L'expertise qui porte votre projet

Client :

Projet d'Aménagement des lots A11 à A16 de la ZAC BELLES VUES

Adresse du projet :

Rue Soufflet – Lots A11 à A16 – ZAC BELLES VUES

91290 ARPAJON

RAPPORT GEOTECHNIQUE – MISSION G1 PGC

Date	N° Affaire	Ind.	Rédacteur	Contrôle	Commentaire
12/04/2021	210151	V1	R. DESSIBOURG	A. BRAHAM	Première diffusion.
-		-	-	-	-

ATLAS GEOTECHNIQUE – S.A.S au capital de 20 000 €
Siège social : 2, rue Jean Mermoz – Immeuble Arc-en-ciel – 91080 COURCOURONNES
RCS EVRY 824 612 972 – Siret 824 612 972 00029 – APE 7112B
Tél. 01 64 98 89 62 – Fax. 09 70 61 22 99 – contact@atlas-geotechnique.fr

SOMMAIRE :

1. CADRE DE L'AFFAIRE 3
1.1. Projet 3
1.2. Mission Géotechnique confiée 4
1.3. Reconnaissance géotechnique 4
1.4. Documents transmis 6
2. CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE 7
2.1. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) 7
2.2. Cadre Géologique 7
2.3. Cadre Géomorphologique 8
2.4. Cadre Hydrogéologique 8
2.5. Recensement des aléas naturels et anthropiques 8
3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES 11
3.1. Lithologie 11
3.2. Présence d'eau 11
3.3. Caractéristiques mécaniques 12
3.4. Essais de laboratoire 14
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 16
4.1. Synthèse du contexte géotechnique 16
4.2. Préconisations générales de constructions – G1 PGC 16
5. ALEAS ET RISQUES IDENTIFIES 20
DISPOSITIONS GENERALES ET CONDITIONS D'UTILISATION 21
ANNEXES 22

1. CADRE DE L'AFFAIRE

1.1. Projet

Le projet concerne l'aménagement des lots libres A11 à A16 de la ZAC BELLES VUES, situés au niveau de la rue Soufflet à ARPAJON (91). Ces lots sont divisés en plusieurs ilots distincts :

- Lot A11 : composé en 6 ilots,
- Lot A12 : composé de 10 ilots,
- Lot A13 : composé de 8 ilots,
- Lots A14 à A16 : composés de 12 ilots chacun.

D'après les informations transmises, il est prévu la construction d'un ensemble de maisons individuelles sur chaque ilot, soit environ 60 maisons au total. Les caractéristiques des maisons individuelles projetées ne sont pas définies, de même que leurs côtes de niveaux bas. Dans la suite de l'étude, nous allons considérer en première hypothèse, les cas où les maisons seront sans niveau enterré ou présenterons un niveau de sous-sol.

Lors de notre intervention, le site était libre de toute construction.



Figure 1 – Extrait du plan de masse du projet, non daté



Figure 2 – Extrait du plan parcellaire du projet, daté du 10/2020

1.2. Mission Géotechnique confiée

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'une mission G1 PGC pour les constructions, soit une Etude Géotechnique préalable en phase Principes Généraux de Construction, selon la dernière version de la norme NFP94-500 du 30 novembre 2013.

1.3. Reconnaissance géotechnique

- **Programme des investigations géotechniques**

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé, du 04/03 au 08/03/2021, les travaux suivants :

✓ 6 sondages pressiométriques, notés SP1 à SP6, menés à 10,0 m de profondeur avec enregistrement numérique des paramètres de forage,

✓ 36 essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents, tous les 1,0 / 1,5 m,

✓ 9 sondages pénétrométriques menés à 8,0 m de profondeur ou au refus, notés P2 à P10,

✓ Les sondages SP1, SP4 et SP6 ont été équipés d'un tube PVC crépiné jusqu'à 10,0 m de profondeur pour une mesure ponctuelle du niveau d'eau,

✓ Mesure du niveau d'eau en fin de chantier et une mesure complémentaire effectuée le 16/03/2021,

✓ Essais au laboratoire :

- 4 essais d'identifications selon le GTR (granulométrie, Limites d'Atterberg ou VBS, teneur en eau),
- 4 mesures de la teneur en sulfates et en matières organiques.

- **Matériel et supports utilisés**

Pour réaliser notre mission, nous avons utilisé le matériel et supports suivants :

✓ Sondeuse : de marque TEREDO de type DC 2.8,

✓ Pénétromètre : de marque GEOTOOL de type GTR 780,

✓ Enregistreur des paramètres de forage : POCKET LIM,

✓ Logiciel de traitement des données de sondage : GEOLOG 4.0 (LIM S.A.),

✓ Logiciel de dessin : AUTOCAD / Word.

- **Nivellement des sondages**

Les différents sondages ont été nivelés avec un GPS Trimble R10. Ci-joint les coordonnées X-Y (en Lambert 93) et l'altitude Z (en NGF) des sondages relevés :

Sondages	X (m)	Y (m)	Z (NGF)	Profondeur (m)
SP1+PZ	1643914,191	8155235,836	78,1	10,0
SP2	1643879,042	8155185,073	75,1	10,0
SP3	1643927,021	8155122,448	74,1	10,0
SP4+PZ	1643848,454	8155108,336	68,9	10,0
SP5	1643887,494	8155050,965	67,7	10,0
SP6+PZ	1643935,856	8155009,792	67,1	10,0
P2	1643893,556	8155200,589	76,4	0,9
P3	1643920,872	8155185,969	77,0	2,6
P4	1643897,066	8155143,163	74,4	4,3
P5	1643873,735	8155112,520	70,9	8,0
P6	1643910,882	8155087,804	71,3	1,0
P7	1643855,039	8155065,677	66,3	8,0
P8	1643932,950	8155074,451	71,9	8,0
P9	1643933,959	8155042,497	69,5	0,9
P10	1643876,048	8155010,524	64,2	8,0

Ces cotes, mesurées par nos soins, ne sont données qu'à titre indicatif, elles doivent être vérifiées et/ou corrigées par un géomètre expert.

1.4. Documents transmis

Pour la réalisation de la présente étude, le Maître d'Ouvrage nous a transmis les documents suivants :

- ✓ Plan parcellaire des différents lots du projet de la ZAC BELLES VUES (A11 à A16), daté du 10/2020,
- ✓ Plan de masse du projet, non daté,
- ✓ Plan du foncier accessible, non daté.

2. CADRE GEOTECHNIQUE DU SITE

2.1. Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

Le projet sera réalisé dans un secteur faiblement urbanisé (ZAC en cours d'aménagement). Ainsi, la réalisation du projet n'impactera aucune construction existante.

Cependant, une attention particulière sera apportée afin de ne pas déstabiliser les éventuels structures et ouvrages mitoyens en limite de propriété (murs de clôture, voirie, etc) ou traversant le site (réseaux).

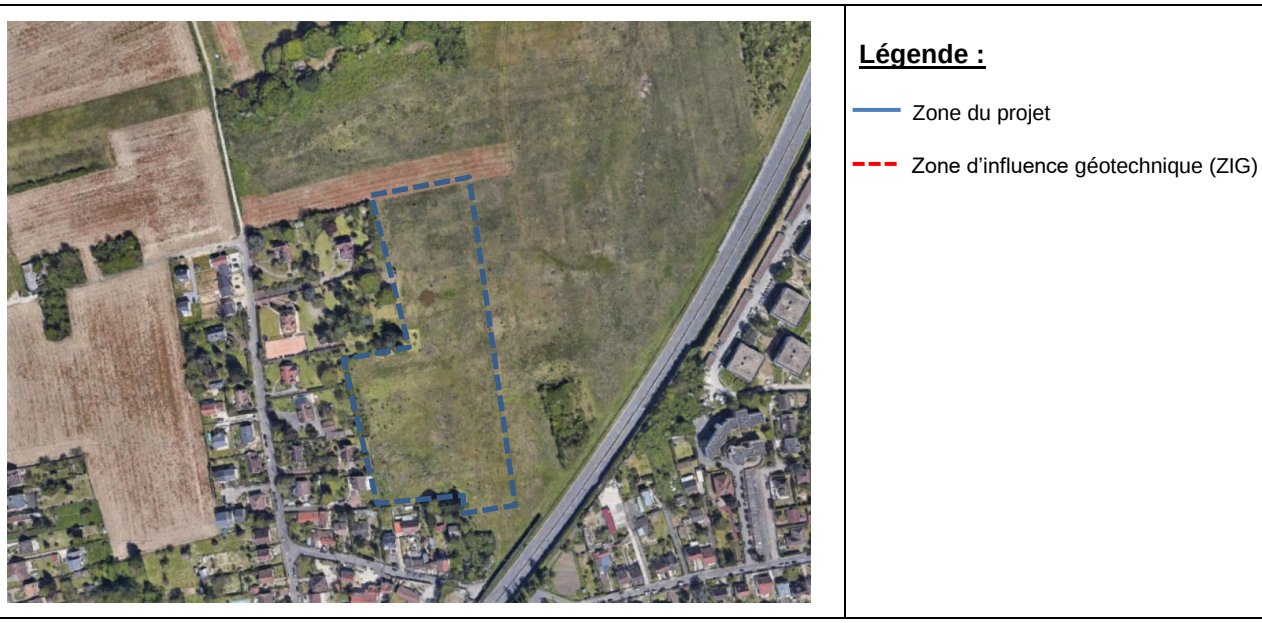


Figure 3 – Vue aérienne avec implantation de la parcelle du projet

2.2. Cadre Géologique

La figure ci-après montre la position du terrain, sur la carte géologique au 1/50 000e d'ETAMPES.

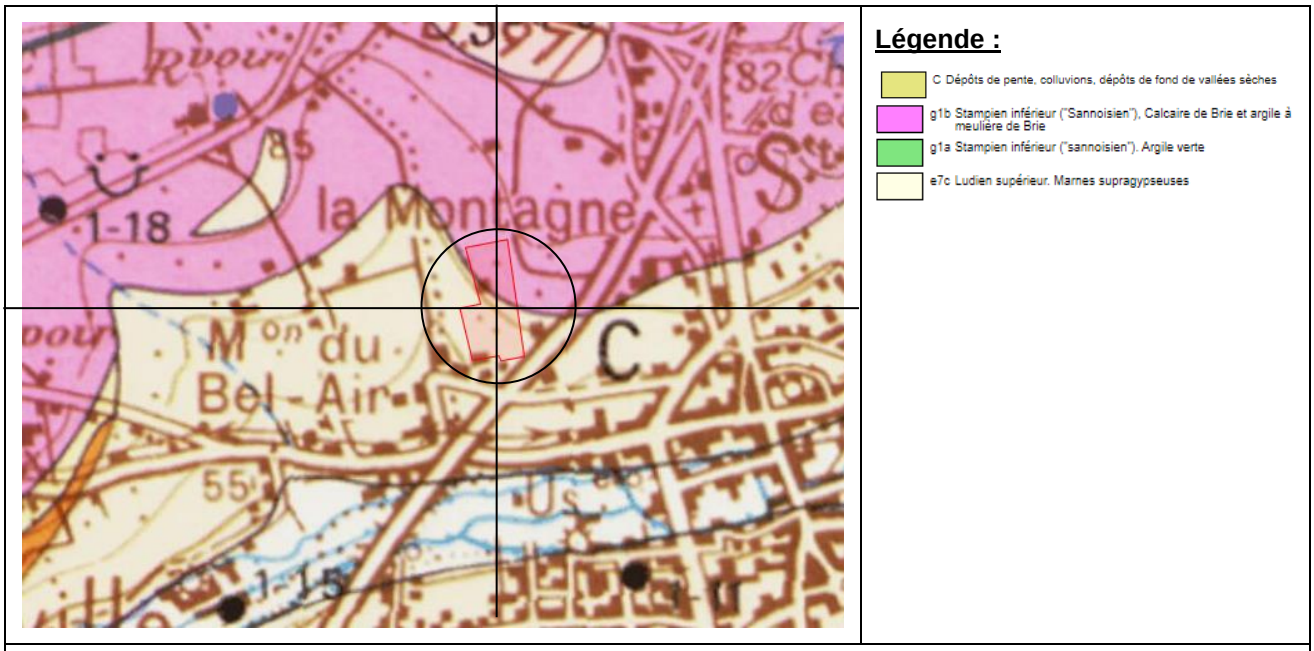


Figure 4 - Extrait de la carte géologique d'ETAMPES au 1/50 000ème

Ainsi, le site présenterait la succession lithologique suivante :

- *Colluvions de pente ou Eboulis,*
- *Formation de Brie : Argiles à Meulières de Brie et Calcaire de Brie,*
- *Argiles Vertes,*
- *Marnes Supragypseuses.*

2.3. Cadre Géomorphologique

Le site se trouve au nord-ouest de la commune d'ARPAJON en contexte de coteau. Il présente une forte pente orientée nord > sud avec des altimétries comprises entre 78,1 et 64,1 NGF, soit un dénivelé de l'ordre de 14,0 m entre le point le plus haut et le point le plus bas.

2.4. Cadre Hydrogéologique

La première nappe qui pourrait être traversée, serait la nappe de l'*Oligocène* contenue dans la *Formation de Brie* et reposant sur les niveaux imperméables des *Argiles Vertes* sous-jacentes.

D'autre part, une nappe d'infiltration de coteau alimentée essentiellement par la pluviométrie ou des circulations d'eau anarchiques au sein des horizons supérieurs et selon la pente ne sont pas exclues, notamment en périodes pluvieuses.

2.5. Recensement des aléas naturels et anthropiques

- **Retrait / gonflement des argiles**

Le projet se trouve à cheval entre une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa **fort** vis-à-vis du retrait / gonflement des argiles, selon le site http://www.georisques.gouv.fr/.

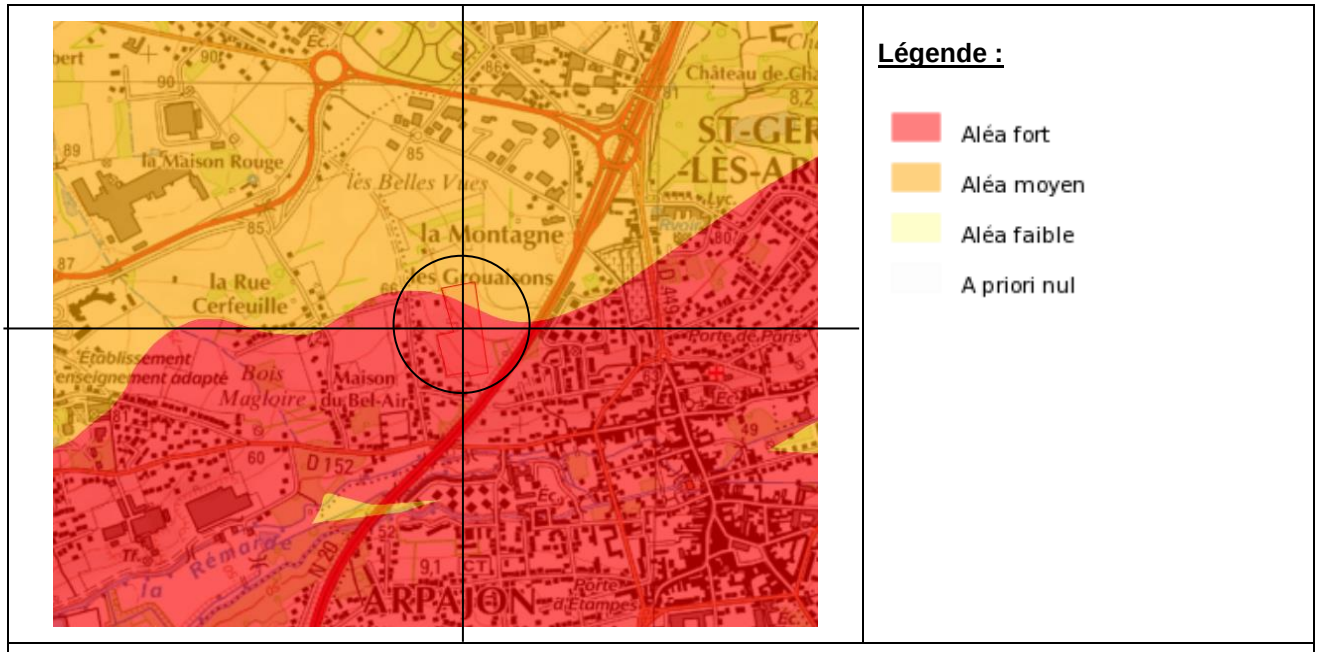


Figure 5 - Extrait de la carte issue du site http://www.georisques.gouv.fr/

- **Inondations**

Le site étudié se trouve en dehors des zones inondables par débordement de l'*Orge*, d'après le PPRI des vallées de l'*Orge* et de la *Sallemouille*.

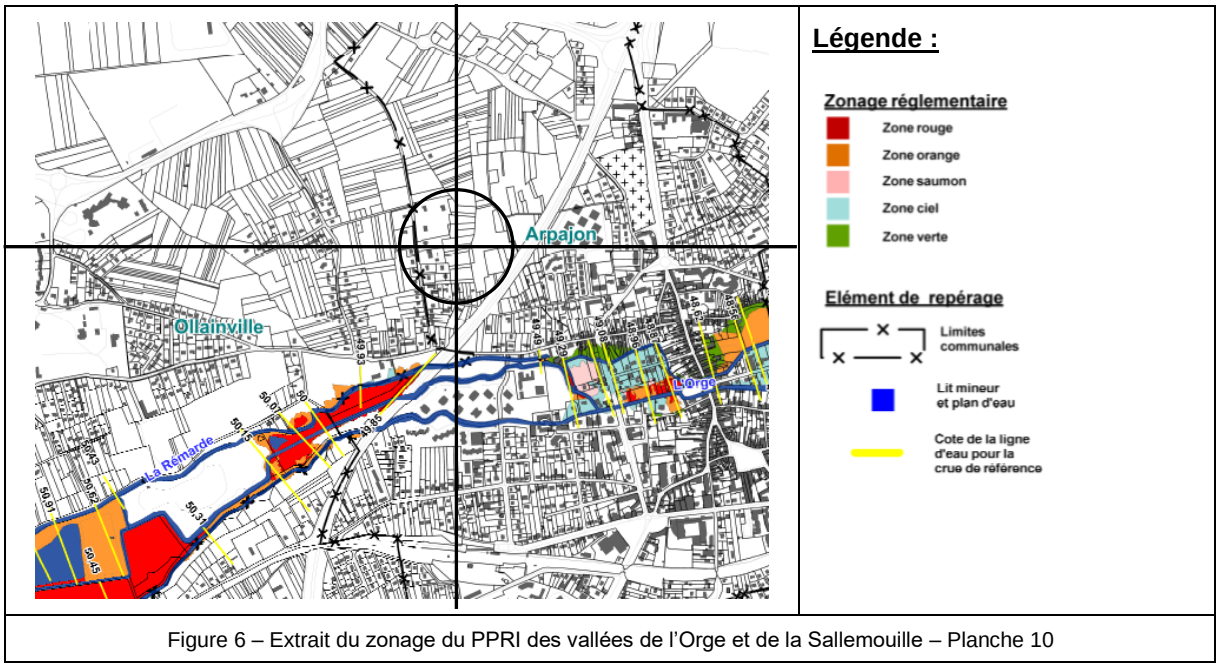


Figure 6 – Extrait du zonage du PPRI des vallées de l'Orge et de la Sallemouille – Planche 10

- **Carrières et dissolution de gypse**

Le site se trouve en dehors des zones d'anciennes exploitations souterraines ou à ciel ouvert recensées et également en dehors du périmètre de risque de dissolution du gypse antéludien.

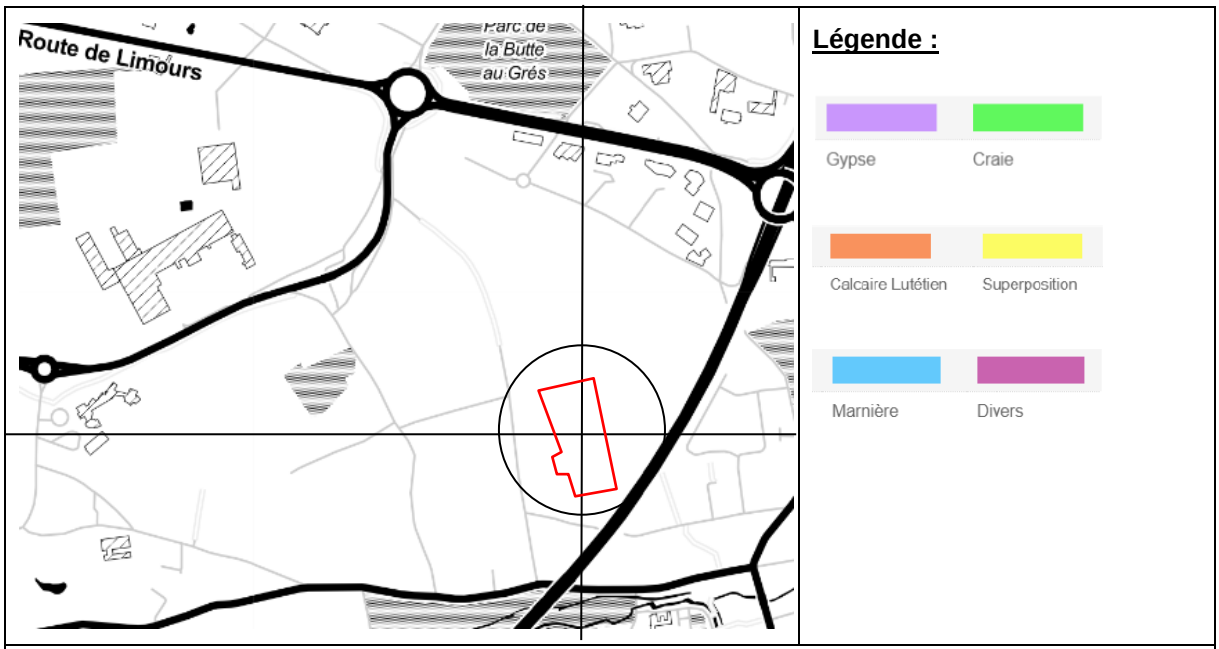


Figure 7 – Extrait de la carte de zonage carrières (IGC de VERSAILLES)

- **Sismicité**

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante. La commune d'ARPAJON (91) se trouve dans une zone de sismicité 1 (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal ».

3. RESULTATS DES RECONNAISSANCES

3.1. Lithologie

Les niveaux géologiques et géotechniques décrits ci-après sont donnés en termes de profondeur par rapport à la surface du sol naturel au moment de notre intervention. Ainsi, sous une épaisseur de 0,2 m d'une couverture végétale, nous avons rencontré les horizons suivants :

- ✓ Des ***Eboulis*** ont été rencontrés jusqu'à 2,0 / 5,0 m de profondeur, soit jusqu'à 75,6 / 65,0 NGF. Il s'agit d'un limon sableux plus ou moins argileux marron avec des cailloutis et rognons calcaires blanchâtres ainsi que des passages d'argiles vertes et de marnes argileuse beiges en profondeur,
- ✓ Au-delà, les ***Marnes Supragypseuses*** ont été identifiées jusqu'à l'arrêt des sondages à 10,0 m de profondeur, soit jusqu'à 68,1 / 57,1 NGF. Elles se présentent sous forme d'une marne argileuse beige jaunâtre à blanchâtre. Des bancs et/ou blocs indurés de calcaire ont été mis en évidence au sein de cette formation.

NOTA : Les ensembles stratigraphiques ont été transmis à titre indicatif. En effet, en absence de sondage carotté, l'interprétation a été faite à partir des enregistrements de paramètres de forage et des prélèvements remaniés.

3.2. Présence d'eau

Les niveaux d'eau mesurés s'établissent comme suit :

Mesure en fin de chantier le 08/03/2021						
Sondage	**SP1+PZ**	**SP2**	**SP3**	**SP4+PZ**	**SP5**	**SP6+PZ**
m/TN	-5,8	-6,0	-3,8	-6,4	-3,8	-4,8
NGF	72,3	69,1	70,3	62,5	63,9	62,3
Mesure complémentaire le 16/03/2021						
Sondage	**SP1+PZ**	**SP2**	**SP3**	**SP4+PZ**	**SP5**	**SP6+PZ**
m/TN	Non trouvé	--	--	-4,8	--	-2,8
NGF	--	--	--	64,1	--	64,3

En fin de chantier, les niveaux d'eau non stabilisés étaient compris entre 3,8 et 6,4 m de profondeur, soit entre 72,3 et 62,3 NGF. Ces niveaux ont été perturbés par la technique de forage avec injection de fluide.

Le relevé complémentaire réalisé le 28/05/2020, met en évidence des niveaux d'eau plus ou moins stabilisés entre 2,8 et 4,8 m de profondeur, soit entre 64,3 et 64,1 NGF. Ces niveaux d'eau correspondent vraisemblablment à la nappe de l'*Eocène Supérieur* recelée au sein des *Marnes Supragypseuses*.

D'après notre connaissance du secteur et en se basant sur les différents relevés piézométriques réalisés au droit de la ZAC, une nappe superficielle d'infiltration est attendue au droit du site à faible profondeur. Celle-ci est alimentée principalement par la pluviométrie et dépend grandement des conditions météorologiques. Elle apparait lors d'épisodes pluviométriques importants et serait moins présente, voire absente, en périodes favorables. Elle circulerait sur les niveaux argileux très peu perméables des horizons supérieurs.

Seul un suivi piézométrique régulier sur un cycle saisonnier permettra de préciser la nature et les fluctuations des niveaux d'eau mesurés.

3.3. Caractéristiques mécaniques

- **Caractéristiques pressiométriques**

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (Em : module pressiométrique, Pl* : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués à partir de 1,0 m de profondeur et selon un espacement de 1,0 / 1,5 m au droit des différents sondages. Ci-joint l'analyse statistique des résultats obtenus :

Horizons	Profondeur de la base		Caractéristiques Pressiométriques				Commentaire sur la compacité
	m/TN	NGF	E_m (MPa)	P_l* (MPa)	Nb	α	
Eboulis	-2,0 / -5,0	75,6 / 65,0	6,3 ≤ Em ≤ 18,3 Em $_{Moy}$ = 9,2	0,43 ≤ Pl* ≤ 1,79 Pl*$_{Moy}$ = 0,78 σ = 0,33	16	2/3	Hétérogène (médiocre à assez élevée)
Marnes Supragypseuses	<-10,0	< 68,1 / 57,1	7,7 ≤ Em ≤ 20,6 Em $_{Moy}$ = 14,1	0,68 ≤ Pl* ≤ 1,29 Pl*$_{Moy}$ = 0,98 σ = 0,17	20	1/2	Moyenne à assez élevée

NOTA : Em $_{Moy}$ = Moyenne harmonique, Pl*$_{Moy}$= Moyenne géométrique, σ = écart type et α = coefficient rhéologique.

Les valeurs pressiométriques au sein des *Eboulis* mettent en évidence des compacités hétérogènes (médiocres à assez élevées), attestant de la présence de passages mous avec parfois quelques passages de compacités assez élevées, dû à la présence possible de blocs.

Au-delà, les *Marnes Supragypseuses* sont moyennement raides dans l'ensemble, avec quelques passages de compacité assez élevée, témoignant de la présence de blocs et / ou bancs indurés de calcaire.

- **Caractéristiques pénétrométriques**

Les diagrammes de pénétration dynamique donnent les valeurs de la résistance dynamique de pointe (**R_d**) en fonction de la profondeur. Les valeurs de résistance dynamique (**R_d**) mesurées au droit des sondages P2 à P10 peuvent être interprétées de la façon suivante :

- 0 à 2 MPa : résistance très faible à faible,
- 2 à 4 MPa : résistance médiocre,
- 4 à 8 MPa : résistance moyenne,
- 8 à 15 MPa : résistance élevée,
- > 15 MPa : résistance très élevée.

Les diagrammes de pénétration dynamique, portant en fonction de la profondeur les valeurs de la Résistance Dynamique de pointe (Rd), peuvent être commentés comme suit :

P2 (75,6 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 0,5	Faible
0,5 à 0,6	Moyenne
0,6 à 0,9	Elevée
0,9	Refus

P3 (77,0 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 1,2	Faible
1,2 à 1,4	Médiocre
1,4 à 2,5	Moyenne
2,5 à 2,6	Elevée
2,6	Refus

P4 (74,4 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 0,8	Moyenne avec un pic de Rd élevé vers 0,6 m
0,8 à 1,6	Faible
1,6 à 4,0	Médiocre avec quelques pics de Rd moyenne vers 2,5 m et 3,2 m
4,0 à 4,1	Moyenne
4,1 à 4,3	Elevée
4,3	Refus

P5 (70,9 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 1,3	Faible
1,3 à 2,7	Médiocre
2,7 à 4,0	Moyenne
4,0 à 6,4	Médiocre avec quelques pics de Rd moyenne vers 4,7, 5,0 et 5,4 m
6,4 à 8,0	Moyenne
8,0	Arrêt

P6 (71,3 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 0,5	Faible
0,5 à 0,6	Moyenne
0,6 à 1,0	Elevée
1,0	Refus

P7 (66,3 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 1,0	Faible
1,0 à 2,5	Moyenne
2,5 à 5,3	Médiocre avec quelques pics de Rd moyenne vers 2,7, 3,6, 3,9 et 4,6 m
5,3 à 8,0	Moyenne
8,0	Arrêt

P8 (71,9 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 1,7	Faible avec quelques pics médiocres vers 0,3 m et 1,1 m
1,7 à 3,0	Moyenne
3,0 à 4,3	Médiocre
4,3 à 5,1	Médiocre avec quelques pics de Rd moyenne vers 4,4 et 4,9 m
5,1 à 8,0	Moyenne
8,0	Arrêt

P9 (69,5 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 0,4	Médiocre
0,4 à 0,9	Elevée
0,9	Refus

P10 (64,2 NGF)	
Prof. (m)	**Rd (MPa)**
0 à 1,9	Faible à médiocre
1,9 à 5,5	Médiocre avec quelques pics de Rd moyenne vers 2,6, 3,5, 3,8 et 4,8 m
5,8 à 8,0	Moyenne
8,0	Arrêt

Les sondages pénétrométriques P2 à P9 mettent en évidence des compacités faibles à médiocres en tête, soit jusqu'à 0,5 / 4,0 m de profondeur, correspondant vraisemblablement aux *Eboulis*. Puis, elles deviennent globalement moyennes à élevées en profondeur, au sein des *Marnes Supragypseuses.*

Les sondages P2 à P4, P6 et P9 ont été arrêtés au refus entre 0,9 et 4,3 m de profondeur. Ces refus prématurés sont liés à la présence des blocs et/ou bancs indurés soit au sein des *Eboulis* soit au niveau du toit des *Marnes Supragypseuses*.

Les résultats des sondages pénétrométriques coïncident avec ceux des sondages pressiométriques.

3.4. Essais de laboratoire

Des essais d'identification selon le GTR et des analyses chimiques ont été réalisés sur les échantillons, prélevés au droit des sondages SP1, SP3, SP4 et SP6 entre 0 et 2,0 m de profondeur.

- **Identifications GTR**

Les résultats des essais menés en laboratoire sur les échantillons prélevés au droit des sondages de reconnaissances géologiques sont présentés dans le tableau récapitulatif suivant :

Sond.	**Prof.** (m)	**Nature de l'échantillon** (Formation)	**W_N** (%)	**Granulométrie**			**VBS (g/100g)**	**Classe GTR NFP11-300**
				Dmax (mm)	**2 mm (%)**	**<80µm (%)**		
SP1	0,2 à 1,6	*Eboulis :* Limon sableux marron avec des cailloutis blancs	17,0	16,0	87,6	42,3	2,15	A_1
SP3	0,2 à 1,0	*Eboulis :* Argile limoneux marron avec des cailloutis blancs	25,4	16,0	77,7	55,4	2,83	A_2
SP4	0,2 à 1,1	*Eboulis :* Limon sableux marron avec des cailloutis blancs	20,0	16,0	86,3	50,5	2,30	A_1
SP6	0,2 à 1,7	*Eboulis :* Limon marron + marne argileuse blanchâtre avec des cailloutis	26,9	8,0	99,2	96,4	3,15	A_2

W_N : Teneur en eau naturelle,
Dmax : Diamètre du plus gros élément,
2 mm : Pourcentage d'éléments passant au tamis de 2 mm,
< 80µm : Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 microns,
VBS : Valeur de bleu de méthylène

Ces essais permettent de classer les échantillons selon le GTR (Guide Technique des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes établi par le SETRA-LCPC, 1992) et la norme qui en découle NF P 11-300.

Les échantillons prélevés au droit des sondages, au sein des *Eboulis,* ont été identifiés comme des matériaux de classes GTR « A_1 » et « A_2 ». Ils correspondent à des sols fins, peu plastiques et très sensibles à la variation de teneur en eau avec des chutes brutales de consistance et de portance pour des faibles augmentations de celle-ci.

- **Analyses physico-chimiques**

Des essais physico-chimiques ont également été réalisés sur les échantillons prélevés, au droit des sondages à la tarière. Les résultats des essais en laboratoire pour les teneurs en sulfates déterminées en mg/kg Ms, les teneurs en matière organique (MO) déterminées en % sont résumés dans le tableau suivant :

Sondage	Prof. (m)	*Formation* et Nature des matériaux	Teneur en sulfates (SO4)		Teneur en MO (% Ms)
			mg/kg MS	% Ms	
SP1	0,2 à 1,6	*Eboulis :* Limon sableux marron avec des cailloutis blancs	67	0,0067	2,1
SP3	0,2 à 1,0	*Eboulis :* Argile limoneux marron avec des cailloutis blancs	< 50	<0,0050	4,4
SP4	0,2 à 1,1	*Eboulis :* Limon sableux marron avec des cailloutis blancs	< 50	<0,0050	2,5
SP6	0,2 à 1,7	*Eboulis :* Limon marron + marne argileuse blanchâtre avec des cailloutis	< 50	<0,0050	3,2

Légende :

MO : Matière Organique,

Ms : Matière Sèche.

Les analyses chimiques concernant la détermination de la teneur en sulfates, dans les sols superficiels issus de l'horizon des *Eboulis* ont mis en évidence des valeurs faibles largement inférieures à la valeur seuil de 0,50 % donnant une première orientation concernant la possibilité de traitement des sols. De plus, elles témoignent d'un milieu non agressif vis-à-vis du béton.

La teneur en matières organiques mesurée est comprise entre 2,1 et 4,4 %.

- **Réutilisation de matériaux du site**

En première approche et dans les conditions optimales, les sols superficiels locaux issus de l'horizon des *Eboulis* peuvent être utilisés en remblai, moyennant un traitement à la chaux. Pour un réemploi en couche de forme, ces sols devront être traités aux liants hydrauliques associés éventuellement à la chaux, sous réserve d'essais d'aptitude au traitement, en vérifiant les critères de gonflement et de portance.

Nous rappelons que les sols fins dans un état hydrique très humide ou très sec (« th » ou « ts ») tout comme les éventuels remblais anthropiques seront exclus de toute réutilisation. De même, l'utilisation des passages argileux verdâtres, réputées très plastiques et sensibles au phénomène de retrait gonflement, observés dans certaines zones du projet doit être proscrite que ce soit en remblais ou en couche de forme.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

4.1. Synthèse du contexte géotechnique

L'étude documentaire et la reconnaissance du site ont mis en évidence les éléments suivants sous une épaisseur de 0,2 m d'une couverture végétale :

Lithologie

- ✓ Des ***Eboulis*** de compacités hétérogènes (globalement faibles à médiocre en tête puis médiocres à assez élevées) ont été rencontrés jusqu'à 2,0 / 5,0 m de profondeur, soit jusqu'à 75,6 / 65,0 NGF. Il s'agit d'un limon sableux plus ou moins argileux marron avec des cailloutis et rognons blanchâtres ainsi que des passages d'argiles vertes et de marnes argileuses beiges en profondeur. Les sondages ont mis en évidence la présence de blocs indurés de calcaire au sein de cette formation,
- ✓ Au-delà, les ***Marnes Supragypseuses,*** moyennement raides dans l'ensemble, ont été identifiées jusqu'à l'arrêt des sondages à 10,0 m de profondeur, soit jusqu'à 68,1 / 57,1 NGF. Elles se présentent sous forme d'une marne argileuse beige jaunâtre à blanchâtre avec des bancs et/ou blocs indurés de calcaire.

Hydrologie

- ✓ Le 16/03/2021, des niveaux d'eau plus ou moins stabilisés ont été mesurés vers 2,8 / 4,8 m de profondeur, soit à 64,3 / 64,1 NGF. Ils correspondraient à la nappe de l'*Eocène Supérieur* recelée au sein des *Marnes Supragypseuses*,
- ✓ Une nappe superficielle d'infiltration est attendue au droit du site à faible profondeur. Celle-ci est alimentée principalement par la pluviométrie et dépend grandement des conditions météorologiques. Elle apparait lors d'épisodes pluviométriques importants et serait moins présente, voire absente, en périodes favorables.

4.2. Préconisations générales de constructions – G1 PGC

- **Fondations**

Le projet prévoit la construction d'environ 60 maisons individuelles. Les caractéristiques de ces maisons ainsi que leurs cotes de niveaux bas ne sont pas définies.

En l'absence d'information plus précises, nous allons considérer en première hypothèse les deux cas suivants :

- Les maisons seront sans sous-sol, c'est-à-dire que leurs niveaux bas seront situés sensiblement au même niveau que le TN actuel et futur,
- Les maisons seront sur un niveau de sous-sol, c'est-à-dire que leurs niveaux bas seront enterrés d'environ 2,5 à 3,0 m par rapport au TN actuel et futur.

Compte tenu du contexte géotechnique du site, on s'orientera vers les solutions de fondations suivantes, en fonction des caractéristiques des maisons projetées :

- Maisons individuelles sans sous-sol :

On pourra envisager la réalisation de fondations superficielles de type **semelles isolées et/ou filantes**, ancrées dans les *Eboulis*, tout en respectant une profondeur d'encastrement minimale de -1,5 m/TN actuel et TN extérieur fini. Cette formation présente à ces profondeurs des caractéristiques mécaniques médiocres dans l'ensemble.

Dans les zones où les plateformes des maisons seront en léger remblais, la réalisation des fondations nécessitera des rattrapages en gros béton pour traverser les remblais de réhausse et assurer le critère d'ancrage d'au-moins -1,5 m / TN initial.

La contrainte admissible au sol à l'ELS sera comprise entre : **0,13 ≤ q_{ELS} ≤ 0,18 MPa** (entre 1,3 et 1,8 bars). Elle sera précisée après définition du projet et l'estimation des tassements prévisibles, dans le cadre de la mission G2 AVP.

- Maisons individuelles avec sous-sol :

En considérant un niveau bas du R-1 situé entre -2,5 et -3,0 m/TN, la création d'un niveau enterré permet de s'affranchir de l'horizon supérieur des *Eboulis* de compacité faible à médiocre. Ainsi, on pourra envisager la réalisation de fondations superficielles de type **semelles isolées et/ou filantes** ancrées de 0,40 m minimum au sein des limons sableux plus ou moins argileux marron avec des cailloutis et blocs calcaires et comportant des passages d'argiles vertes et de marnes argileuses beiges (*Eboulis*), voire localement au sein des *Marnes Supragypseuses* (marnes argileuses beige jaunâtre à blanchâtres avec des blocs de calcaire).

La contrainte admissible au sol à l'ELS sera comprise entre : **0,20 ≤ q_{ELS} ≤ 0,25 MPa** (entre 2,0 et 2,5 bars) et sera précisée après définition du projet et l'estimation des tassements prévisibles, dans le cadre de la mission G2 AVP.

- **Gestion de l'eau des maisons individuelles avec un niveau enterré**

En première approche, nous considérons que les maisons individuelles projetées présenteront un niveau enterré dont le niveau bas sera situé vers -3,0 m/TN actuel et futur.

Nous rappelons qu'en mars 2021, les niveaux d'eau ont été mesurés entre 2,8 et 4,8 m de profondeur, soit entre 64,3 et 64,1 NGF. Ils correspondraient à la nappe de l'*Eocène Supérieur* recelée au sein des *Marnes Supragypseuses*.

Par ailleurs, une nappe superficielle d'infiltration est attendue au droit du site à faible profondeur. Celle-ci est alimentée principalement par la pluviométrie et dépend grandement des conditions météorologiques. Elle apparait lors d'épisodes pluviométriques importants et serait moins présente, voire absente, en périodes favorables.

Ainsi, les travaux de terrassement de la fouille générale et/ou des fondations pourraient recouper localement la nappe de *l'Eocène Supérieur,* notamment dans la partie aval (niveau d'eau mesuré vers -2,8 m/TN). De plus, ils pourraient être impactés par la nappe superficielle qui se manifeste notamment en périodes pluvieuses sur l'ensemble du site.

- En phase chantier, les dispositions nécessaires à l'épuisement des arrivées d'eau d'infiltration et de ruissellement présents sur l'ensemble du site devront être mise en œuvre, notamment en périodes pluvieuses défavorables. De plus, dans la partie aval du site, l'entreprise devra prévoir un système d'épuisement de la nappe de *l'Eocène Supérieur* et de gestion adapté aux arrivées d'eau, permettant de travailler à sec.

- En phase définitive, les parties enterrées devront être protégées vis-à-vis de la présence et des remontées de la nappe superficielle présente sur l'ensemble du site, et de la nappe de *l'Eocène Supérieur* présente à faible profondeur, en partie aval du site. On s'orientera vers une solution de protection par cuvelage étanche du plancher bas et des différents voiles enterrés.

En effet, une solution de drainage n'est pas envisageable, étant donné que le DLE (dossier loi sur l'eau) de la ZAC ne permet pas de rejeter les eaux d'exhaure au réseau.

NOTA : Les techniques de protection nécessaires seront précisées en mission G2 AVP après le calage altimétrique des niveaux finis des planchers bas des constructions projetées en cote NGF et en fonction des niveaux de référence de remontées de la nappe en phase définitive.

Dans tous les cas, afin de statuer sur les niveaux stabilisés des nappes (infiltrations et *Eocène Supérieur*) et leurs fluctuations, nous recommandons de réaliser un suivi piézométrique sur au moins un cycle saisonnier. Par ailleurs, nous recommandons la réalisation d'une étude hydrogéologique permettant de définir les Niveaux des Plus Hautes Eaux (NPHE).

- **Terrassement et excavation des terres**

Les travaux d'excavation et d'exécution des voiles enterrés devront être effectués avec une méthodologie adaptée au contexte. D'après la configuration du site et en l'absence de structure mitoyenne, les voiles enterrés pourront être exécutés soit par talutage, selon l'espace disponible, soit par passes alternées avec butonnage à l'avancement.

L'exécution des terrassements devra prendre en compte la faible cohésion de la formation superficielle (*Eboulis*). De plus, elle devra être adaptée à la présence de blocs et/ou bancs indurés présents au sein des *Eboulis et des Marnes Supragypseuses* (l'utilisation d'engins spécifiques et/ou matériel de type BRH pourra être nécessaire).

Dans tous les cas, les travaux de terrassements devront garantir la stabilité des ouvrages (existants et projetés) et la sécurité des personnes, tant en phase provisoire que définitive. Ils devront être adaptés aux éventuelles structures situées dans la ZIG (à préciser en mission G2 AVP).

- **Niveaux bas**

- Maisons individuelles sans sous-sol

Compte tenu de la nature noble des locaux en RDC (surface habitable) et la sensibilité à l'eau des sols superficiels (leur portance et leur consistance peuvent chuter brutalement en cas de changement de la teneur en eau), les niveaux bas du RDC des maisons individuelles sans sous-sol devront être de type plancher porté par les fondations.

Par ailleurs, les plateformes des constructions projetées seront situées au sein des *Eboulis*, comportant des passages d'argiles vertes *(*sensibles au phénomène de retrait-gonflement). Ainsi, les niveaux bas devront être coulés sur un coffrage biodégradable. Ceci permettra d'assurer un vide technique d'une épaisseur minimale de 10 cm entre les sols en place et le plancher pour le libre retrait/gonflement des argiles.

- Maisons individuelles avec sous-sol

Compte tenu du mode de protection des parties enterrées par cuvelage étanche, le niveau bas devra être de type plancher porté par les fondations et sera dimensionné pour résister aux sous-pressions.

En première approche, en considérant un niveau bas situé vers 3,0 m de profondeur par rapport au TN actuel et futur (à confirmer), le fond de fouille des maisons sera situé soit au sein des *Eboulis,* comportant des passages d'argiles vertes *(*sensibles au phénomène de retrait-gonflement), soit au sein des *Marnes Supragypseuses*.

Ainsi, dans les secteurs où le fond de fouille sera situé au sein des *Eboulis*, celui-ci devra être coulé sur un coffrage biodégradable. Ceci permettra d'assurer un vide technique d'une épaisseur minimale de 10 cm entre les sols en place et le plancher pour le libre retrait/gonflement des argiles. Dans les autres secteurs où le fond de de fouille sera situé au sein des *Marnes Supragypseuses*, celui-ci pourra être coulé en place.

5. ALEAS ET RISQUES IDENTIFIES

Conformément à la philosophie de la norme NFP94-500 de novembre 2013, l'objectif de la reconnaissance géotechnique en phase G1 PGC, est d'identifier les premiers risques liés à la nature des sols. Ceci permettra d'adapter le projet en conséquence et d'orienter les reconnaissances en phase G2 AVP. Ci-après les principaux risques mis en lumière :

- ✓ La présence d'une nappe superficielle à faible profondeur se manifestant notamment en périodes pluvieuses, et dépendant grandement des conditions météorologiques,
- ✓ La présence de la nappe de *l'Eocène Supérieur*, soit vers 2,8 / 4,8 m de profondeur, soit à 64,3 / 64,1 NGF, recelée au sein des *Marnes Supragypseuses*,
- ✓ La présence de passages d'argiles vertes, réputées plastiques et sensibles au phénomène de retrait / gonflement, au sein des *Eboulis,*
- ✓ L'absence de calage altimétrique des niveaux bas des maisons individuelles projetées,
- ✓ La présence de blocs et/ou bancs indurés des *Eboulis* et des *Marnes Supragypseuses* (l'utilisation d'engins spécifiques et/ou matériel de type BRH pourra être nécessaire),
- ✓ La faible cohésion des sols superficiels en place (*Eboulis*),
- ✓ Les niveaux stabilisés et les fluctuations saisonnières de la nappe au droit du projet à définir par un suivi piézométrique, afin de préciser les dispositions des protections contre l'eau des éventuelles parties enterrées,
- ✓ La présence éventuelle de circulations d'eau anarchiques dans les sols superficiels, notamment en période pluvieuse,
- ✓ La sensibilité des sols locaux à l'eau pouvant entrainer des difficultés de traficabilité en phase travaux en périodes pluvieuses.

Les reconnaissances en G2 AVP doivent permettre de vérifier les incertitudes levées par le présent rapport et de permettre au Maitre d'Ouvrage de bien prévoir l'ensemble des dispositions constructives (et leur cout) vis-à-vis des aléas liés au sol.

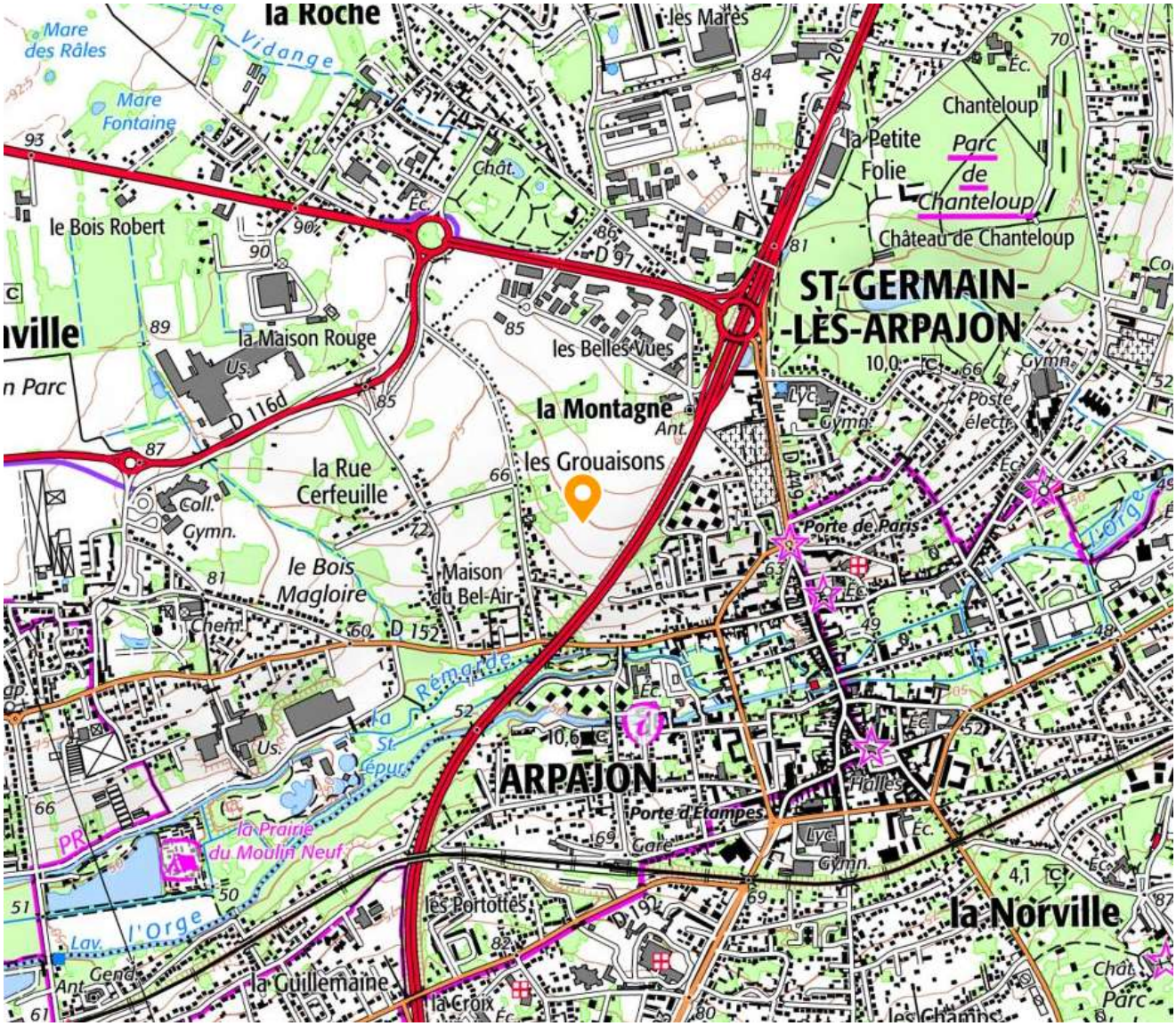
DISPOSITIONS GENERALES ET CONDITIONS D'UTILISATION

- ✓ Les conclusions indiquées auparavant ne concernent que les ouvrages décrits dans ce rapport,
- ✓ La présente étude a été réalisée au stade préliminaire, elle devra être suivie par une mission de conception G2 au stade AVP pour les bâtiments, selon les recommandations de la norme NFP94-500.
- ✓ Les recommandations détaillées dans le présent rapport résultent d'une interprétation globale de l'unique point de sondage effectué en commun accord avec le donneur d'ordre, compte tenu des conditions d'interventions sur site. Il convient ainsi de préciser que la reconnaissance de sol, quelque précise qu'elle soit, n'est pas à l'abri d'une anomalie localisée entre deux points de sondage,
- ✓ Les informations données concernant la présence d'eau sont relevées dans les piézomètres à l'époque de leur réalisation et ne reflètent pas forcément le niveau maximum atteint par la nappe, il est recommandé de prévoir des études hydrogéologiques, permettant de statuer sur les niveaux d'eau,
- ✓ En cas de présence d'ouvrages mitoyens ou de talus en déblais de grande hauteur, une étude spécifique à ceux-ci doit obligatoirement être produite. Il appartient à la Maîtrise d'œuvre et au bureau de contrôle d'en commander la fourniture,
- ✓ Dès réception du présent rapport, le client (MOA, MOE, AMO, Entreprise…) devra formuler ses remarques dans un délai de trois semaines suivant la diffusion du rapport. Au-delà de ce délai, le rapport est considéré comme validé. Aucune modification ne pourra être réclamée, sans contre partie financière, estimée selon le temps passé par l'ingénieur chargé de l'affaire.

ANNEXES

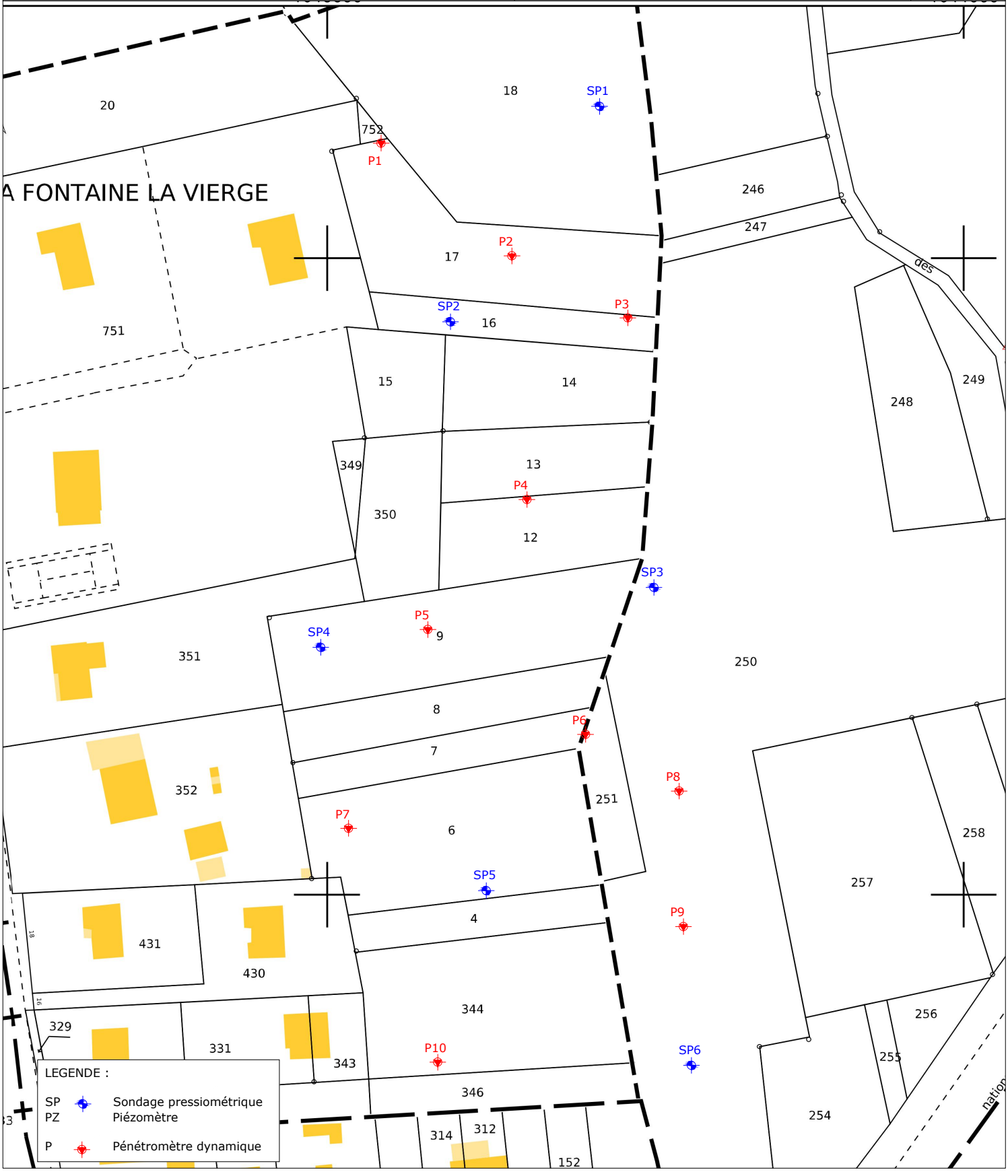
- Plan d'implantation des sondages
- Coupes des sondages pressiométriques SP1 à SP6
- Pénétrogrammes P2 à P10
- Procès verbaux des essais au laboratoire
- Extrait de la Norme NFP94-500 du 30/11/2013.

Client	Adresse chantier	Mission
SORGEM	ZAC des Belles vues ARPAJON (91)	G1 PGC



atlas GEOTECHNIQUE	PLAN DE SITUATION					
	Aff.	**Ech.**	**Ind.**	**Motif**	**Date**	**Dessin**
	210151	Sans	A	Diffusion initiale	11/03/2021	AD
				--	--	--
				--	--	--

Client	Adresse du Projet	Mission
SORGEM AU CŒUR DE L'AMÉNAGEMENT PUBLIC	ZAC des Belles Vues ARPAJON (91)	G1 PGC



atlas GEOTECHNIQUE

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

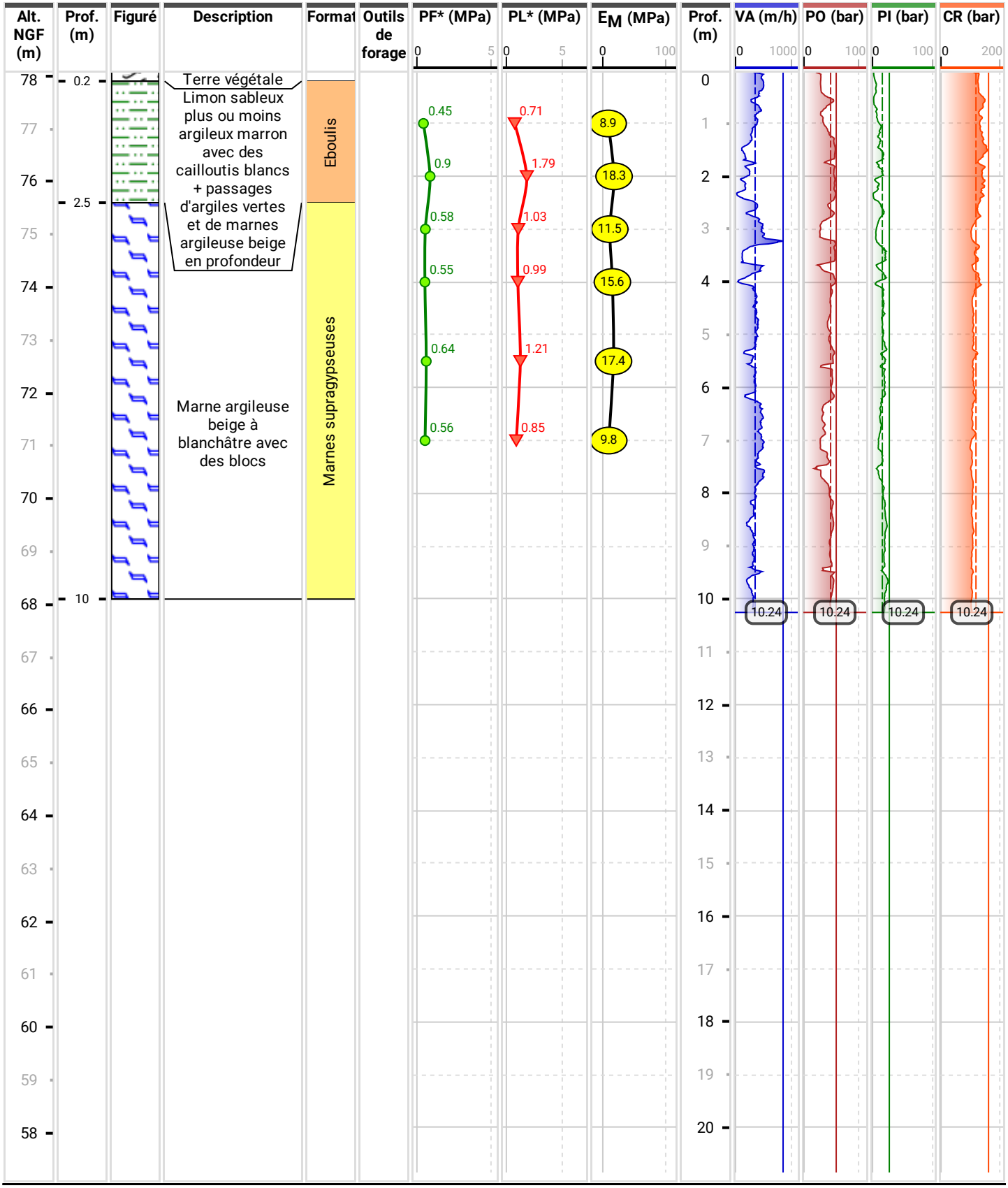
Affaire	Ech.	Ind.	Motif	Date	Dessin
210151	1/1200	A	Diffusion initiale	11/03/21	AD

atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	08/03/2021 10:34:14	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP1	30/03/2021 16:06:25	78.1 m
Cote fin	Machine	
10.24 m	TEREDO 2.8	



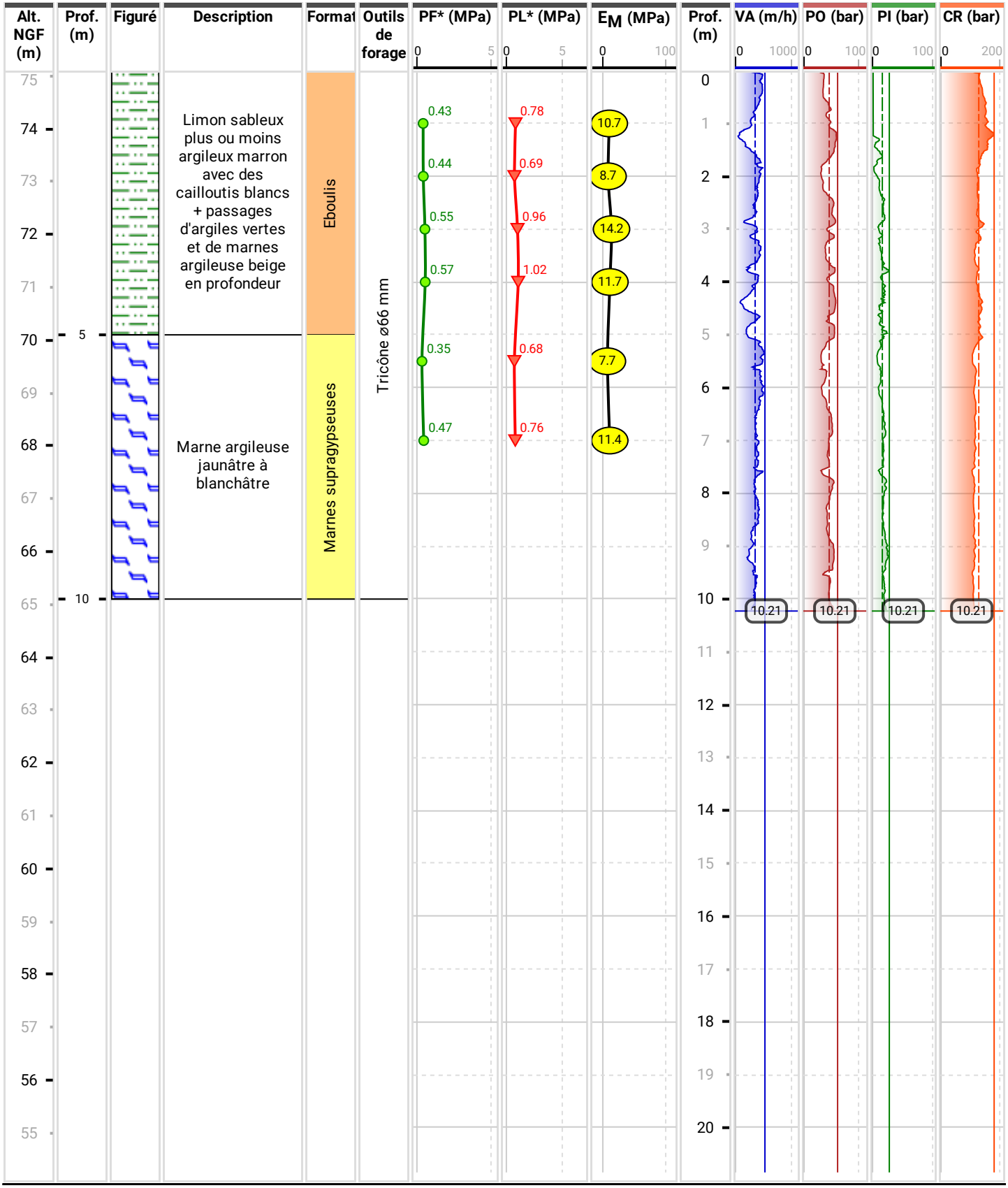
atlas GEOTECHNIQUE

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	05/03/2021 13:13:58	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP2	11/03/2021 17:07:21	75.1 m
Cote fin	Machine	
10.21 m	TEREDO 2.8, GEO 305	

Client
SORGEM

Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91), WARLUIS

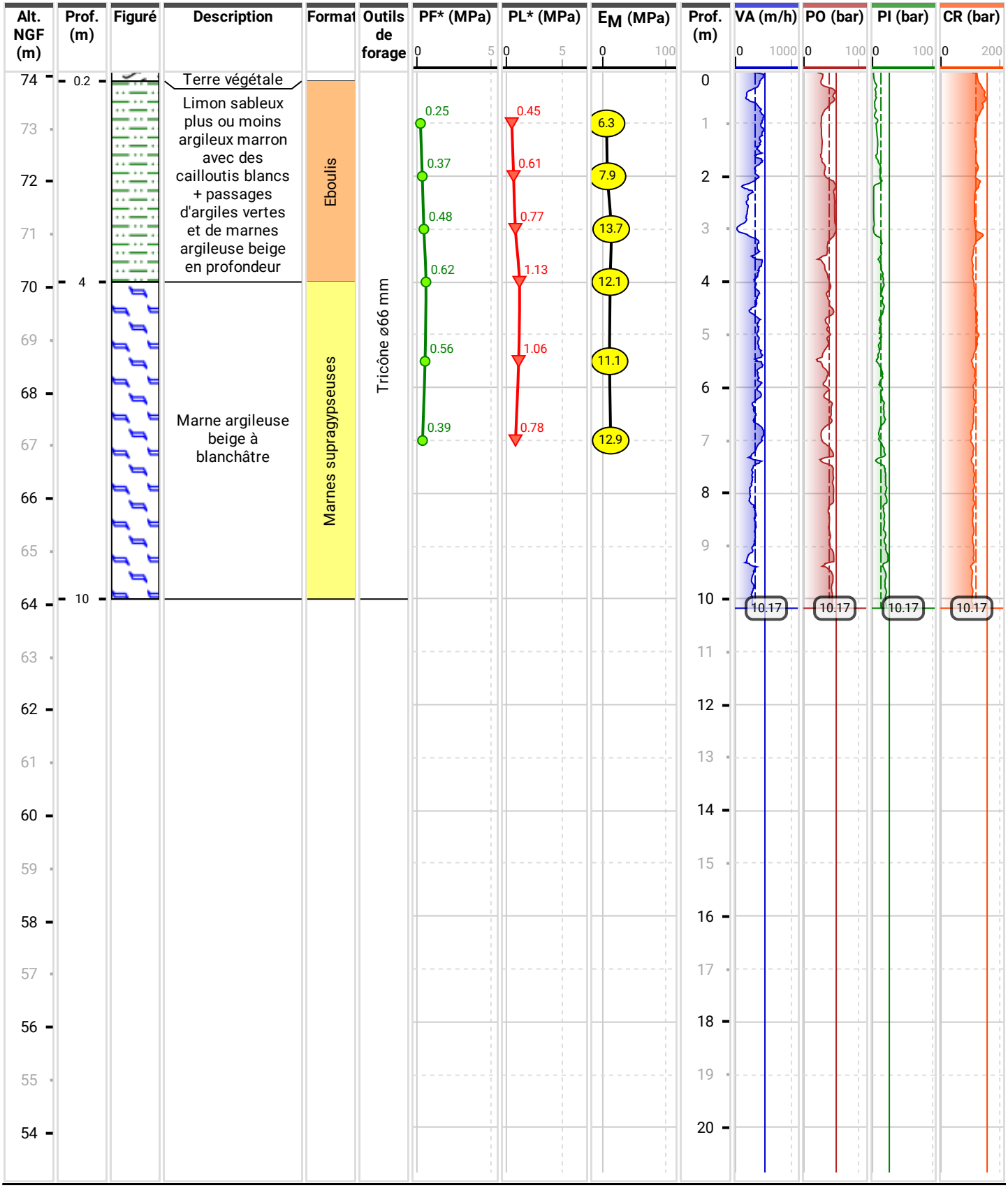


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	05/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP3	05/03/2021 12:55:11	74.1 m
Cote fin	Machine	
10.17 m	TEREDO 2.8	

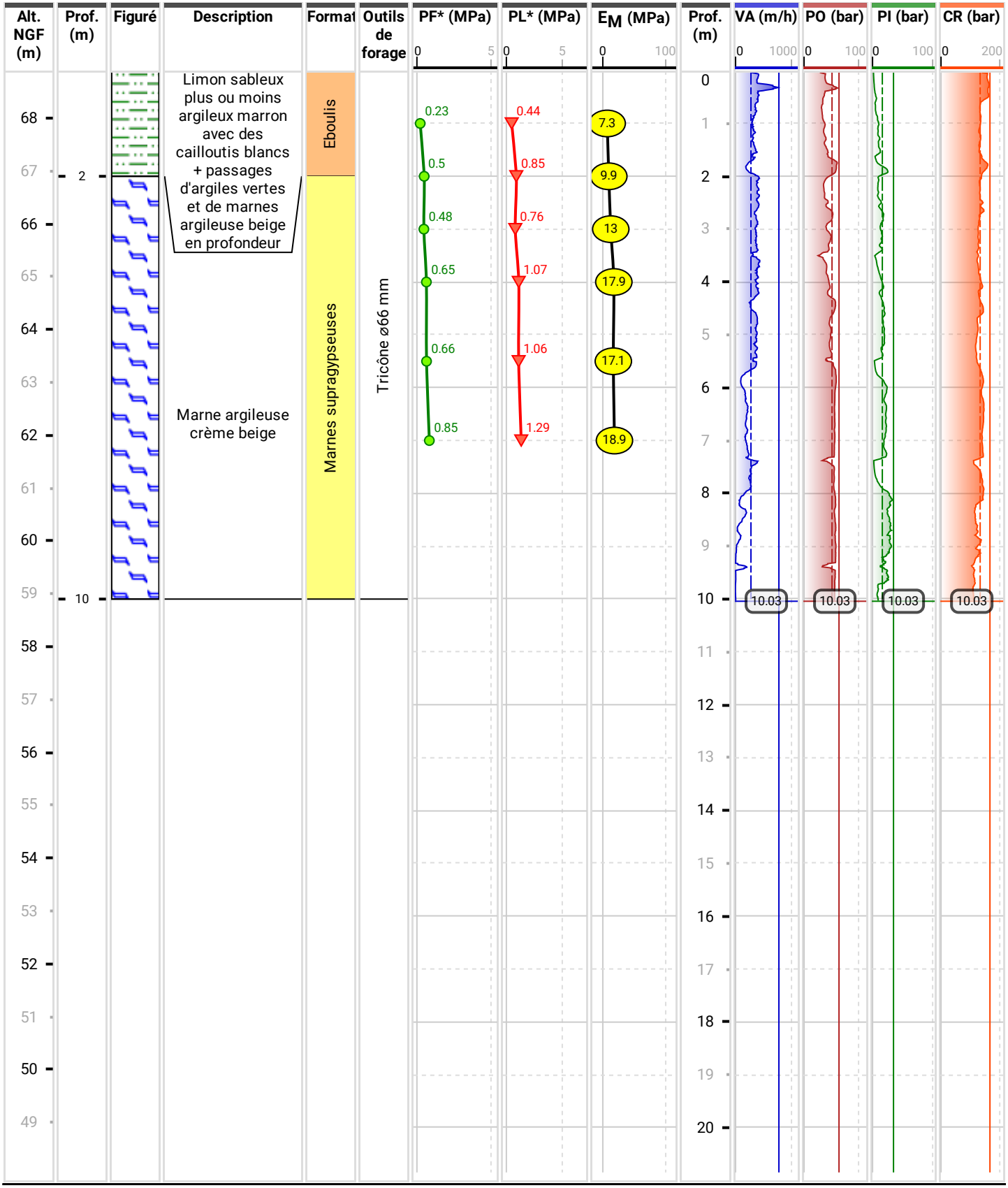


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	05/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP4	05/03/2021 10:20:16	68.9 m
Cote fin	Machine	
10.03 m	TEREDO 2.8	

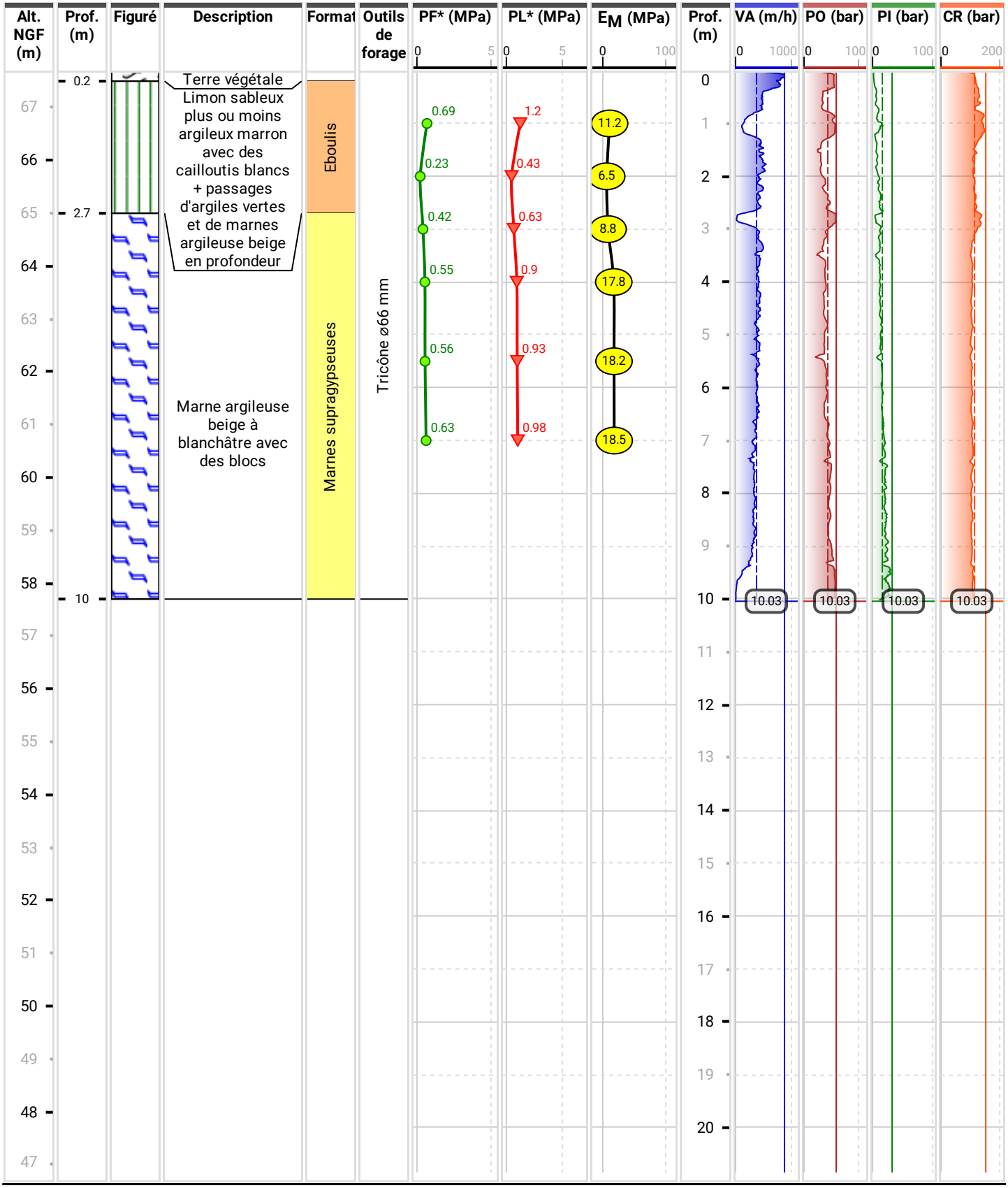


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	04/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP5	04/03/2021 14:49:22	67.7 m
Cote fin	Machine	
10.03 m	TEREDO 2.8	

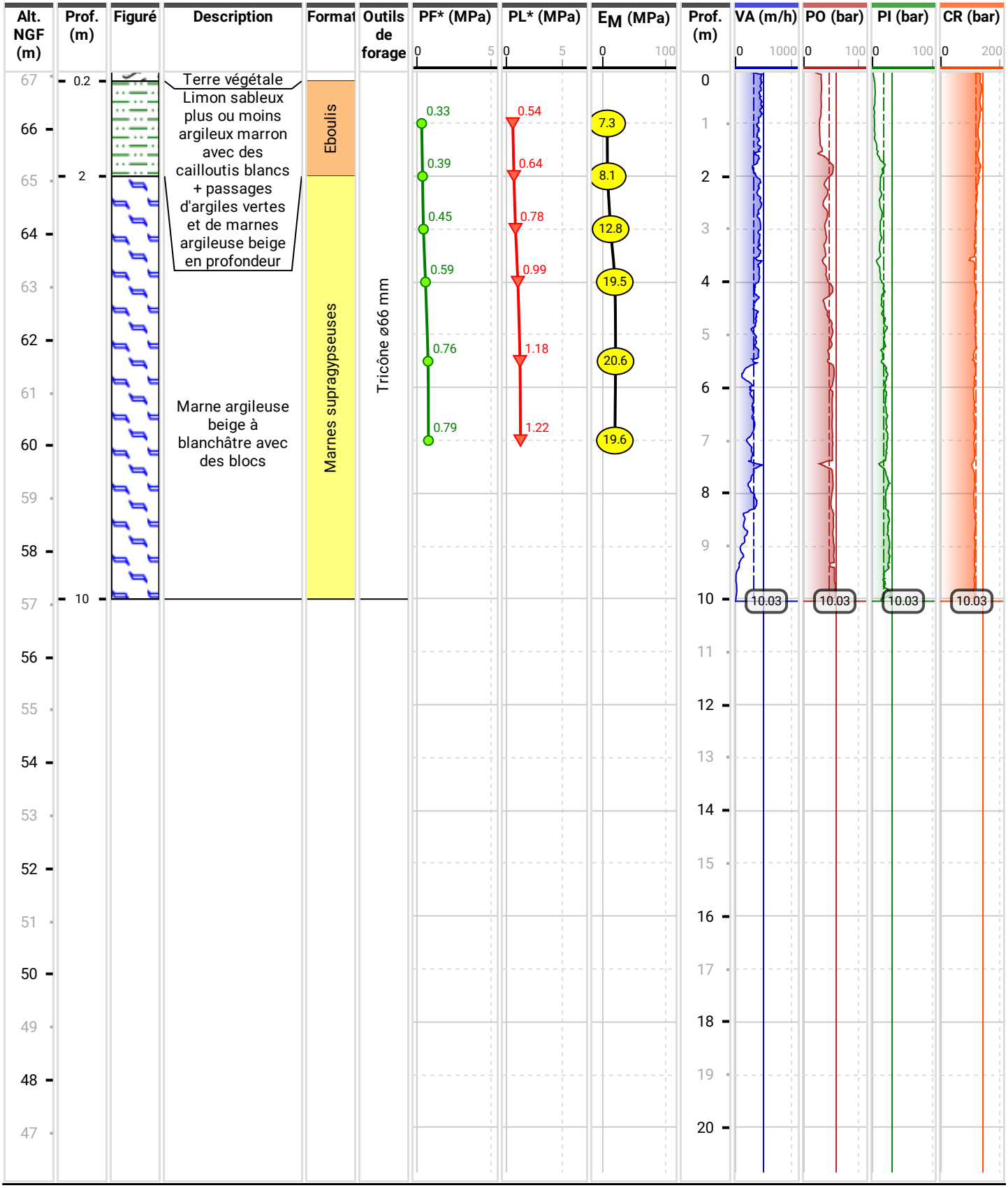


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	04/03/2021 10:47:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
SP6	08/03/2021 00:00:00	67.1 m
Cote fin	Machine	
10.03 m	TEREDO 2.8	

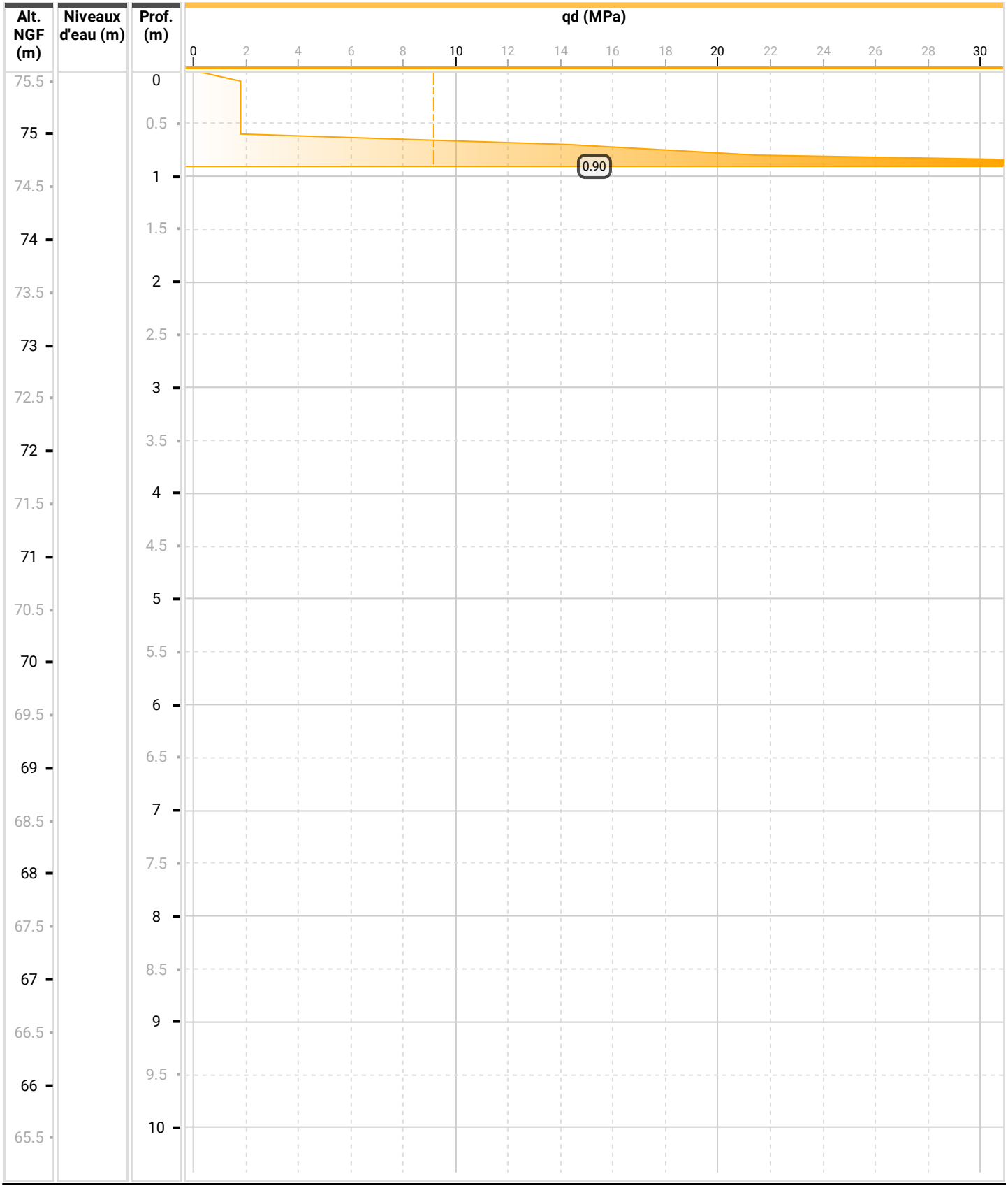


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P2	10/03/2021 00:00:00	75.6 m
Machine		
APAFOR 100H		

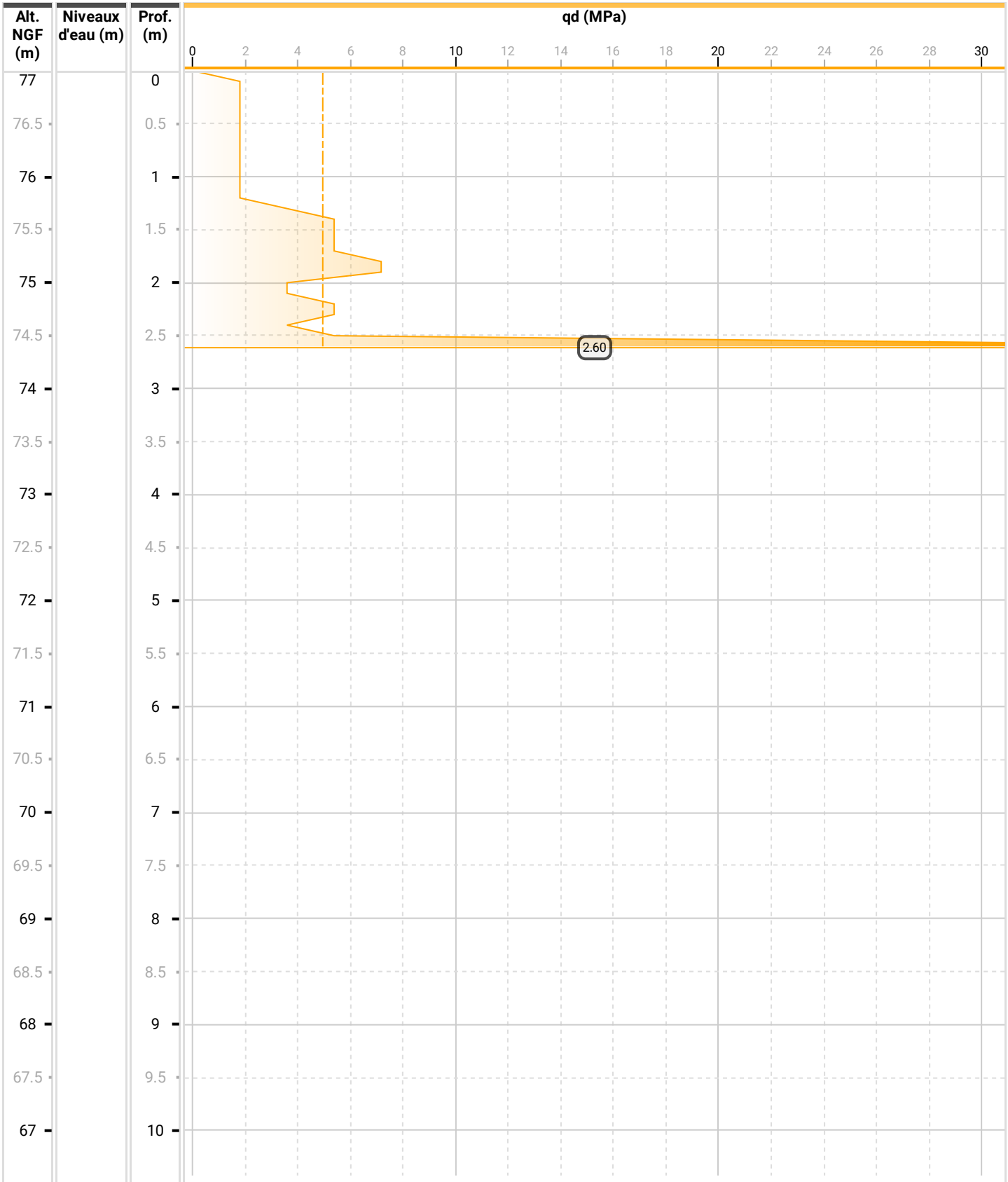


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P3	10/03/2021 00:00:00	77 m
Machine		
APAFOR 100H		

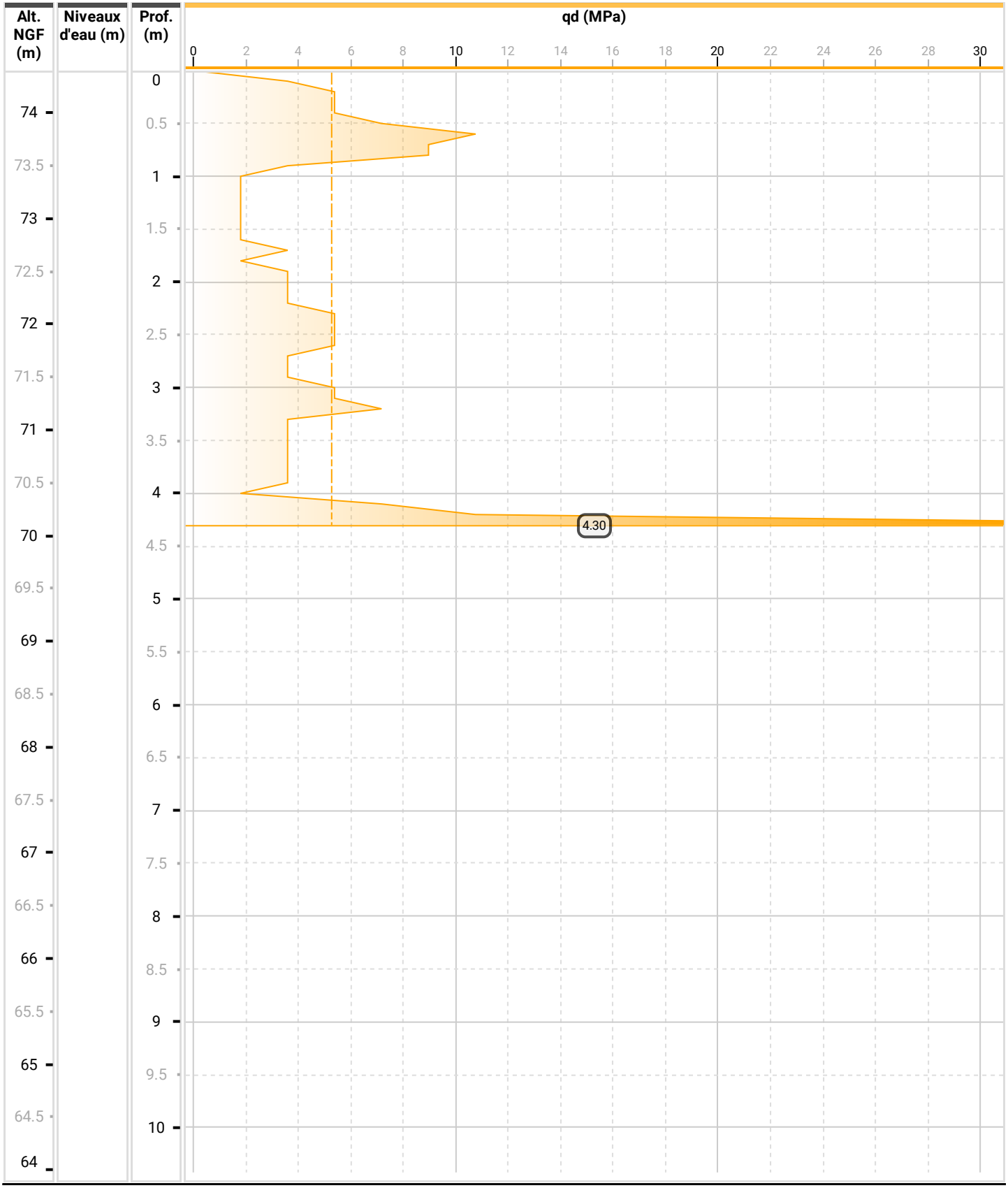


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P4	10/03/2021 00:00:00	74.4 m
Machine		
APAFOR 100H		

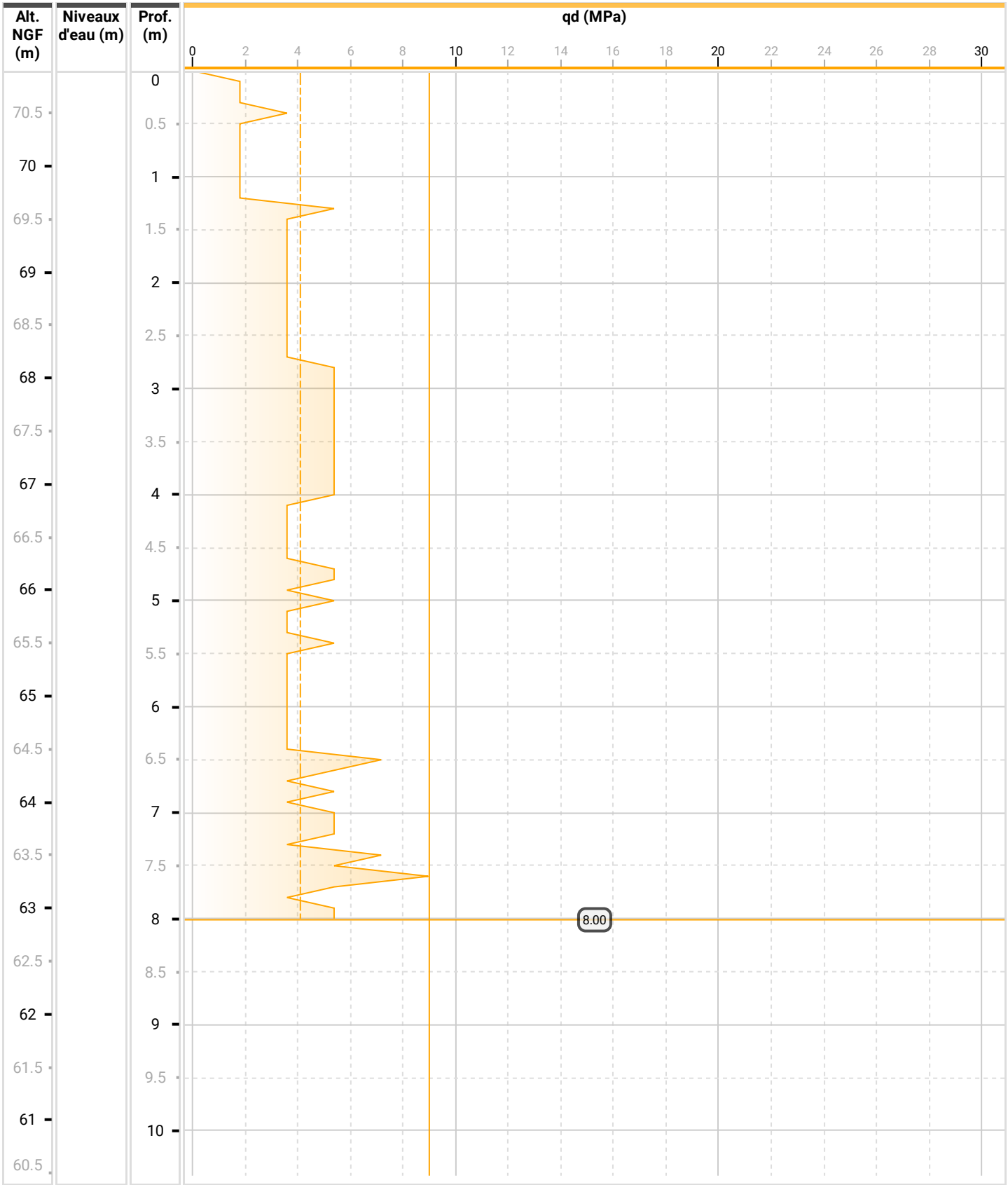


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P5	10/03/2021 00:00:00	70.9 m
Machine		
APAFOR 100H		



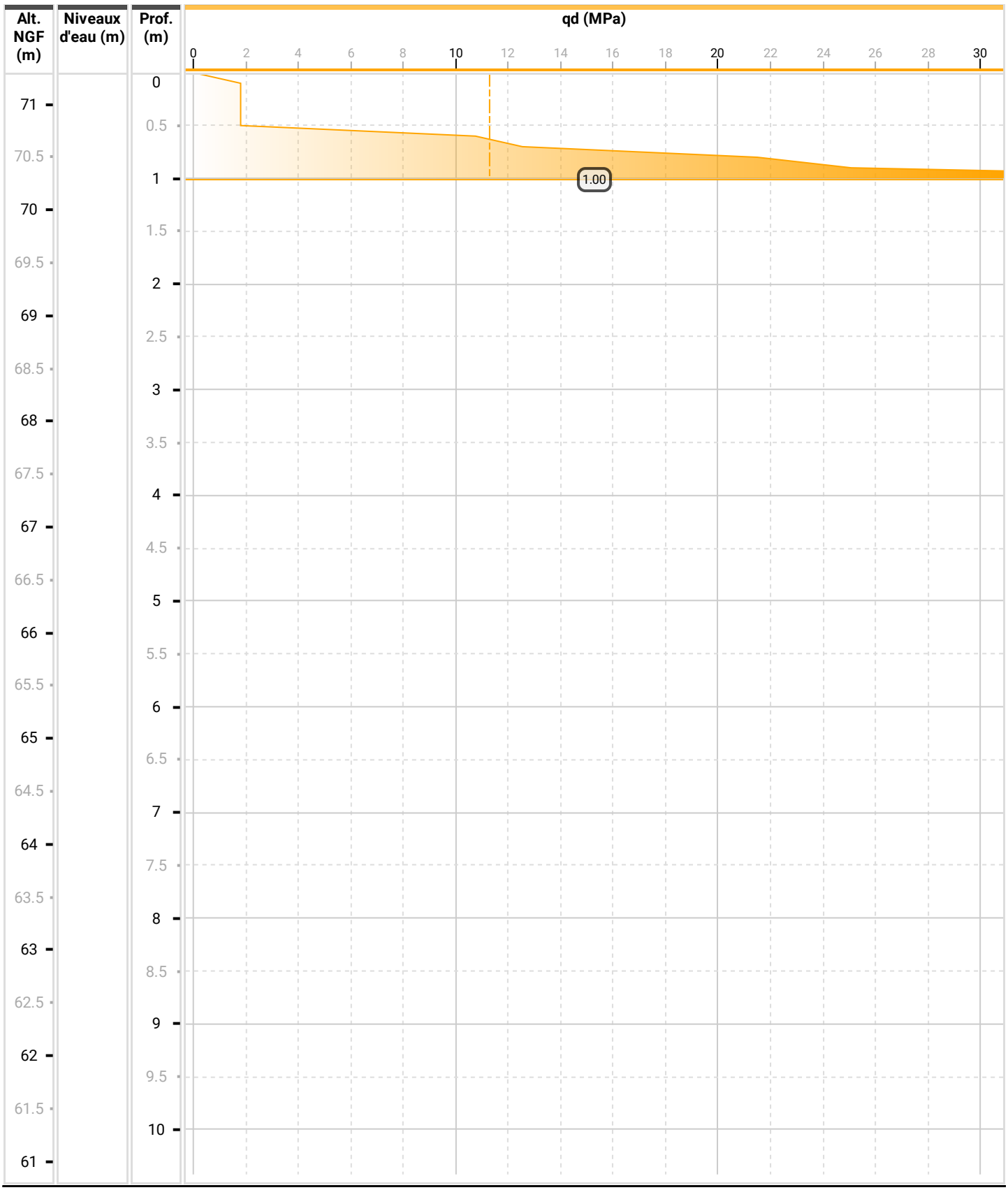
atlas GEOTECHNIQUE

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P6	10/03/2021 00:00:00	71.3 m
Machine		
APAFOR 100H		

Client
SORGEM

Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

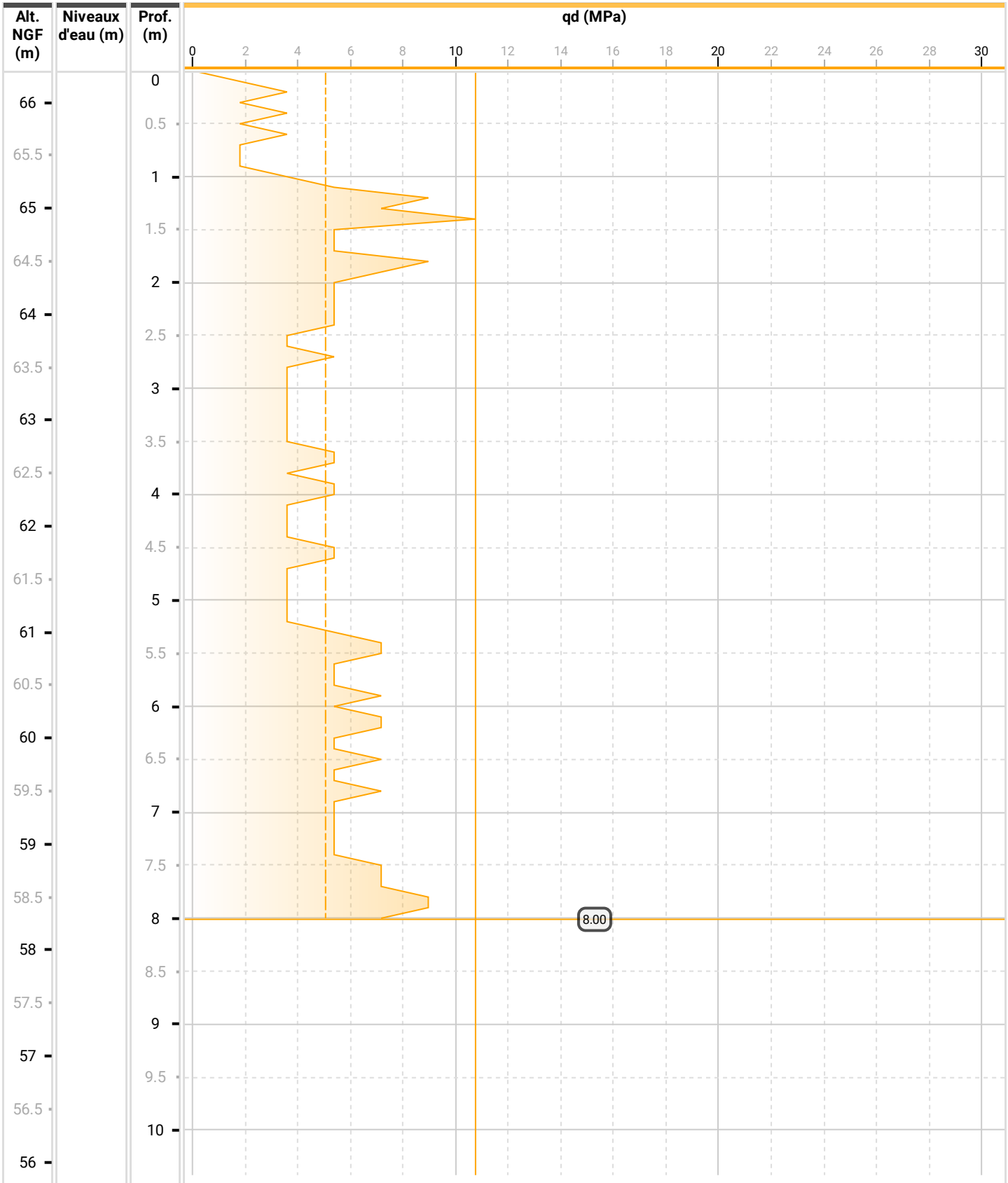


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P7	10/03/2021 00:00:00	66.3 m
Machine		
APAFOR 100H		



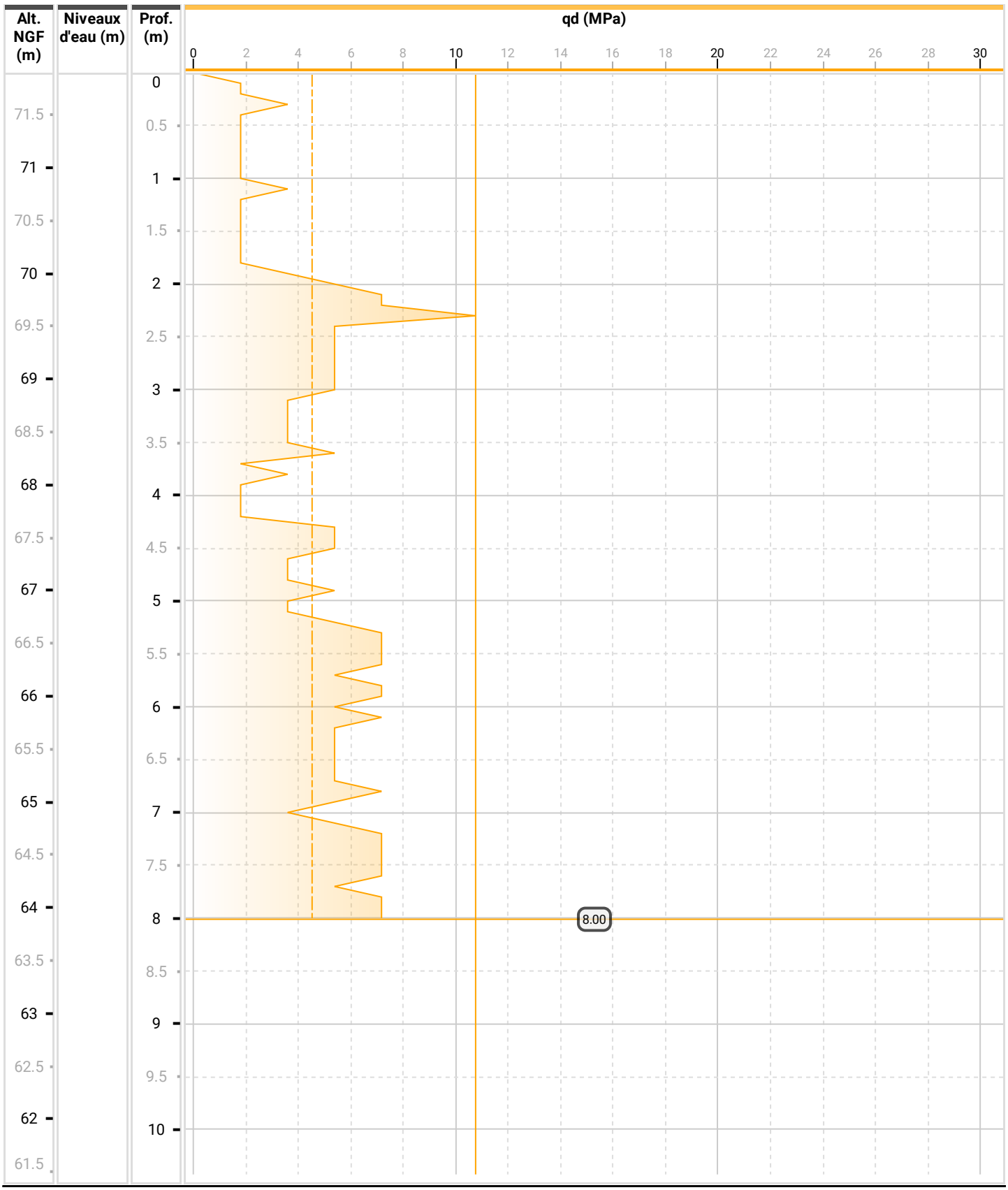
atlas GEOTECHNIQUE

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P8	10/03/2021 00:00:00	71.9 m
Machine		
APAFOR 100H		

Client
SORGEM

Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

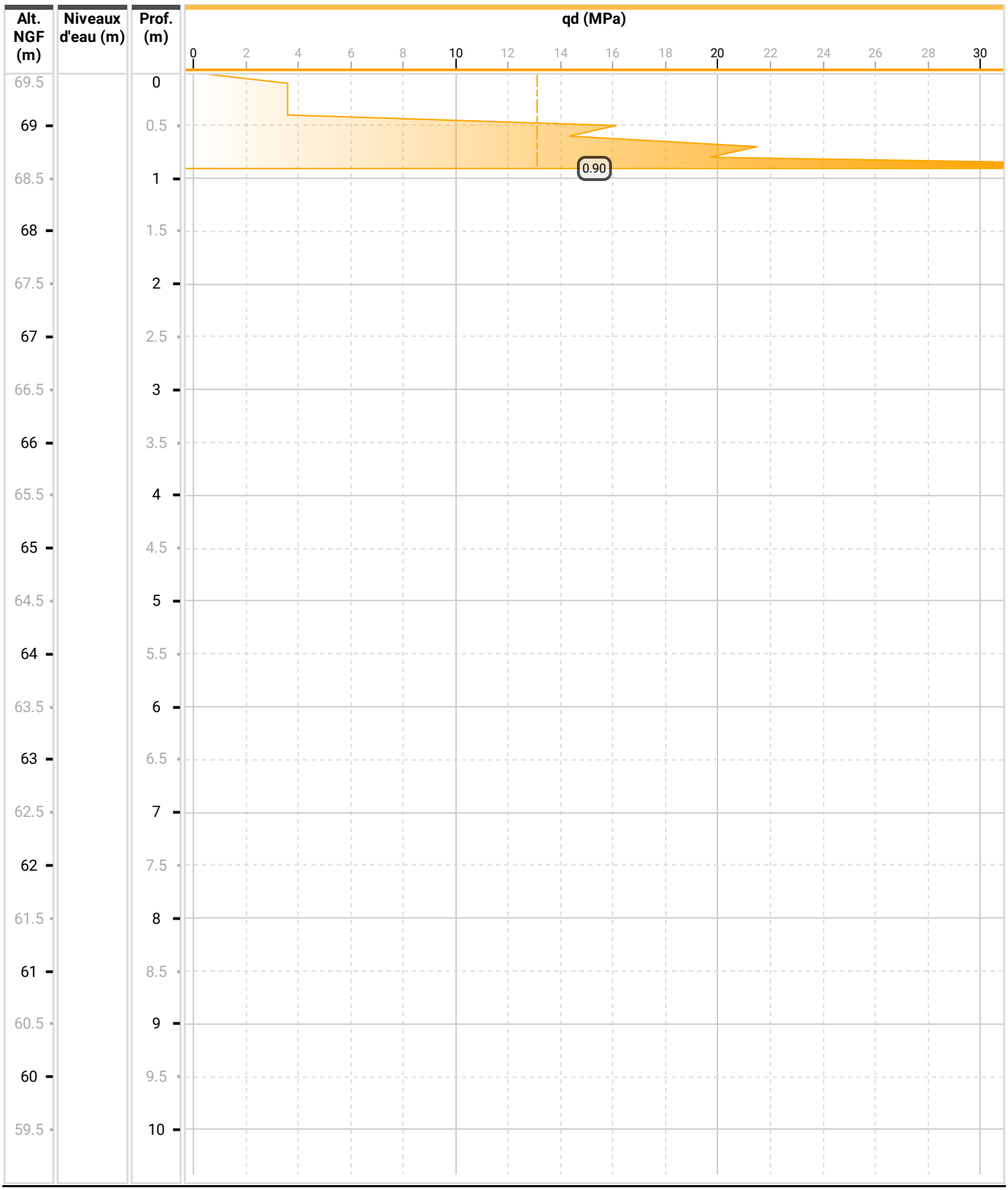


atlas GEOTECHNIQUE

Client
SORGEM
Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P9	10/03/2021 00:00:00	69.5 m
Machine		
APAFOR 100H		



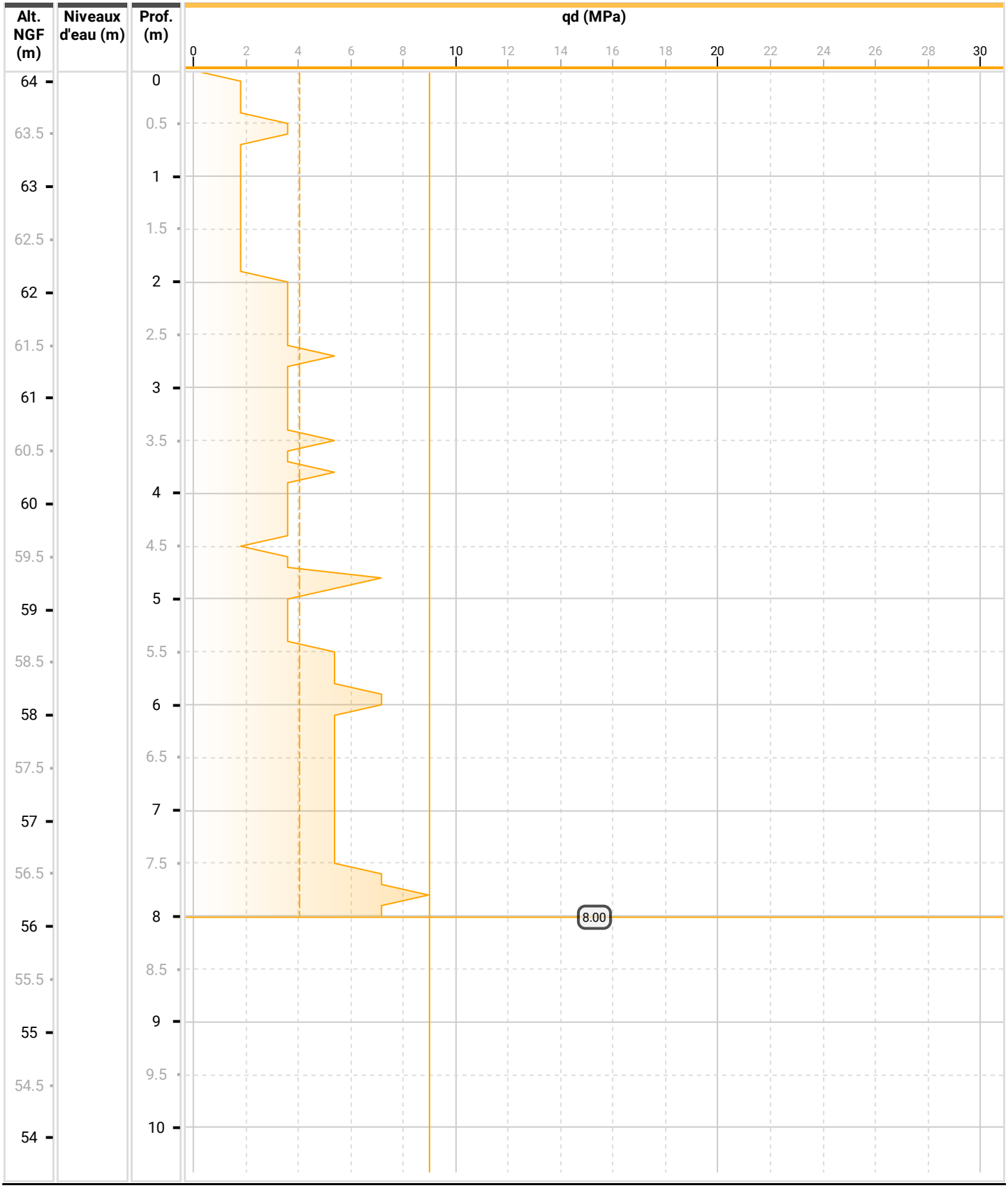
atlas GEOTECHNIQUE

PENETROMETRE DYNAMIQUE

Dossier	Date de début	X
210151	10/03/2021 00:00:00	Y
Forage	Date de fin	Altitude (NGF)
P10	10/03/2021 00:00:00	64.1 m
Machine		
APAFOR 100H		

Client
SORGEM

Chantier
ZAC des Belles Vues - ARPAJON (91)



AL-West B.V.
Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands
Tel. +31(0)570 788110
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.

n° Cde **1027698 Solide / Eluat**

N° échant.	*Prélèvement*	*Nom d'échantillon*
398957	08.03.2021	Arpajon SP1 0-1,6 m
398960	08.03.2021	Arpajon SP3 0,2-1,0 m
398961	08.03.2021	Arpajon SP4 0,2-1,1 m
398962	08.03.2021	Arpajon SP6 0,2-1,7 m

	Unité	398957 Arpajon SP1 0-1,6 m	398960 Arpajon SP3 0,2-1,0 m	398961 Arpajon SP4 0,2-1,1 m	398962 Arpajon SP6 0,2-1,7 m
Lixiviation					
Fraction >4mm (EN12457-2)	%	**<0,1**	**9,8**	**0,4**	**<0,1**
Lixiviation (EN 12457-2)		**++**	**++**	**++**	**++**
Masse brute Mh pour lixiviation	g	**110** *)	**110** *)	**110** *)	**110** *)
Volume de lixiviant L ajouté pour l'extraction	ml	**900** *)	**900** *)	**900** *)	**900** *)
Prétraitement des échantillons					
Masse échantillon total inférieure à 2 kg	kg	**0,44**	**0,45**	**0,50**	**0,45**
Prétraitement de l'échantillon		**++**	**++**	**++**	**++**
Broyeur à mâchoires		--	**++**	--	--
Matière sèche	%	**86,2**	**85,1**	**82,8**	**80,9**
Calcul des Fractions solubles					
Sulfates cumulé (var. L/S)	mg/kg Ms	**67** *)	**0 - 50** *)	**0 - 50** *)	**60** *)
Analyses Physico-chimiques					
Perte au feu	% Ms	**2,1**	**4,4**	**2,5**	**3,2**
Résidu après combustion	% Ms	**97,9**	**95,6**	**97,5**	**96,8**
Analyses sur éluat après lixiviation					
L/S cumulé	ml/g	**10,0**	**10,0**	**10,0**	**10,0**
Conductivité électrique	µS/cm	**44,2**	**110**	**100**	**85,6**
pH		**7,8**	**8,3**	**8,3**	**8,7**
Température	°C	**18,3**	**18,5**	**18,5**	**18,7**
Analyses Physico-chimiques sur éluat					
Sulfates (SO4)	mg/l	**6,7**	**<5,0**	**<5,0**	**6,0**

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.
Les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que des informations sur la procédure de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre.

Des différences sont notées par rapport aux lignes directrices si moins de 2 kg d'échantillon ont été livrés

Début des analyses: 17.03.2021
Fin des analyses: 24.03.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole "*) ".

Kamer van Koophandel
Nr. 08110898
VAT/BTW-ID-Nr.:
NL 811132559 B01

Directeur
ppa. Marc van Gelder
Dr. Paul Wimmer

TESTING
RvA L 005

DOC-13-15903503-FR-P2

Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

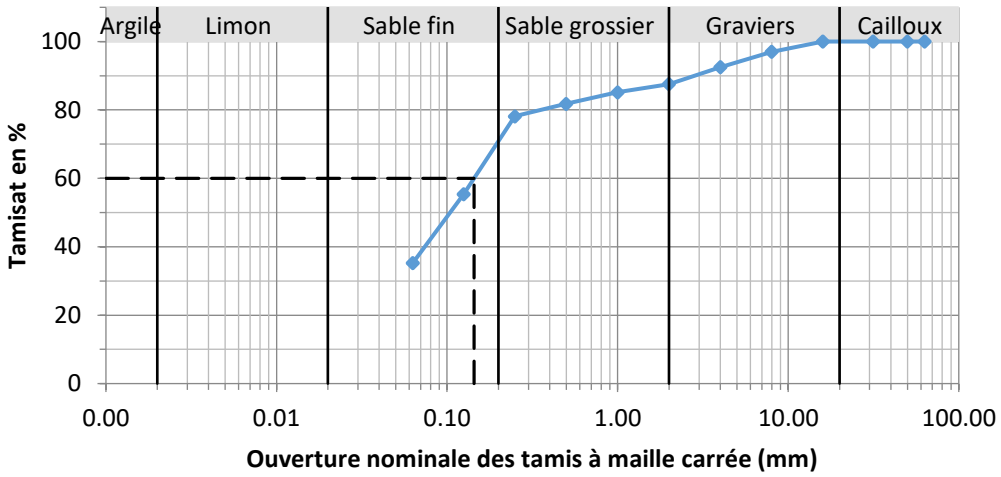
Affaire	**210151 – ARPAJON**	Date :	19/03/2021
Echantillon		Etabli par :	AG
Sondage	SP1	Vérifié par :	JD
Profondeur	De -0.20 à -1.60 m/T.N.		
Description du sol	Limon sableux marron à cailloutis		
Température d'étuve des prises d'essais	105°C		

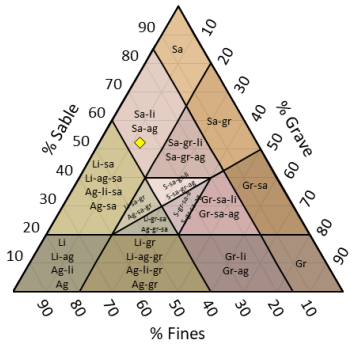
Teneur en eau	$W_{nat\ 0/D\ mm}$ =	17.0	%	$W_{0/5\ mm}$ =	18.0	%
Valeur au bleu	$VBS_{0/D\ mm}$ =	2.15	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$	$VBS_{0/5\ mm}$ =	2.28	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$

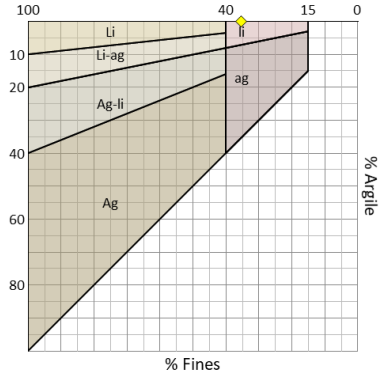
Analyse granulométrique

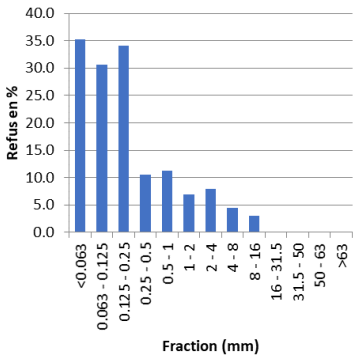
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)
63	100.0
31.5	100.0
16	100.0
8	97.0
4	92.5
2	87.6
1	85.2
0.5	81.8
0.25	78.2
0.125	55.3
0.063	35.3

d_{max} =	16	mm
d_{60} =	0.144	mm
d_{30} =	-	mm
d_{10} =	-	mm









Observations

Sondage	Prof. (m/T.N.)	Nature du sol selon classification ISO 14688-2	W_n (%)	VBS (g/100g)	Granulométrie			Classe GTR (NF P11-300)
					D_{max} (mm)	<2mm (%)	<80µm (%)	
SP1	De -0.20 à -1.60	Limon sableux marron à cailloutis	17.0	2.15	16	87.6	42.3	A1

Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

SP1 – 0.20 – 1.60 m
210151 – ARPAJON



Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

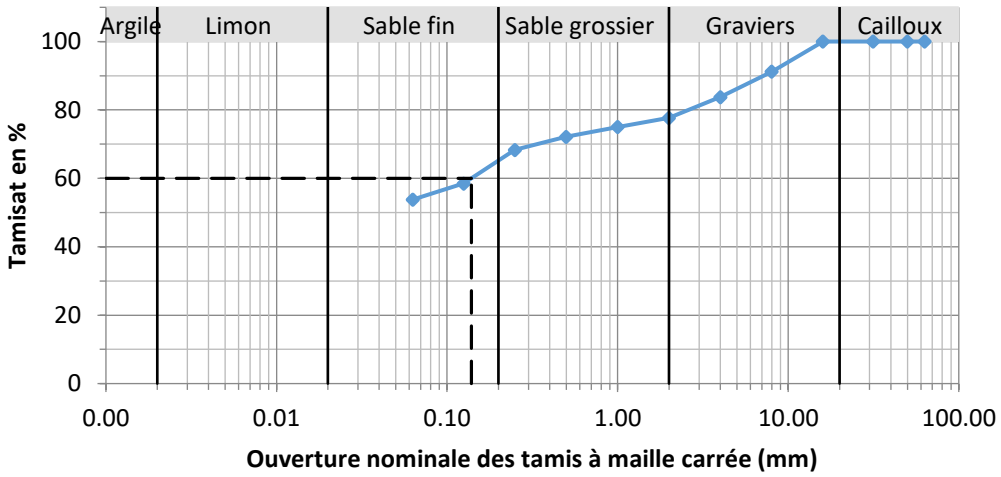
Affaire	**210151 – ARPAJON**	Date :	19/03/2021
Echantillon		Etabli par :	AG
Sondage	SP3	Vérifié par :	JD
Profondeur	De -0.00 à -1.00 m/T.N.		
Description du sol	Argile limoneuse marron à traces blanches et cailloutis		
Température d'étuve des prises d'essais	105°C		

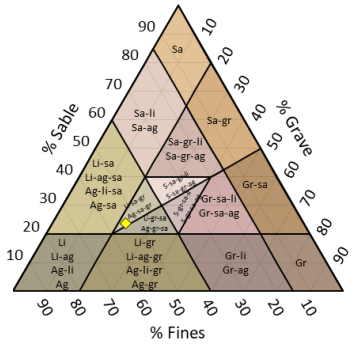
Teneur en eau	$W_{nat\ 0/D\ mm}$ =	25.4	%	$W_{0/5\ mm}$ =	29.5	%
Valeur au bleu	$VBS_{0/D\ mm}$ =	2.83	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$	$VBS_{0/5\ mm}$ =	3.29	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$

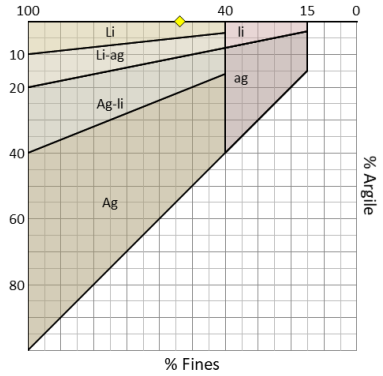
Analyse granulométrique

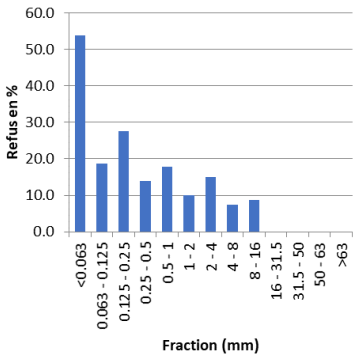
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)
63	100.0
31.5	100.0
16	100.0
8	91.2
4	83.8
2	77.7
1	75.0
0.5	72.2
0.25	68.3
0.125	58.5
0.063	53.8

d_{max} =	16	mm
d_{60} =	0.139	mm
d_{30} =	-	mm
d_{10} =	-	mm









Observations

Sondage	Prof. (m/T.N.)	Nature du sol selon classification ISO 14688-2	W_n (%)	VBS (g/100g)	Granulométrie			Classe GTR (NF P11-300)
					D_{max} (mm)	<2mm (%)	<80µm (%)	
SP3	De -0.20 à -1.00	Argile limoneuse marron à traces blanches et cailloutis	25.4	2.83	16	77.7	55.4	A2

Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

SP3 – 0.20 – 1.00 m
210151 – ARPAJON



Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

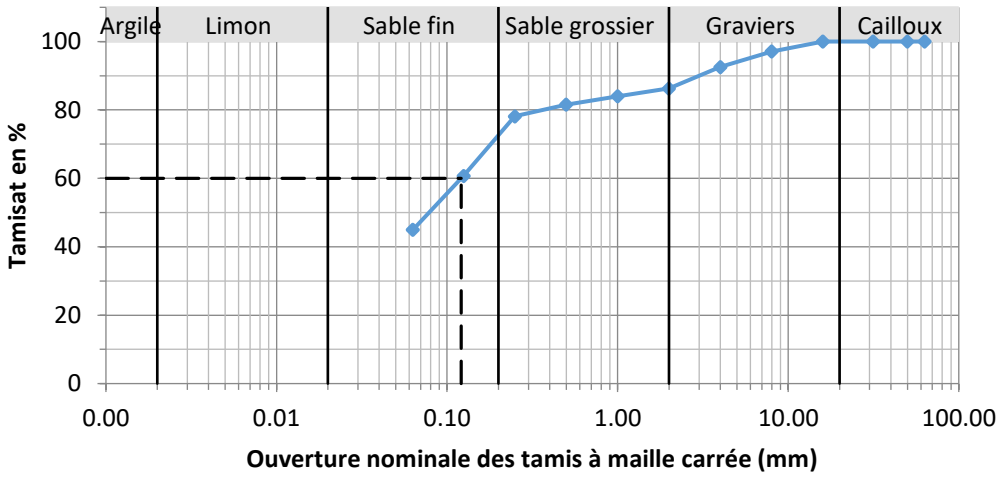
Affaire	**210151 – ARPAJON**	Date :	19/03/2021
Echantillon		Etabli par :	AG
Sondage	SP4	Vérifié par :	JD
Profondeur	De -0.20 à -1.10 m/T.N.		
Description du sol	Limon marron à cailloutis		
Température d'étuve des prises d'essais	105°C		

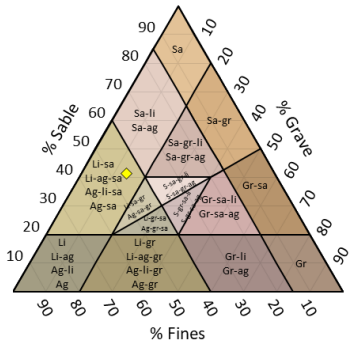
Teneur en eau	$W_{nat\ 0/D\ mm}$ =	20.0	%	$W_{0/5\ mm}$ =	21.3	%
Valeur au bleu	$VBS_{0/D\ mm}$ =	2.30	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$	$VBS_{0/5\ mm}$ =	2.44	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$

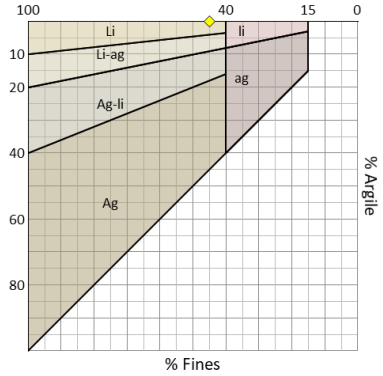
Analyse granulométrique

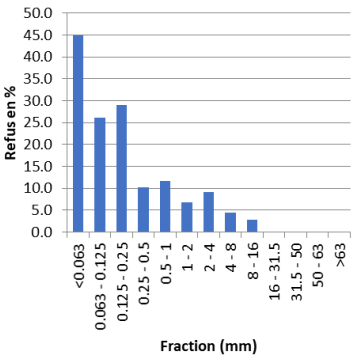
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)
63	100.0
31.5	100.0
16	100.0
8	97.1
4	92.6
2	86.3
1	84.0
0.5	81.6
0.25	78.1
0.125	60.8
0.063	44.9

d_{max} =	16	mm
d_{60} =	0.121	mm
d_{30} =	-	mm
d_{10} =	-	mm





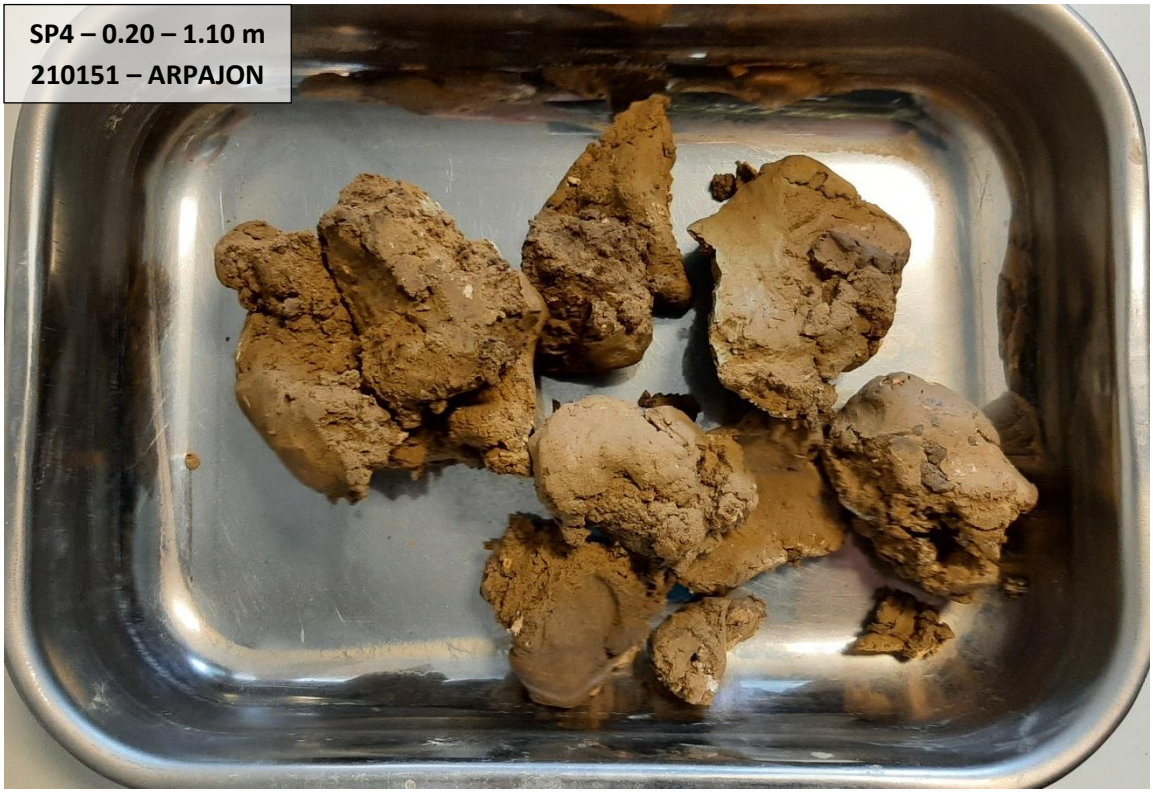




Observations

Sondage	Prof. (m/T.N.)	Nature du sol selon classification ISO 14688-2	W_n (%)	VBS (g/100g)	Granulométrie			Classe GTR (NF P11-300)
					D_{max} (mm)	<2mm (%)	<80µm (%)	
SP4	De -0.20 à -1.10	Limon marron à cailloutis	20.0	2.30	16	86.3	50.5	A1

Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068



Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

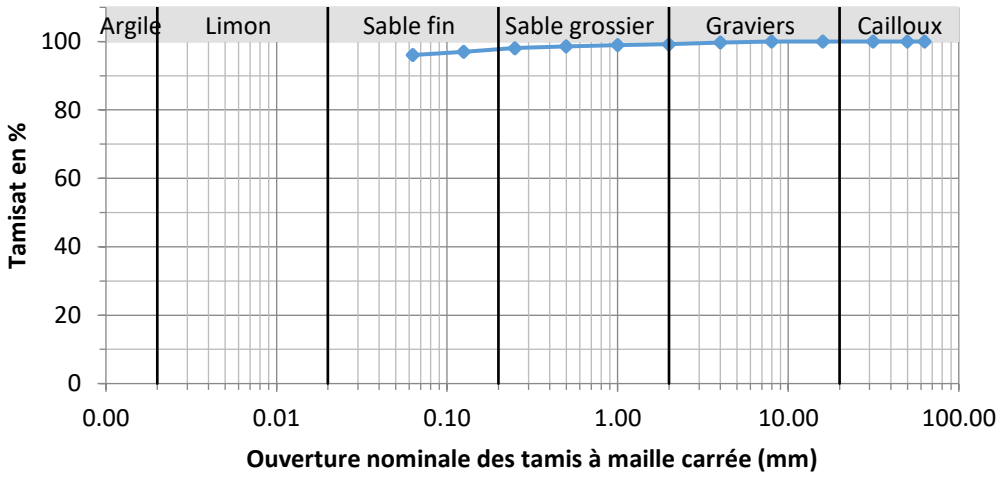
Affaire	**210151 – ARPAJON**	Date :	19/03/2021
Echantillon		Etabli par :	AG
Sondage	SP6	Vérifié par :	JD
Profondeur	De -0.20 à -1.70 m/T.N.		
Description du sol	Marne argileuse blanchâtre à cailloutis		
Température d'étuve des prises d'essais	105°C		

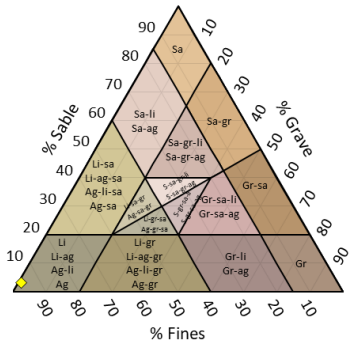
Teneur en eau	$W_{nat\ 0/D\ mm}$ =	26.9	%	$W_{0/5\ mm}$ =	26.9	%	
Valeur au bleu	$VBS_{0/D\ mm}$ =	3.15	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$	$VBS_{0/5\ mm}$ =	3.16	$g_{bleu}/100g_{mat.sec}$	

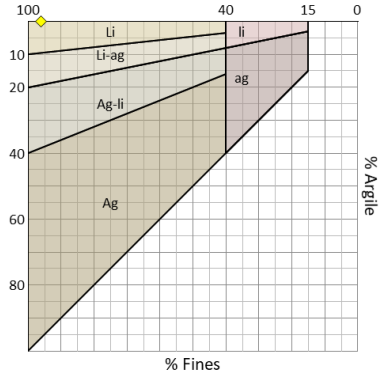
Analyse granulométrique

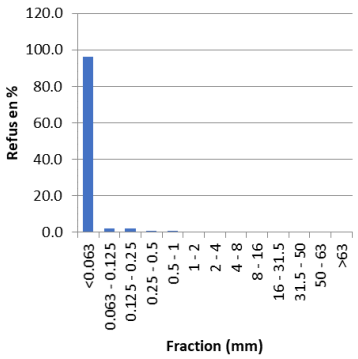
Tamis (mm)	Passant cumulé (%)
63	100.0
31.5	100.0
16	100.0
8	100.0
4	99.7
2	99.2
1	99.0
0.5	98.6
0.25	98.1
0.125	97.0
0.063	96.1

d_{max} =	8	mm
d_{60} =	-	mm
d_{30} =	-	mm
d_{10} =	-	mm









Observations

Sondage	Prof. (m/T.N.)	Nature du sol selon classification ISO 14688-2	W_n (%)	VBS (g/100g)	Granulométrie			Classe GTR (NF P11-300)
					D_{max} (mm)	<2mm (%)	<80µm (%)	
SP6	De -0.20 à -1.70	Marne argileuse blanchâtre à cailloutis	26.9	3.15	8	99.2	96.4	A2

Classification selon le Guide de Terrassement Routier (GTR)
Analyse granulométrique par tamisage selon la norme NF P94-056
Détermination de la valeur au bleu de méthylène selon la norme NF P94-068

SP6 – 0.20 – 1.70 m
210151 – ARPAJON



Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase 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	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase 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'exécution (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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase Projet (PRO)

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

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

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

Phase DCE / ACT

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

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

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