements de terrains engendrés par le projet ne sont pas encore connus à ce stade. Nous détaillons ci-après les principes généraux dans le cas de travaux de déblais et de remblais à prévoir au droit ou en périphérie du projet.

D.4.1. Déblais

D.4.1.1. Extraction des déblais

Les terrassements généraux pourront a priori être réalisés en déblais dans certaines zones. Ils pourraient être de l'ordre de 1,0 m de profondeur au droit de nos sondages (à confirmer lorsque les mouvements de terrains du projet seront mieux connus).

L'extraction des matériaux pourra être réalisée au moyen d'une pelle mécanique suffisamment puissante pour traverser les remblais indurés de surface et traverser les horizons de surface pouvant contenir des passages quartzes indurés.

La présence ponctuelle de blocs, maçonneries (issues de l'ancienne construction au droit du parking notamment), ouvrages ou obstacles enterrés pourrait engendrer des difficultés de terrassements, mais devront être purgés obligatoirement afin d'éviter tout phénomène de "point dur". Ces éléments ponctuels pourront nécessiter l'emploi de moyen de terrassements plus puissant type BRH (Brise Roche Hydraulique).

Nous attirons toutefois l'attention sur les basses fréquences de vibrations générées par les BRH, hautement préjudiciables aux constructions situées à proximité. L'entreprise intégrera dans sa méthodologie des dispositions permettant d'éviter de déstabiliser les existants.

Les fouilles devront être réalisées avec un talutage ou sous la protection d'un soutènement (provisoire ou définitif) adapté aux niveaux d'eau rencontrés ici.

D.4.1.2. Protection contre les eaux

Au moment du chantier, les niveaux d'eau ont été relevés entre 2,2 m (SP17) et 5,6 m (SP21) de profondeur par rapport au terrain actuel, et entre les cotes +34,4 m (SP17) et +31,8 m (SP21) de profondeur. Il s'agit de niveaux ponctuels non stabilisés.

De plus, le contraste de perméabilité entre les remblais superficiels et les limons sous-jacents impliquera des circulations d'eau de surface, voire des nappes perchées temporaires, évoluant au rythme des épisodes pluvieux, comme ce fut a priori le cas au droit du sondage SP8, où un niveau d'eau en cours de forage a été rencontré vers 1,8 m de profondeur par rapport au terrain actuel.

Les niveaux d'eau mentionnés dans ce rapport sont ceux observés au moment de notre intervention, ils ne reflètent pas les variations du niveau de la nappe ou des infiltrations au cours de l'année.

Les terrassements en déblai pourront atteindre plus de 1,0 m de profondeur. Au regard des données dont nous disposons, il est probable que les terrassements interceptent des nappes perchées.

Les fouilles devront être réalisées avec un talutage (ou éventuellement sous la protection d'un soutènement -provisoire ou définitif - adapté aux niveaux d'eau rencontrés ici).

Une cunette sera réalisée en crête de talus et reliée au système d'eaux pluviales, afin de collecter les eaux de ruissellement.

D.4.2. Remblais

Les remblais seront mis en place sur une plateforme où l'on aura procédé au décapage préalable de la terre végétale, de l'enrobé, et de tous terrains médiocres (sols mous, évolutifs ou détériorés par les engins ou les intempéries).

Pour des remblais paysagers / supports d'espaces verts, les matériaux seront mis en œuvre conformément au guide GTR 2000 pour du remblai courant.

Pour des remblais supports de dallage, les matériaux devront être des matériaux graveleux sains, insensibles à l'eau et non évolutifs (par exemple de classe D1, D2, D31, B11, B31 ou concassé issu de roche massive type R21, R41 ou R61 ou équivalent), mis en œuvre par passe compactée conformément au GTR 2000 pour une couche de forme. Les modalités de remblaiement sous dallages et voiries sont détaillées dans la suite du rapport.

D.4.3. Pentés de talus

En l'absence d'eau et de surcharges en tête de talus (murs, installations de chantier...), on pourra retenir une pente à court terme de 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) pour les talus.

Les parois des talus devront être protégées des intempéries par du polyane.

E. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES

E.I. Assise de dallage sur terre-plein

Sous réserve de tassements sous dallages ne dépassant pas les valeurs seuils du futur bâtiment, les dallages pourront être réalisés sur terre-plein, en prévoyant la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux (insensibles à l'eau).

Etant donné la destination des ouvrages, on cherchera à asseoir les dallages sur une plateforme de type PF2 (EV2>50 MPa), avec $k_w > 50 \text{ MPa/m}$ (cf. DTU 13.3).

E.I.1. Démolition des existants

Il conviendra de s'assurer de la bonne conduite des opérations de démolition qui doivent comprendre au minimum :

- démolition et purge des structures existantes (voies de chemin de fer – rails et ballast - fondations, dallage, éventuelles cuves enterrées) ;
- comblement des éventuelles cuves enterrées ou anciens sous-sol par un remblai d'apport de type GNT 0/80 mm, insensible à l'eau ;
- contrôle de la bonne mise en œuvre des remblais par des essais à la plaque tous les 40 cm d'épaisseur ;
- relevé minutieux de la localisation, profondeur et géométrie des anciennes fondations : nous recommandons de prévoir un relevé par un géomètre de toutes les fondations et infrastructures enterrées qui seront démolies et purgées. Ce relevé permettra de connaître le positionnement et la profondeur des anciens éléments enterrés pour le calpinage des fondations projetées.

La présence de blocs, maçonneries, ouvrages ou obstacles enterrés pourra engendrer des difficultés de terrassements, mais devront être purgés obligatoirement afin d'éviter tout phénomène de "point dur".

Aucune nouvelle fondation ne prendra appui dans ces zones purgées ou substituées.

E.I.2. Préparation du fond de forme du dallage et de la couche de forme

Au droit des parkings et des voiries existantes, recouvrant une grande partie du projet, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante pour le dallage du futur bâtiment.

E.I.2.1. Réutilisation de la couche de forme existante des voiries

Au droit des voiries et parkings, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante en couche de forme sous dallage.

Il sera toutefois nécessaire :

- De décaper l'enrobé existant,
- De s'assurer de l'absence de matériaux évolutifs dans le temps (bois, plâtre...) dans la couche de forme,
- De vérifier la portance de cette assise.

Cas n°1 : Dans le cas où la portance est légèrement insuffisante ($30 \text{ MPa} < \text{EV2} < 50 \text{ MPa}$), on prévoira :

- un recomptage des matériaux au niveau de la P.S.T,
- la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme en matériaux de type 0/31,5 mm d'au moins 20 cm d'épaisseur (à adapter en fonction des résultats d'essais de plaque),
- de nouveaux essais de contrôle, de type essais de plaque afin d'atteindre un objectif d'EV2 $\geq 50 \text{ MPa}$.

Cas n°2 : Dans le cas où la portance est insuffisante ($\text{EV2} < 30 \text{ MPa}$), on prévoira la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme, en prévoyant :

- la purge de la couche de forme existante sur 50 cm d'épaisseur minimum, des sols remaniés par les terrassements et des sols altérés par les intempéries,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux, selon les préconisations du paragraphe suivant.

E.1.2.2. Couche de forme neuve

Le dallage pourra être réalisé sur terre-plein, en prévoyant :

- la purge de la terre végétale, des remblais, de la partie sommitale des limons et des sols remaniés par les terrassements et altérés par les intempéries sur la hauteur nécessaire à la réalisation de la couche de forme,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- un drainage périphérique permettant d'assurer la pérennité de la portance de plate-forme,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux.

A titre d'exemple, dans le cadre d'une ébauche, pour obtenir une plate-forme d'assise de type PF2 ($K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$ et $\text{EV2} \geq 50 \text{ MPa}$) (Cf. DTU 13.3), on prévoirait une couche de forme sous dallage de **50 cm minimum** (en période favorable) constituée de la manière suivante (de haut en bas) :

- 20 cm de GNT 0/31,5 mm
- 30 cm de GNT 0/60 ou 0/80 mm

Le rattrapage de niveau entre l'arase de terrassement et la base de la couche de forme sera comblé suivant nécessité par des matériaux de type 0/100 mm (granulométrie maximum) soigneusement compactés.

L'épaisseur finale de la couche de forme dépendra des épaisseurs de purges réalisées et du niveau zéro à atteindre par le dallage.

Dans le cas où les travaux démarreraient à l'issue d'une période pluvieuse, on prévoira :

- de terrasser à l'avancement (purge puis remblaiement immédiat),
- de drainer complètement le terrain avec rejet des eaux collectées vers un exutoire suffisant,
- de refermer les fonds de forme à l'aide d'une niveleuse et d'un compacteur dès l'arrivée de la pluie et à la veille des week-ends, avec une forme de pente d'environ 2 % orientée vers une tranchée drainante raccordée à un exutoire,

Les matériaux retenus devront être conformes à la norme NFPI1-300 et en particulier répondre aux exigences suivantes : $VBS < 0,1$ et $MDE < 45$.

E.1.2.3. Zones à rehausser

Les possibilités de remblaiement restent à confirmer/préciser en phase PRO à partir des emprises remblayées (cote du niveau bas non connu à ce stade du projet), de l'estimation des tassements engendrés et des seuils de déformation de l'ouvrage.

Dans le cas où le remblaiement serait possible, et pour les éventuelles zones à rehausser nécessitant plus de 50 cm pour atteindre le niveau fini de la plateforme, il conviendra ainsi de mettre en œuvre :

- un remblai d'apport de type GNT 0/100 mm sur la hauteur de rattrapage,
- fermeture de la plateforme sur les 50 cm derniers centimètres avec des bons matériaux rapportés, calibrés type GNT 0/60 ou 0/80 mm (30 cm) puis GNT 0/31,5 mm (20 cm),
- contrôle de la bonne mise en œuvre des couches de remblais techniques et de couche de forme par des essais à la plaque, au gammadensimètre ou au pénétrodensitographe.

Dans ces zones, un contrôle à l'avancement devra être réalisé. Les critères de réception pourraient être les suivants :

A 50 cm sous le niveau fini de la plateforme :

module de 2^{ème} cycle :

- $EV2 \geq 35$ MPa
- $EV2/EV1 < 2$

Puis au niveau de la plateforme finie :

module de 2^{ème} cycle :

- $EV2 \geq 50$ MPa
- $EV2/EV1 < 2$

E.1.3. Caractéristiques des sols supports de dallage à long terme

On retrouve ci-dessous le tableau des caractéristiques des sols supports de dallage à long terme selon le DTUI3.3, en considérant les résultats du sondage pressiométrique SPI9 (le plus défavorable) :

Sol	Profondeur de la base / TA (m)	E_M (MPa) (moyenne harmonique)	α	E_s (MPa)
Couche de forme	0,5 m	-	-	EV2
Limons sablo-graveleux	2,6 m	6	1/2	12
Sables limono-caillouteux	5,7 m	9	1/3	27
Limons schisteux	> 10 m	9	1/2	18

EM : module de déformation pressiométrique de la couche concernée (mesuré)

α : coefficient rhéologique du sol (estimé)

Module d'élasticité du sol à long terme : $E_s = k \cdot E_M / \alpha$

k : coefficient facteur de la distorsion variant de 1 à 2. Ici $k = 1$.

E.1.4. Tassements des sols sous dallage (sans prise en compte de l'amélioration de sol)

Les tassements des sols sous dallage pour une surcharge uniformément répartie de 1 T/m² (charge d'exploitation) ont été calculés avec le logiciel FOXTA V4.1.2, en considérant les résultats d'essais pressiométriques du sondage SPI9, avec la prise en compte de limons sablo-graveleux « en place » jusque 2,6 m (en lieu et place des remblais).

Le modèle terrain utilisé (en phase AVP en l'absence de sondage pressiométrique plus profond) est donné dans le tableau ci-dessous.

En SPI9 :

Sol	Profondeur de la base / TA (m)	E _M (MPa) (moyenne harmonique)	α	E _s (MPa)
Couche de forme	0,5 m	-	-	EV2 = 50
Limons sablo-graveleux	2,6 m	6	1/2	12
Sables limono-caillouteux	5,7 m	9	1/3	27
Limons schisteux	15,0 m	9	1/2	18
Schiste décomposé	18,0 m	25	1/2	50
Schiste altéré	22,0 m	75	1/2	150
Schiste compact	> 30,0 m	150	1/2	300

D'où les tassements unitaires des sols sous dallage **Su # 0,6 cm (par T/m²)**.

Ces tassements s'appliqueront sous les charges réparties appliquées par les charges d'exploitation et les charges de mise à niveau du terrain.

Ainsi, dans cette zone, là où l'on charge au-delà de 5 T/m² par exemple (*rappelons que les charges apportées par les remblais de mise à niveau du terrain **sont à prendre en compte en plus de ces tassements liés aux surcharges d'exploitation***), **les tassements absolus du sol seront de l'ordre de 3,0 cm.**

Si ces tassements absolus et différentiels s'avèrent effectivement inacceptables pour les structures, on prévoira une amélioration de sols par inclusions souples (colonnes ballastées) ou rigides.

E.1.5. Amélioration des sols par inclusions souples ou rigides

E.1.5.1. Principes de traitement

- **Le procédé d'inclusions souples « colonnes ballastées »** consiste à introduire dans le sol par refoulement du matériau granulaire. Il permet d'améliorer la portance du sol et de réduire les tassements.
- **La technique d'inclusions rigides** permet d'améliorer et d'homogénéiser les caractéristiques mécaniques du sol support. Elle permet de fonder les ouvrages sur semelles superficielles ou sur radier reposant sur le système d'inclusions rigides et de limiter les tassements.

Ces procédés seront couplés à la mise en place d'un matelas de répartition sous les dallages des bâtiments.

Les tassements et les contraintes de calculs dépendront du dimensionnement du système d'inclusions.

Le choix de la technique d'amélioration de sol dépend donc des descentes de charges réelles et de l'objectif de réduction/limitation des tassements (à définir au stade G2 PRO).

Les inclusions devront être descendues et ancrées dans le schiste décomposé, altéré à compact (dont la profondeur sera à confirmer par la réalisation de sondages pressiométrique profonds au droit du projet).

Ces améliorations sont des techniques spécifiques qui doivent être réalisées par des entreprises spécialisées.

E.1.5.2. Objectifs, caractéristiques principales (en SPI9)

N°	Terrain	Profondeur de la base / TA (m)	pl* (MPa)	E _M (MPa)	α
1	Limons sablo-graveleux	2,7 m	0,40	6,0	1/2
2	Sables limono-calcareux	5,7 m	1,10	9,0	1/3
3	Limons schisteux	>10,0 m	1,05	8,5	1/2
4	Schiste décomposé, altéré	> 15,0 m environ*	2,50*	30,0*	1/2

*Valeurs fournies à titre indicatives. Pour préciser cette maquette de calcul, un ou des sondages complémentaires seront nécessaires pour identifier la profondeur du toit du substratum et sa compacité.

Le pré-dimensionnement relève de la phase PRO de la mission G2.

Les colonnes seront descendues le schiste décomposé à altéré de meilleure compacité. Il conviendra de confirmer cette profondeur dans le cadre de la mission G2 phase PRO.

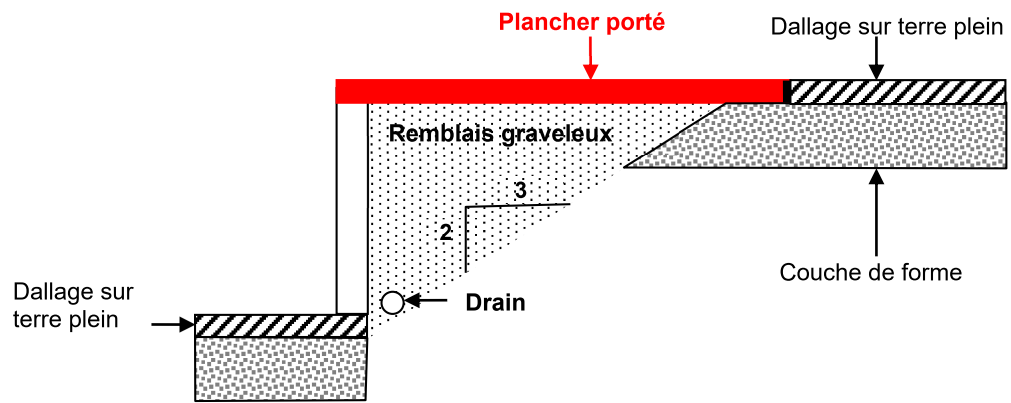
E.1.6. Sujétion de conception et d'exécution de la plateforme du dallage

E.1.6.1. Réseaux enterrés sous dallage

Les tranchées des réseaux enterrés devront être remblayées et compactées avec soin (compactage d'objectif de densification q3).

E.1.6.2. Zones de décalage de niveaux

Les éventuelles zones de quais, et plus généralement tout décalage de niveau, nécessiteront un traitement particulier (plancher porté par les fondations, dalle de transition, ou mur de soutènement permettant le compactage des matériaux en amont pour poser le dallage sur terre-plein, ...):



E.1.7. Contrôle de la couche de forme

La plate-forme d'assise des dallages sera contrôlée par des essais à la plaque (3 au minimum par plateforme + 1 essai supplémentaire tous les 2000 m²).

Les critères de réception seront les suivants:

- Module de Westergaard : $K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$
- Module de 2ème cycle : $EV_2 \geq 50 \text{ MPa}$
- Indice de compactage : $k = EV_2/EV_1 \leq 2,0$ (à confirmer suivant le type de matériaux mis effectivement en œuvre).

E.2. Etude de la solution de fondations superficielles

E.2.1. Règlements utilisés

Les calculs de capacité portante et de tassements des fondations superficielles dans le cadre de la présente ébauche dimensionnelle respectent les prescriptions de la norme P94-261 relative à l'EC7.

Dans le cadre d'un AVP nous nous limiterons à la reprise des charges verticales centrées ; la stabilité au glissement et à l'excentrement des charges devra être étudiée en G2 PRO.

E.2.2. Contraintes de calcul dans le cas d'une charge verticale

Nous étudions ci-dessous une solution de semelles continues ou isolées ancrées de 30 cm dans les limons sablo-graveleux, sables limono-caillouteux et limons schisteux, sous les remblais, telle que définie au §D.3.3.

Aux conditions d'ancrage ci-dessus, est :

$q_{net} = k_p \cdot P_{le}^* \cdot i\delta \cdot i\beta$, avec :

- $P_{le}^* = 0,52 \text{ MPa}$
- $k_p = 0,8$
- $i\delta = 1$ (charges supposées verticales*)
- $i\beta = 1$ (charge éloignée de tout talus*).

* dans le cas d'une charge inclinée par rapport à la verticale, ou bien d'une fondation réalisée à proximité d'un talus, les coefficients respectivement $i\delta$ et $i\beta$ seront < 1 .

Soient les contraintes suivantes :

$$\text{Contrainte caractéristique : } q_{v;k} = \frac{q_{net}}{1.2}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELU : } q'_{ELU} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{1.4}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELS : } q'_{ELS} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{2.3}$$

Application numérique (en négligeant q_0):

Contrainte caractéristique : $q_{v;k} = 0,35 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul à l'Etat Limite Ultime (E.L.U.): $q'_{ELU} = 0,25 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul aux Etats Limites de Services (E.L.S.) : $q'_{ELS} = 0,15 \text{ MPa}$

Rappelons qu'en cas de fondations assises dans le corps du remblai dit « technique », la contrainte admissible devra être limitée également à 0,15 MPa.

E.2.3. Exemples de calcul pour quelques fondations types

L'application de ces contraintes de calcul aux ELS (qui devraient être dimensionnantes) conduit aux charges admissibles suivantes pour les dimensions de fondation ci-après :

Massif carré, de côté (m) :	0,8	1,0	1,5
Charge admissible ELS (kN)	96	150	337

Indépendamment des descentes de charges prévues, les fondations auront une largeur minimale de 0,6 m pour des appuis isolés.

E.2.4. Première approche des tassements

Les tassements sous fondations peuvent être estimés par la méthode pressiométrique. Ils ont été ici estimés sans tenir compte de l'amélioration de sol par inclusions souples ou rigides.

En l'absence d'information sur les descentes de charges apportées par le bâtiment, nous avons effectué le calcul pour des semelles ancrées de 30 cm dans les limons sablo-graveleux, sables limono-caillouteux et limons schisteux à partir de 1,0 m de profondeur (sous les remblais), et soumises à une contrainte verticale centrée.

En utilisant les résultats des sondages pressiométriques, les tassements estimés par la méthode pressiométrique sous une contrainte à l'ELS quasi-permanent q'_{ELS} de 0,15 MPa, pour différentes géométries de fondations (largeurs de fondations à réévaluer en fonction des descentes de charges réelles), sont les suivants :

	Semelles isolées	
Charge ELS	54 kN	338 kN
Dimensions	0.6 m x 0.6 m	1.5 m x 1.5 m
	Tassement estimé (mm)	
Selon SPI6	2	3
Selon SPI7	2	3
Selon SPI8	4	6
Selon SPI9	3	6
Selon SP20	2	3
Selon SP21	2	3

Dans ces conditions, les tassements absolus et différentiels seront de l'ordre du centimètre. Ils s'entendent pour des fonds de fouille *homogènes* et *non remaniés*.

Ces tassements seront à recalculer en phase G2 PRO en fonction des descentes de charges réelles, en tenant compte des inclusions souples ou rigides à prévoir dans le cadre de la limitation des tassements sous dallages.

E.2.5. Sujétions d'exécution et disposition constructives des fondations

E.2.5.1. Démolition des existants

Voir paragraphe E.1.1.

E.2.5.2. Sujétions générales

L'étude détaillée et exhaustive des principes d'exécution relève de l'étude géotechnique G2 Projet. Nous nous limiterons dans le cadre de la G2 AVP à lister les principes généraux :

- Dans le cas de massifs isolés, les murs reposeront sur des longrines en béton armé, assises sur les massifs de fondation.
- Les terrassements pourront être effectués au moyen d'une pelle mécanique suffisamment puissante pour traverser les remblais indurés de surface et assurer l'ancrage de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables limono-caillouteux pouvant contenir des passages quartzeux indurés,
- On veillera à ne pas ancrer les fondations dans des terrains remaniés par d'éventuelles opérations antérieures (démolition/reconstruction, etc...),
- On prévoira le blindage des fouilles présentant des terrains instables. Autrement, on prévoira un talutage des parois de fouilles avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur.
- Les fondations seront coulées pleine-fouille.
- La réalisation des fouilles devra s'effectuer à sec : on prévoira l'utilisation d'une pompe de chantier reliée à un exutoire, afin d'évacuer immédiatement toute arrivée d'eau pouvant se produire en fond de fouille, avant bétonnage.
- Les sols d'assise sont très sensibles à l'eau, aussi le bétonnage interviendra immédiatement après la réalisation des fouilles de fondation. Dans le cas contraire, on coulera un béton de propreté à l'avancement.
- On s'assurera que l'ensemble des fondations sollicite le sol dans les conditions définies dans cette étude ; le sol d'assise sera parfaitement curé, non remanié et non soumis aux intempéries (le béton de propreté est à couler dès la fin de l'excavation).

Tout sol douteux ou sol remanié détecté à l'ouverture des fouilles sera purgé et remplacé par du gros béton coulé pleine fouille.

Rappelons en ce sens que le poste « fondations » ne peut pas être chiffré au forfait à partir d'une mission d'étude géotechnique G2AVP.

F. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES STRUCTURES DE VOIRIES

Les voiries et parkings sont ici prévus autour du futur bâtiment et concernent des zones actuellement occupées par les parkings / voiries existants ou par des voies de chemin de fer et de ballast.

Au droit des voiries et parkings existants il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante, moyennant la réalisation d'essais de plaque afin de confirmer que sa portance soit correcte.

En l'absence d'informations sur la nature des mouvements de terrain prévus pour le projet (niveaux projet non connus à ce stade), nous détaillons ci-après modalités de création de voiries et parkings neufs au droit des zones enherbées et des parkings / voiries existants dans le cas de travaux en déblais (ou remblai faible < 0,5 m) et en remblai (remblaiement technique).

F.1. Généralités

Les zones où l'humidité des sols ne parviendra pas à être maîtrisée par le drainage seront également purgées.

Les plates-formes devront être réalisées en période hydrique favorable afin de ne pas risquer une perte générale et importante de portance des sols d'assises.

Dans le cas contraire, la portance et la traficabilité de la plate-forme ne permettront pas de réaliser des travaux de terrassement dans de bonnes conditions et nécessiteront immanquablement des travaux supplémentaires afin d'obtenir une portance EV2 de 50 MPa sur la plate-forme finie.

Les fonds de forme devront être refermés dès l'arrivée de la pluie et à la veille des week-ends. On prévoira une forme de pente de 2 % orientée vers une tranchée drainante raccordée à un exutoire.

N'ayant pas renseignement particulier concernant les trafics prévus sur les voiries légères, nous prendrons l'hypothèse d'un trafic inférieur à 25 Poids Lourds par Jour et par sens (PL / j).

Le dimensionnement des chaussées sera effectué conformément au Guide pour la construction des chaussées à faible trafic du CETE OUEST de 2002, en adoptant une plate-forme support de chaussée de portance PF2- (EV2 \geq 50 MPa).

D'après ce catalogue, les voiries VL supporteront un trafic de classe t_5 (< 25 PL / j).

F.2. Couche de forme en zone de déblais ou faibles remblais

F.2.1. Réutilisation de la couche de forme existante sous les parkings / voiries actuelles

Au droit des futurs parkings et voiries, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante, sous réserve des précautions ci-après.

Il sera toutefois nécessaire :

- De décaper l'enrobé existant,
- De s'assurer de l'absence de matériaux évolutifs dans le temps (bois, plâtre...) dans la couche de forme,
- De vérifier la portance de cette assise.

Cas n°1 : Dans le cas où la portance est légèrement insuffisante ($30 \text{ MPa} < \text{EV2} < 50 \text{ MPa}$), on prévoira :

- un recomptage des matériaux au niveau de la P.S.T,
- la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme en matériaux de type 0/31,5 mm d'au moins 20 cm d'épaisseur (à adapter en fonction des résultats d'essais de plaque),
- de nouveaux essais de contrôle, de type essais de plaque afin d'atteindre un objectif d'EV2 $\geq 50 \text{ MPa}$.

Cas n°2 : Dans le cas où la portance est insuffisante ($\text{EV2} < 30 \text{ MPa}$), on prévoira la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme, en prévoyant :

- la purge de la couche de forme existante sur 50 cm d'épaisseur minimum, des sols remaniés par les terrassements et des sols altérés par les intempéries,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux, selon les préconisations du paragraphe suivant (qui s'applique au droit des zones enherbées).

F.2.2. Couche de forme neuve

Le dallage pourra être réalisé sur terre-plein, en prévoyant :

- la purge de la terre végétale, des remblais, de la partie sommitale des limons et des sols remaniés par les terrassements et altérés par les intempéries sur la hauteur nécessaire à la réalisation de la couche de forme,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- un drainage périphérique permettant d'assurer la pérennité de la portance de plate-forme,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux.

A titre d'exemple, dans le cadre d'une ébauche, pour obtenir une plate-forme d'assise de type PF2 ($K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$ et $\text{EV2} \geq 50 \text{ MPa}$) (Cf. DTU 13.3), on prévoirait une couche de forme sous dallage de **50 cm minimum** (en période favorable) constituée de la manière suivante (de haut en bas) :

- 20 cm de GNT 0/31,5 mm
- 30 cm de GNT 0/60 ou 0/80 mm

Le rattrapage de niveau entre l'arase de terrassement et la base de la couche de forme sera comblé suivant nécessité par des matériaux de type 0/100 mm (granulométrie maximum) soigneusement compactés.

L'épaisseur finale de la couche de forme dépendra des épaisseurs de purges réalisées et du niveau zéro à atteindre par les voiries.

Les matériaux retenus devront être conformes à la norme NFPI1-300 et en particulier répondre aux exigences suivantes : $VBS < 0,1$ et $MDE < 45$.

L'épaisseur de la couche de forme devra être plus importante si elle est mise en œuvre lors d'une période défavorable (pluvieuse).

La réalisation de planches d'essais validées par des essais à la plaque permettra d'optimiser l'épaisseur de cette couche de forme à mettre en œuvre au moment des travaux.

La rencontre en phase chantier au niveau de l'arase terrassement d'éléments fortement inhomogènes (blocs de schistes par exemple) nécessiterait la purge de ceux-ci afin d'éviter les phénomènes de point dur.

F.3. Couche de forme en zone de remblais

Dans les zones concernées par des remblaiements (mouvements de terrain non connus à ce stade du projet), il conviendra de :

- Dans les zones actuellement occupées par les voiries et parkings : décaper l'enrobé et la partie sommitale des remblais présents au droit du remblai de plateforme, avec un minimum de 20 cm, afin de pouvoir réutiliser la couche de forme existante, moyennant la réalisation d'essais de plaque afin de confirmer que sa portance soit correcte, comme décrit au paragraphe E.1.2.1.
- Dans les zones actuellement occupées par des voies de chemin de fer et espaces verts : purger les structures existantes (rails et traverses) ainsi que le ballast, et décaper la terre végétale et la partie sommitale terrains en place au droit du remblai de plateforme, avec un minimum de 60 cm,
- Purger les matériaux dégradés par les conditions atmosphériques et météoriques.

Les travaux de remblaiement s'effectueront ensuite de la manière suivante :

- mise en place d'un géotextile anticontaminant et antipoinçonnement,
- mise en œuvre d'un remblai d'apport de type GNT 0/100 mm pour la réalisation du remblai technique,
- fermeture de la plateforme sur les 50 cm derniers centimètres avec des bons matériaux rapportés, calibrés type GNT 0/60 mm ou 0/80 mm,
- contrôle de la bonne mise en œuvre des couches de remblais techniques et de couche de forme par des essais à la plaque, au gammadensimètre ou au pénétrodensitographe.

Un contrôle à l'avancement devra être réalisé. Les critères de réception pourraient être les suivants :

A 50 cm sous le niveau fini de la plateforme :

module de 2^{ème} cycle :

- $EV2 \geq 35$ MPa
- $EV2/EV1 < 2$

Puis au niveau de la plateforme finie :

module de 2^{ème} cycle :

- $EV2 \geq 50$ MPa
- $EV2/EV1 < 2$

Il conviendra par ailleurs de respecter les dispositions constructives suivantes pour la plateforme :

- un débord de 3,0 m minimum sur la périphérie du bâtiment ou de 8 fois la largeur de la fondation,
- une pente de talus valant $H/B < 2/3$ (possibilité d'optimiser en fonction des matériaux mis en œuvre et de leur mode de traitement éventuel).

Si ces dernières préconisations géométriques s'avéraient difficiles à respecter, il y aurait lieu de prévoir la réalisation de soutènements en périphérie de la plateforme (au niveau de la partie basse du quai). Le dimensionnement de ces soutènements devrait notamment tenir compte de la charge liée aux remblais d'apport.

F.4. Contrôle

La plate-forme d'assise sera contrôlée par des essais à la plaque.

- Module de 2^{ème} cycle : $EV_2 \geq 50$ MPa
- Indice de compactage : $k = EV_2/EV_1 \leq 2,0$ (à confirmer suivant le type de matériaux mis effectivement en œuvre)

F.5. Structures de chaussée

Les structures de chaussée correspondront à une plate-forme de portance PF₂- (module à la plaque compris entre 50 et 80 MPa).

A titre d'exemple, dans le cadre d'une ébauche dimensionnelle, nous proposons les **structures souples** suivantes pour des voiries légères soumises à un trafic t₅ (structures à mettre en œuvre au-dessus de la couche de forme):

↳ Exemple n°1 : Structure GNT (Grave Non Traitée ordinaire) :

- ↳ 6 cm de Béton Bitumineux Semi-Grenu (BBSG)
- ↳ 16 cm de GNT 0/31.5

↳ Exemple n°2 : Structure GB3 (Grave Bitume de classe 3) :

- ↳ 4 cm Béton Bitumineux Mince (BBM)
- ↳ 12 cm de GB3

F.6. Vérification au gel des structures

Cette vérification sera à réaliser en phase projet ou par l'entreprise de terrassement une fois la composition précise de la structure connue.

F.7. Sujétion de conception et d'exécution des voiries

La mise en œuvre et les contrôles de la structure de voirie devront être conformes aux normes en vigueur.

Il conviendra de vérifier si la structure est adaptée pour l'ensemble des phases du projet. En particulier, les phases de chantier peuvent être très préjudiciables.

Les tranchées des réseaux enterrés devront être remblayées avec soin ; avec un compactage dont l'objectif de densification est q3.

G. ALEA RESIDUELS, CONCLUSION, SUITE A DONNER

G.1. Conclusion

Le présent rapport conclut la mission d'étude géotechnique d'avant-projet G2AVP confiée à Fondasol.

Nous avons indiqué dans cette étude les recommandations sur les fondations à prévoir pour les ouvrages projetés ainsi que les précautions à prendre lors de la réalisation des travaux de fondations, de terrassements et de voiries ; à partir des investigations réalisées et des données qui nous ont été transmises.

Rappelons que toute modification du projet (superficie, implantation, niveau, conception,...) peut rendre les conclusions de cette étude inadaptées (Cf. Conditions générales d'exploitation du rapport, figurant en annexe de ce document).

G.2. Aléas, incertitudes géotechniques résiduelles à l'issue de l'étude G2AVP

A l'issue de cette mission d'étude géotechnique (stade AVP), les principales incertitudes géotechniques qui subsistent sont les suivantes :

- Présence d'eau possible à faible profondeur correspondant à des circulations d'eau d'origine météorique dans les remblais de surface ou les sols en place. Cet aléa nécessitera au minimum une pompe de chantier en phase travaux, le drainage des plateformes, s'ils sont réalisés à l'issue d'une période pluvieuse,
- Variabilité de l'épaisseur des sols à décaper avant mise en œuvre de la couche de forme du radier, en fonction de leur teneur en eau au moment du chantier,
- Tassements unitaires sous dallages de l'ordre de 0,6 cm (pour 1 T/m²) au droit du sondage SP19 par exemple. Les tassements réels seront à recalculer en fonction des caractéristiques géométriques (niveaux bas NGF) et descentes de charge réelles de l'ouvrage. Si ces tassements absolus et différentiels s'avèrent effectivement inacceptables pour les structures, il conviendra de prévoir un renforcement de sol par inclusions souples (colonnes ballastées), à dimensionner dans le cadre d'une mission G2 PRO (mission non confiée à ce stade).
- Calage altimétrique des ouvrages et futures voiries à préciser,
- Présence de guichets existants à démolir et de voies de chemin de fer (rails, traverses ballast), ce qui va occasionner un remaniement des sols en surface, et pourra imposer un approfondissement des fondations dans cette zone,
- Présence de réseaux enterrés aux abords des futurs ouvrages,
- Agressivité de l'environnement (eaux et sols) sur les bétons non connue.

G.3. Suite à donner

Afin de préciser le modèle géotechnique au droit de l'ilot C, notamment compte-tenu de la nécessité très probable d'amélioration de sol par inclusions, et de pouvoir recueillir les informations nécessaires à la réalisation de la G2 PRO (mission non confiée à ce stade) nous recommandons vivement la réalisation d'un ou deux sondages pressiométriques profonds (prolongement du sondage SP19 par exemple, jusque 25 m de profondeur).

Conformément à la norme NFP 94-500, les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport en mission G2AVP ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution, et ne constituent pas un dimensionnement du projet.

Selon la norme NFP 94-500 d'enchaînement des missions géotechniques :

- L'élaboration du PROjet pour consultation des entreprises nécessite une mission géotechnique de type G2PRO, réalisée avant d'établir le DCE. En l'absence de géotechnicien missionné, la mission G2PRO incombe de fait à l'équipe de maîtrise d'œuvre.
- Le maître d'ouvrage doit également confier à un géotechnicien la supervision d'exécution des travaux géotechniques dans le cadre d'une mission G4. L'étude et le suivi d'exécution de ces travaux est à confier à l'entreprise dans le cadre d'une mission G3.

Fondasol est à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Œuvre pour réaliser les missions d'étude G2 phase PRO et G4.

ANNEXES



I. CONDITIONS GENERALES DE SERVICE

1. Formation du Contrat

Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constituent l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contradictoires. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. À ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non-équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

2. Entrée en vigueur

Le Contrat n'entrera en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

3. Prix

Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. À l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant le dernier indice publié à la date d'émission du devis.

Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.

Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profondeurs, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

4. Obligations générales du Client

4.1 Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

4.2 Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnaît et accepte expressément. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.

4.3 Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;
- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;

- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat, sauf accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences que cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;

- fournir, conformément aux articles R.554-1 et suivants du même chapitre du code de l'environnement, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

4.4 La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

5. Obligations générales du Prestataire

Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcée ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.

En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain diffèrent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imprévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

6. Délais de réalisation

À défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution données dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendante des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. À défaut d'accord exprès spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.

● Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

7. Formalités, autorisations et accès, obligations d'information, dégâts aux ouvrages et cultures

À l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférable par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge du Client. Le Client doit obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'historique du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles

pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non-consécutif, résultant des événements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.

Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.

Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et/ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

8. Implantation, nivellement des sondages

À l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais.

9. Hydrogéologie - Géotechnique

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

9.2 L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inévitables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment à titre d'exemple glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

9.3 L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des Prestations de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Pollution - dépollution

Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaires au transport, au traitement et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.

Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs.

Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. A défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client

Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. A défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

12. Réserve de propriété, confidentialité

Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

13. Propriété Intellectuelle

Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer

tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplisse ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.

En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « source originelle : Groupe Fondasol – date du document : JJ/MM/AAAA » sans que ces mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

14. Modifications du contenu des Prestations en cours de réalisation

La nature des Prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le Client et ceux recueillis lors de l'établissement du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. À défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

15. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maître d'ouvrage, constructeur ou maître d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélé expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

16. Force Majeure

Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force majeure. La Force majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeurs affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.

Tout événement de Force majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera.

Quand l'événement de Force majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.

Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).

En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.

Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation

précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturé ou de retenir les paiements.

18. Suspension

L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :

- (i) En cas d'Imprévus,
- (ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
- (iii) En cas de Force Majeure.

Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus.

Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'un mois trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. À partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et annulées par le Client.

19. Résiliation

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et de résolution amiable du différend.

19.1 Résiliation pour manquement

Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.

19.2 Résiliation pour insolvabilité ou événement similaire ou après suspension prolongée

Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première Partie une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.

19.3 Indemnisation pour résiliation

En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :

- (i) Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
- (ii) Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
- (iii) les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
- (iv) un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.

19.4 Effets de la résiliation

La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

20. Répartition des risques, responsabilités

20.1 Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte-tenu de sa compétence. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.

20.2 Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. A ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille

(10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements, que ceux-ci soient considérés directs ou non.

20.3 Le Prestataire sera garanti et indemnisé en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

21. Assurances

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-I du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire.** Il est expressément convenu que le Client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, le Client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le Client prendra en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces engagements, le Client en supportera les conséquences financières. Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

22. Changement de lois

Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ce/ces changement(s).

23. Interprétation, langue

En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation

Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

25. Divisibilité

Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

26. Litiges - Attribution de juridiction

LE PRÉSENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITE, SON INTERPRETATION, SON EXISTENCE, SA REALISATION, DEFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RESILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS. À DÉFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DÉLAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ÉTAT D'UN DIFFÉREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RÉSOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIÈGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPÉTENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPÉTENCE EXCLUSIVE, MÊME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITÉ DE DÉFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT RÈGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

2. ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions GI à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique 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 Étude 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, Esquisse, APS	Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : 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	Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	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)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (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'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

3. MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500)

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

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

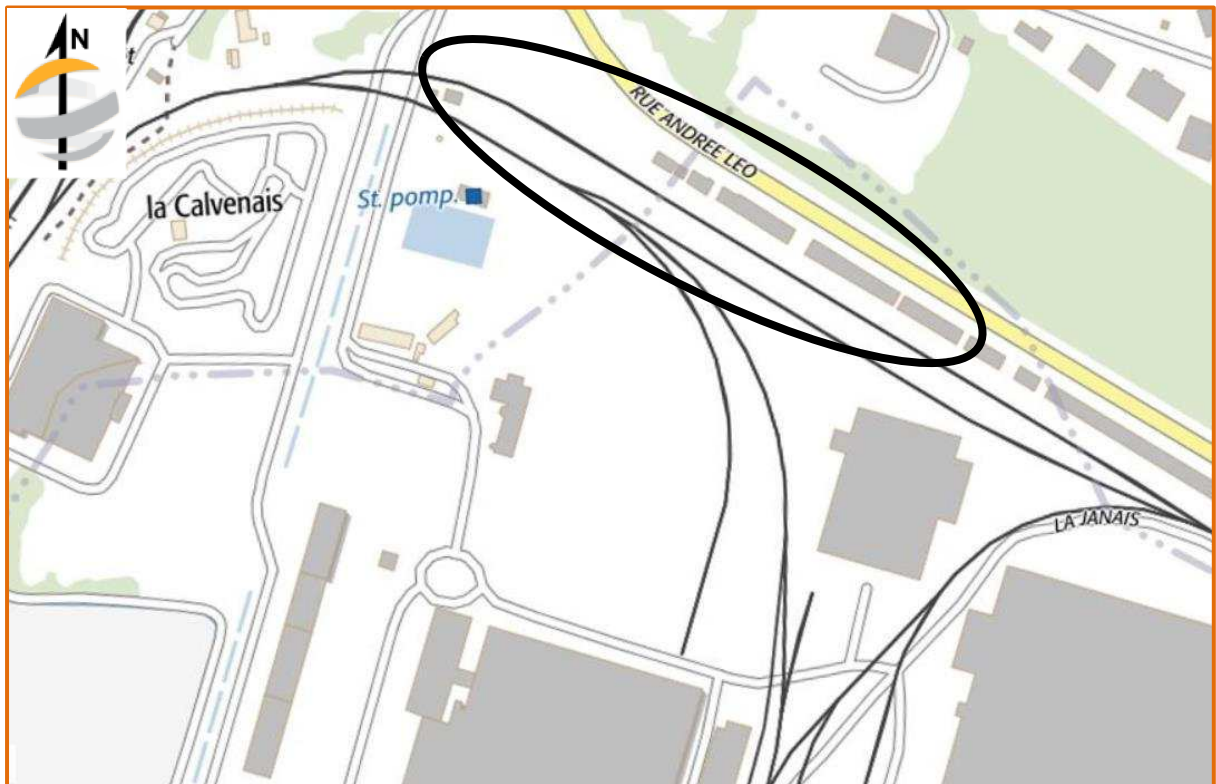
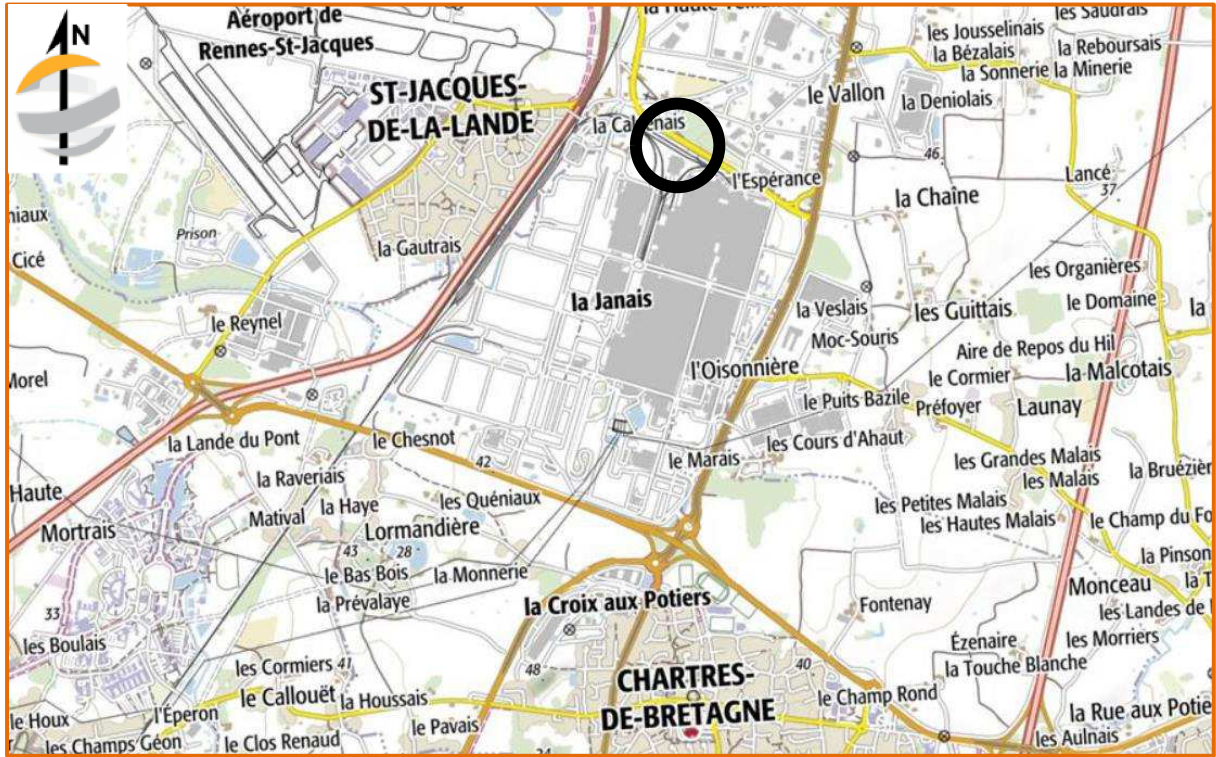
Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou 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.

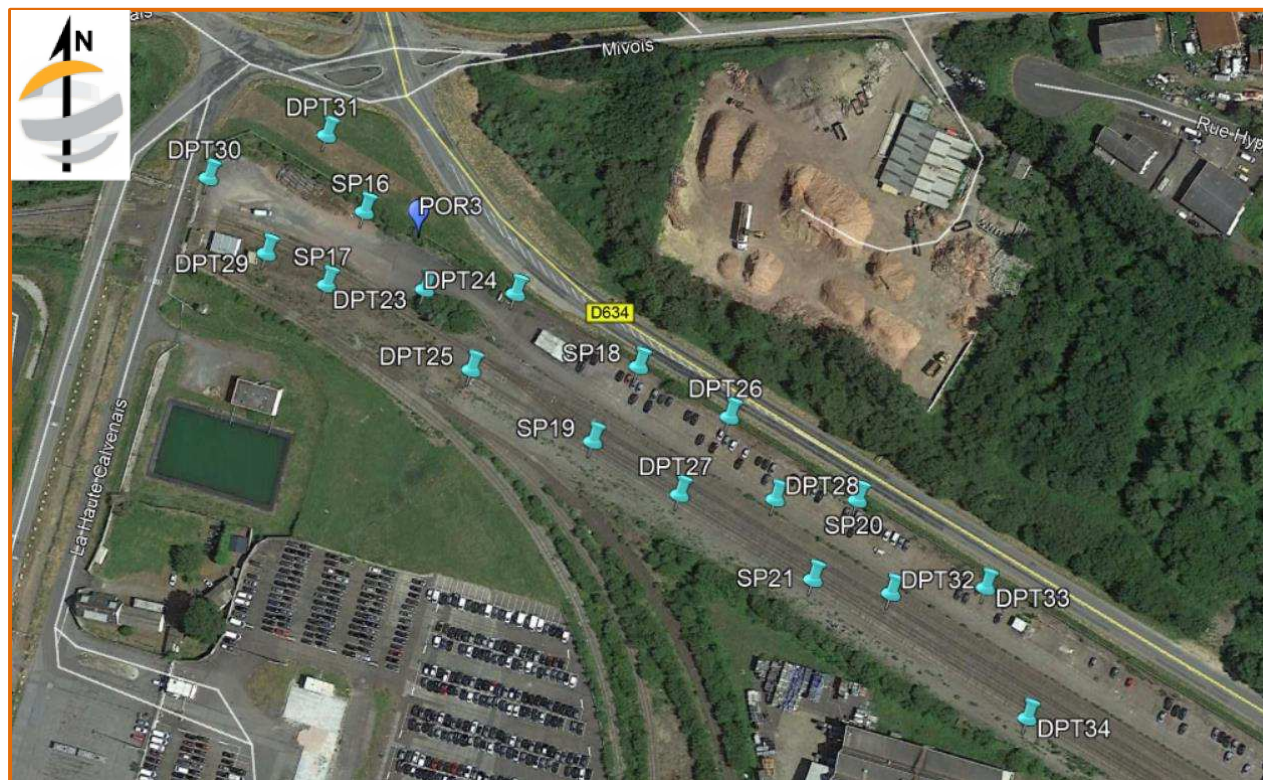
Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Février 2014

4. PLANS DE SITUATION



5. PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



Les sondages ont été implantés par nos soins autour des existants en fonction des contraintes d'accès (Réseaux existants connus, notamment)



6. SONDAGES ET ESSAIS

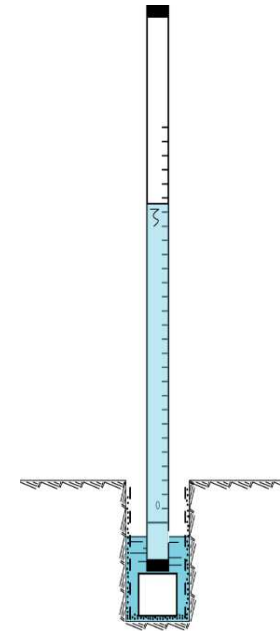
COMPTE RENDU D'ESSAI PORCHET A CHARGE CONSTANTE

Circulaire 20/08/1994 assainissement autonome
des bâtiments d'habitation - FTQ 233-122

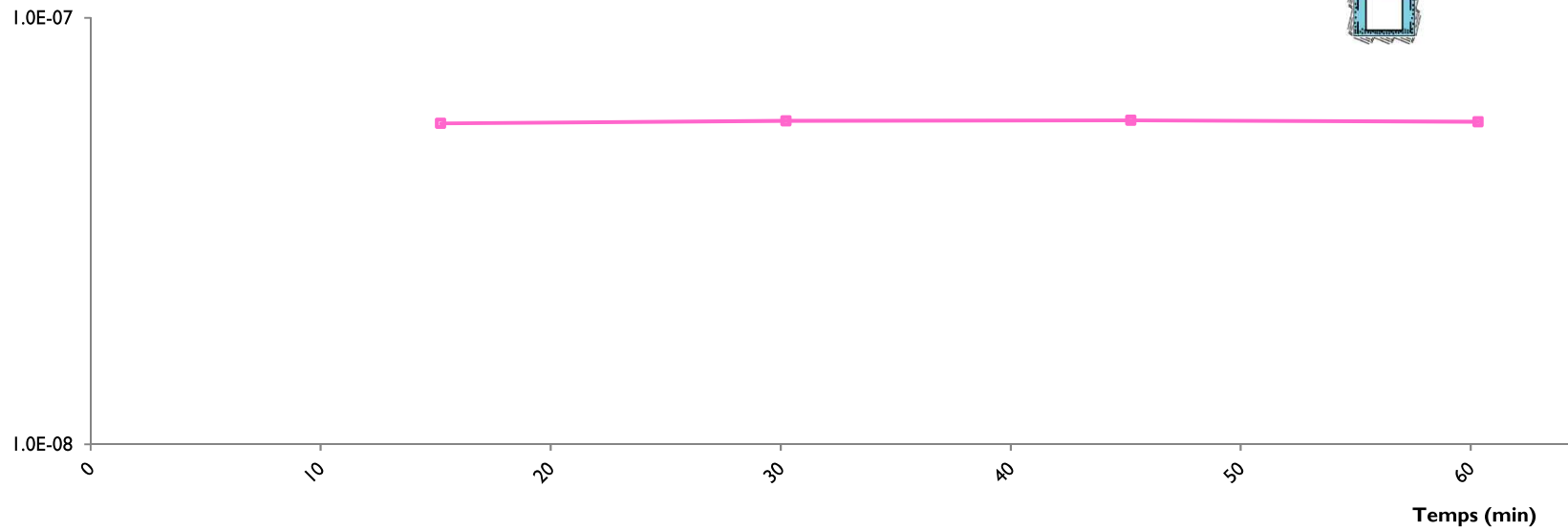
PROJET N° : PR.44GT.21.0100-2
PROJET : AMENAGEMENT SITE LA JANAIS, RENNES
OPERATEUR : Long Simon

RESULTATS DES ESSAIS

ESSAI	PERMEABILITE :	
POR_3	5.7E-08 m/s	0 mm/h



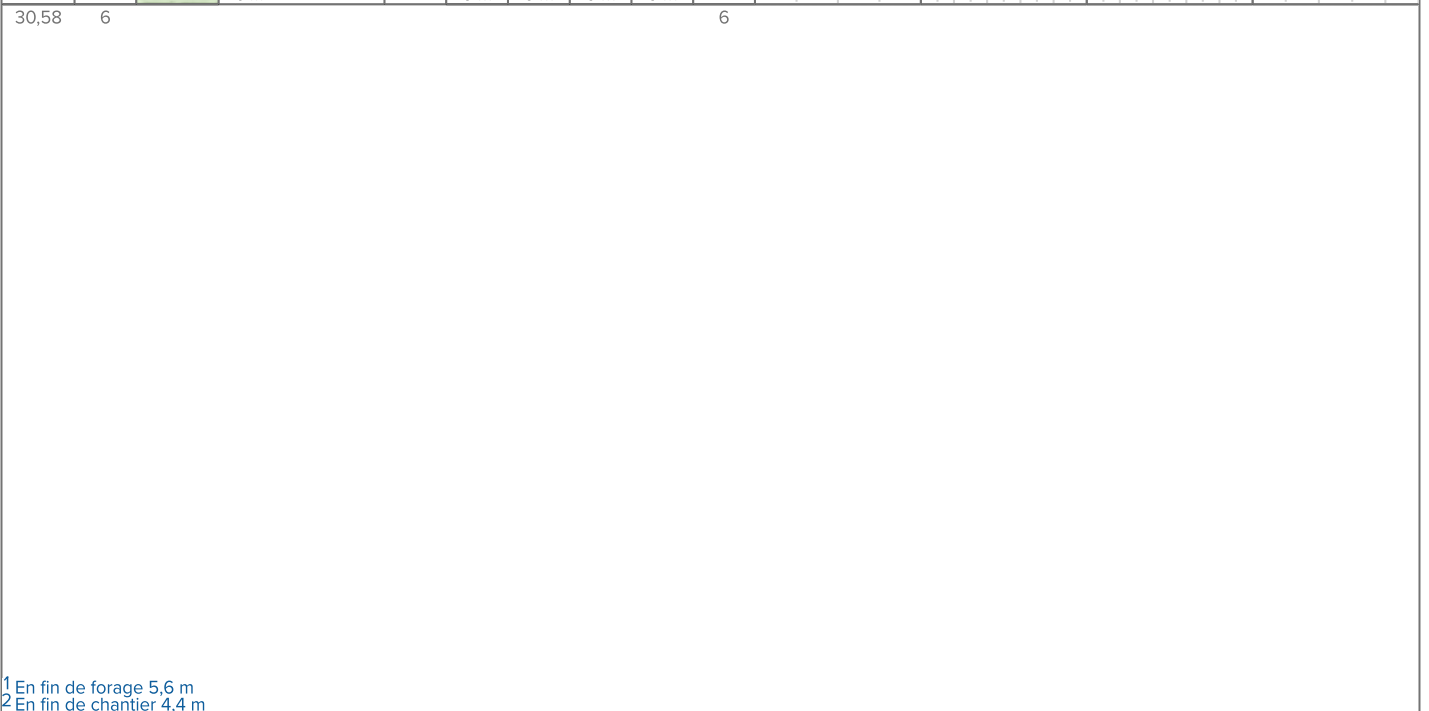
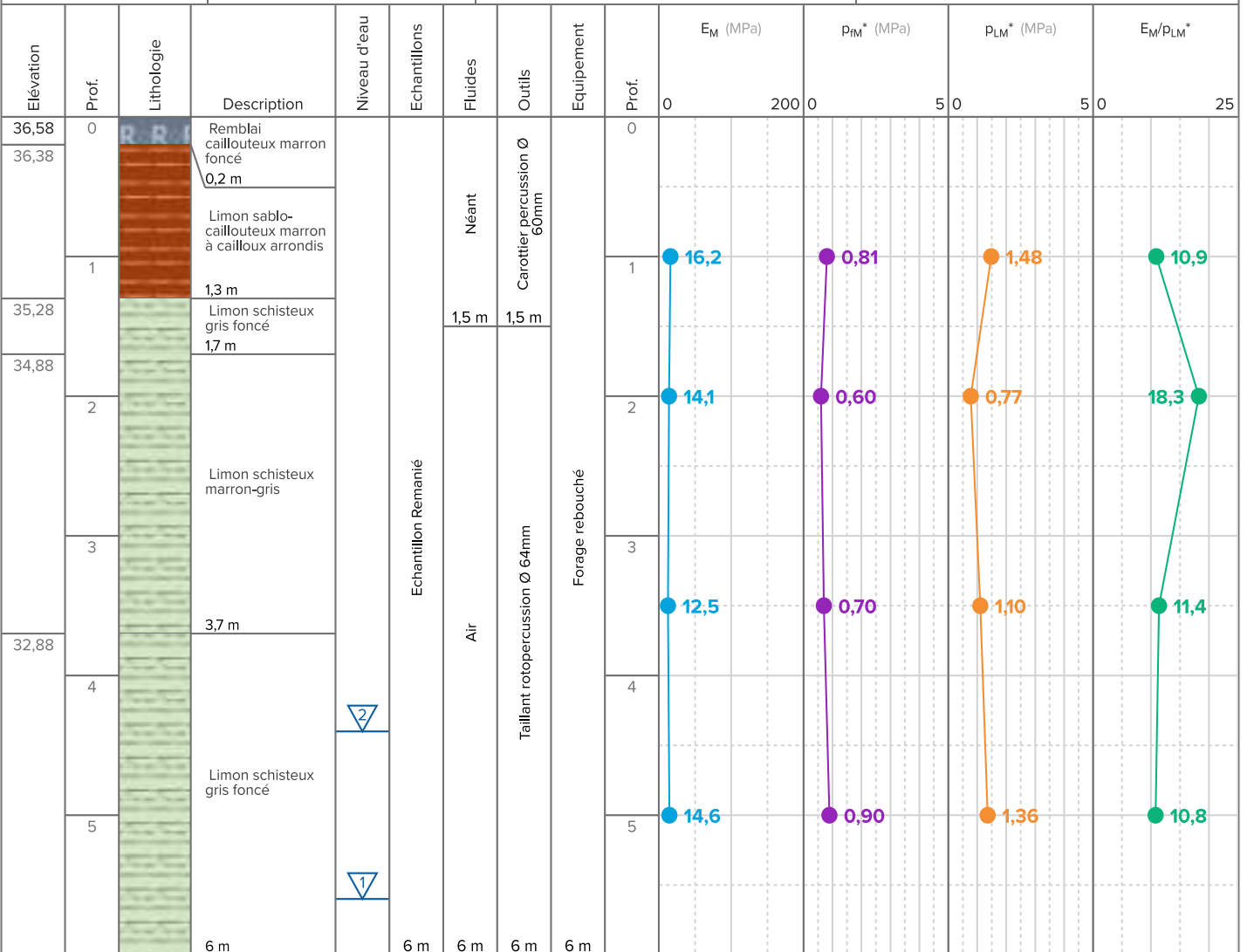
Perméabilité instantanée (m/s)



OBSERVATIONS :

SP16	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,58 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
PMT-SP16	Pressiomètre	26/05/2021 11:02:16	26/05/2021 11:07:12



1 En fin de forage 5,6 m
2 En fin de chantier 4,4 m

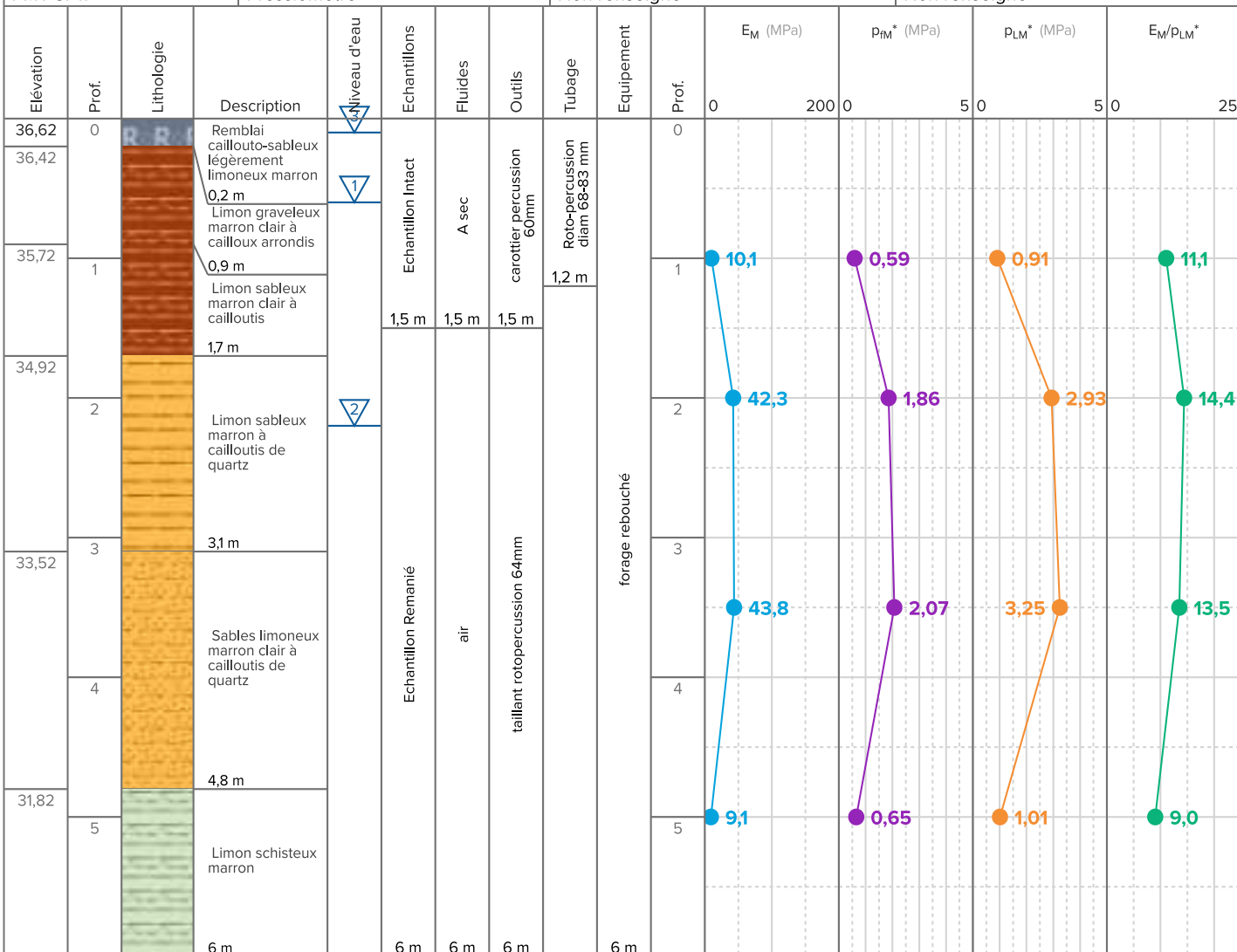
SP16	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,58 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
DPR-SP16	Paramètres destructifs	26/05/2021 11:02:16	26/05/2021 11:07:12

Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement	Prof.	Vitesse d'avancement	Pression de poussée (bar)	Pression retenue (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
									0 300	0 10	10	50	1
36,58	0		Remblai caillouteux marron foncé	Echantillon Remanié	Néant	Carottier percussion Ø 60mm	Forage rebouché	0					
36,38	1		0,2 m					1					
35,28	1,3 m	2	2										
34,88	1,7 m	3	3										
32,88	3,7 m	4	4										
	6 m	5	5										
30,58	6		6 m	Air	Taillant rotoperçusion Ø 64mm	6 m	6						

SP17	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,62 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
PMT-SP17	Pressiomètre	Non renseigné	Non renseigné



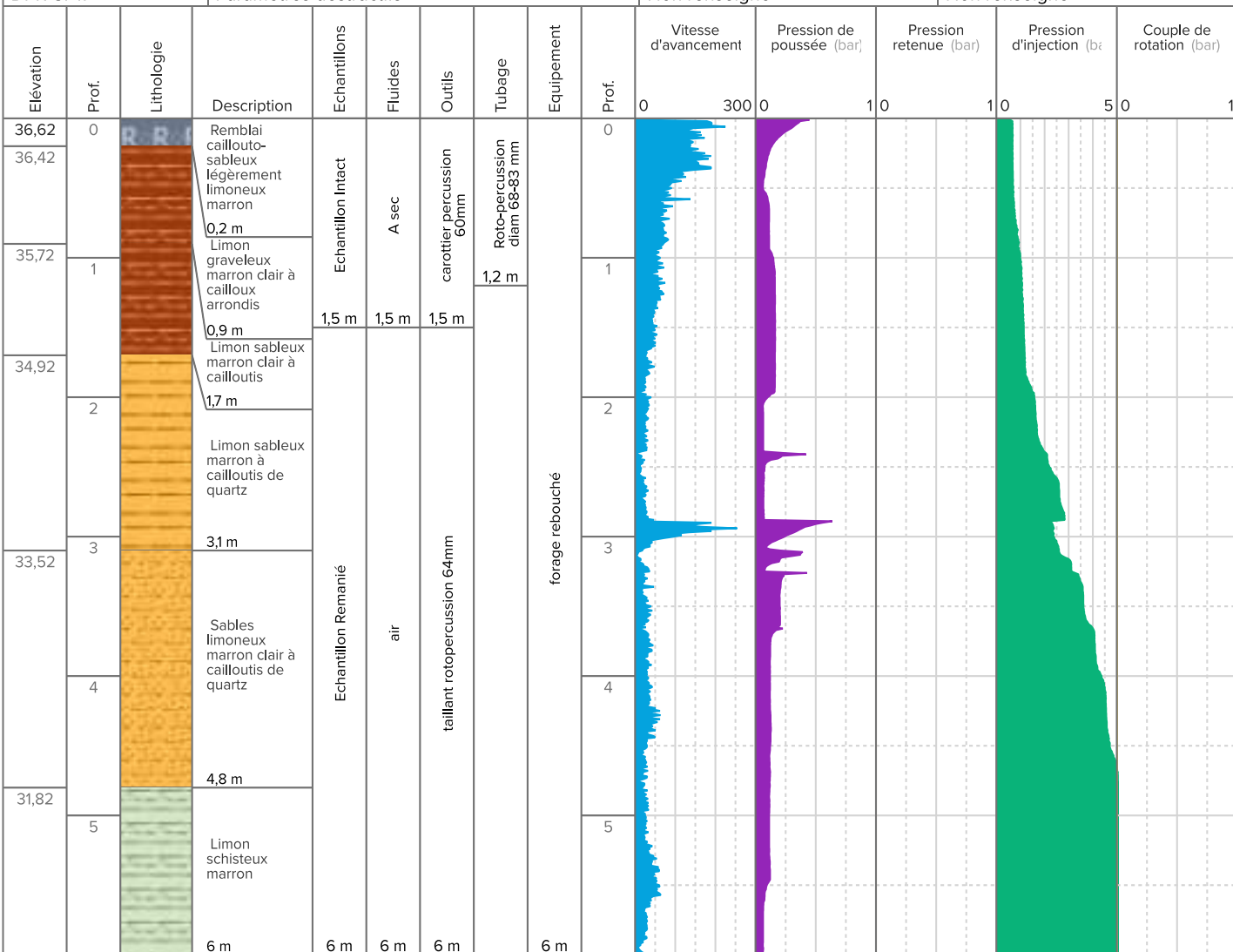
1 Niveau d'Eau En cours de forage - à la reprise du forage, bon flux d'eau dans les remblais 0,6 m

2 En fin de forage 2,2 m

3 En fin de chantier - gorgé d'eau 0,1 m

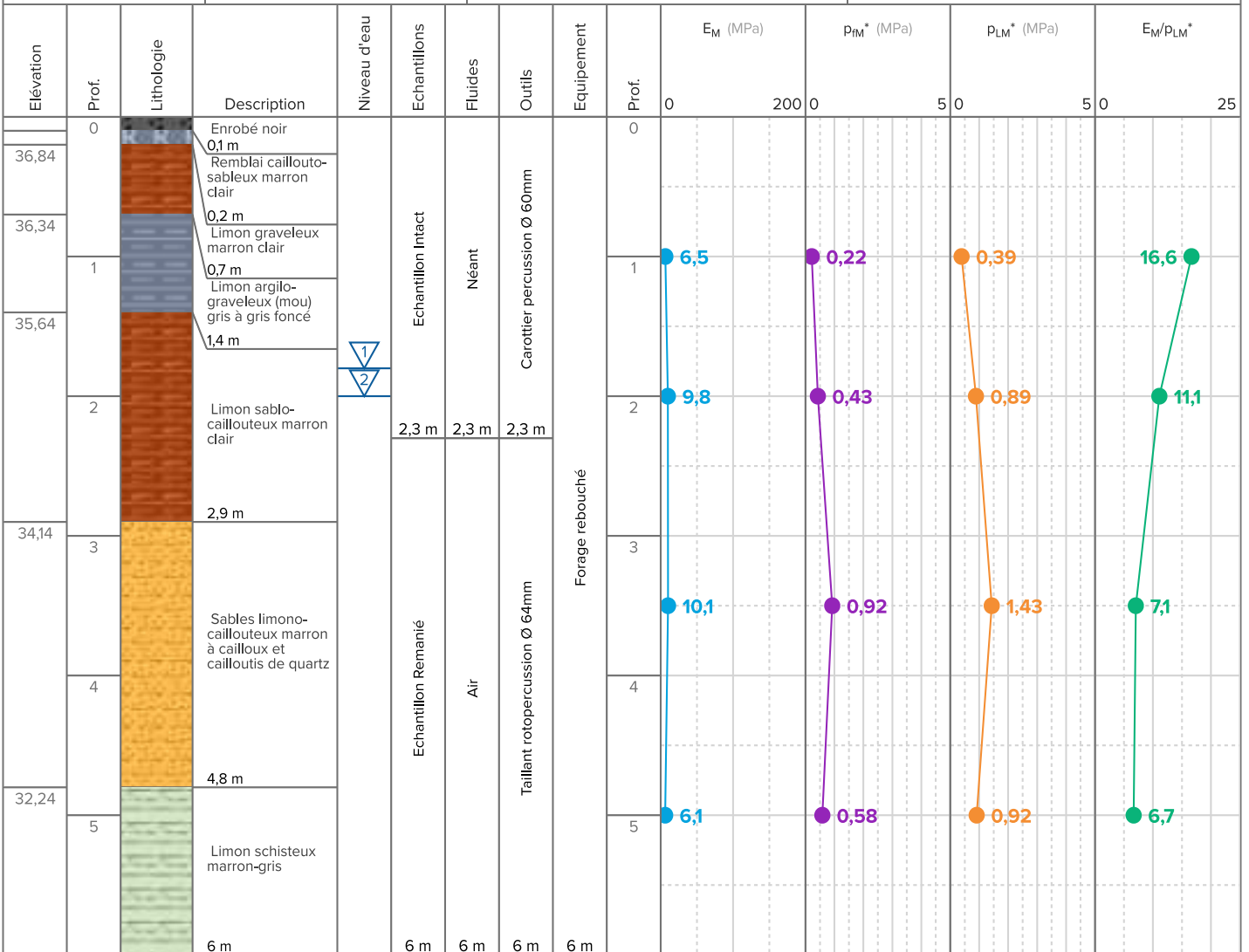
SP17	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,62 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
DPR-SP17	Paramètres destructifs	Non renseigné	Non renseigné



SP18	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,04 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

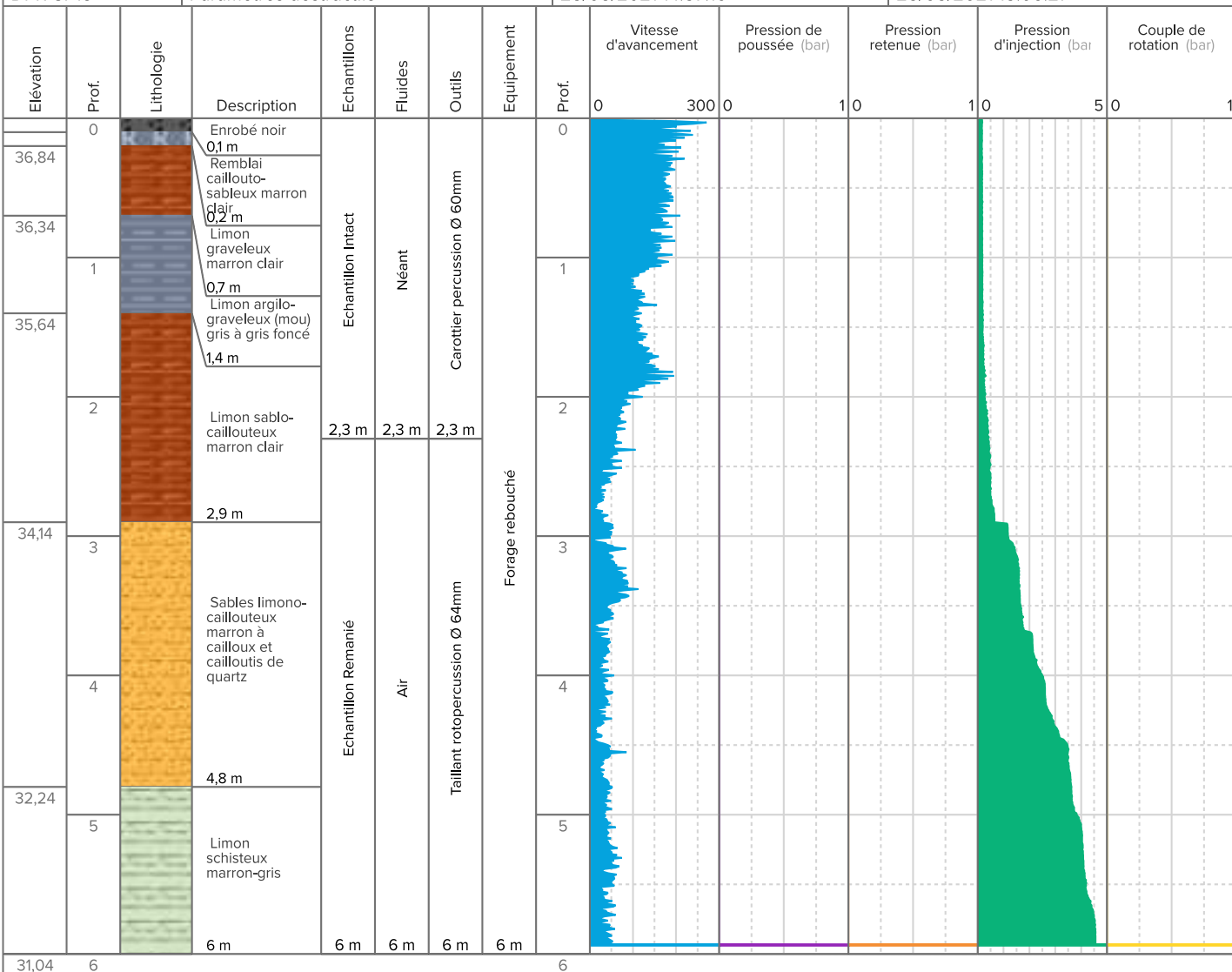
Données	Type	Début	Fin
PMT-SP18	Pressiomètre	25/05/2021 14:57:16	25/05/2021 15:06:27



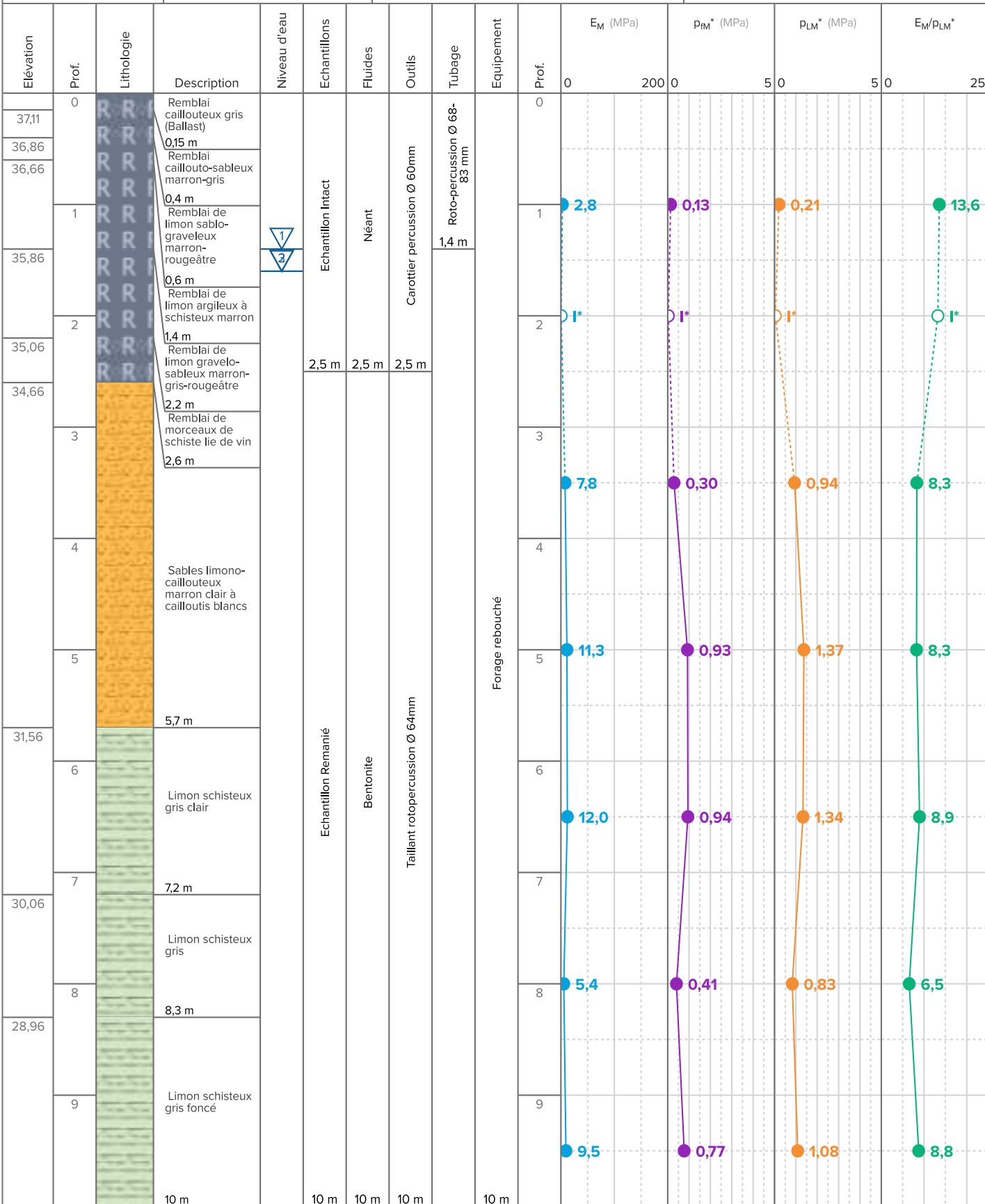
1 En cours de forage - à la reprise du forage 1,8 m
 2 En fin de forage 2 m

SP18	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,04 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
DPR-SP18	Paramètres destructifs	25/05/2021 14:57:16	25/05/2021 15:06:27



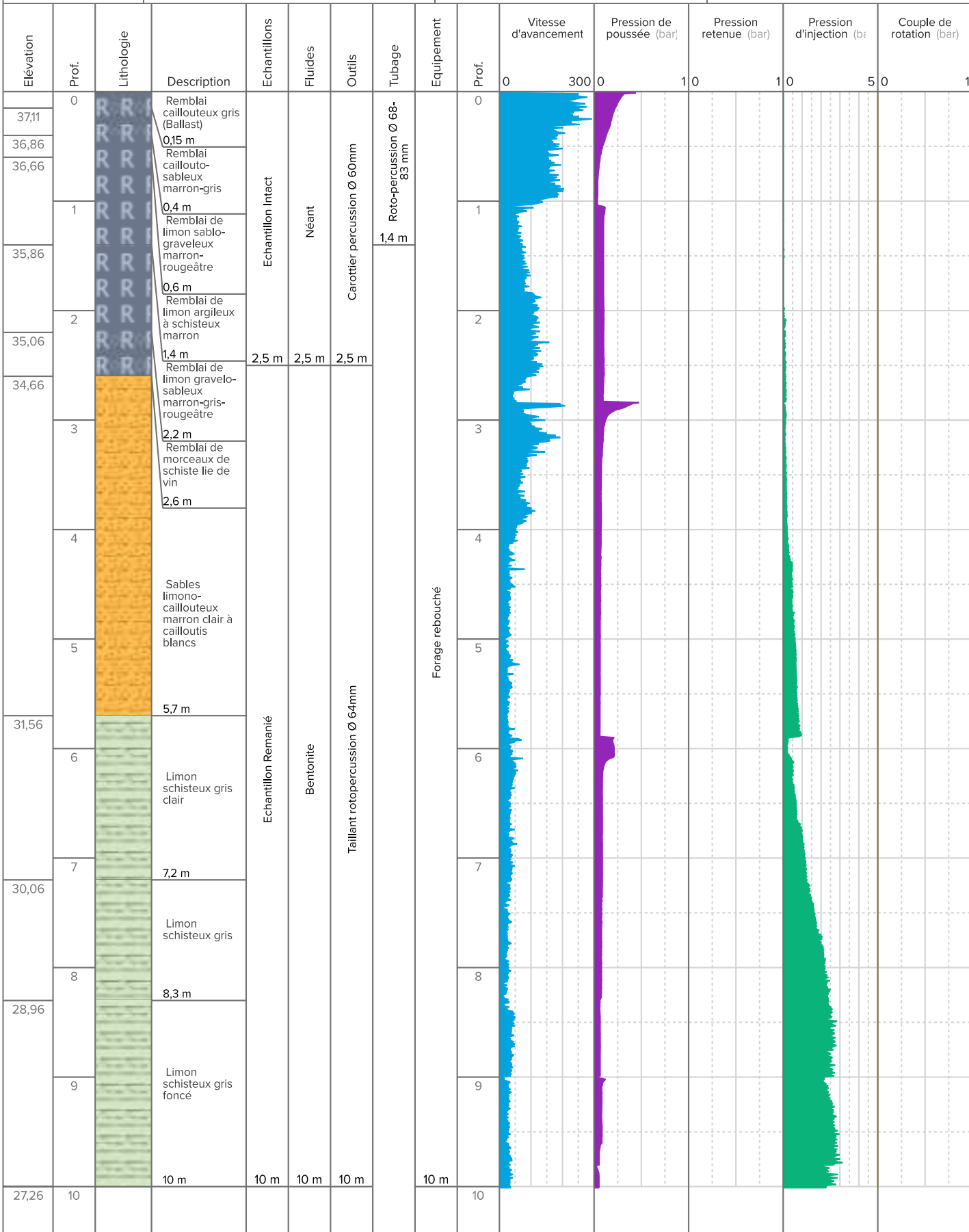
SP19	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,26 m (NGF)	10,0 m	0,0°	AC28
Données	Type	Début	Fin	
PMT-SP19	Pressiomètre	27/05/2021 12:30:58	27/05/2021 14:10:55	



1 En cours de forage - bonne arrivée d'eau 1,4 m
 2 En fin de forage - niveau de la boue 1,6 m
 3 En fin de chantier 1,6 m

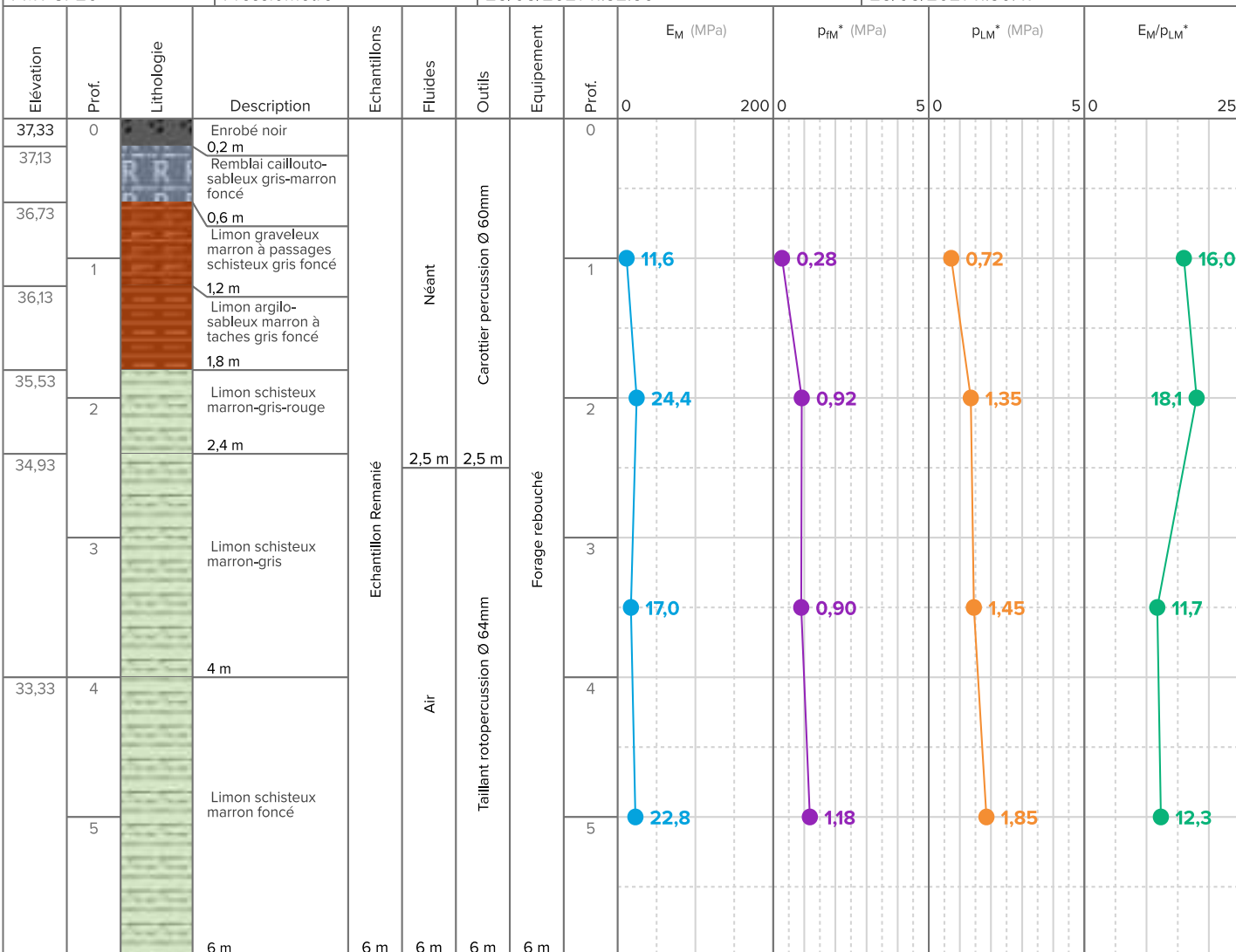
*1 = Essai inexploitable

SP19	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,26 m (NGF)	10,0 m	0,0°	AC28
Données	Type	Début	Fin	
DPR-SP19	Paramètres destructifs	27/05/2021 12:30:58	27/05/2021 14:10:55	



SP20	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,33 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

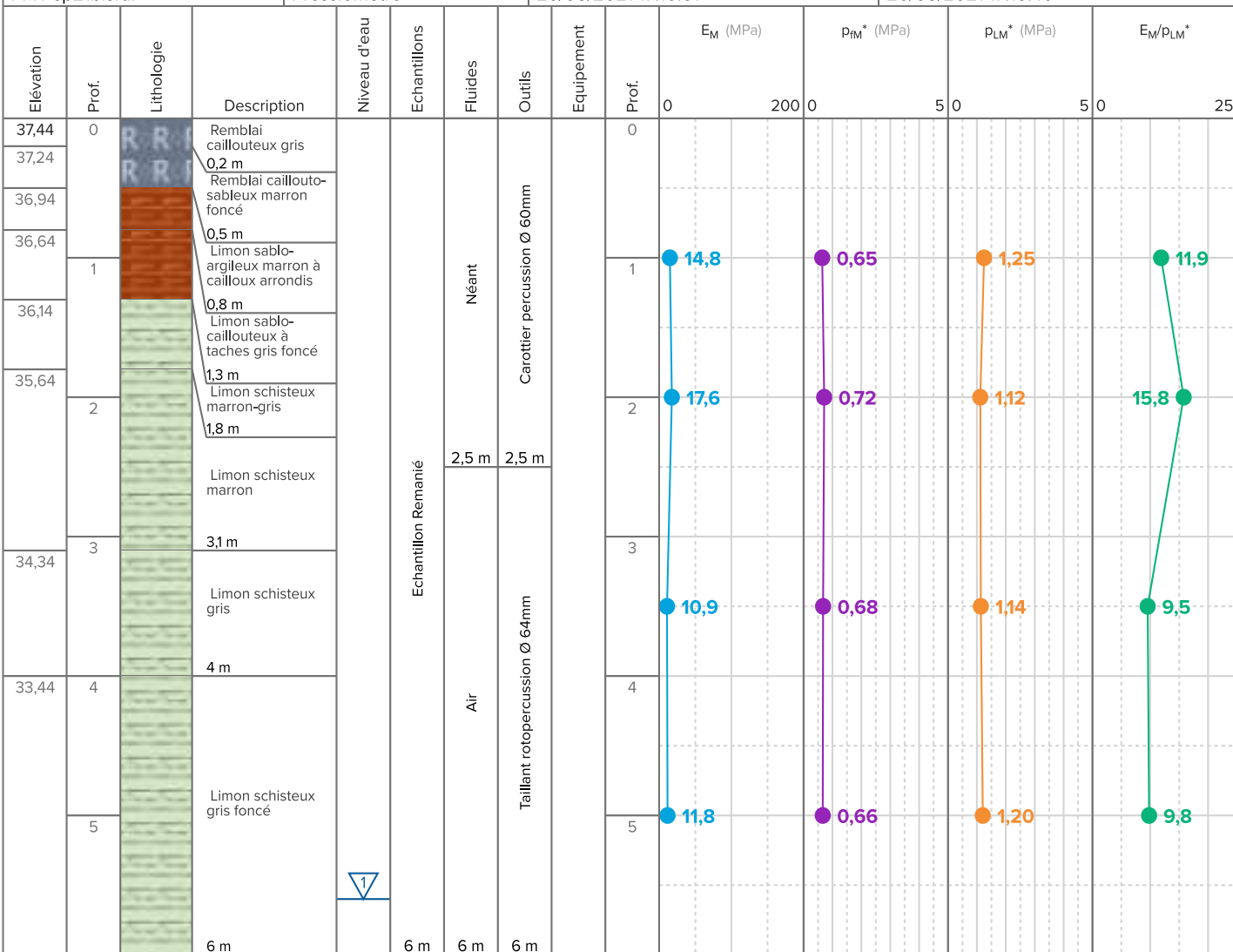
Données	Type	Début	Fin
PMT-SP20	Pressiomètre	25/05/2021 11:32:56	25/05/2021 11:36:47



SP20		Elévation		Profondeur atteinte				Angle		Machine			
		+37,33 m (NGF)		6,0 m				0,0°		AC28			
Données		Type				Début				Fin			
DPR-SP20		Paramètres destructifs				25/05/2021 11:32:56				25/05/2021 11:36:47			
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement	Prof.	Vitesse d'avancement	Pression de poussée (bar)	Pression retenue (bar)	Pression d'injection (bar)	Couple de rotation (bar)
									0 300 0	0 10	10	50	1
37,33	0		Enrobé noir 0,2 m					0					
37,13			Remblai caillouteux gris-marron foncé										
36,73			0,6 m										
36,13	1		Limon graveleux marron à passages schisteux gris foncé		Néant		Carottier percussion Ø 60mm	1					
35,53			1,2 m										
34,93	2		Limon argilo-sableux marron à taches gris foncé					2					
			1,8 m		2,5 m	2,5 m							
	3		Limon schisteux marron-rouge	Echantillon Remanié									
			2,4 m										
	4		Limon schisteux marron-gris				Forage rebouché	3					
			4 m										
33,33	4				Air			4					
	5		Limon schisteux marron foncé				Tailliant rotoperçusion Ø 64mm	5					
	6							6					
31,33	6							6					

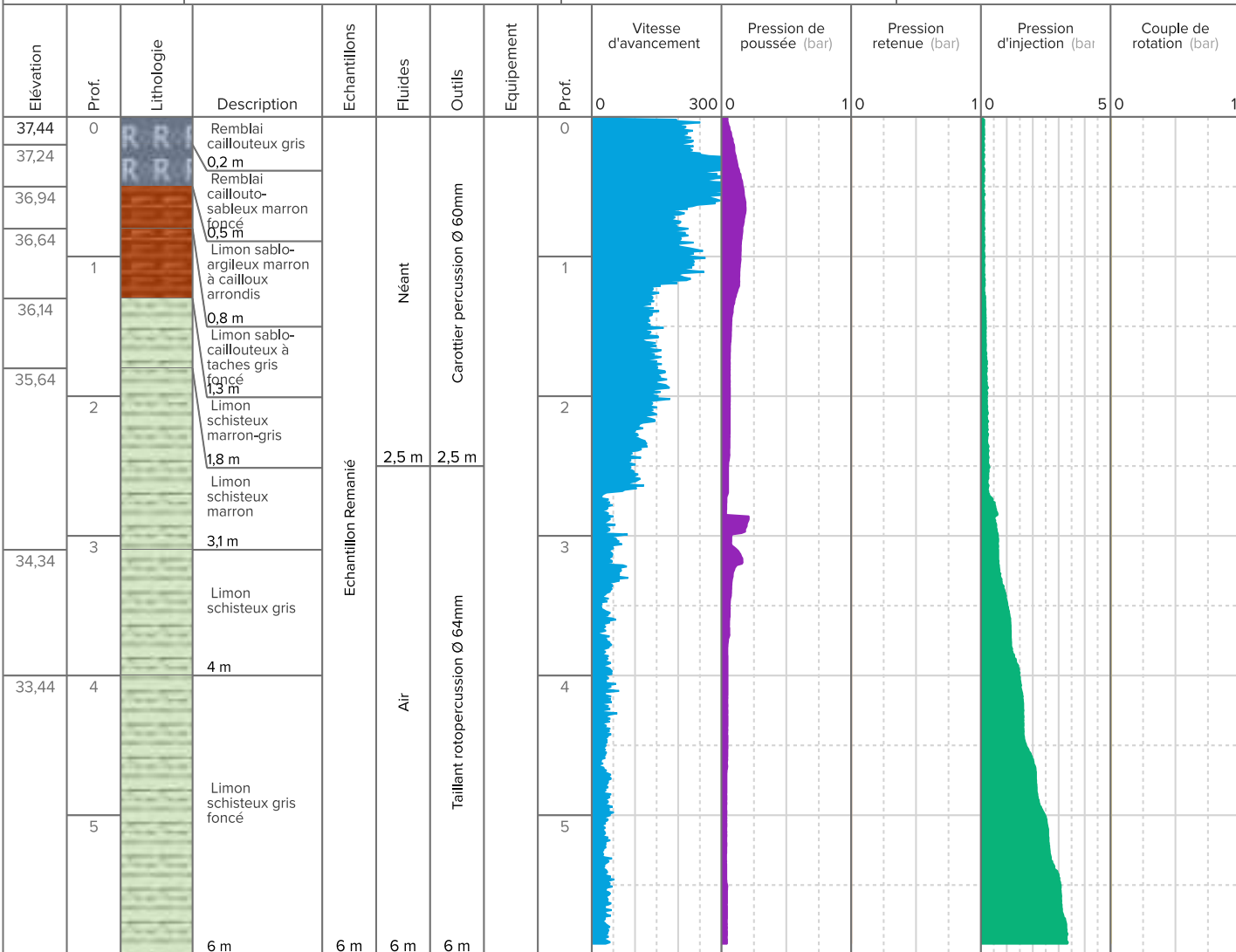
SP21	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,44 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28

Données	Type	Début	Fin
PMT-sp21bisrail	Pressiomètre	26/05/2021 17:10:51	26/05/2021 17:16:40



1 Pas d'Eau En fin de chantier - 5,6 m

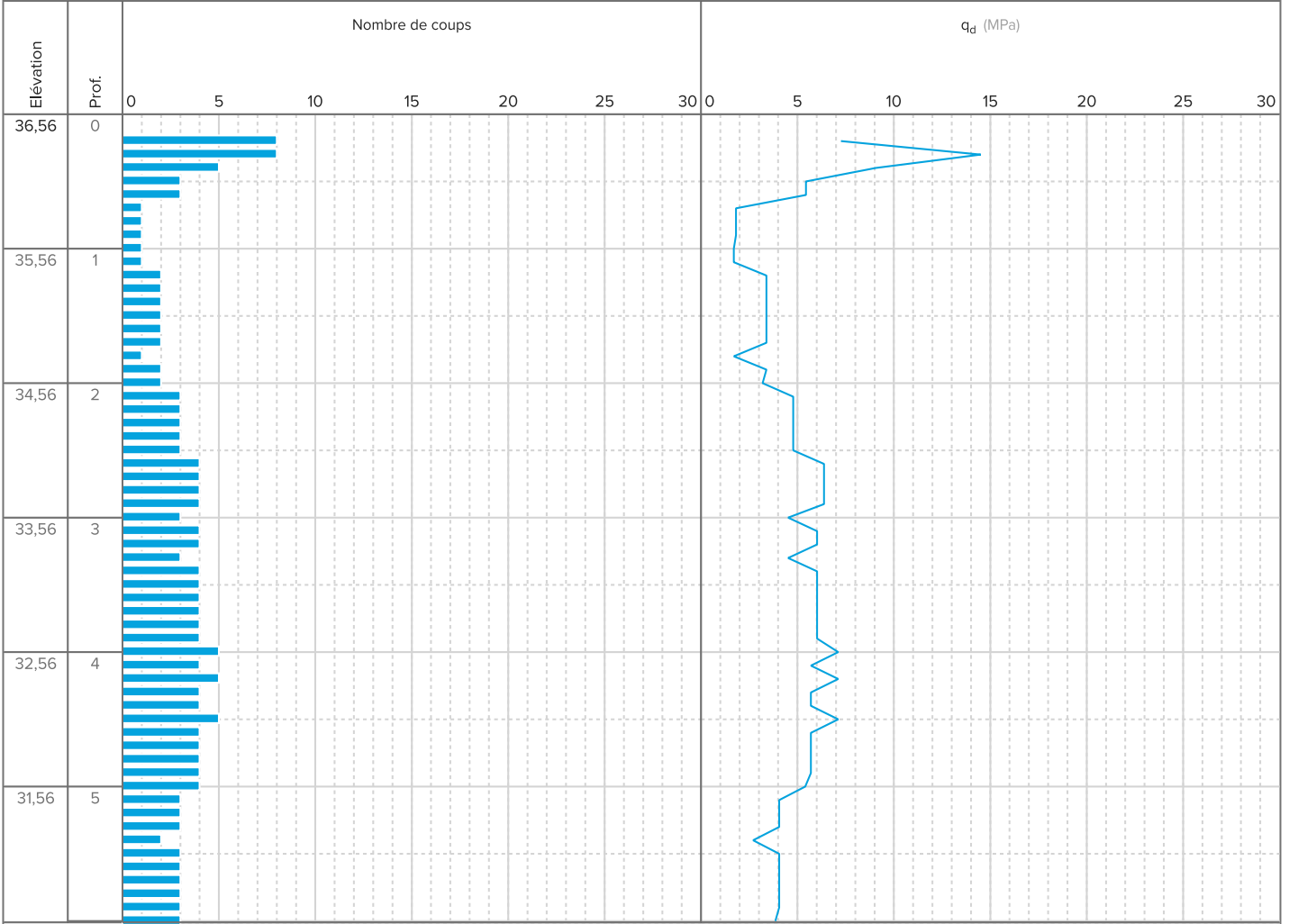
SP21	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,44 m (NGF)	6,0 m	0,0°	AC28
Données	Type	Début	Fin	
DPR-SP21	Paramètres destructifs	26/05/2021 17:10:51	26/05/2021 17:16:40	



DPT23	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,56 m (NGF)	6,0 m	0,0°	SD401
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT23	Pénétromètre dynamique	01/06/2021 09:26:05	01/06/2021 09:45:19	

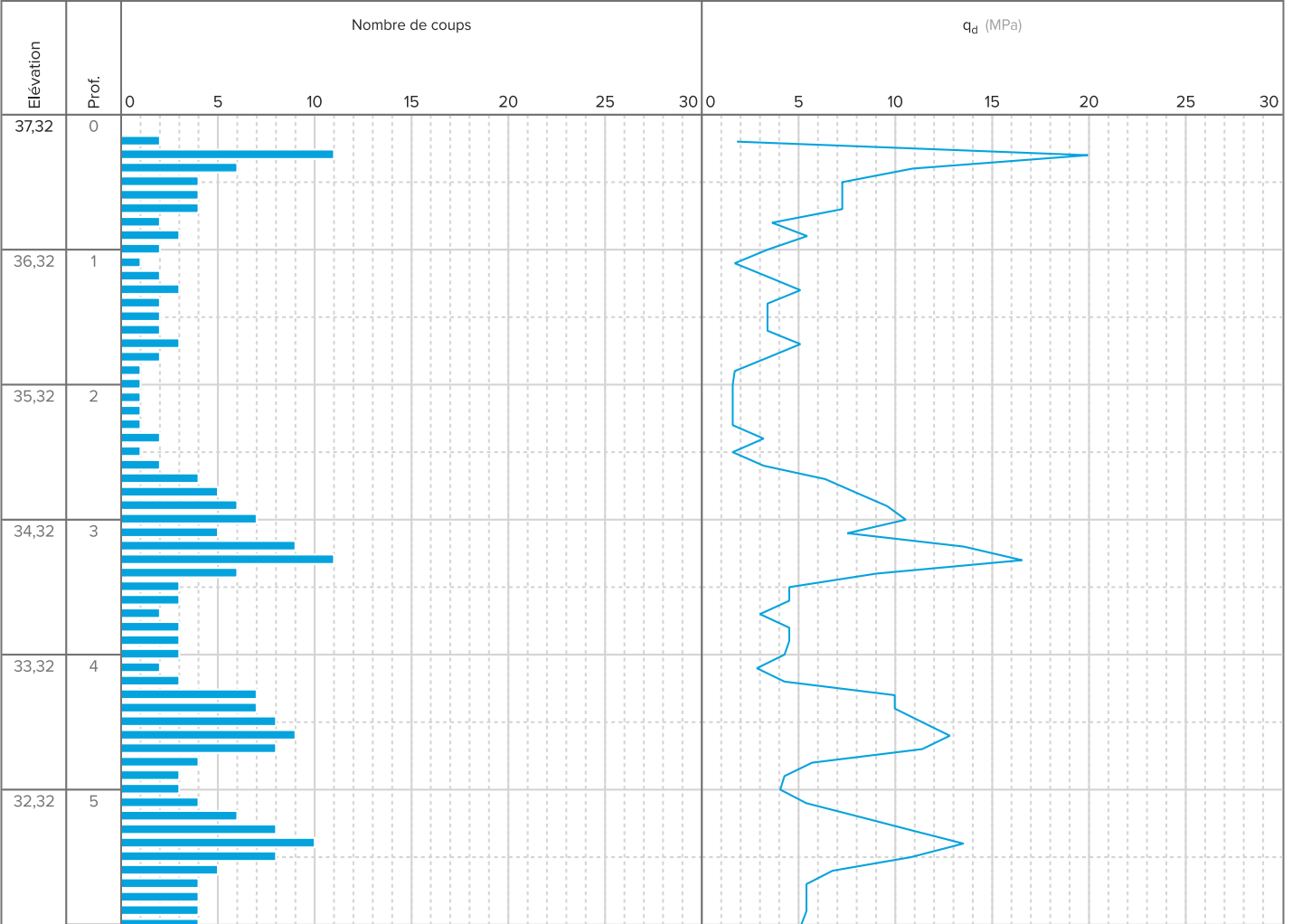
Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



6				
---	--	--	--	--

DPT24	Elévation	Profondeur atteinte		Angle	Machine
	+37,32 m (NGF)	6,0 m		0,0°	SD40.1
Données	Type	Début		Fin	
DPRB-DPT24	Pénétromètre dynamique	01/06/2021 10:10:32		01/06/2021 10:27:11	
Type de pénétromètre					
Super Lourd SOCO/SMRI					
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige	
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m	

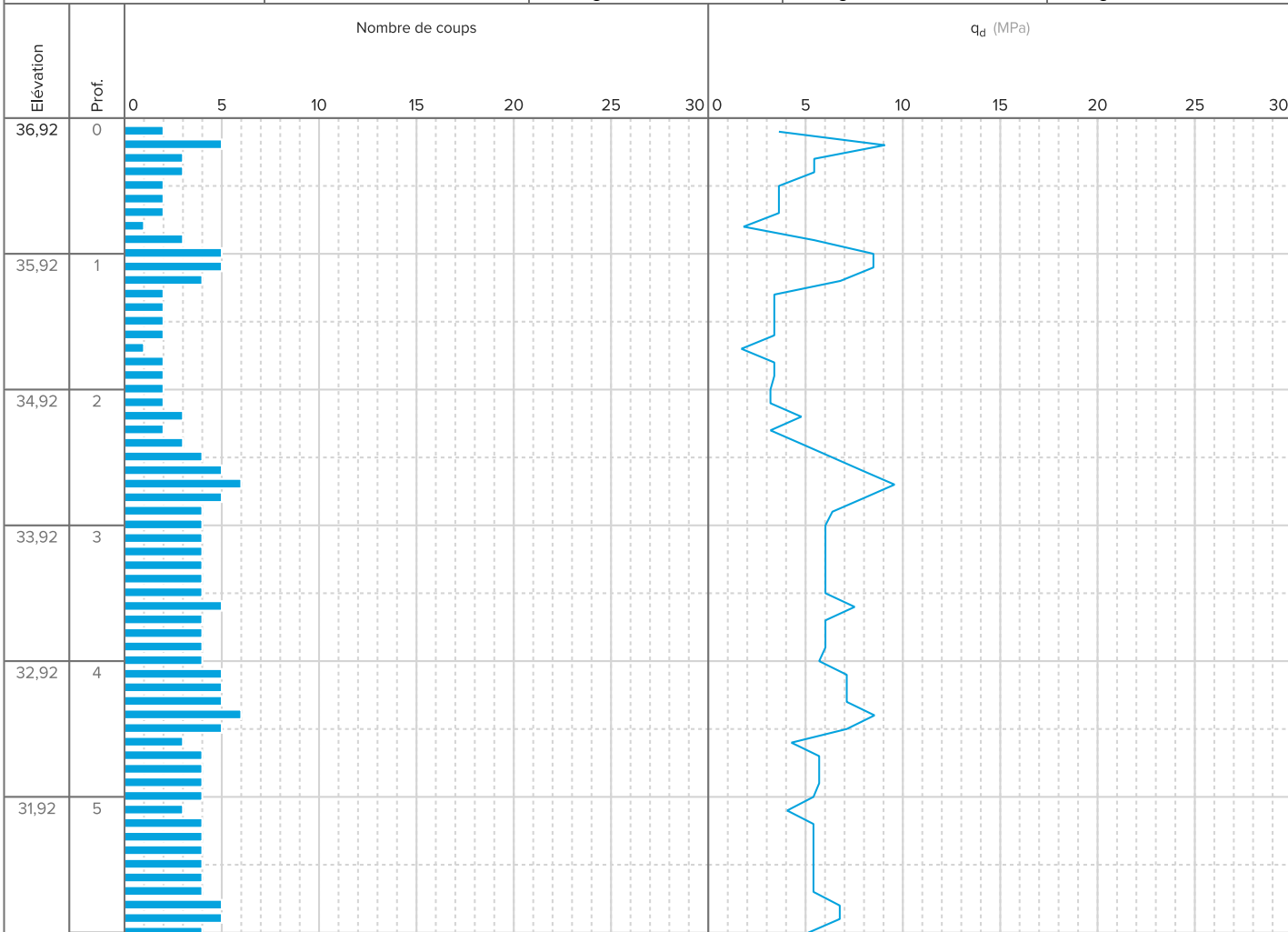


6					
---	--	--	--	--	--

DPT25	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,92 m (NGF)	6,0 m	0,0°	SD401
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT25	Pénétromètre dynamique	01/06/2021 14:56:56	01/06/2021 15:12:49	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m

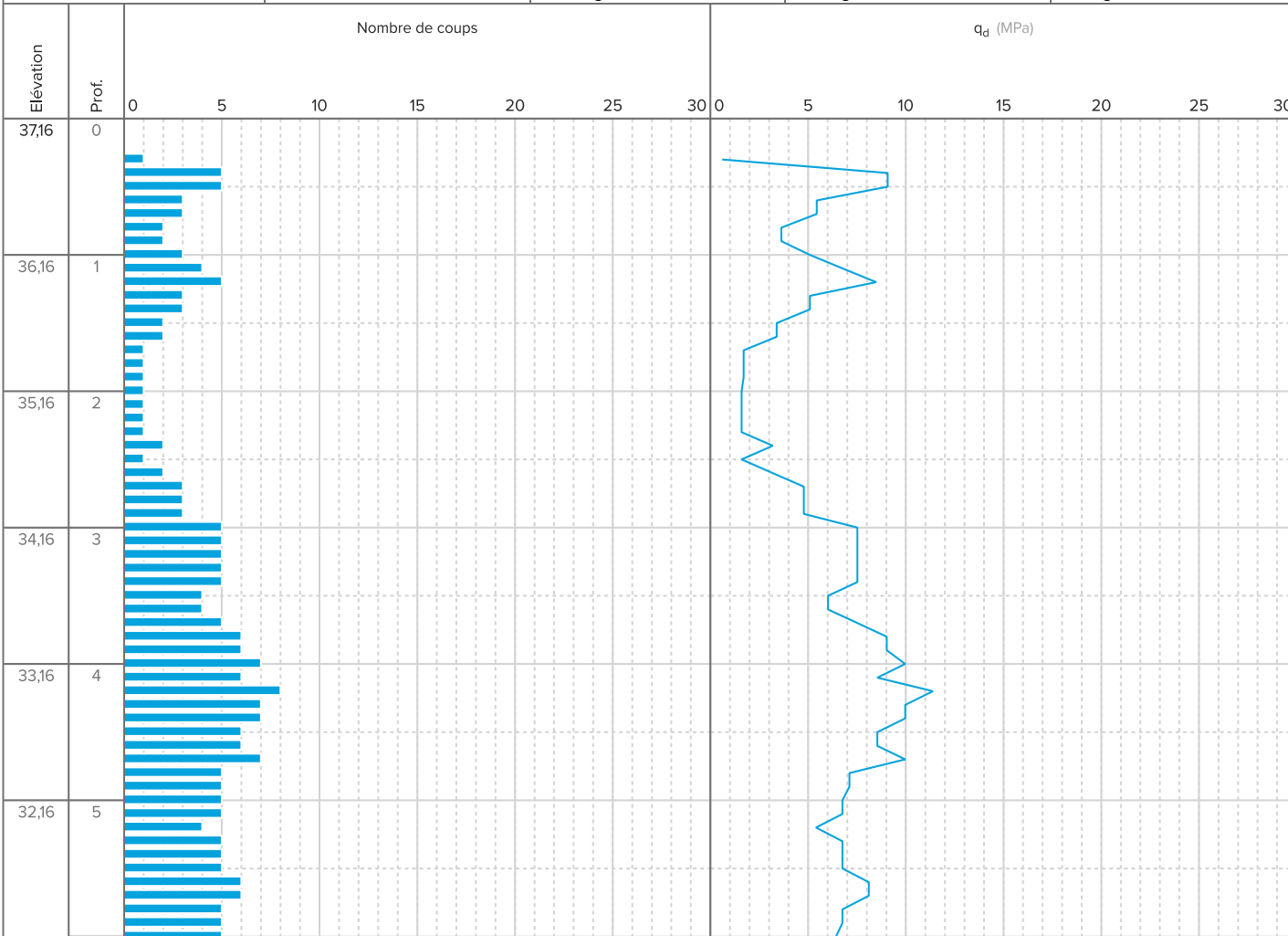


6				
---	--	--	--	--

DPT26	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,16 m (NGF)	6,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT26	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 14:44:38	02/06/2021 15:07:40	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

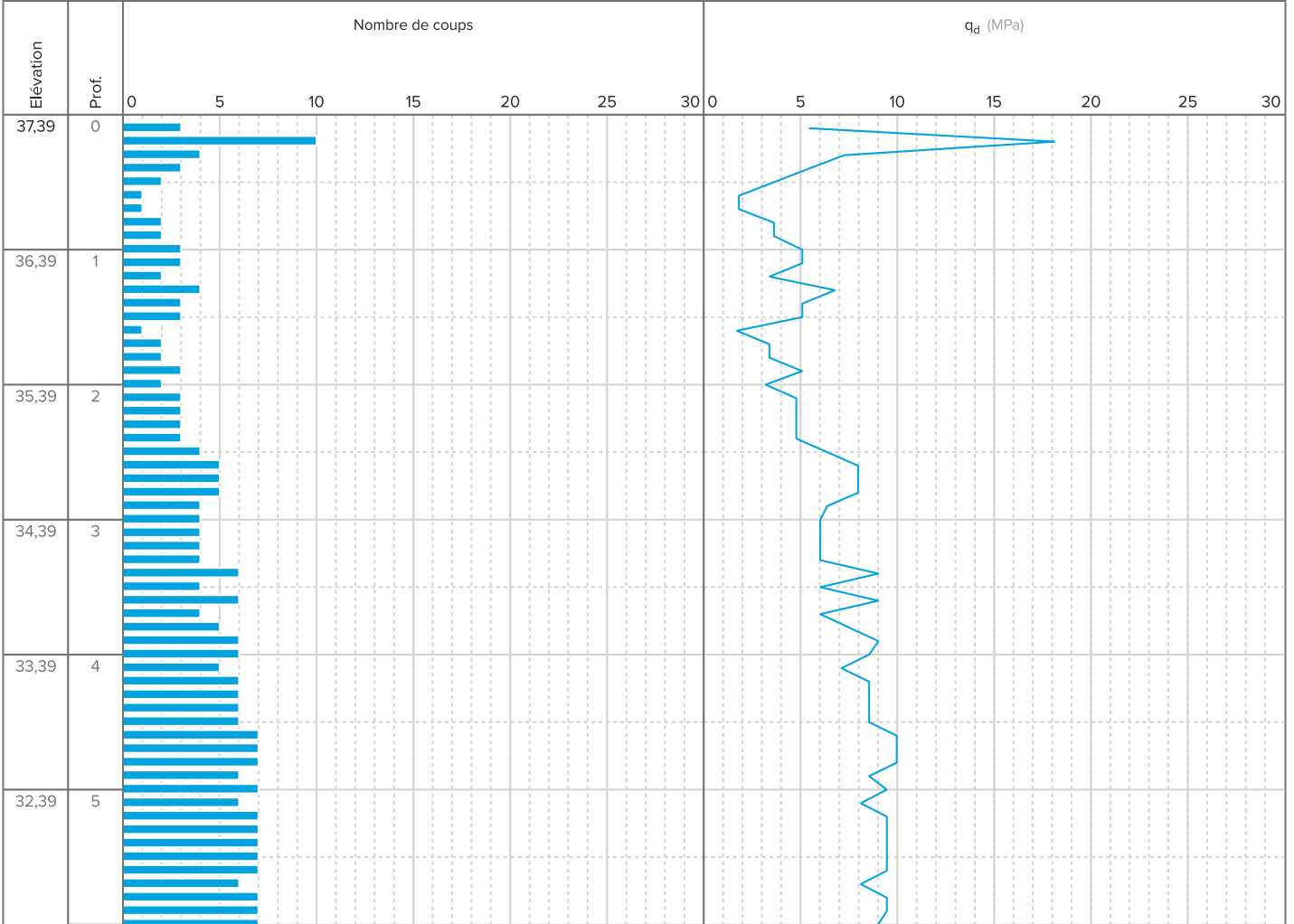
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT27	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,39 m (NGF)	6,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT27	Pénétrömètre dynamique	01/06/2021 15:30:08	01/06/2021 15:47:14	

Type de pénétrömètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m

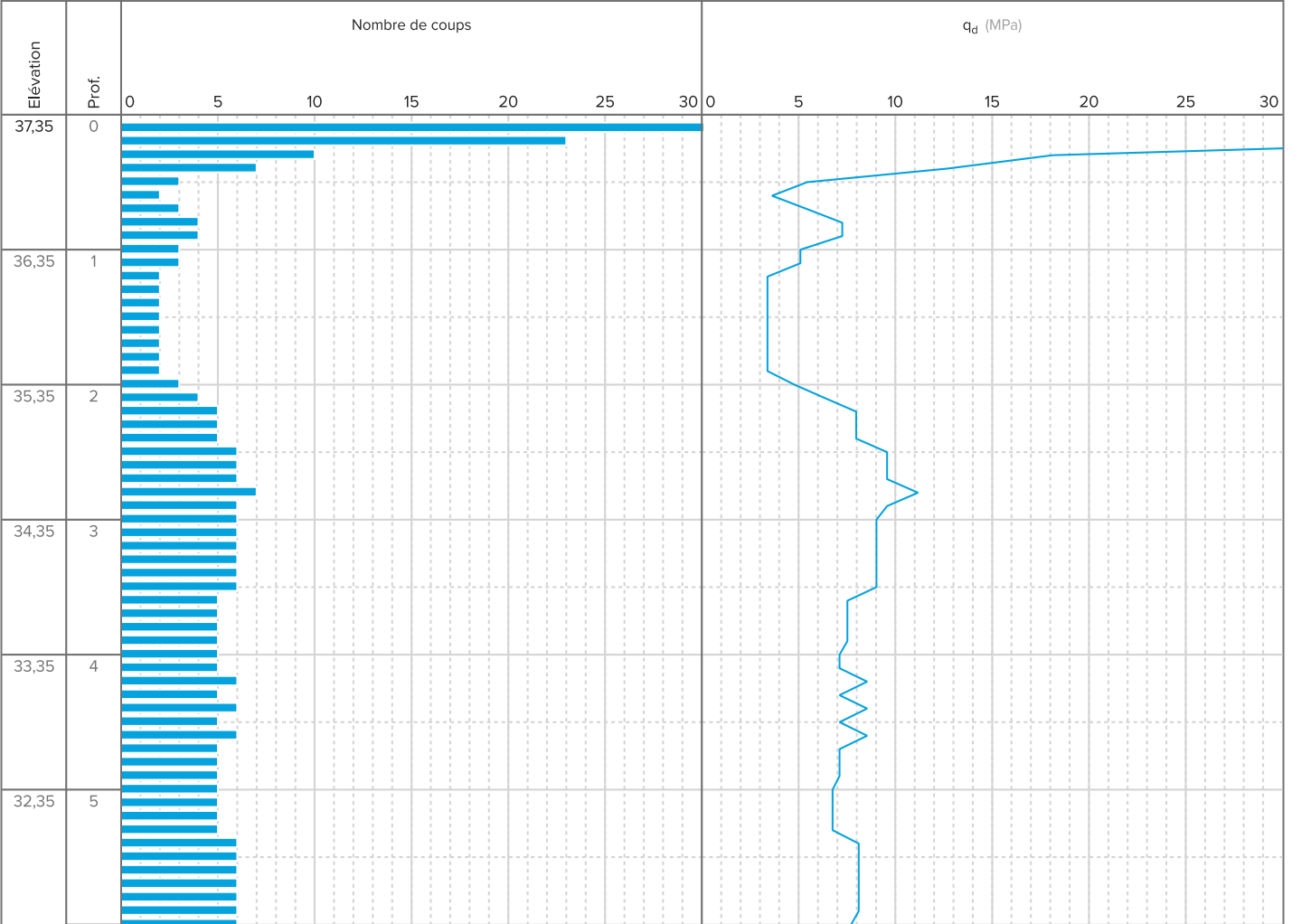


6				
---	--	--	--	--

DPT28	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,35 m (NGF)	6,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT28	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 14:29:53	02/06/2021 14:43:56	

Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

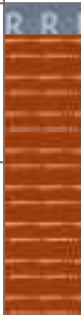
Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



6				
---	--	--	--	--

DPT29	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71130	48,06689	+36,46 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
01/06/2021 14:19:27	01/06/2021 14:28:54	SD40.1

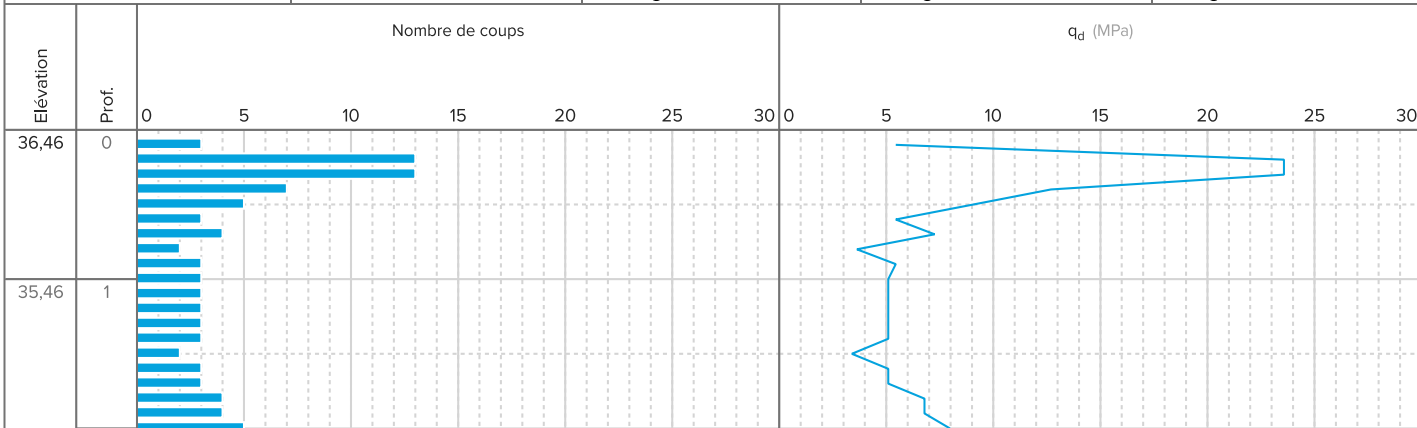
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
36,46	0		Remblai caillouto-sableux marron-gris 0,2 m	Néant	Tariere continue Ø 63mm	Forage rebouché
36,26			Limon sableux beige 0,6 m			
35,86			Limon sableux marron foncé 0,8 m			
35,66	1		Limon sableux marron-brun 2 m			

34,46	2					
-------	---	--	--	--	--	--

DPT29	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,46 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD401
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT29	Pénétromètre dynamique	01/06/2021 14:19:27	01/06/2021 14:28:54	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI


Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2

DPT30	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71160	48,06713	+36,2 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
01/06/2021 11:31:11	01/06/2021 11:46:50	SD40.1

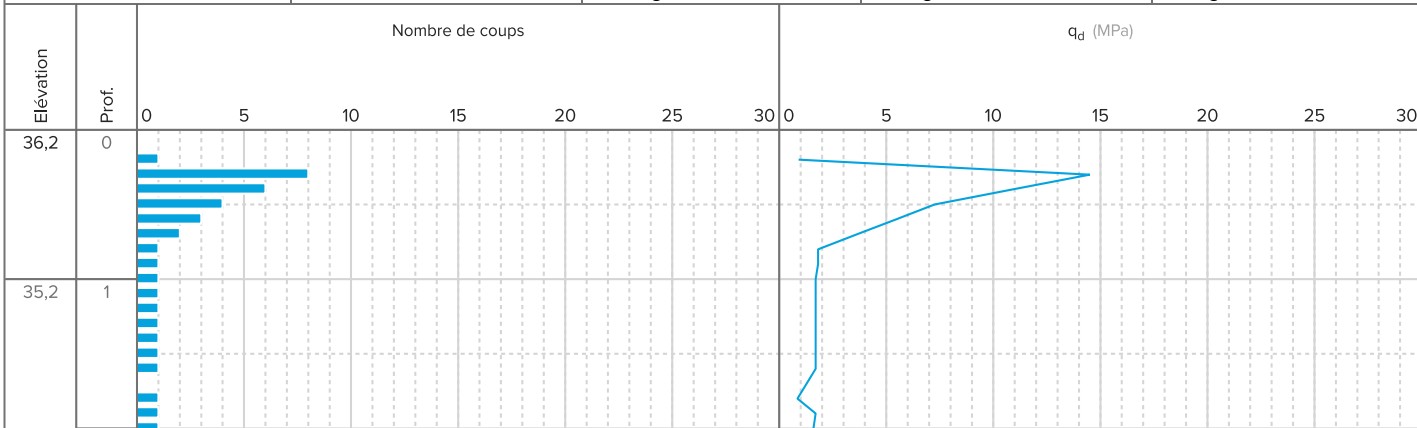
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
36,15	0		Enrobé gris 0,05 m	Néant	Tariere continue Ø 63mm	Forage rebouché
35,9			Remblai sablo-caillouteux marron-gris 0,3 m			
35,7			Remblai limono-caillouteux marron 0,5 m			
	1		Limon argilo-sableux marron foncé à cailloutis arrondis 2 m			

34,2	2					
------	---	--	--	--	--	--

DPT30	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+36,2 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT30	Pénétromètre dynamique	01/06/2021 11:31:11	01/06/2021 11:46:50	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2				
---	--	--	--	--

DPT31	Longitude	Latitude	Elévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,71106	48,06729	+35,68 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
02/06/2021 15:47:19	02/06/2021 16:02:14	SD40.1

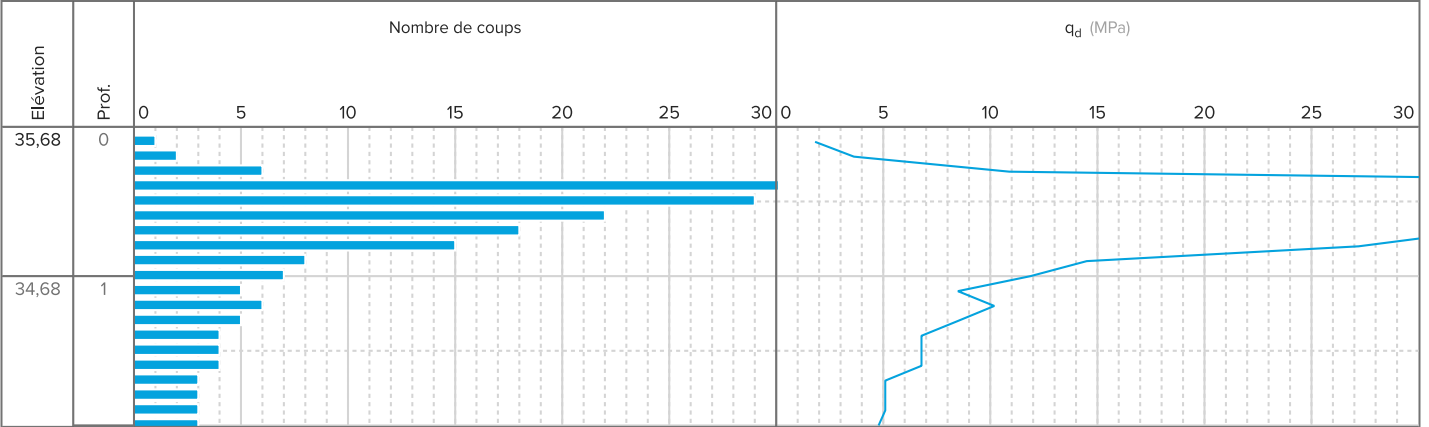
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
	0		Terre végétale marron				
			0,1 m				
35,48			Enrobé noir				
			0,2 m				
35,08			Remblai limono-sableux marron clair à cailloutis				
			0,6 m				
	1		Limons sablo-schisteux brun-gris	Echantillon Remanié	Néant	Tarriere continue Ø 63mm	Forage rebouché
				1,2 m			
			2 m		2 m	2 m	2 m

33,68	2						
-------	---	--	--	--	--	--	--

DPT31	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+35,68 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT31	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 15:47:19	02/06/2021 16:02:14	




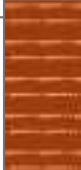
Type de pénétromètre
Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT32	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,70815	48,06576	+37,68 m (NGF)	1,6 m	<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
02/06/2021 11:23:06	02/06/2021 11:49:12	SD40.1

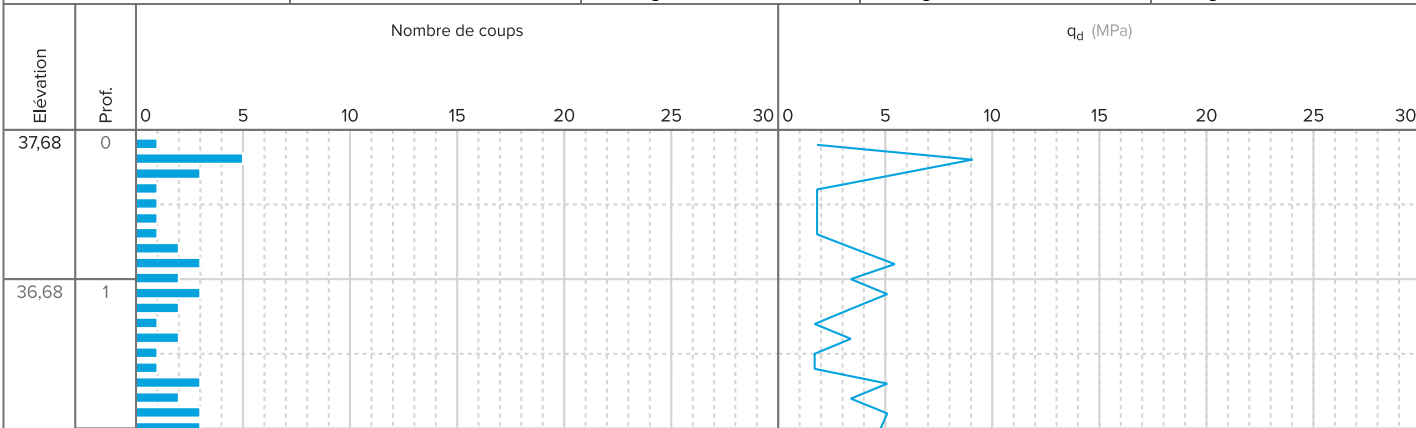
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
37,68	0		Remblai caillouteux brun-gris (Ballast) 0,2 m	Néant	Tariere continue Ø 63mm	Forage rebouché
37,48			Remblai limono-sableux brun à cailloux 0,5 m			
37,18			Limon argilo-sableux marron clair à taches gris foncé 0,9 m			
36,78	1		Limon argilo-sableux marron foncé à taches gris foncé et quelques cailloutis blancs 2 m			

35,68 2

DPT32	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,68 m (NGF)	1,6 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT32	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 11:23:06	02/06/2021 11:49:12	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



2

DPT33	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,70768	48,06576	+37,41 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
02/06/2021 11:54:14	02/06/2021 12:04:48	SD40.1

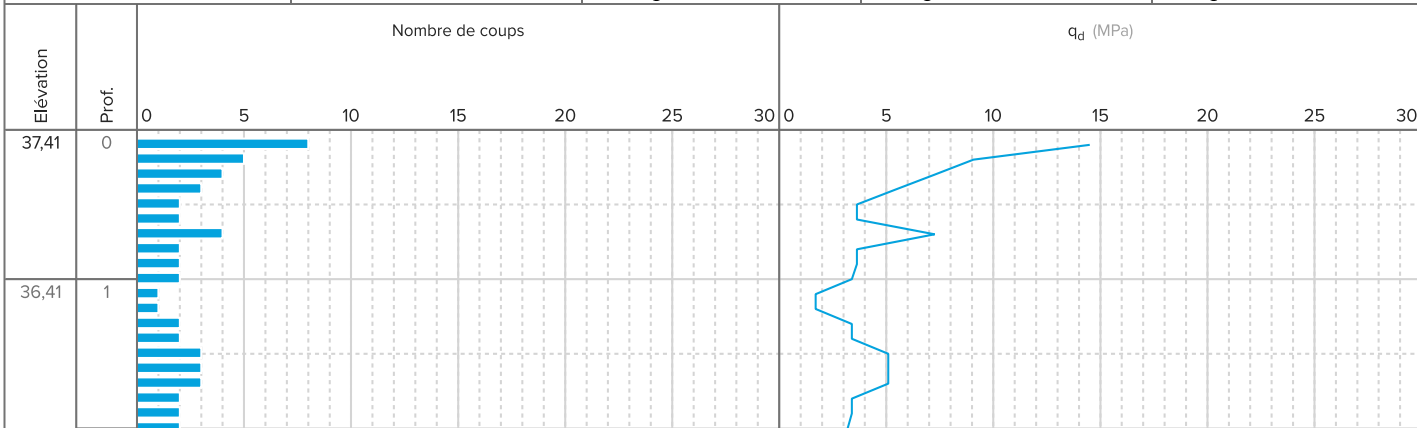
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Fluides	Outils	Equipement
	0		Enrobé noir 0,1 m	Néant	Tarière continue Ø 63mm	Forage rebouché
37,21			Remblai sablo-graveleux marron 0,2 m			
37,01			Limons sableux marron à cailloux et cailloutis 0,4 m			
			Limon argilo-sableux brun-gris foncé 1,1 m			
36,31	1		Limon schisteux marron 2 m	2 m	2 m	2 m

35,41 2

DPT33	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,41 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT33	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 11:54:14	02/06/2021 12:04:48	


Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



DPT34	Longitude	Latitude	Élévation	Profondeur atteinte	Niveau d'eau
	-1,70753	48,06535	+37,64 m (NGF)	2,0 m	<input checked="" type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Non mesuré <input type="checkbox"/> Stabilisé

Début	Fin	Machine
02/06/2021 10:34:14	02/06/2021 10:54:33	SD40.1

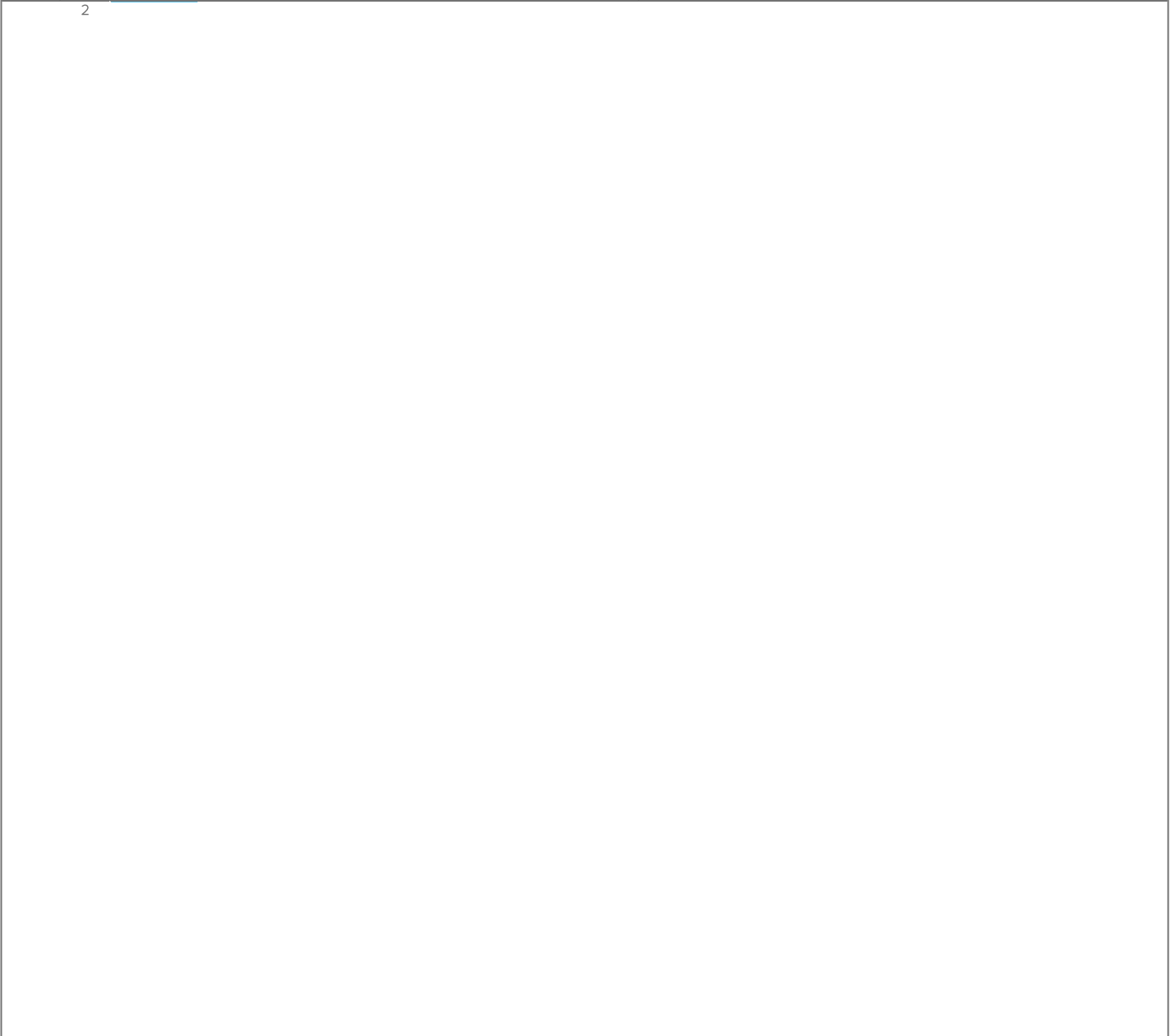
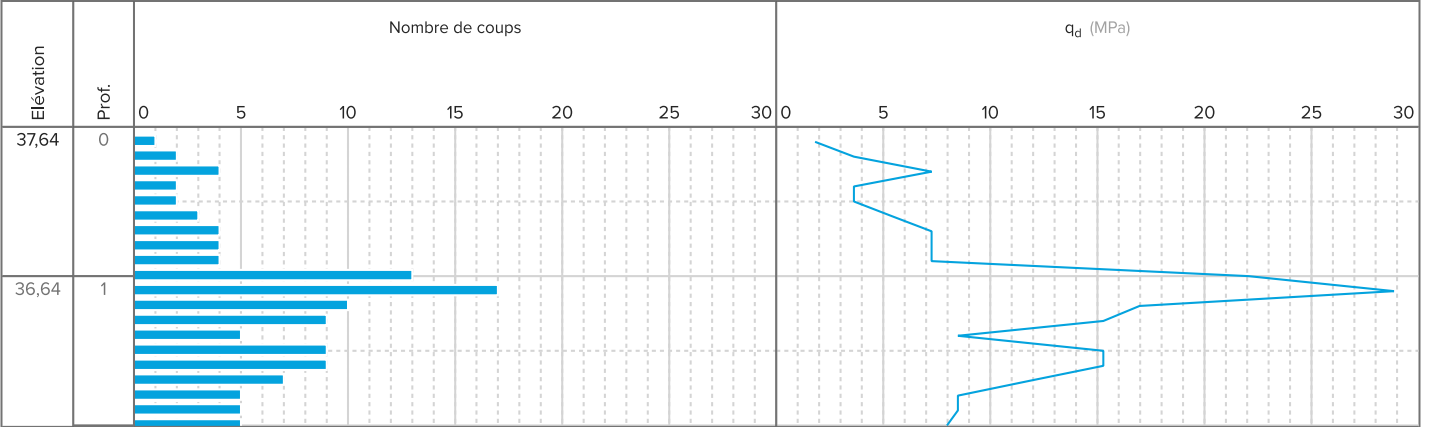
Elévation	Prof.	Lithologie	Description	Echantillons	Fluides	Outils	Equipement
37,64	0		Remblai caillouteux marron-gris (Ballast) 0,2 m	Echant Remal	Néant	Tarière continue Ø 63mm	Forage rebouché
37,44			Limon argilo-sableux marron-gris 0,5 m				
37,14			Limon sableux marron foncé à cailloutis 1,2 m				
36,44	1		Limon schisteux brun-beige 2 m	1,2 m			

35,64	2						
-------	---	--	--	--	--	--	--

DPT34	Elévation	Profondeur atteinte	Angle	Machine
	+37,64 m (NGF)	2,0 m	0,0°	SD40.1
Données	Type	Début	Fin	
DPRB-DPT34	Pénétromètre dynamique	02/06/2021 10:34:14	02/06/2021 10:54:33	

Type de pénétromètre
 Super Lourd SOCO/SMRI

Hauteur de chute	Surface de pointe	Masse frappante	Masse accessoire	Masse de la tige
75,0 cm	20,0 cm ²	63,5 kg	12,7 kg	5,6 kg/m



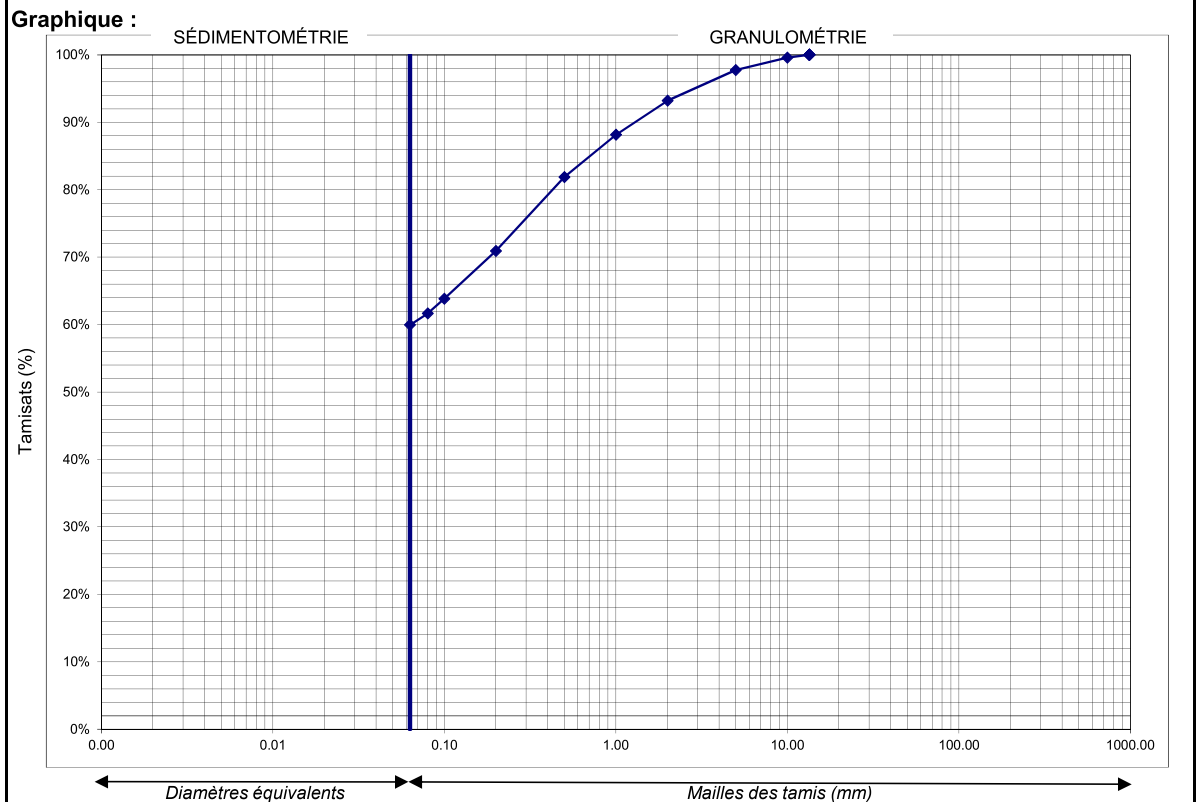
7. RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE (ANALYSES GTR)

**ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC
APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION**
(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non
Sondage : SD31 Date d'essai de prélèvement : n.c
Profondeur (m) 0.60 à 1.50 m Date de réception : 23/06/2021
Cote (m) : à m Mode de prélèvement : Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.05 m Date d'essai : 09/07/2021

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
Classification NF P 11-300 :	A1	Nature du sol selon Classification granulométrique	Argile sableuse ocre
Nature du sol :	Argile sableuse ocre	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	% estimé d'éléments > d _m
% de passant à :		dm = 20 mm	Température d'étuvage : 105°C
50 mm = 100.00%	2 mm = 93.23%		Plus gros élément
20 mm = 100.00%	80 µm = 61.66%		Dmax = 13.44 mm
5 mm = 97.74%	63 µm = 59.95%		



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer | Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
Résultats :														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	97.74	93.23	88.16	81.88	70.90	63.82	61.66	59.95
Refus %						0.41	2.26	6.77	11.84	18.12	29.10	36.18	38.34	40.05

Observations :

IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)

N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: oui

Sondage : SD34 **Date de prélèvement :** n.c
Profondeur (m) : 0.60 à 1.50 **Date de réception :** 23/06/2021
Cote (m) : à **Mode de prélèvement :** Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.05 m
Nature matériau : Sable argilo-graveleux marron à traces ocre **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)

Date de l'essai : 06/07/2021

Observations : **Résultat :**
Teneur en eau :
 $w_n = 13.2 \%$

MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU

Date de l'essai :
Conditions :
 Conditions de conservations :
 Conditions de préparation : immersion dans l'eau
 Température de la salle d'essai : °C
Observations : **Résultats :**
 $\rho = \text{t/m}^3$
Autres paramètres :
 $\rho_d = \text{t/m}^3$
 $\gamma = \text{kN/m}^3$
 $\gamma_d = \text{kN/m}^3$

LIMITES D'ATTERBERG

Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)

Limite de liquidité W_L : **Date de l'essai :**

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)				
w (%) (NF P 94-050)				

Limite de plasticité W_p : **Résultats :**

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)			

$W_L = \%$
 $W_p = \%$
 $I_p = \%$

Observations :

ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)

Date de l'essai : 07/07/2021 **Fraction 0/5mm dans la fraction**
 Proportion : C = **93.89**

Observations : **Résultat :**
Valeur de bleu du sol :
VBS = 1.10

EQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8+A1)

Date de l'essai :
Fraction testée : fraction 0/2 mm **f = %**
Teneur en eau : w = %
Observations : **Résultats :**
 $SE_1 = \%$
 $SE_2 = \%$
Equivalent de sable :
 $SE(10) = \%$

COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)

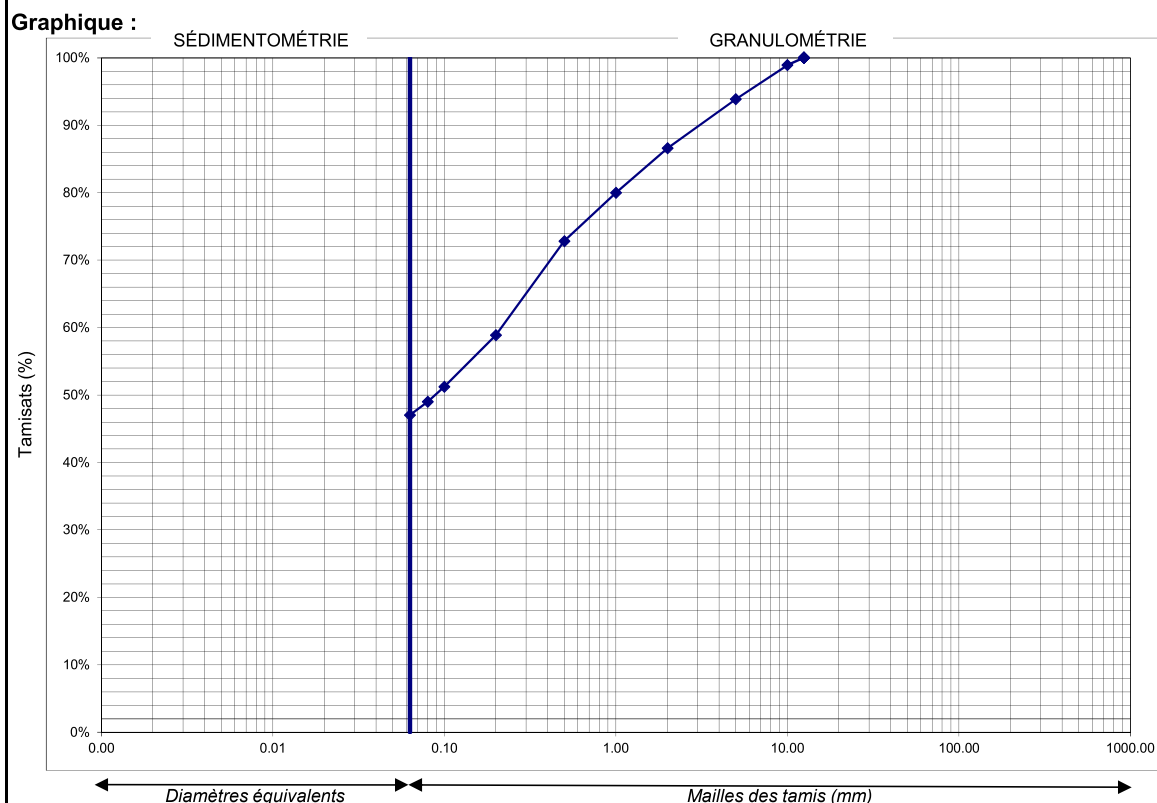
Observations : **Résultat :**
 $F_s = \%$

**ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE PAR TAMISAGE À SEC
APRÈS LAVAGE ET SÉDIMENTATION**
(réalisé selon la norme NF EN ISO 17892-4)

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: oui
Sondage : SD34 Date d'essai de prélèvement : n.c
Profondeur (m) 0.60 à 1.50 m Date de réception : 23/06/2021
Cote (m) : à m Mode de prélèvement : Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.05 m Date d'essai : 09/07/2021

NATURE DU SOL TESTÉ ET CONDITION D'ESSAI :			
Classification NF P 11-300 :	A1	Nature du sol selon Classification granulométrique	Sable argilo-graveleux marron à traces ocre
Nature du sol :	Sable argilo-graveleux marron à traces ocre	Maille Maximum utilisée ou Diamètre maximum :	% estimé d'éléments > d _m
% de passant à :		dm = 20 mm	Température d'étuvage : 105°C
50 mm = 100.00%	2 mm = 86.58%		Plus gros élément
20 mm = 100.00%	80 µm = 49.00%		Dmax = 12.5 mm
5 mm = 93.89%	63 µm = 47.04%		



Facteurs d'uniformité Cu : Impossible à déterminer Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES (NF EN ISO 17892-4)														
Résultats :														
Mailles (X) mm	80	63.0	50	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.08	0.063
Passant %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.93	93.89	86.58	79.99	72.83	58.86	51.22	49.00	47.04
Refus %						1.07	6.11	13.42	20.01	27.17	41.14	48.78	51.00	52.96

Observations :

IDENTIFICATION D'UN SOL EN LABORATOIRE

Nom de l'affaire : AMENAGEMENT DU SITE PSA- SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
N° d'affaire : 44GT.21.0100 **Laboratoire :** TOULOUSE

Quantité de matériau Normalisée: non
Sondage : SD31 **Date de prélèvement :** n.c
Profondeur (m) : 0.60 à 1.50 **Date de réception :** 23/06/2021
Cote (m) : à **Mode de prélèvement :** Sondage destructif
Profondeur moyenne : 1.05 m
Nature matériau : Argile sableuse ocre **Étuve (°C)**

x	
105°C	50°C

TENEUR EN EAU PONDÉRALE (NF P 94-050)
Date de l'essai : 06/07/2021
Observations : **Résultat :**
Teneur en eau :
 $w_n = 11.8 \%$

MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS (NF P 94-053) - MÉTHODE D'IMMERSION DANS L'EAU
Date de l'essai :
Conditions :
 Conditions de conservations :
 Conditions de préparation : immersion dans l'eau
 Température de la salle d'essai : °C
Observations : **Résultats :**
 $\rho = \text{t/m}^3$
Autres paramètres :
 $\rho_d = \text{t/m}^3$
 $\gamma = \text{kN/m}^3$
 $\gamma_d = \text{kN/m}^3$

LIMITES D'ATTERBERG
Limite de liquidité: Méthode du cône (NF P 94-052-1) et limite de plasticité (NF P 94-051)
Limite de liquidité W_L :

Mesure N°	1	2	3	4
Enfoncement (mm)				
w (%) (NF P 94-050)				

Date de l'essai :
Limite de plasticité W_P :

Mesure N°	1	2	3
w (%) (NF P 94-050)			

Résultats :
 $W_L = \%$
 $W_P = \%$
 $I_P =$

ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (NF P 94-068)
Date de l'essai : 07/07/2021 **Fraction 0/5mm dans la fraction**
 Proportion : C = **97.74**
Observations : **Résultat :**
Valeur de bleu du sol :
 $VBS = 1.30$

EQUIVALENT DE SABLE (NF EN 933-8+A1)
Date de l'essai :
Fraction testée : fraction 0/2 mm **f = %**
Teneur en eau : w = %
Observations : **Résultats :**
 $SE_1 = \%$
 $SE_2 = \%$
Equivalent de sable :
 $SE(10) = \%$

COEFFICIENT DE FRIABILITÉ DES SABLES (NF P 18-576)
Observations : **Résultat :**
 $F_s = \%$

8. CALCUL D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE (EC7)

I - Contrainte de calcul sous charge verticale centrée

I.1 - Contrainte nette du terrain sous la fondation superficielle

Selon la norme NF P 94-261, la contrainte de rupture du sol nette a pour expression :

$$q_{net} = k_p \cdot P_{le}^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta \quad \text{ou} \quad q_{net} = k_c \cdot q_{ce} \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

(méthode pressiométrique) (méthode pénétrométrique)

Avec :

k_p, k_c : facteurs de portance

P_{le}^* : pression limite nette équivalente

q_{ce} : résistance de pointe équivalente

i_δ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement

i_β : coefficient de réduction lié à la proximité d' un talus

les valeurs de i_δ et i_β sont données dans l'annexe D de la norme ,elles sont égales à 1 pour une charge verticale et un terrain plat

I.2 - Contrainte caractéristique du terrain sous la fondation superficielle

La contrainte caractéristique verticale $q_{v;k}$ est déduite de q_{net} par application d'un coefficient de modèle $\gamma_{R;d,v}$ égal à 1,2.

$$q_{v;k} = \frac{q_{net}}{1,2}$$

I.3 - Contrainte de calcul

On note :

q_d : contrainte sous fondation relative aux charges de structure, poids du béton de fondation compris

q_0 : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

La contrainte de calcul doit vérifier :

aux Etats Limites Ultimes $q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{1,4} = q_{v;d}$

aux Etats Limites de Service $q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{2,3} = q_{v;d}$

2 - Tassements par la méthode pressiométrique

Selon l'annexe H de la norme P94-261, le tassement final d'une fondation s'exprime par la relation :

$$sf = \left(\frac{\alpha_c B \lambda_c}{E_c} + \frac{2B_o}{E_d} \left(\lambda_d \frac{B}{B_o} \right)^{\alpha_d} \right) \frac{(q' - \sigma'_{v0})}{9}$$

Où :

E_c, E_d : modules pressiométriques représentatifs de la couche compressible située sous la fondation (E_c : domaine sphérique, E_d : domaine déviatorique)

α_c, α_d : coefficients rhéologiques dans les domaines sphérique et déviatorique

λ_c, λ_d : coefficients de forme fonction du rapport L/B

où : L = Longueur de semelle
B = Largeur de semelle

B_o : largeur de référence égale à 0.60 m

σ'_{v0} : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation avant travaux

q' : contrainte verticale moyenne, calculée à l'ELS quasi-permanent, appliquée au sol par la fondation

Les valeurs de calcul de E_c et E_d sont calculées conformément à l'annexe H de la norme P94-261.



fondasol

www.groupefondasol.com

AGENCE FONDASOL NANTES

12 RUE LÉON GAUMONT, 44700 ORVAULT

☎ 02 51 77 86 50

📠 02 51 78 75 15

✉ nantes@fondasol.fr

fondasol



SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)
Mission géotechnique G2 AVP

Rapport n° PR.44GT.21.0100 – 006 – 1^{ère} édition – 11/07/2022

SAS EIFFAGE AMÉNAGEMENT



AMÉNAGEMENT DU SITE PSA – LOT D
« LA HAUTE CALVENAIS »
SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35)

AGENCE FONDASOL NANTES

12 RUE LÉON GAUMONT - 44700 - ORVAULT



☎ 02 51 77 86 50

📠 02 51 78 75 15

📧 nantes@fondasol.fr

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	11/07/2022	55	1 ^{ère} diffusion	C. CASTAGLIOLA	Y. PASCAL
A					
B					
C					

REV	-	A	B	C	REV	-	A	B	C	REV	-	A	B	C
PAGE					PAGE					PAGE				
1	X				41	X				81				
2	X				42	X				82				
3	X				43	X				83				
4	X				44	X				84				
5	X				45	X				85				
6	X				46	X				86				
7	X				47	X				87				
8	X				48	X				88				
9	X				49	X				89				
10	X				50	X				90				
11	X				51	X				91				
12	X				52	X				92				
13	X				53	X				93				
14	X				54	X				94				
15	X				55	X				95				
16	X				56					96				
17	X				57					97				
18	X				58					98				
19	X				59					99				
20	X				60					100				
21	X				61					101				
22	X				62					102				
23	X				63					103				
24	X				64					104				
25	X				65					105				
26	X				66					106				
27	X				67					107				
28	X				68					108				
29	X				69					109				
30	X				70					110				
31	X				71					111				
32	X				72					112				
33	X				73					113				
34	X				74					114				
35	X				75					115				
36	X				76					116				
37	X				77					117				
38	X				78					118				
39	X				79					119				
40	X				80					120				

SOMMAIRE

A.	PRESENTATION DE NOTRE MISSION	5
A.1.	Mission selon la norme NF P 94-500	5
A.2.	Investigations géotechniques réalisées	6
A.3.	Documents reçus pour cette étude	7
B.	DESCRIPTIF GENERAL DU SITE ET APPROCHE DOCUMENTAIRE	8
B.1.	Description du site	8
B.2.	Historique du site	9
B.3.	Topographie du site	12
B.4.	Contexte géologique	13
B.5.	Enquête documentaire	14
C.	RESULTATS DES INVESTIGATIONS	19
C.1.	Description lithologique des horizons traversés	19
C.2.	Aspects géomécaniques in situ des sols	20
C.3.	Niveaux d'eau observés	20
D.	PRINCIPES GENERAUX DE FONDATION	21
D.1.	Données connues du projet	21
D.2.	Analyse vis-à-vis du risque sismique	22
D.3.	Mode de fondation envisageable	22
E.	EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES	24
E.1.	Assise de dallage sur terre-plein	24
E.2.	Etude de la solution de fondations superficielles	29
F.	EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES STRUCTURES DE VOIRIES	32
F.1.	Généralités	32
F.2.	Couche de forme en zone de déblais ou faibles remblais	32
F.3.	Contrôle	33
F.4.	Structures de chaussée	33
F.5.	Vérification au gel des structures	34
F.6.	Sujétion de conception et d'exécution des voiries	34
G.	ALEA RESIDUELS, CONCLUSION, SUITE A DONNER	35
G.1.	Conclusion	35
G.2.	Aléas, incertitudes géotechniques résiduelles à l'issue de l'étude G2 AVP	35
G.3.	Suite à donner	36
	ANNEXES	37
I.	Conditions Générales de service	38

2. Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	41
3. Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500)	42
4. Plans de situation	43
5. Sondages et essais	44

A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

A.1. Mission selon la norme NF P 94-500

SAS EIFFAGE AMÉNAGEMENT envisage l'aménagement du lot D (cellules industrielles avec parkings et voiries) sur le site PSA, situé au lieu-dit « La Haute Calvenais » à SAINT-JACQUES-DE-LA-LANDE (35).

L'étude géotechnique d'avant-projet a été confiée à FONDASOL, Agence de Nantes, suite à l'acceptation du devis SQ.44GT.22.05.004, par la commande datée du 11/05/2022.

La liste et les références des différentes pièces sont données ci-dessous :

Ouvrage étudié	Mission	Référence
Bâtiment 20	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 001
Lot A	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 002
Lot B	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 003
Lot C	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 004
Lot « Voiries »	G2 AVP	PR.44GT.21.0100 – Pièce 005
Lot D	G2 AVP (Présent rapport)	PR.44GT.21.0100 – Pièce 006

Selon la norme NFP 94-500 (Missions Géotechniques Types – version de novembre 2013), la mission qui nous a été confiée est une **mission de type G1+G2AVP**.

Les objectifs de notre rapport sont de développer les points suivants :

Etude préliminaire du site

- Enquête bibliographique et de terrain.

Résultat des sondages et essais in situ

- Coupes géologiques, diagrammes des essais géotechniques,
- Plan d'implantation des sondages.

Analyse et synthèse du contexte géologique et géomécanique du site

- Description de la géologie du terrain,
- Analyse de la compacité des couches traversées,
- Niveaux de l'eau lors de nos investigations, leur influence sur le projet,
- Caractérisation des anomalies d'origine anthropique ou naturelle,

Contexte sismique du site

- Détermination de la classe de sol selon les règles parasismiques (EC8),
- Accélération maximale à retenir en fonction de la zone de sismicité, la classe de sol et la catégorie de l'ouvrage,
- Paliers maximum des spectres de réponse élastique horizontale et verticale,
- Etude préliminaire du risque de liquéfaction des sols rencontrés.

Hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages et ébauches dimensionnelles

- Types et profondeurs des fondations,
- Contraintes de calculs ELS et ELU et estimation des tassements,
- Type de soutènement et paramètres de calcul,
- Stabilité des pentes et des talus,
- Traitement et renforcement de sol,
- Détermination du type de niveau bas envisageable : dallage sur terre-plein ou plancher porté,
- Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, étude de son assise (épaisseur, constitution et critères de réception de la couche de forme, détermination des modules d'Young conformément au DTU 13.3),
- Etude de l'assise des voiries et parkings (épaisseur, constitution, et critères de réception de la couche de forme),

Recommandations particulières pour la réalisation des travaux

- Préparation du terrain (terrassements, drainage, avoisinants, soutènements, etc.),
- Sujétions particulières.

Nota :

Nos études géotechniques ne concernent pas les projets géothermiques : des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc...).

A.2. Investigations géotechniques réalisées

Nous avons réalisé les investigations géotechniques suivantes :

- **SP24 à SP26** : 3 sondages destructifs en diamètre 63 mm, avec enregistrement en continu des paramètres de forage, descendus entre 10,0 m (SP24, SP26) et 20,0 m (SP25) de profondeur, avec 25 essais pressiométriques réalisés selon la norme NF EN ISO 22476-4 et repartis dans ces forages selon un intervalle moyen de 1,0 m à 2,0 m,
- **F1 à F4** : 4 fonçages dynamiques en diamètre 60 mm avec enregistrement des paramètres de forage (vitesse d'avancement) descendus jusqu'au refus entre 27,3 m (F4) et 34,4 m (F2) de profondeur.




Les sondages ont été implantés en fonction des contraintes d'accessibilité du site, des réseaux souterrains et de l'activité industrielle, et nivelés par nos soins.

Les sondages pressiométriques ont été réalisés au moyen d'une sondeuse pneumatique de marque ATLAS COPCO (WAGON DRILL). Les échantillons ont été prélevés au carottier battu Ø60 mm et au taillant Ø64 mm (foration à l'air et à la bentonite).

Les résultats des investigations et le plan d'implantation des sondages sont donnés en annexe du présent rapport.

A.3. Documents reçus pour cette étude

Pour mener à bien cette étude, les documents suivants nous ont été fournis :

 200800 LOTS A B C F_APS 06 SNCF-A0 LOT F	02/05/2022 15:09	Adobe Acrobat Docum...	2165 Ko
 200800 LOTS A B C F_APS 06 SNCF-A0 MASSE GLOBAL 220401	02/05/2022 15:09	Adobe Acrobat Docum...	7320 Ko
 La Janais - Mission G2 AVP lot D	02/05/2022 15:09	Élément Outlook	9750 Ko

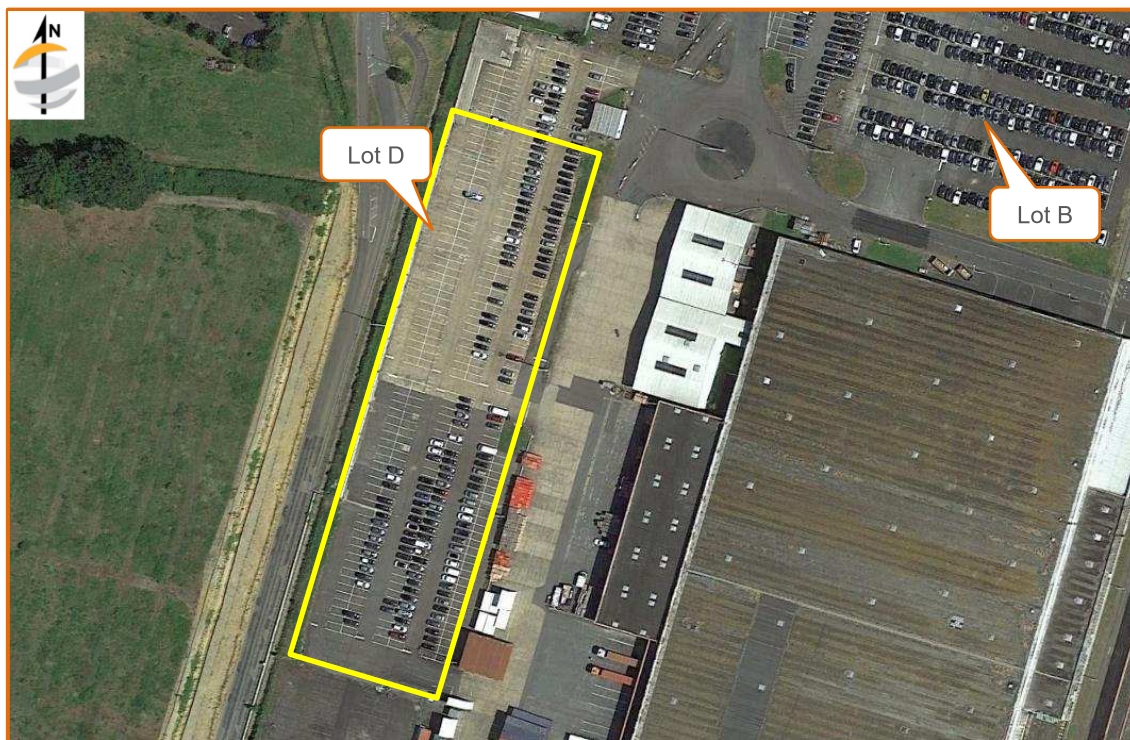
Nous avons également utilisé :

- La carte IGN du secteur,
- Les données du BRGM,
- La carte géologique au 1/50 000,
- Les vues aériennes du secteur.

B. DESCRIPTIF GENERAL DU SITE ET APPROCHE DOCUMENTAIRE

B.1. Description du site

Le Lot D est localisé en partie Nord-Ouest du site PSA de Rennes, localisé au niveau des communes de Saint-Jacques-de-la-Lande (35) et Chartres-de Bretagne (35).



Vue aérienne de la zone d'étude (source : Google Earth)

Lors de notre intervention, le terrain était occupé par un parking VL existant, vierge de toute construction apparente ; entouré par des voiries, zones enherbées et par une zone de stockage logistique de containers.

On notera la présence de gravats de stockés en tas sur le parking.



Vue vers le Sud – SP24



Vue vers le Nord

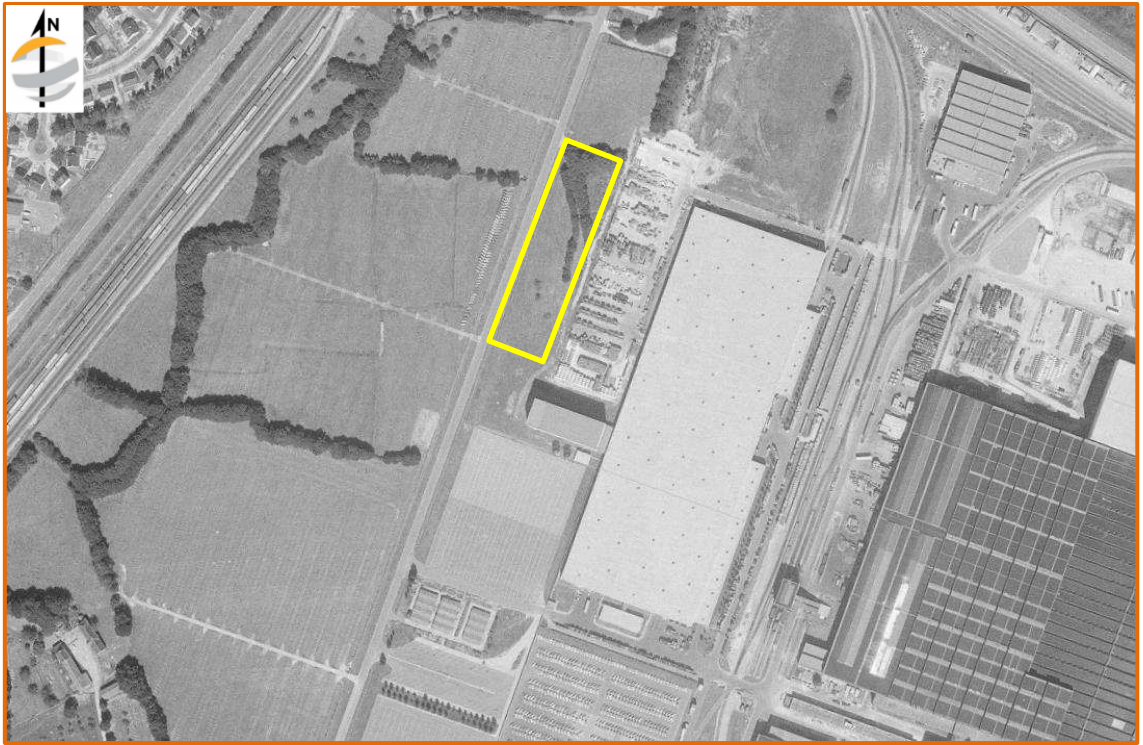
B.2. Historique du site

Préalablement à la construction du site PSA (avant 1960 et jusqu'en 1966), la zone d'étude était occupée par des champs vierges de toute construction apparente.



Vue aérienne datée de 1966 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)

Sur les photos d'archive ci-après, on constate que la zone d'étude a fait l'objet de plusieurs constructions et de démolitions au cours de l'aménagement du site, avec la présence systématique du parking existant associé à du stockage (container, gravats, etc).



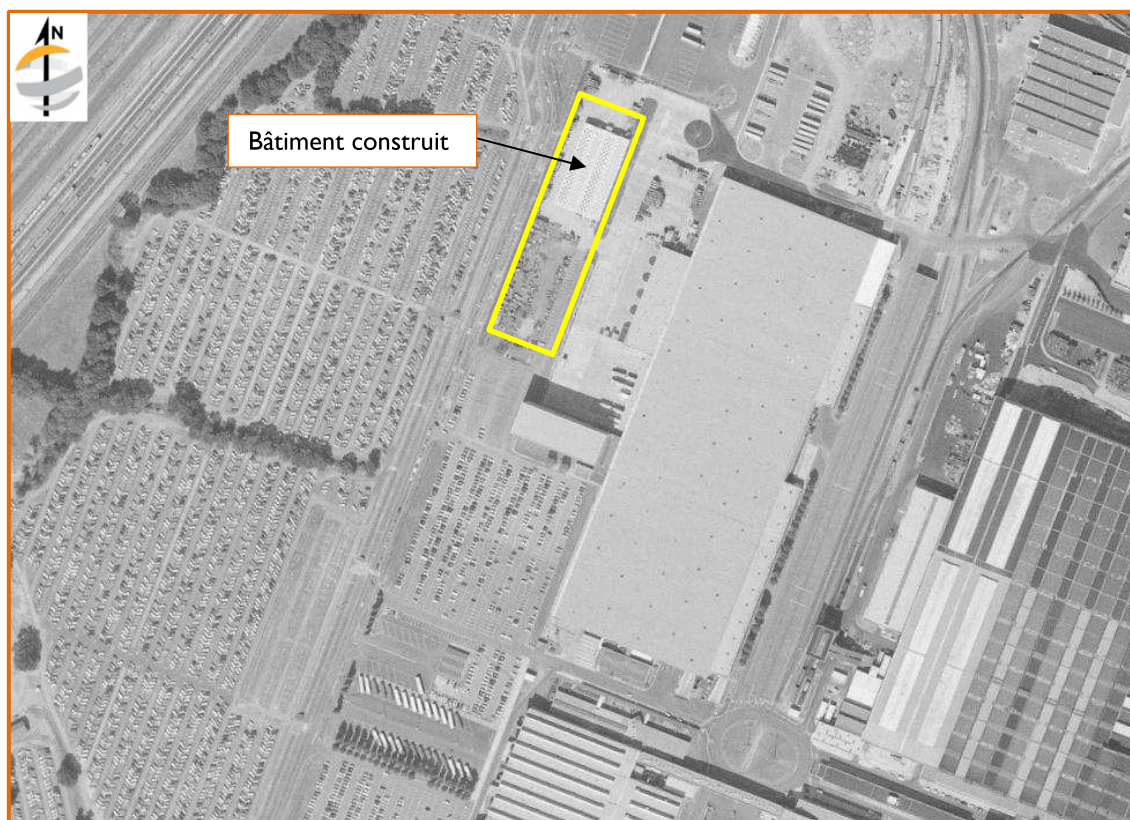
Vue aérienne datée de 1978 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)



Vue aérienne datée de 1981 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)



Vue aérienne datée de 1986 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)



Vue aérienne datée de 1991 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)



Vue aérienne datée de 2002 (source : <https://remonterletemps.ign.fr/>)



Vue aérienne datée de 2018 (source : Google Earth)

B.3. Topographie du site

Les sondages ont été nivelés en prenant comme repère un tampon existant dont la cote altimétrique est indiquée sur le plan topographique qui nous a été fourni préalablement à notre intervention.

Les altitudes de la plateforme actuelle au droit de nos sondages sont les suivantes :

Sondage	SP24	SP25	SP26	F1	F2	F3	F4
Altitude (m NGF)	+38,33	+38,24	+38,38	+38,59	+38,22	+38,44	+38,03

Dans la suite de ce rapport, les altitudes et profondeurs seront arrondies à la décimale.

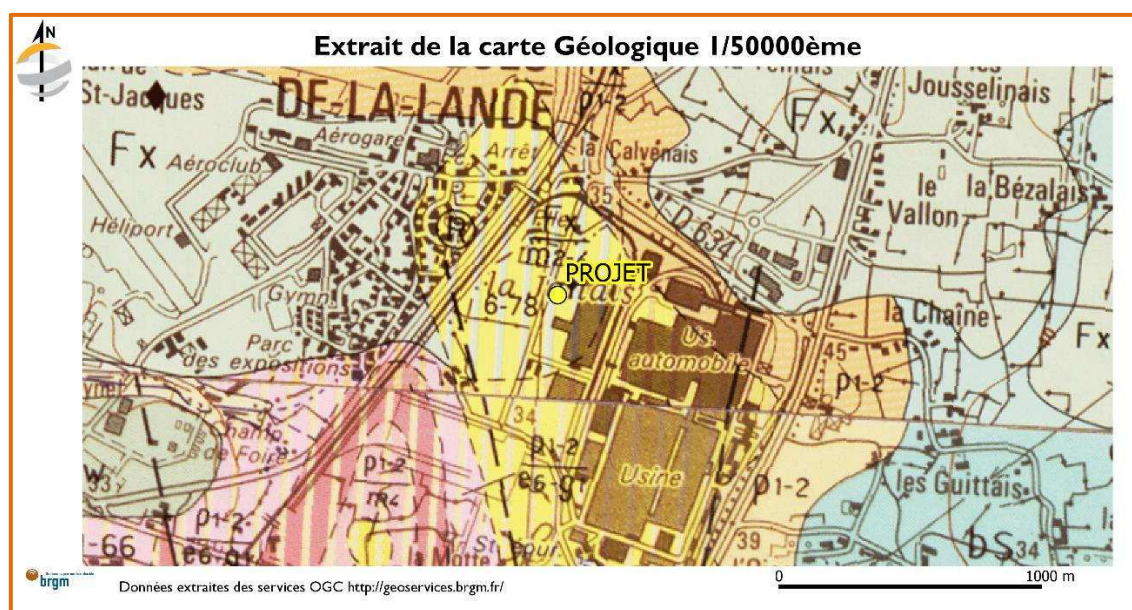
L'altitude des points de sondage varie entre les cotes +38,0 m (F4) et +38,6 m NGF (F1) soit un dénivelé de l'ordre de 0,6 m.

La topographie de la zone d'étude est globalement plane et horizontale à l'échelle du projet.

B.4. Contexte géologique

L'examen de la carte géologique du secteur au 1/50 000 et notre connaissance de la zone, permettaient de prévoir la succession lithologique suivante :

- Couverture superficielle végétale et/ou remblais,
- Sables et limons du Pliocène et/ou Alluvions anciennes (Fx)
- Faluns (observés sous la forme de limons calcareux, plus ou moins sableux au droit de nos sondages) que l'on observe a priori jusque vers 27,0 m à 33,0 m de profondeur environ aux droits des fonçages dynamiques réalisés (refus dans le schiste sous-jacent).
- Substratum de schiste plus ou moins altéré en tête à la base et en bordure du bassin de faluns.



Extrait de carte géologique au 1/ 50 000

Les alluvions anciennes FX sont des dépôts sédimentaires. De ce fait, il faudra s'attendre à rencontrer d'importantes variations latérales de faciès entre des horizons limoneux, des passées sableuses, et des niveaux riches en graviers et galets. Ces alluvions peuvent également développer une cimentation per descensum avec apparition de dalles de grès et de conglomérats rigides plus ou moins importantes et discontinues latéralement. Ces variations lithologiques sont à l'origine d'importantes hétérogénéités des caractéristiques mécaniques.

B.5. Enquête documentaire

B.5.1. Inventaire des risques et aléas naturels connus

Sont répertoriés sur la commune de CHARTRES-DE-BRETAGNE les risques naturels suivants (informations issues du site www.georisques.gouv.fr) :

- mouvements de terrain (affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines)
- inondations,
- séisme.

La commune a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle liés à :

- des mouvements de terrains,
- des inondations.

La liste de ces arrêtés et leur date de parution au journal officiel sont présentées ci-dessous :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF19990077	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 6

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF20200015	03/06/2020	03/06/2020	14/09/2020	24/10/2020
35PREF20080028	18/05/2008	18/05/2008	05/12/2008	10/12/2008
35PREF20010093	24/03/2001	25/03/2001	06/07/2001	18/07/2001
35PREF20010076	05/01/2001	07/01/2001	29/05/2001	14/06/2001
35PREF20000012	18/05/1999	18/05/1999	28/01/2000	11/02/2000
35PREF19950022	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF20060005	01/07/2003	30/09/2003	30/03/2006	02/04/2006

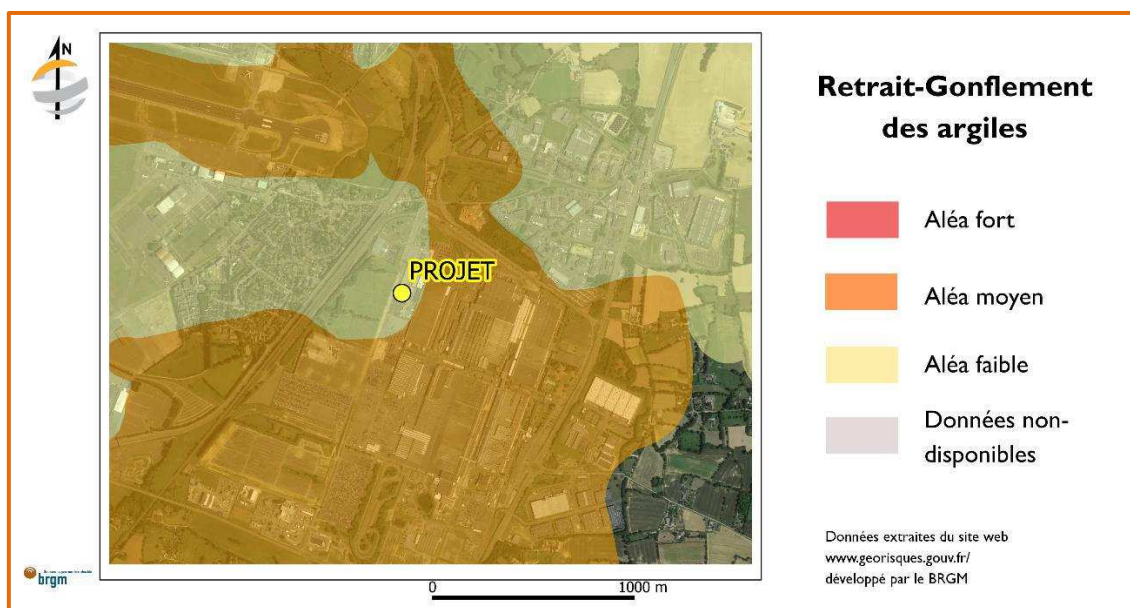
Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
35PREF19870064	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987

B.5.2. Risque « retrait-gonflement des sols »

Le schéma d'aménagement de la commune ne comprend pas de plan de prévention relatif à ce type de risque naturel.

Une carte du risque de retrait-gonflement des argiles lié au phénomène de sécheresse/réhydratation des sols est disponible sur le site www.georisques.gouv.fr. Elle indique que le terrain est situé dans une **zone d'aléa faible vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles** par variations hydriques.



B.5.3. Risque « Effondrement » et « Cavités »

Aucun effondrement et aucune cavité souterraine naturelle n'a été recensée dans un rayon de 500 m autour du projet.

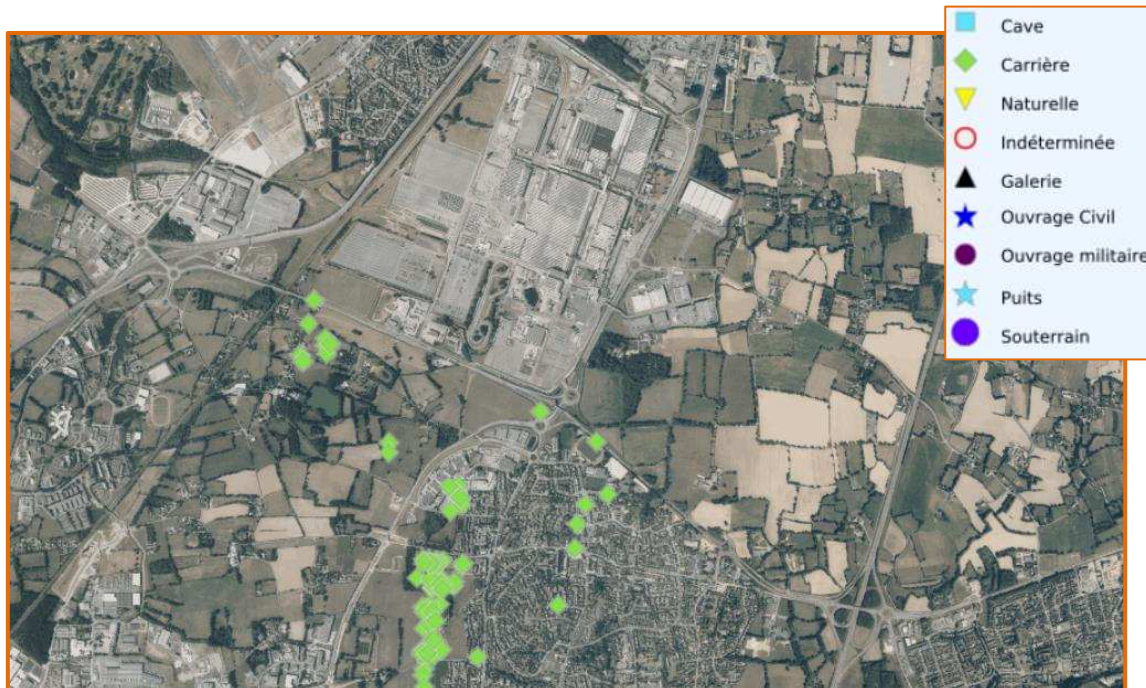
La commune de Chartres de Bretagne (35) ne comporte pas de plans de prévention vis-à-vis de ces risques naturels.

On notera toutefois la présence de plusieurs carrières (anthropiques) ainsi que des effondrements recensés au Sud de l'usine PSA. Ces cavités souterraines sont principalement situées au Nord de Chartres-de-Bretagne (35), Il s'agit de carrières souterraines ouvertes **dans un contexte géologique similaire, pour l'exploitation des faluns.**

Au vu des enregistrements de paramètres destructifs réalisés, aucune anomalie de densité ou de vide franc n'a été rencontrée au droit de nos forages (uniquement des zones de forte altération).



Extrait de la carte interactive des mouvements de terrains recensés (www.georisques.gouv.fr)



Extrait de la carte interactive des cavités souterraines recensées (www.georisques.gouv.fr)

B.5.4. Risque « Inondations » par débordement d'un cours d'eau

Le schéma d'aménagement de la commune comporte un plan de prévention des risques PPRn Inondation auquel il conviendra de se référer :

PPRN	Aléa	Prescrit le	Approuvé le
35DDTM20010003 - PPRi BV Vilaine région rennaise	Par une crue à débordement lent de cours d'eau	28/09/2001	10/12/2007

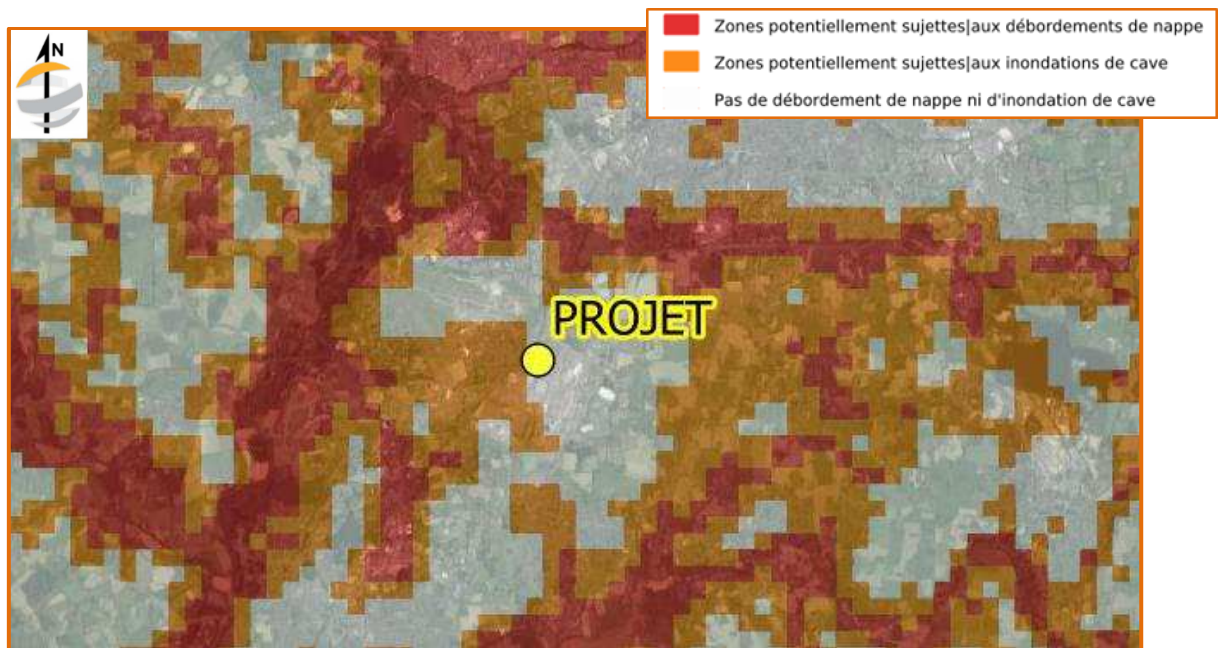
La commune fait partie des Territoires à Risques Importants d'Inondations et du Programme d'Action de Prévention contre les Inondations :

Arrêté TRI national	Nom du TRI	Aléa	Cours d'eau	Arrêté du préfet coordonnateur de bassin
06/11/2012	VILAINE DE RENNES A REDON	Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau		26/11/2012

Nom du PAPI	Aléa	Date de labellisation	Date de signature	Date de fin de réalisation
35DREAL20130001 - PAPI Vilaine 3	Inondation - Par ruissellement et coulée de boue, Inondation - Par submersion marine, Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau	03/07/2020		31/12/2025

B.5.5. Risque « Remontées de nappe »

Une carte des remontées de nappe est disponible sur le site www.georisques.gouv.fr. Elle indique que le terrain concerné par l'étude est situé dans une **zone a priori non sujette aux débordements de nappe et aux inondations de cave.**



Extrait de carte de l'aléa « Remontée de la nappe »

B.5.6. Risque sismique

En vertu du décret n°2010-1255 daté du 22 octobre 2010, la commune se situe en zone de sismicité 2 (sismicité « faible »). Dans ce cas l'analyse sur la liquéfaction des sols n'est pas nécessaire.

Toutefois dans le cas de bâtiments entrant dans la catégorie d'importance III ou IV au sens de la nouvelle réglementation parasismique (ERP de catégories 1, 2 et 3, bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes, habitations collectives et bureaux d'une hauteur supérieure à 28 m, etc.), les normes sismiques doivent être appliquées.

B.5.7. Risque rayonnements ionisants (radon)

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la dégradation de l'uranium présent dans certaines roches. Il reste diffus dans l'air mais a tendance à se concentrer dans les milieux fermés, tels que les sous-sols, les vides sanitaires ou le RdC des bâtiments, par exemple.

D'après le décret n°2002-460 daté du 4 avril 2004, le projet n'est pas situé dans un département prioritaire pour la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants (présence potentielle de radon).

La carte du potentiel radon établie par l'IRSN classe la commune du projet en catégorie 2 (<http://www.irsnn.fr>).

Les communes à potentiel radon de catégorie 2 sont celles localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments.

Les communes concernées sont notamment celles recoupées par des failles importantes ou dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains... Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol et ainsi augmenter la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.

L'arrêté daté du 27 juin 2018 délimite des zones à potentiel radon du territoire français, désormais à l'échelle communale.

Nous rappelons qu'il existe une obligation de mesures de concentration en RADON dans le cas de certains établissements recevant du public. En fonction des résultats des mesures de radon, des dispositions constructives pourront s'avérer nécessaires.

Ce risque n'étant pas géotechnique, il conviendra donc de se référer aux recommandations de l'IRSN pour limiter toute accumulation de ce gaz dans la construction (www.irsn.fr).

B.5.8. Risque de pollution

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes.

Nous pouvons toutefois noter que les échantillons de sol prélevés ne présentaient pas d'odeur particulière.

C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

C.I. Description lithologique des horizons traversés

Nos sondages ont mis en évidence la lithologie suivante du haut vers le bas à partir de la surface actuelle de la plateforme du parking (coupes lithologiques détaillées des sondages sont jointes en annexe) :

- 0,2 m environ d'**enrobé bitumineux** noir, surmontant une couche de forme en **remblai caillouteux à limono-sableux** brun à brun-gris de 0,6 à 0,8 m d'épaisseur,
- Jusqu'à 1,3 m de profondeur en SP24 : du **remblai limono-caillouteux** marron clair. Il s'agit probablement de remblais techniques d'une tranchée d'un réseau souterrain ou de sols remaniés par la démolition de l'ancien bâtiment dans cette zone.
- Jusqu'à 3,4 m (SP25) à 4,6 m (SP26) de profondeur : du **limon sablo-caillouteux, de l'argile limono-sableuse** marron (SP26) et des **sables denses cimentés** marron clair-gris (SP24). Ces horizons correspondent aux alluvions anciennes (Fx) et comportent également des cailloux arrondis et anguleux (de quartz notamment). Une forte compacité qui pourrait être associée à une cimentation des alluvions a été remarquée au droit de nos sondages et essais, vers 2,0 m en SP24 et SP25, entre 2,5 m et 3,0 m en F1, entre 2,0 m et 2,5 m en F3, et entre 1,5 m et 3,0 m en F4.
- Jusqu'à la base de nos sondages à 10,0 m et 20,0 m de profondeur : des **limons calcaireux plus ou moins sableux brun**. Il s'agit ici des **faluns** du Miocène. On note que ces derniers ont été reconnus a priori jusque vers 27,3 m (F4) et 34,4 m (F2) de profondeur (refus des fonçages dynamique vraisemblablement sur le toit du schiste sous-jacent). Cet horizon comporte des zones de très forte altération observées de façon ponctuelle sur les enregistrements des paramètres de forage (vitesse d'avancement importante, sans vide franc) et des légers passages de perte d'injection de fluide de forage.

Contrairement à ce qui avait été observé au droit des îlots C et D (en bordure du bassin de faluns, avec des remontées du substratum de schiste), la zone d'étude est ici localisée au centre du bassin de Faluns et n'a pas identifié de schiste à faible profondeur.

REMARQUES :

- Les terrains superficiels ici présents sont de nature à subir des variations de consistance et de portance en fonction des conditions météorologiques.
- L'épaisseur des différents horizons peut varier notablement entre les sondages. Dans le cas des terrains superficiels, les variations d'épaisseur et hétérogénéités sont fréquentes.
- La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent par ailleurs des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif.
- Les fonçages dynamiques sont des essais « aveugles » dans le sens où ils ne permettent pas d'observer la nature des terrains en place ou de mesurer la compacité des sols. Ils offrent toutefois une information sur la présence ou non de « vide » (enregistrement de la vitesse d'avancement) et sur la base du bassin de faluns (vitesse d'avancement réduite puis refus dans le schiste).

C.2. Aspects géomécaniques in situ des sols

Les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés ont été mesurées au pressiomètre (NF EN ISO 22476-4) et au pénétromètre, avec :

p_l^* : pression limite nette

E_M : module de déformation pressiométrique

Ces essais ont pour objectif de caractériser mécaniquement les formations identifiées ci-dessus. Au droit de nos sondages les résultats sont les suivants :

Formation	Profondeur de la base (m/TN actuel)	Classe de sol selon EC7	E_M (MPa)		PI^* (MPa)	
			Min	Max	Min	Max
Remblais caillouteux (couche de forme)	0,6 à 0,7 m	-	-		-	
Remblais limono-caillouteux (SP24)	1,3 m	Limons très mous à mous	2,7		0,34	
Limons sablo-caillouteux, sables cimentés à argile limono-sableuse	3,4 à 4,6 m	<u>Sols hétérogènes :</u> Limons fermes à raides et sables denses à très denses	6,8	109,9	0,84	> 5,00
Limons calcaireux plus ou moins sableux (Faluns)	> 20 m	<u>Sols hétérogènes :</u> Limons très mou à calcaire raide	1,1	23,8	0,10	2,32

C.3. Niveaux d'eau observés

Lors de notre intervention, du 27/06/2022 au 30/06/2022, aucune arrivée d'eau naturelle n'a été rencontré avant 2,5 m de profondeur, préalablement à l'injection du fluide de forage (bentonite).

Le terrain est probablement le siège de circulations d'eau provenant d'une nappe ou d'infiltrations dans les limons calcaireux et calcaires limoneux (Faluns).

Des circulations et stagnations d'eau dans les sols et horizons de surface resteront possibles en fonction des conditions météorologiques.

Rappelons que les niveaux d'eau mesurés le jour de notre intervention ne sont pas forcément les niveaux les plus défavorables pour le projet : ils sont susceptibles de varier de façon significative en fonction des conditions climatiques et saisonnières.

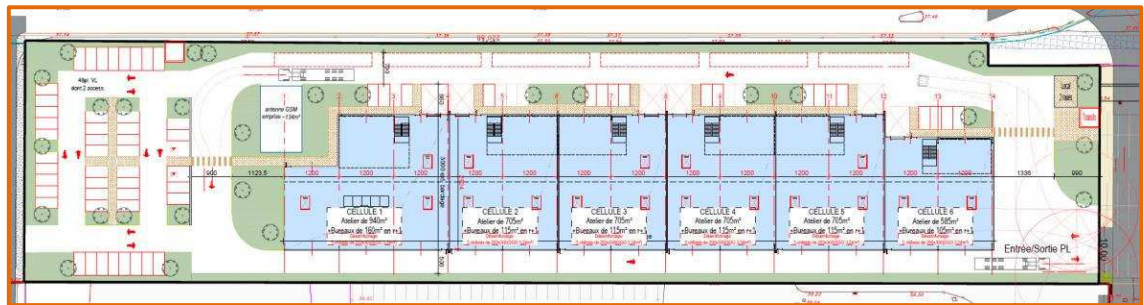
En effet l'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude G2AVP confiée ne permet qu'une *approche* du niveau d'eau à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Pour obtenir des indications plus précises, il peut nous être confié, dans le cadre d'une mission spécifique complémentaire, la pose d'un piézomètre, son suivi, seul ou accompagné d'une étude hydrogéologique.

D. PRINCIPES GENERAUX DE FONDATION

D.I. Données connues du projet

D'après les éléments qui nous ont été communiqués, le projet consiste en la construction d'un bâtiment de 3 cellules d'activité (ateliers + bureaux), sur une surface de 4 445 m² environ, entourés par des voiries, places de stationnement et espaces verts.

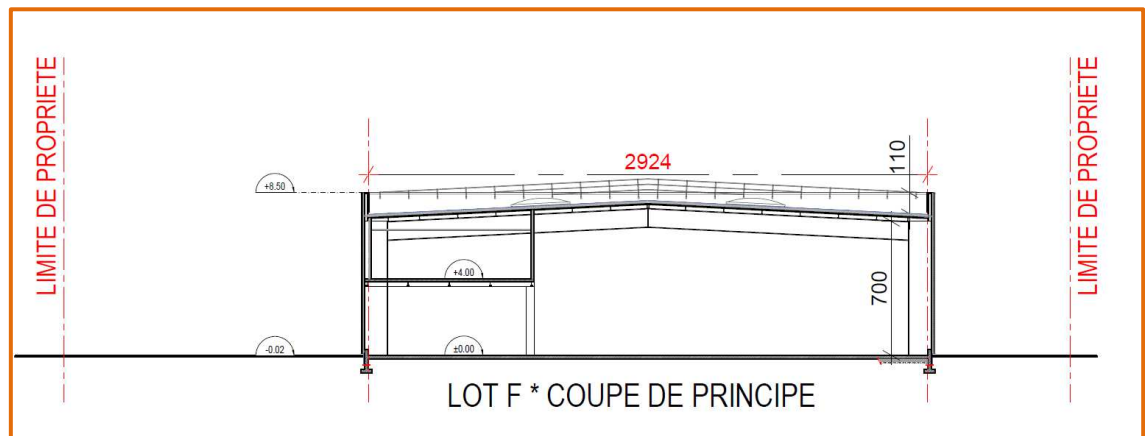


Plan masse du projet

Il s'agit de cellules industrielles, sans niveau de sous-sol et sans mitoyenneté. Les bureaux sont prévus en mezzanine.

Le niveau rez-de-chaussée des cellules industrielles n'est pas connu à ce stade du projet. Dans la suite de ce rapport, nous supposons un niveau bas sensiblement proche de la surface actuelle de la plateforme du parking, soit vers la cote +38,3 m NGF.

Le calage altimétrique du projet devra être défini pour la phase projet.



Coupe de principe

Nous ne disposons pas d'autre information concernant ce projet au moment de la rédaction de ce rapport.

D.2. Analyse vis-à-vis du risque sismique

En vertu du décret n°2010-1255 daté du 22 octobre 2010, la commune se situe en zone de sismicité 2 (sismicité « faible »).

Dans cette zone l'analyse sur la liquéfaction des sols n'est pas requise.

Ici l'ouvrage est supposé de classe d'importance II (à confirmer par le maître d'ouvrage).

Les réglementations parasismiques ne sont donc pas applicables à ce projet sauf prescriptions spéciales du maître d'ouvrage.

A noter toutefois que dans le cas de bâtiments entrant dans la catégorie d'importance III (si plus de 300 personnes étaient amenées à se trouver dans le bâtiment, par exemple) ou IV au sens de la réglementation parasismique, l'Eurocode 8 doit être appliqué.

D.3. Mode de fondation envisageable

D.3.1. Rappel des contraintes liées au projet

- Plateforme actuelle utilisée en parking et zone de stockage correspondant à un ancien bâtiment démolì, avec présence de remblai (jusqu'à 1,3 m en SP24 par exemple), et d'éventuels vestiges (fondations, réseaux, fosses, cuves, etc.).
- Présence d'alluvions limono-sableuses à graveleuses, pouvant être localement cimentées en dalles gréseuses plus ou moins cimentées mais discontinues latéralement, ce qui engendre d'importantes hétérogénéités des caractéristiques mécaniques.
- Sensibilité à l'eau des sols naturels (limon sableux, faluns argilo-sableux comportant des fines, faiblement plastiques, et pouvant chuter de portance et de consistance à l'hydratation.
- Présence de faluns (roche sédimentaire reconnue ici sous la forme de limons calcareux plus ou moins sableux), dont l'épaisseur varie entre 27,3 m (F4) et 34,4 m (F2) de profondeur environ si l'on se fie aux fonçages dynamiques réalisés.

Notre connaissance du secteur (sondages sur le site PSA jusqu'à 30,0 m de profondeur au Sud de l'usine – AN.10.0122) et les données du BRGM, confirment ces observations. **Par ailleurs, cette formation ne semble pas connaître une amélioration de sa raideur (modules EM) en fonction de sa profondeur, ayant pour conséquence d'accentuer les tassements sous les ouvrages de forte emprise au sol.**

Compte-tenu de l'envergure des ouvrages, des tassements non-négligeables absolus et différentiels sont à prévoir au droit du projet pouvant imposer l'amélioration des sols en place par inclusions souples ou rigides.

D.3.2. Niveaux bas

Un dallage sur terre-plein pourra a priori être réalisé sous réserve de respecter les modalités détaillées au chapitre E.1. Il sera alors possible de réutiliser la couche de forme existante sous voirie, sous réserve de vérifier la qualité et la portance de celle-ci.

En fonction du calage altimétrique du niveau bas inconnu à ce stade, de la valeur des surcharges d'exploitation et des seuils de tassement absolus et différentiels admissibles par les dalles béton, il pourrait être nécessaire de limiter les tassements sous dallage. **A cet effet, il pourra alors être envisagé une amélioration de sol par inclusions souples ou rigides.**

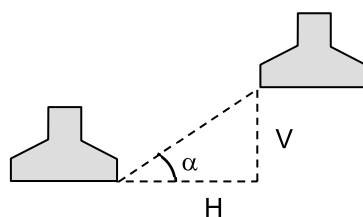
Le maillage, le diamètre et la profondeur des inclusions seront déterminées dans le cadre d'une étude de niveau PRO, à partir des mouvements de terre prévus, des valeurs des descentes de

charges (surcharges d'exploitation en particulier) et des seuils de déformations admissibles des dallages.

D.3.3. Fondations ancrées dans le terrain naturel

Compte tenu des caractéristiques du site et des éléments portés à notre connaissance concernant le projet, nous conseillons un **système de fondation superficielle**, de type semelles isolées ancrées dans les limons sablo-caillouteux marron à sables limono-caillouteux à marron clair en place, sous les remblais, **respectant à la fois** :

- Un ancrage de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables limono-caillouteux en place et non remaniés, ce qui pourra conduire à des approfondissements locaux en cas de remaniements (liés aux démolitions antérieures ou au dévoiement de réseaux) ou de surépaisseur de remblais. Ces sur-profondeurs pourront être rattrapées par un calage en gros béton coulé pleine fouille,
- Une profondeur minimum d'encastrement de 1,5 m / terrain actuel et fini,
- Les conditions de hors-gel : une profondeur de mise à l'abri des effets du gel minimale de 0,5 m par rapport au niveau fini extérieur,
- La règle des fondations assises à des niveaux différents : par assimilation aux préconisations de la norme EN 1998-5 (Eurocode 8), on respectera une condition de redan de 3H/2V entre fondations voisines :



$$\tan \alpha = \frac{V}{H} \leq \frac{2}{3} \text{ en zone sismique 2}$$

Selon les valeurs des descentes de charges et des valeurs seuils de tassements admissibles, une solution variante en amélioration de sol sous semelles pourrait éventuellement être nécessaire.

Au droit de nos sondages, ceci correspond aux assises de fondations suivantes :

Fondations	SP24	SP25	SP26
Altitude du sondage	+38,3	+38,2	+38,4
Profondeur d'assise mini m / TA	1,6 m	1,5 m	1,5 m
Cote d'assise NGF	+36,7	+36,7	+36,9
Profondeur / niveau fini*	1,6 m	1,6 m	1,4 m

*Niveau fini supposé à la cote +38,3 m NGF (niveau moyen du terrain actuel)

E. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS ET DES DALLAGES

E.1. Assise de dallage sur terre-plein

Sous réserve de tassements sous dallages ne dépassant pas les valeurs seuils des futures cellules, les dallages pourront être réalisés sur terre-plein, en prévoyant la réalisation d'une couche de forme en matériaux granulaires propres de type graves concassées de classe GTR D31 et insensibles à l'eau. L'utilisation de matériau de recyclage est prohibée.

Nous allons supposer ici des charges d'exploitation inférieure à 2,0 t/m² (à confirmer par la maîtrise d'ouvrage).

Dans ce cas, on cherchera à asseoir les dallages sur une plateforme de type PF2 (EV2>50 MPa), avec $k_w > 50 \text{ MPa/m}$ (cf. DTU 13.3).

E.1.1. Démolition des existants

Il conviendra de s'assurer de la bonne conduite des opérations de démolition antérieures et du dévoiement des éventuels réseaux, qui doivent comprendre au minimum :

- Analyse HAP amiante des enrobés bitumineux avant le décroûtage et leur évacuation vers une filière adaptée ;
- Démolition et purge des structures existantes non démolies (fondations, dallage, éventuelles cuves enterrées) ;
- Comblement des éventuelles cuves enterrées ou anciens sous-sols par un remblai d'apport de type GNT 0/80 mm de classe GTR D31, insensible à l'eau compacté selon les recommandations du GTR, par couches élémentaires minces de 50 cm d'épaisseur ;
- contrôle au fur et à mesure de la levée du remblai par essais de plaque (EV2>30 MPa EV2/EV1 >2.2) puis forage pressiométrique ($PI^* > 1,5 \text{ MPa}$ et $EM > 15 \text{ MPa}$) ;
- relevé minutieux de la localisation, profondeur et géométrie des anciennes fondations : nous recommandons de prévoir un relevé par un géomètre de toutes les fondations et infrastructures enterrées qui seront démolies et purgées. Ce relevé permettra de connaître le positionnement et la profondeur des anciens éléments enterrés pour le calpinage des fondations projetées.

La présence de blocs, maçonneries, ouvrages ou obstacles enterrés pourra engendrer des difficultés de terrassements, mais devront être purgés obligatoirement afin d'éviter tout phénomène de "point dur".

Aucune nouvelle fondation ne prendra appui dans ces zones purgées ou substituées.

E.1.2. Préparation du fond de forme du dallage et de la couche de forme

Au droit du parking et des voiries existantes, recouvrant une grande partie du projet, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante pour le dallage du futur bâtiment, sous réserve de s'assurer de sa portance et de l'absence de matières putrescibles et évolutives.

E.1.2.1. Réutilisation de la couche de forme existante des voiries

Au droit des voiries et parkings, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante en couche de forme sous dallage.

Il sera toutefois nécessaire :

- De décaper l'enrobé bitumineux existant (sous réserve d'un diagnostic HAP Amiante) ;
- De s'assurer de l'absence de matériaux évolutifs dans le temps (bois, plâtre, ferraille, plastique, matières organiques, ...) dans la couche de forme,
- D'identifier la nature du matériau de couche de forme (identification GTR),
- De vérifier la portance de cette assise (au moins 1 essai par tranche de 500 m² de plateforme).

Cas n°1 : Dans le cas où la portance est légèrement insuffisante ($30 \text{ MPa} < \text{EV2} < 50 \text{ MPa}$), on prévoira :

- un recompactage des matériaux au niveau de la P.S.T,
- la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme en matériaux de type 0/20 mm d'au moins 20 cm d'épaisseur (à adapter en fonction des résultats d'essais de plaque),
- de nouveaux essais de contrôle, de type essais de plaque afin d'atteindre un objectif d'EV2 $\geq 50 \text{ MPa}$.

Cas n°2 : Dans le cas où la portance est très insuffisante ($\text{EV2} < 30 \text{ MPa}$), on prévoira la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme, en prévoyant :

- la purge des remblais sur la hauteur nécessaire à la réalisation de la couche de forme,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux.

A titre d'exemple, dans le cadre d'une ébauche, pour obtenir une plate-forme d'assise de type PF2 ($K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$ et $\text{EV2} \geq 50 \text{ MPa}$) (Cf. DTU 13.3), on prévoirait une couche de forme sous dallage de **50 cm minimum** (en période favorable) constituée de la manière suivante (de haut en bas) :

- 20 cm de GNT 0/31,5 mm
- 30 cm de GNT 0/60 ou 0/80 mm

Le rattrapage de niveau entre l'arase de terrassement et la base de la couche de forme sera comblé suivant nécessité par des matériaux de type 0/100 mm (granulométrie maximum) soigneusement compactés.

L'épaisseur finale de la couche de forme dépendra des épaisseurs de purges réalisées et du niveau zéro à atteindre par le dallage.

Dans le cas où les travaux démarreraient à l'issue d'une période pluvieuse, on prévoira :

- de terrasser à l'avancement (purge puis remblaiement immédiat),
- de drainer complètement le terrain avec rejet des eaux collectées vers un exutoire suffisant,
- de refermer les fonds de forme à l'aide d'une niveleuse et d'un compacteur dès l'arrivée de la pluie et à la veille des week-ends, avec une forme de pente d'environ 2 % orientée vers une tranchée drainante raccordée à un exutoire,

Les matériaux retenus devront être conformes à la norme NFPI I-300 et en particulier répondre aux exigences suivantes : $VBS < 0,1$ et $MDE < 45$.

E.1.3. Caractéristiques des sols supports de dallage à long terme

On retrouve ci-dessous le tableau des caractéristiques des sols supports de dallage à long terme selon le DTUI3.3 :

Sol	Profondeur de la base / TA (m)	E_M (MPa) (moyenne harmonique)	α	E_s (MPa)
Couche de forme / remblai	0,5 m	-	-	EV2
Limons sablo-caillouteux à sables limoneux	3,0 m	9	1/2	18
Faluns (limons calcaireux à calcaire limono-sableux)	14,0 m	5	1/2	10
Faluns (limons calcaireux à calcaire limono-sableux)	> 20,0 m	16	1/2	32

E_M : module de déformation pressiométrique de la couche concernée (mesuré)

α : coefficient rhéologique du sol (estimé)

Module d'élasticité du sol à long terme : $E_s = k \cdot E_M / \alpha$

k : coefficient facteur de la distorsion variant de 1 à 2. Ici $k = 1$.

E.1.4. Tassements des sols sous dallage (sans prise en compte de l'amélioration de sol)

Les tassements des sols sous dallage pour une surcharge uniformément répartie de 1 T/m^2 (charge d'exploitation) ont été calculés avec le logiciel FOXTA V4.1.10, en considérant le modèle défini au paragraphe E.1.3.

Le modèle terrain et les modules pressiométriques utilisés sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Sol	Profondeur de la base / TA (m)	E_M (MPa) (moyenne harmonique)	α	E_s (MPa)
Couche de forme	0,5 m	-	-	EV2 = 50
Limons sablo-caillouteux	3,0 m	9	1/2	18
Faluns (limons calcaireux à calcaire limono-sableux)	14,0 m	5	1/2	10
Faluns (limons calcaireux à calcaire limono-sableux)	> 20,0 m	16	1/2	32

D'où les tassements unitaires des sols sous dallage **$S_u \# 1,1 \text{ cm (par } \text{T/m}^2\text{)}$** .

Ces tassements s'appliqueront sous les charges réparties appliquées par les charges d'exploitation.

Si ces tassements absolus et différentiels (en fonction de la surcharge apportée par le dallage) s'avèrent effectivement inacceptables pour les structures, on prévoira une amélioration de sols par inclusions rigides.

E.1.5. Amélioration des sols par inclusions rigides

E.1.5.1. Principes de traitement

- **Le procédé d'inclusions souples « colonnes ballastées »** consiste à introduire dans le sol, par refoulement, du matériau granulaire. Il permet d'améliorer la portance du sol et de réduire les tassements. **Le taillant de vibro-fonçage étant faiblement puissant, les possibilités d'emploi de cette solution de renforcement de sols sera limitée par la présence de dalles de grés discontinues latéralement dans les anciennes formations alluvionnaires superficielles. Il conviendra d'employer une solution de renforcement en inclusions rigides.**
- **La technique d'inclusions rigides** améliore la portance d'un facteur 1,5 à 2, diminue la compressibilité d'un facteur 3 à 5 et homogénéise les caractéristiques mécaniques du sol support. Elle permet de fonder les ouvrages sur semelles superficielles ou sur radier rigide porteur reposant sur le système d'inclusions rigides. Il sera nécessaire d'employer une technique de forage permettant de franchir les niveaux cimentés en dalles gréseuses discontinues présentes dans les alluvions superficielles.

Ces procédés seront couplés à la mise en place d'un matelas de répartition sous les dallages des bâtiments.

Les tassements et les contraintes de calculs dépendront du dimensionnement du système d'inclusions.

Le choix de la technique d'amélioration de sol dépend donc des descentes de charges réelles et de l'objectif de réduction/limitation des tassements (à définir au stade G2 PRO).

Les inclusions devront être descendues et ancrées dans les formations de meilleur compacité (type calcaire limoneux observé ici à partir de 14,0 m environ au droit du sondage SP25).

Ces améliorations sont des techniques spécifiques qui doivent être réalisées par des entreprises spécialisées.

E.1.5.2. Objectifs, caractéristiques principales

N°	Terrain	Profondeur de la base / TA (m)	ρ_l * (MPa)	E_M (MPa)	α
1	Limons sablo-caillouteux	3,0 m	1,20	20	1/2
2	Faluns (Limon calcaireux / Sables limono-calcaireux)	6,0 m	0,20	3	1/2
3	Faluns (Limon calcaireux / Sables limono-calcaireux)	14,0 m	1,05	8	1/2
4	Faluns (Calcaires limono-sableux)	> 30,0 m	1,50	16	1/2

Le pré-dimensionnement relève de la phase PRO de la mission G2.

Les inclusions seront largement ancrées dans les faluns (inclusions flottantes).

E.1.6. Sujétion de conception et d'exécution de la plateforme du dallage

E.1.6.1. Réseaux enterrés sous dallage

Les tranchées des réseaux enterrés devront être remblayées et compactées avec soin (compactage d'objectif de densification q3).

E.1.7. Contrôle de la couche de forme

La plate-forme d'assise des dallages sera contrôlée par des essais à la plaque.

Les critères de réception seront les suivants :

- Module de Westergaard : $K_w \geq 50 \text{ MPa/m}$
- Module de 2ème cycle : $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$
- Indice de compactage : $k = EV2/EV1 \leq 2,2$ (à confirmer suivant le type de matériaux mis effectivement en œuvre).

E.2. Etude de la solution de fondations superficielles

E.2.1. Règlements utilisés

Les calculs de capacité portante et de tassements des fondations superficielles dans le cadre de la présente ébauche dimensionnelle respectent les prescriptions de la norme P94-261 relative à l'EC7.

Dans le cadre d'un AVP nous nous limiterons à la reprise des charges verticales centrées ; la stabilité au glissement et à l'excentrement des charges devra être étudiée en G2 PRO.

E.2.2. Contraintes de calcul dans le cas d'une charge verticale

Nous étudions ci-dessous une solution de semelles continues ou isolées ancrées de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables argilo-caillouteux, sous les remblais, telle que définie au §D.3.3.

Aux conditions d'ancrage ci-dessus, est :

$q_{net} = k_p \cdot P l_e^* \cdot i\delta \cdot i\beta$, avec :

- $P l_e^* = 0,69 \text{ MPa}$
- $k_p = 0,8$
- $i\delta = 1$ (charges supposées verticales*)
- $i\beta = 1$ (charge éloignée de tout talus*).

* dans le cas d'une charge inclinée par rapport à la verticale, ou bien d'une fondation réalisée à proximité d'un talus, les coefficients respectivement $i\delta$ et $i\beta$ seront < 1 .

Soient les contraintes suivantes :

$$\text{Contrainte caractéristique : } q_{v;k} = \frac{q_{net}}{1.2}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELU : } q'_{ELU} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{1.4}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELS : } q'_{ELS} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{2.3}$$

Application numérique (en négligeant q_0):

Contrainte caractéristique : $q_{v;k} = 0,46 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul à l'Etat Limite Ultime (E.L.U.): $q'_{ELU} = 0,33 \text{ MPa}$

Contrainte de calcul aux Etats Limites de Services (E.L.S.) : $q'_{ELS} = 0,20 \text{ MPa}$

E.2.3. Première approche des tassements

Les tassements sous fondations peuvent être estimés par la méthode pressiométrique.

En l'absence d'information sur les descentes de charges apportées par le bâtiment, nous avons effectué le calcul pour des semelles isolées ancrées de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables argilo-caillouteux à partir de 1,0 m de profondeur (sous les remblais de surface), et soumises à une contrainte verticale centrée.

En utilisant les résultats des sondages pressiométriques, les tassements estimés par la méthode pressiométrique sous une contrainte à l'ELS quasi-permanent q'_{ELS} de 0,20 MPa, pour différentes géométries de fondations (largeurs de fondations à réévaluer en fonction des descentes de charges réelles), sont les suivants :

		CAS N°1	CAS N°2
		SEMELLES ISOLÉES	
CHARGE ELS		72 kN	450 kN
DIMENSIONS		0,6 m x 0,6 m	1,5 m x 1,5 m
	Zassise m/TN	TASSEMENT ESTIMÉ (mm)	
Selon SP24	1,6	3	9
Selon SP25	1,5	3	8
Selon SP26	1,5	2	4

Dans ces conditions, les tassements absolus et différentiels seront de l'ordre de 0,5 à 1,0 centimètre. Ils s'entendent pour des fonds de fouille *homogènes et non remaniés*.

Ces tassements seront à recalculer en phase G2 PRO en fonction des descentes de charges réelles.

E.2.4. Sujétions d'exécution et disposition constructives des fondations

E.2.4.1. Démolition des existants

Voir paragraphe E.1.1.

E.2.4.2. Sujétions générales

L'étude détaillée et exhaustive des principes d'exécution relève de l'étude géotechnique G2 Projet. Nous nous limiterons dans le cadre de la G2 AVP à lister les principes généraux :

- Dans le cas de massifs isolés, les murs reposeront sur des longrines en béton armé, assises sur les massifs de fondation.
- Les terrassements pourront être effectués au moyen d'une pelle mécanique à godet retro suffisamment puissante pour traverser les remblais (présence possible de vestiges liés aux anciennes constructions) et d'assurer l'ancrage de 30 cm dans les limons sablo-caillouteux à sables limono-caillouteux pouvant contenir des passages quartzeux indurés et cimentés,
- On veillera à ne pas ancrer les fondations dans des terrains remaniés par d'éventuelles opérations antérieures (démolition/reconstruction, etc...),
- On prévoira le blindage des fouilles présentant des terrains instables. Autrement, on prévoira un talutage des parois de fouilles avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur.
- Les fondations seront coulées pleine-fouille.
- La réalisation des fouilles devra s'effectuer à sec : on prévoira l'utilisation d'une pompe de chantier reliée à un exutoire, afin d'évacuer immédiatement toute arrivée d'eau pouvant se produire en fond de fouille, avant bétonnage.

- Les sols d'assise sont très sensibles à l'eau, aussi le bétonnage interviendra immédiatement après la réalisation des fouilles de fondation. Dans le cas contraire, on coulera un béton de propreté à l'avancement.
- On s'assurera que l'ensemble des fondations sollicite le sol dans les conditions définies dans cette étude ; le sol d'assise sera parfaitement curé, non remanié et non soumis aux intempéries (le béton de propreté est à couler dès la fin de l'excavation).

Tout sol douteux ou sol remanié détecté à l'ouverture des fouilles sera purgé et remplacé par du gros béton coulé pleine fouille.

Rappelons en ce sens que le poste « fondations » ne peut pas être chiffré au forfait à partir d'une mission d'étude géotechnique G2AVP.

F. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES STRUCTURES DE VOIRIES

Les voiries sont prévues autour du futur bâtiment et concernent des zones actuellement occupées par la plateforme actuelle utilisée comme un parking VL et une zone de stockage.

Au droit des voiries et parkings existants, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante, moyennant un diagnostic HAP amiante pour définir la gestion des enrobés bitumineux, l'identification GTR de l'arase/couche de forme, et la réalisation d'essais de plaque afin de confirmer que la portance (PF2 : EV2 > 50 MPa).

Les voiries sont supposées aménagées selon un profil rasant sensiblement proche à la surface de la plateforme existante (ni déblai, ni remblai).

F.1. Généralités

Les plates-formes devront être réalisées en période hydrique favorable afin de ne pas risquer une perte générale et importante de portance des sols d'assises.

Dans le cas contraire, la portance et la traficabilité de la plate-forme ne permettront pas de réaliser des travaux de terrassement dans de bonnes conditions et nécessiteront inmanquablement des travaux supplémentaires afin d'obtenir une portance EV2 de 50 MPa sur la plate-forme finie.

Les fonds de forme devront être refermés dès l'arrivée de la pluie et à la veille des week-ends. On prévoira une forme de pente de 2 % orientée vers une tranchée drainante raccordée à un exutoire.

F.2. Couche de forme en zone de déblais ou faibles remblais

F.2.1. Réutilisation de la couche de forme existante sous les parkings / voiries actuelles

Au droit des futurs parkings et voiries, il peut être envisagé de réutiliser la couche de forme existante, sous réserve des précautions ci-après.

Il sera toutefois nécessaire :

- De décaper l'enrobé existant, sous réserve d'un diagnostic HAP amiante
- De s'assurer de l'absence de matériaux évolutifs dans le temps (bois, plâtre, plastique, ferraille, matière organique...) dans la couche de forme,
- D'identifier la nature de la couche de forme existante,
- De vérifier la portance de cette assise.

Cas n°1 : Dans le cas où la portance est légèrement insuffisante ($30 \text{ MPa} < \text{EV2} < 50 \text{ MPa}$), on prévoira :

- un reconditionnement par compactage des matériaux au niveau de la P.S.T après substitution des anomalies (remblai, matières évolutives) par du remblai granulaire de couche de forme,

- la mise en œuvre d'une couche de réglage et de planéité en matériaux granulaires de type 0/20 mm d'au moins 20 cm d'épaisseur (à adapter en fonction des résultats d'essais de plaque),
- de nouveaux essais de contrôle, de type essais de plaque afin d'atteindre un objectif d'EV2 ≥ 50 MPa.

Cas n°2 : Dans le cas où la portance est insuffisante (EV2 < 30 MPa), on prévoira la mise en œuvre d'une nouvelle couche de forme, en prévoyant :

- la purge de la couche de forme existante sur 50 cm d'épaisseur minimum, des sols remaniés par les terrassements et des sols altérés par les intempéries,
- un géotextile anticontaminant et antipoinçonnant,
- la réalisation d'une couche de forme en bons matériaux, selon les préconisations du paragraphe suivant (qui s'applique au droit des zones enherbées).

A titre d'exemple, dans le cadre d'une ébauche, pour obtenir une plate-forme d'assise de type PF2 ($K_w \geq 50$ MPa/m et EV2 ≥ 50 MPa) (Cf. DTU 13.3), on prévoirait une couche de forme de **50 cm minimum** (en période favorable) constituée de la manière suivante (de haut en bas) :

- 20 cm de GNT 0/31,5 mm
- 30 cm de GNT 0/60 ou 0/80 mm

Le rattrapage de niveau entre l'arase de terrassement et la base de la couche de forme sera comblé suivant nécessité par des matériaux de type 0/100 mm (granulométrie maximum) soigneusement compactés.

L'épaisseur finale de la couche de forme dépendra des épaisseurs de purges réalisées et du niveau zéro à atteindre par les voiries.

Les matériaux retenus devront être conformes à la norme NFPI I-300 et en particulier répondre aux exigences suivantes : VBS < 0,1 et MDE < 45.

L'épaisseur de la couche de forme devra être plus importante si elle est mise en œuvre lors d'une période défavorable (pluvieuse).

La réalisation de planches d'essais validées par des essais à la plaque permettra d'optimiser l'épaisseur de cette couche de forme à mettre en œuvre au moment des travaux.

F.3. Contrôle

La plate-forme d'assise sera contrôlée par des essais à la plaque.

- Module de 2^{ème} cycle : $EV_2 \geq 50$ MPa
- Indice de compactage : $k = EV_2/EV_1 \leq 2,0$ (à confirmer suivant le type de matériaux mis effectivement en œuvre)

F.4. Structures de chaussée

Le dimensionnement des structures de chaussée sera à réaliser en phase projet (G2_PRO) ou par l'entreprise en charge des VRD en phase exécution (G3) quand le trafic moyen journalier annuel sera défini.

F.5. Vérification au gel des structures

Cette vérification sera à réaliser en phase projet ou par l'entreprise de terrassement une fois la composition précise de la structure connue.

F.6. Sujétion de conception et d'exécution des voiries

La mise en œuvre et les contrôles de la structure de voirie devront être conformes aux normes en vigueur.

Il conviendra de vérifier si la structure est adaptée pour l'ensemble des phases du projet. En particulier, les phases de chantier peuvent être très préjudiciables.

Les tranchées des réseaux enterrés devront être remblayées avec soin ; avec un compactage dont l'objectif de densification est q3.

G. ALEA RESIDUELS, CONCLUSION, SUITE A DONNER

G.1. Conclusion

Le présent rapport conclut la mission d'étude géotechnique d'avant-projet G2AVP confiée à Fondasol.

Nous avons indiqué dans cette étude les recommandations sur les fondations à prévoir pour les ouvrages projetés ainsi que les précautions à prendre lors de la réalisation des travaux de fondations superficielles, de solutions variante en renforcement de sols, de terrassements, de dallages et de voiries ; à partir des investigations réalisées et des données qui nous ont été transmises.

Rappelons que toute modification du projet (superficie, implantation, niveau, conception, etc.) peut rendre les conclusions de cette étude inadaptées (Cf. Conditions générales d'exploitation du rapport, figurant en annexe de ce document).

G.2. Aléas, incertitudes géotechniques résiduelles à l'issue de l'étude G2 AVP

A l'issue de cette mission d'étude géotechnique (stade AVP), les principales incertitudes géotechniques qui subsistent sont les suivantes :

- Calage altimétrique des bâtiments et futures voiries à préciser,
- Présence de remblais et d'éventuels vestiges liés à l'historique du site,
- Présence d'hétérogénéité lithologiques et de propriétés mécaniques importantes dans les formations alluvionnaires superficielles limono-sableuses caillouteuses en raison d'une cimentation en dalle gréseuse discontinue latéralement,
- Présence d'eau possible à faible profondeur correspondant à des circulations d'eau d'origine météorique dans les remblais de surface ou les sols en place. Cet aléa nécessitera au minimum une pompe de chantier en phase travaux, le drainage des plateformes, s'ils sont réalisés à l'issue d'une période pluvieuse,
- Variabilité de l'épaisseur des sols à décapier avant mise en œuvre de la couche de forme du radier, en fonction de leur teneur en eau au moment du chantier,
- Tassements unitaires sous dallages de l'ordre de 1,1 cm (pour 1 T/m²). Les tassements réels seront proportionnels aux charges appliquées. Ils sont à recalculer en fonction des caractéristiques géométriques (niveaux bas NGF) et descentes de charge réelles de l'ouvrage. Si ces tassements absolus et différentiels s'avèrent effectivement inacceptables pour les structures, il conviendra de prévoir un renforcement de sol (colonnes ballastées ou inclusions rigides), à dimensionner dans le cadre d'une mission G2 PRO (mission non confiée à ce stade),
- Présence de réseaux enterrés aux abords des futurs ouvrages,
- Agressivité de l'environnement (eaux et sols) sur les bétons non connue.

G.3. Suite à donner

Conformément à la norme NFP 94-500, les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport en mission G2AVP ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution, et ne constituent pas un dimensionnement du projet.

Selon la norme NFP 94-500 d'enchaînement des missions géotechniques :

- L'élaboration du PROjet pour consultation des entreprises nécessite une mission géotechnique de type G2PRO, réalisée avant d'établir le DCE. En l'absence de géotechnicien missionné, la mission G2PRO incombe de fait à l'équipe de maîtrise d'œuvre.
- Le maître d'ouvrage doit également confier à un géotechnicien la supervision d'exécution des travaux géotechniques dans le cadre d'une mission G4. L'étude et le suivi d'exécution de ces travaux est à confier à l'entreprise dans le cadre d'une mission G3.

Compte tenu de la complexité géotechnique du site, de la superficie des ouvrages prévus, et des mouvements de terres impliqués, nous recommandons vivement de prévoir la réalisation des missions G2PRO et G4.

Fondasol est à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Œuvre pour réaliser les missions d'étude G2 phase PRO et G4.

ANNEXES

