

CIS PROMOTION

Ensemble immobilier – Avenue de la Gare

MONTMÉLIAN (73)

Dossier n°21.14737.C

Étude géotechnique de conception - Phase Avant-Projet (G2 AVP)



CIS PROMOTION

Ensemble immobilier – Avenue de la Gare

MONTMÉLIAN (73)

Dossier n°21.14737.C

Date	Version	Ingénieur chargé du dossier	Contrôle externe	Objet de la version - Modification
08/12/2021	1	A. FREY a.frey@kaena.fr ☎ 07 81 48 09 14 	A. MEUNIER a.meunier@kaena.fr ☎ 07 69 43 33 52 	Version initiale

Présentation	1
1. Intervenants, missions, documents communiqués	1
2. Investigations géotechniques	2
Description du site et du contexte	3
3. État des lieux	3
4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire	6
Synthèse géotechnique	7
5. Les sols	7
6. L'eau souterraine	11
7. Caractéristiques géomécaniques	13
8. Risques sismiques – Données réglementaires	13
9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site	14
Description du projet et de son environnement	15
10. Caractéristiques du projet	15
11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet	17
12. Sensibilité générale du projet	17
Adaptation de l'ouvrage au site	18
13. Orientations constructives pour optimiser l'adaptation du projet	18
14. Principales applications pratiques	18
Fondations	20
15. Fondation de la structure	20
Terrassement / Soutènement phase provisoire	24
16. Préparation du site – Démolition	24
17. Terrassements provisoires	24
18. Soutènements provisoires	26
Niveau bas	27
19. Traitement du niveau bas – Lot 4 et Lot 5	27
Gestion de l'eau en phases provisoires et définitives	29
20. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier	29
21. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive	29
22. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement	30
Terrassement définitif	31
23. Gardes de terrassement	31
24. Reprofilage des talus définitifs	31
Recommandations pour la gestion des Eaux Pluviales	32
25. Réglementation – Etat des lieux – Principe retenu	32
26. Ouvrages de gestion des eaux pluviales du projet	33
27. Méthode et données prises en compte	34
28. Prédimensionnement des ouvrages d'infiltration – Ebauche dimensionnelle	35
29. Dispositions constructives	41

Missions complémentaires – Enjeux du projet - Risques résiduels	42
Annexes	44

1. Intervenants, missions, documents communiqués

1.1. Intervenants

Les intervenants dans l'acte de construire sont :

Maître d'ouvrage	Architecte	B.E. structure Économiste	B. VRD	Géomètre Expert
CIS PROMOTION	Atelier Thierry Roche et Associés	OSMZ	SIAF VISION CANOPÉE	EURÉKA

1.2. Mission du B.E. de géotechnique KAENA

Contrat de prestation géotechnique entre KAENA et CIS PROMOTION : contrat référencé D.14737-V2 en date du 18/10/2021 et accepté le 21/10/2021.

ÉTAPE 2 : Études géotechniques de conception (G2)

➤ 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, une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.
- Prédimensionnement et préconisation pour les ouvrages de traitement des E.P. (infiltration, stockage). Fournir un rapport proposant, les principes de gestion des eaux pluviales et le prédimensionnement d'un volume utile de stockage par infiltration et/ou rétention sur la base du plan masse provisoire.

Les limites de cette mission et les enchaînements des missions géotechniques qui sont recommandés par la norme NF P 94-500, sont rappelés dans les extraits joints en annexe.

1.3. Documents communiqués

Les documents communiqués pour la présente étude sont les suivants :

Plans et documents graphiques			
Désignation	Origine / Référence / Indice	Format	Date
Plan topographique avec réseaux existants	EURÉKA / / Ind.1	PDF / DWG	12/10/2021
Plan de principe des espaces verts	Architecte Atelier Thierry Roche et Associés / PC /	PDF / DWG	08/11/2021
Plan masse			03/11/2021
Plan du niveau bas			
Coupe, élévations, façades			

2. Investigations géotechniques

2.1. Implantation – Nivellement

➤ Implantation des sondages

Les sondages ont été implantés à partir des existants dans le voisinage du terrain, qui sont représentés sur le fond de plan topographique transmis.

La position de ces sondages est repérée sur le plan d'implantation joint en annexe.

➤ Altimétrie de la tête des sondages

L'altimétrie des sondages a été extrapolée à partir du fond de plan topographique.

Le système altimétrique de référence est le NGF normal (IGN 69).

L'altimétrie des sondages a été mesurée par nos soins à partir de points connus du plan topographique, et rattaché au système du plan topographique. La précision de la mesure est de l'ordre de ± 10 cm.

L'intitulé TA correspond au Terrain Actuel, soit la surface topographique actuelle.

2.2. Reconnaissances in-situ

➤ Sondages de reconnaissance géologique par :

- 14 puits à la pelle hydraulique descendus entre 3.7 m et 4.0 m de profondeur et référencés, P1 à P14.

➤ Sondages et mesures de caractéristiques géomécaniques par :

- 6 sondages au pénétromètre statique brevet AMAPSOL (poussée statique 220 kN) descendus entre 14.8 m et 15.4 m de profondeur et référencés, STD1 à STD6.
- 9 sondages au pénétromètre statique 100 /150 kN norme NF EN ISO 22476-12 descendus entre 2.0 m et 8.0 m de profondeur et référencés, SD1 à SD9.
- 2 forages destructifs avec enregistrements de paramètres (VA, CR, PO, PI) et 8 essais pressiométriques ($PI^* < 5$ MPa) / forage selon la norme NF EN ISO 22476-4, menés jusqu'à 12.0 m et 13.4 m de profondeur et référencés, PR1 et PR2.

➤ Essais de perméabilité par :

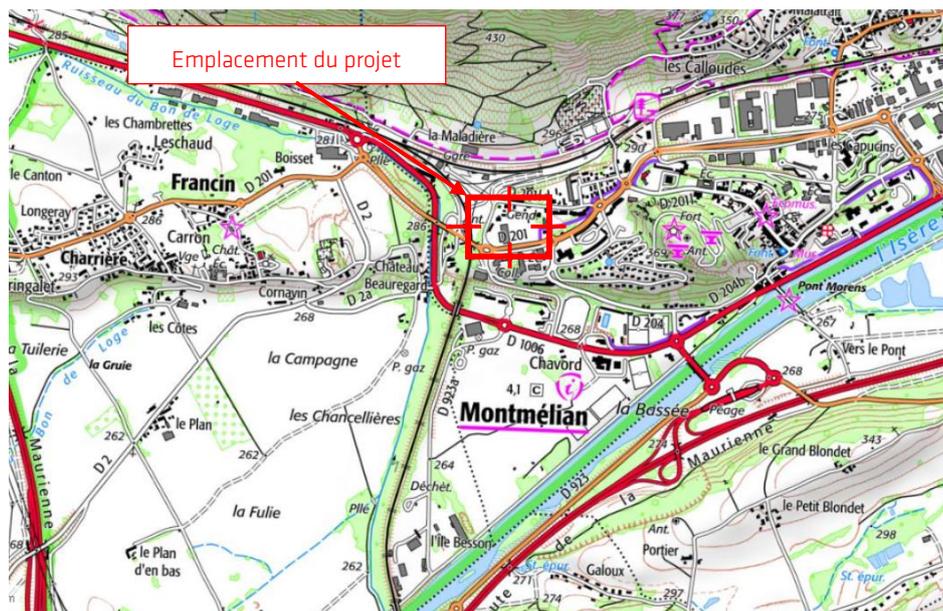
- 6 essais de perméabilité par injection à charge variable de type Matsuo norme NF EN ISO 22282-2 dans les sondages P1, P4, P6, P7, P8 et P14 respectivement à 3.8, 2.2, 3.7, 3.7, 2.6 et 3.8 m de profondeur.

DESCRIPTION DU SITE ET DU CONTEXTE

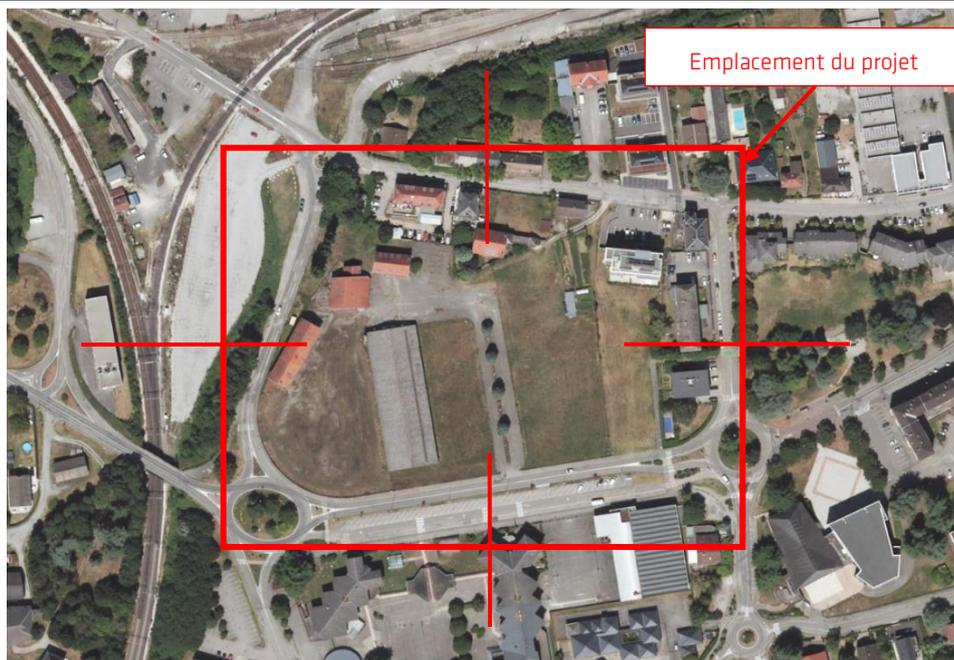
3. État des lieux

3.1. Localisation

Commune : MONTMÉLIAN (73), Avenue de la Gare - Parcelle : 26, 27, 28, 29, 30, 32 et 138 section AN



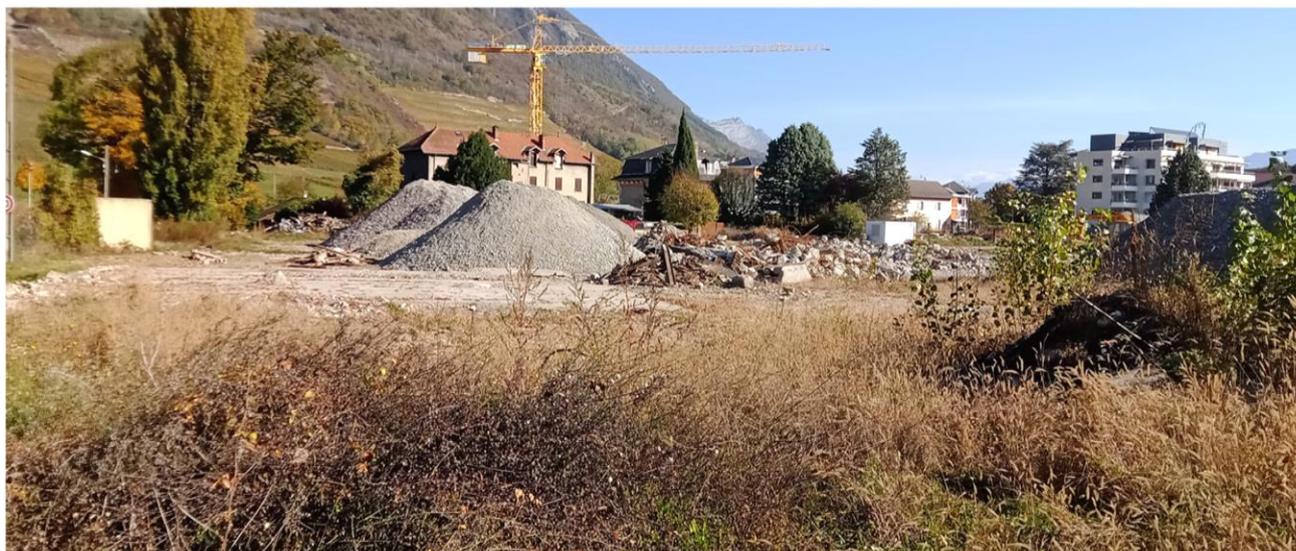
Extrait Carte IGN 1/25000 – Source Géoportail



Photographie aérienne – Source Géoportail

3.2. Topographie et géomorphologie – Examen visuel du site

- Altitude moyenne : 289.0 m NGF.
- Contexte général : Terrain situé en plaine en zone industrielle.
- Végétation : Friche constituée d'arbustes et d'herbes hautes.
- Terrain occupé par :
 - Plusieurs tas de matériaux de démolition issus de la déconstruction d'anciens bâtiments ;
 - D'une voie d'accès en partie du site ;
 - De bâtiments mitoyens en partie Nord du tènement ;
 - De la rue Marius Baboulaz à l'Est, de l'avenue Pierre de la Contrie au Sud, de la rue François Civeyrac à l'Ouest et de l'avenue de la Gare au Nord.



Photographies du site le 29/10/2021 – Source : Kaëna

➤ Géomorphologie :

- Terrain non naturel ayant connu une activité industrielle et ayant subi des dépôts anthropiques.
- Terrain plat.
- Pas d'indice d'instabilité visible.

➤ Eau :

- Pas d'indice de circulation d'eau de ruissellement ni de résurgence d'eau souterraine.

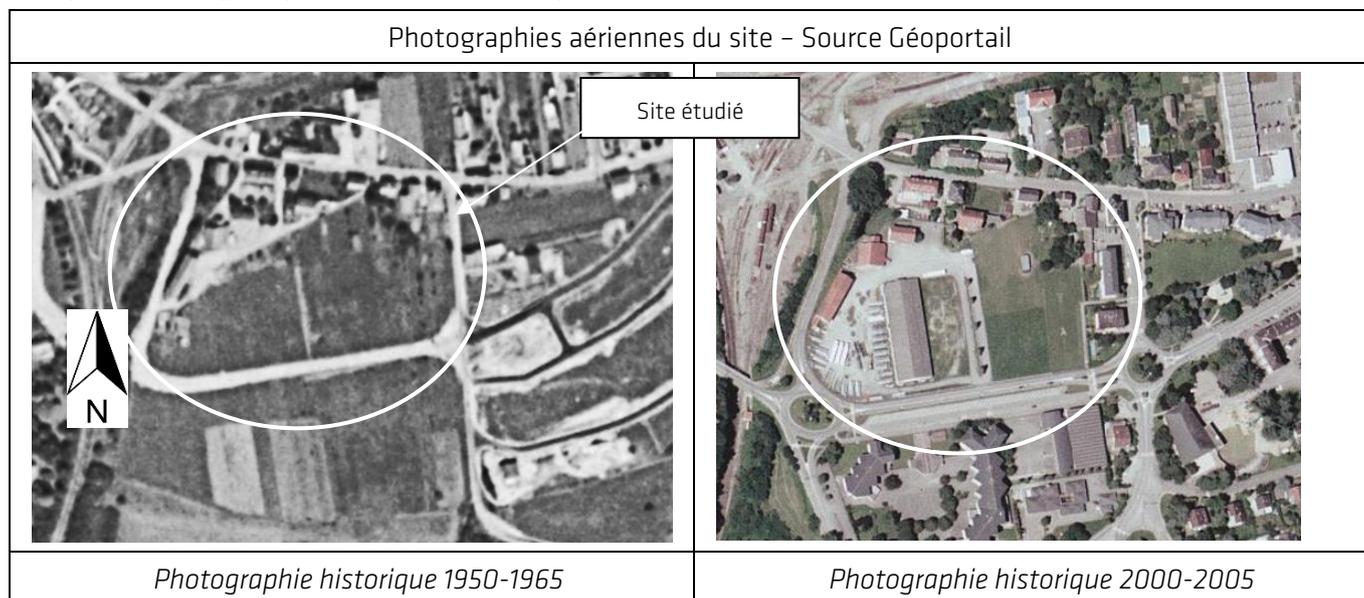
3.3. Risques Naturels

Il est de la responsabilité des Constructeurs de valider ou de compléter ces informations en interrogeant les services compétents et en consultant les documents originaux sur format papier en mairie ou en préfecture. Il s'agit de s'assurer de la concordance entre les travaux envisagés et l'ensemble des mesures de protection demandées par l'administration.

Risque	Carte / source	Aléa / niveau de risque
<p>Retrait-gonflement des sols argileux</p>	 <p><i>Extrait de la carte d'aléa de phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux (BRGM)</i></p> <p>http://www.georisques.gouv.fr/</p>	<p>Degré d'aléa :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Faible</p> <p><input type="checkbox"/> Moyen</p> <p><input type="checkbox"/> Fort</p>
<p>Sismique</p>	<p>http://www.georisques.gouv.fr/</p>	<p><input type="checkbox"/> Zone 1 (aléa très faible)</p> <p><input type="checkbox"/> Zone 2 (aléa faible)</p> <p><input type="checkbox"/> Zone 3 (aléa modéré)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Zone 4 (aléa moyen)</p>

3.4. Occupation ancienne du site – Historique connu

L'enquête historique a permis de recenser les photos aériennes suivantes :



D'après l'examen visuel du site et des photos anciennes il apparaît que le site a été occupé par :

- Terrain naturel côté Ouest, exploité anciennement pour des activités agricoles.
- Des bâtiments ont été construits en partie avant les années cinquante et jusqu'aux années 2005 et comportaient probablement des cuves, fosses et structures enterrées.
- En partie Sud-Est, il existait une zone de stockage de matériaux.

4. Sensibilité générale du site vis-à-vis de sa situation et de son histoire

De ces éléments nous retiendrons les risques et aléas principaux liés à la situation du terrain, dont il faudra tenir compte dans la conception et l'adaptation du projet au site :

Topographie	Terrain sensiblement plat Pas de risque apparent lié à la situation du terrain
Géomorphologie	Pas de risque apparent lié à la situation du terrain
Environnement	Environnement urbain du site
Hydrogéologie	Nappe à faible profondeur présente à environ 5 m /TA.
Risques naturels	Sensibilité des sols au retrait-gonflement : Aléa faible Risque sismique : Zone 4 (Aléa moyen)
Historique / enquête	Présence des structures enterrées Présence de zones potentiellement polluées Présence de remblais et terrains remaniés

La synthèse des reconnaissances, des résultats d'enquêtes et des observations effectuées sur le site est donnée ci-après. Elle vise à apporter une représentation de la structure géotechnique du site la plus proche de la réalité possible. Cette vision est cependant par définition incomplète car basée en partie sur des sondages ponctuels, ne donnant que certaines informations partielles (par exemple uniquement visuelles, ou d'autres uniquement géomécaniques). Elle peut de ce fait ignorer ou mal évaluer la présence de certaines discontinuités ou hétérogénéités toujours possibles, le milieu naturel ne répondant pas à une logique statistique ou linéaire.

Les aléas liés à ces hétérogénéités ou discontinuités devront être précisés si besoin par des moyens de reconnaissances complémentaires, et par une intervention régulière d'un spécialiste en géotechnique au fur et à mesure de la conception et de l'exécution des ouvrages (cf. enchaînement des missions).

5. Les sols

➤ Carte géologique

D'après la carte géologique de MONTMÉLIAN (BRGM) au 1/50 000, le terrain se situe au sein de la formation des alluvions interstadias würmiennes (Fw) dans un contexte de formations glaciaires.

Les particularités géotechniques caractéristiques et généralement observées de cette formation sont :

- Une hétérogénéité verticale et latérale ;
- Des éléments hétérométriques et polygéniques.



Extrait de la carte géologique du secteur d'étude (source : BRGM)

➤ **Investigations in situ**

La lithologie des formations en place apparaît relativement homogène sur l'ensemble du site avec une alternance d'alluvions fines et plus grossières bien distincte. Elle peut être décrite comme suit, du haut vers le bas :

➤ **Terre végétale et/ou Remblais sur une épaisseur comprise entre 0.1 et 0.8 m.**

➤ **Unité 1 : Formation de couverture sablo-gravelo-limoneuse– Alluvions**

Lithologie	Sable graveleux et limoneux
Résistance	Sol de résistance moyenne à élevée
Tenue des parois des puits et/ou forage	Moyenne à bonne
Type de sol	Sols intermédiaires
Profondeur de la base de l'unité	<ul style="list-style-type: none"> - Au droit des puits de reconnaissance : entre m 0.9 et 2.7 m de profondeur/TA - Au droit des essais de pénétration (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de sondages « aveugles ») : entre 0.9 m et 2.6 m de profondeur/TA - Au droit des forages : entre 1.9 m et 2.0 m de profondeur/TA

* : ces profondeurs et cotes sont basées sur des variations de résistance au pénétromètre et devront être validées visuellement lors de la réalisation des fouilles ou par quelques puits à la pelle au démarrage du chantier.

➤ **Unité 2 : Formation de grave sableuse – Alluvions grossières graveleuse et sableuse +/- limoneuse**

Lithologie	Grave sableuse brune à passées plus limoneuses
Résistance	Sol de résistance élevée
Tenue des parois des puits et/ou forage	Mauvaise à moyenne
Type de sol	Sables et graviers
Profondeur de la base de l'unité	<ul style="list-style-type: none"> - Au droit des puits de reconnaissance : entre >3.7 m et >4.0 m de profondeur/TA - Au droit des essais de pénétration (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de forages « aveugles ») : entre >2.0 m et 5.5 m de profondeur/TA - Au droit des forages : entre 4.8 m et 5.4 m de profondeur/TA

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Toit d'apparition de la formation gravo-sableuse au droit des sondages								
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	P1 (290.1)	P2 (290.0)	P3 (289.5)	P4 (289.3)	P5 (289.3)	P6 (289.1)	P7 (289.3)	P8 (289.3)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/-TA)	1.8	2.0	1.8	0.9	1.4	2.7	1.3	0.9
Cote correspondante (en m NGF normal)	288.3	288.0	287.7	288.4	287.9	286.4	288.0	288.4
Toit d'apparition de la formation gravo-sableuse au droit des sondages								
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	P9 (290.1)	P10 (289.9)	P11 (289.3)	P12 (289.3)	P13 (288.7)	P14 (290.6)	SD1 (289.1)	SD2 (289.4)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/-TA)	1.8	2.6*	2.4*	1.2	1.0	1.7	1.4*	2.0*
Cote correspondante (en m NGF normal)	288.3	287.3	286.9	288.1	287.7	288.9	287.7	287.4
Toit d'apparition de la formation gravo-sableuse au droit des sondages								
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SD3 (289.1)	SD4 (289.2)	SD5 (289.1)	SD6 (289.1)	SD7 (288.8)	SD8 (289.2)	SD9 (290.5)	SDT1 (290.3)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/-TA)	1.6*	1.6*	1.4*	1.4*	2.5*	1.4*	1.6*	1.6*
Cote correspondante (en m NGF normal)	287.5	287.6	287.7	287.7	286.3	287.8	288.9	288.7
Toit d'apparition de la formation gravo-sableuse au droit des sondages								
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SDT2 (289.6)	SDT3 (288.9)	SDT4 (289.1)	SDT5 (289.5)	SDT6 (290.3)	PR1 (289.8)	PR2 (289.4)	
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/-TA)	1.5*	0.9*	1.5*	1.2*	1.5*	2.0	1.9	
Cote correspondante (en m NGF normal)	288.1	288.0	287.6	288.3	288.8	287.8	287.5	

* : ces profondeurs et cotes sont basées sur des variations de résistance au pénétromètre et devront être validées visuellement lors de la réalisation des fouilles ou par quelques puits à la pelle au démarrage du chantier.

➤ Unité 3 : Formation d'argile sableuse – Alluvions fines

Lithologie	Argile sableuse grise à passées plus sableuses
Résistance	Sol de résistance faible à moyenne
Type de sol	Sols intermédiaires mous à ferme
Profondeur de la base de l'unité	<ul style="list-style-type: none"> - Au droit des essais de pénétration (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de forages « aveugles ») : entre >8.0 m et >15.4 m de profondeur/TA - Au droit des forages : entre >12.0 m et 13.2 m de profondeur/TA

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Toit d'apparition de la formation argilo-sableuse au droit des sondages						
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SD2 (289.4)	SD5 (289.1)	SD8 (289.2)	SDT1 (290.3)	SDT2 (289.6)	SDT3 (288.9)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	5.6*	5.4*	5.6*	5.5*	4.9*	4.2*
Cote correspondante (en m NGF normal)	283.8	283.7	283.6	284.8	284.7	284.7
Toit d'apparition de la formation argilo-sableuse au droit des sondages						
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SDT4 (289.1)	SDT5 (289.5)	SDT6 (290.3)	PR1 (289.8)	PR2 (289.4)	
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	5.5*	5.0*	5.5*	4.8*	5.4*	
Cote correspondante (en m NGF normal)	283.6	284.5	284.8	285.0	284.0	

* : ces profondeurs sont basées sur des variations de résistance au pénétromètre et devront être validées visuellement lors de la réalisation des fouilles ou par quelques puits à la pelle au démarrage du chantier.

➤ Unité 4 : Formation de sable graveleux – Alluvions

Lithologie	Sable graveleux gris
Résistance	Sol de résistance moyenne à élevée
Type de sol	Sables et graviers
Profondeur de la base de l'unité	<ul style="list-style-type: none"> - Au droit des essais de pénétration (ces profondeurs sont estimées car il s'agit de forages « aveugles ») : entre >14.8 m et >15.3 m de profondeur/TA, non reconnue au droit des sondages STD4 et STD6 - Au droit du forage PR1 : >13.4 m de profondeur/TA

Le toit de cette formation a été reconnu aux profondeurs et cotes suivantes :

Toit d'apparition de la formation sablo-graveleuse au droit des sondages					
Sondage : Référence et cote (en m NGF normal)	SDT1 (290.3)	SDT2 (289.6)	SDT3 (288.9)	SDT5 (289.5)	PR2 (289.4)
Profondeur d'apparition du toit de la formation (en m/TA)	12.2*	14.2*	13.8*	13.3*	13.2*
Cote correspondante (en m NGF normal)	278.1	275.4	275.1	276.2	276.2

* : ces profondeurs sont basées sur des variations de résistance au pénétromètre et devront être validées visuellement lors de la réalisation des fouilles ou par quelques puits à la pelle au démarrage du chantier.

6. L'eau souterraine

6.1. Résultat des mesures et enquête

L'effondrement des parois des sondages n'ont pas permis la mesure d'un niveau d'eau lors de l'intervention jusqu' à 4.3 m de profondeur en date du 27/10 et du 17 et 18/11/21.

Les niveaux d'eau mesurés dans le piézomètre mis en place sont donnés dans le tableau suivant :

Niveaux d'eau mesurés dans les piézomètres											
Piézomètre n° Cote (en m NGF Normal)		PR1+Pz (289.8)		PR2+Pz (289.4)		Pz101 (289.0)		Pz102 (289.3)		Pz103 (289.2)	
		m/TA	Cote	m/TA	Cote	m/TA	Cote	m/TA	Cote	m/TA	Cote
Mesures effectuées	04/03/21	-	-	-	-	3.9	285.1	5.3	284.0	5.2	284.1
	17/06/21	-	-	-	-	4.1	284.9	5.0	284.3	5.1	284.0
	28/10/21	-	-	-	-	4.5	284.5	-	-	-	-
	29/10/21	-	-	-	-	-	-	5.6	283.7	4.6	284.6
	17/11/21	4.75	285.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/12/21	6.1	283.7	5.6	283.8	5.3	283.7	5.8	283.5	5.4	283.8

Tableau récapitulatif des mesures piézométriques

Un suivi piézométrique devra être mené dans le cadre d'une mission complémentaire G2 PRO par exemple. Les piézomètres devront être équipés de sonde automatique avec enregistrement continu.

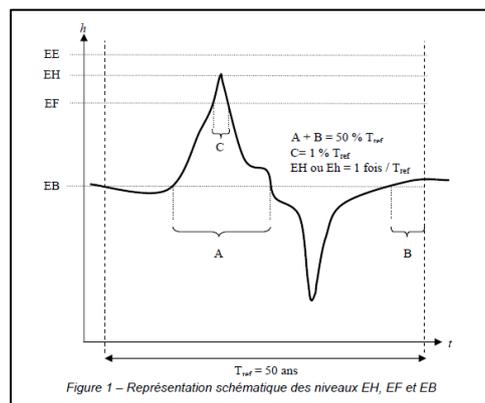
6.2. Synthèse hydrogéologique

➤ Le contexte hydrogéologique du site est marqué par :

- Une nappe alluviale dont l'écoulement est orienté du Nord vers le Sud à environ 4.0 à 5.0 m de profondeur par rapport au terrain actuel, avec un gradient estimé de l'ordre de 8 ‰.

➤ Définition des niveaux d'eau selon les Eurocodes 0 et 7 :

- Niveau EB (quasi-permanent) : Le niveau EB correspond au niveau susceptible d'être dépassé pendant 50 % du temps de référence.
- Niveau EF (fréquent) : Le niveau EF correspond au niveau susceptible d'être dépassé pendant 1 % du temps de référence.
- Niveau EH (caractéristique) : Le niveau EH correspond au niveau maximum sur une période de retour de 50 ans.
- Niveau EE (accidentelle) : Le niveau EE correspond au niveau maximum susceptible d'être atteinte durant la durée de vie de l'ouvrage (ou à la cote où un dispositif d'écrêtement limite la pression de l'eau).



Extrait de la note du 24/02/2014 du CNIQG (Eurocodes 0 et 7)

➤ Niveaux d'eau proposés au stade de l'avant-projet :

Au stade actuel du projet, en tenant compte des suivis et données piézométriques en cours, et de notre connaissance du secteur, nous proposons de retenir les valeurs caractéristiques suivantes :

- Niveau EB (quasi-permanent) :
 - o En partie Nord du tènement : 285.2 m NGF ;
 - o En Sud du tènement : 284.3 m NGF.
- Niveau EE :
 - o En partie Nord du tènement : 286.6 m NGF ;
 - o En Sud du tènement : 285.8 m NGF.

Remarque :

1. Ces niveaux devront être précisés en phase Projet en fonction des nouvelles données récoltées (suivis piézométriques, éléments d'enquête, évolution de la réglementation, ...).
2. Ces niveaux sont estimés de façon prudente à partir de données piézométriques disponibles à ce jour. Ils sont susceptibles d'évoluer au cours de la vie de l'ouvrage (changement climatique, aménagements urbains et hydrauliques, exploitation des nappes, ...).

6.3. Perméabilité des sols

La perméabilité des différents faciès a été estimée à partir des essais d'eau réalisés.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Valeurs issues de mesures directes				
Unité/description	Essai réalisé	Sondage	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité k
Grave sableuse/Unité 2	Matsuo	P1	3.8 m	$3 \cdot 10^{-3}$ m/s
		P4	2.2 m	1.10^{-3} m/s
		P6	3.7 m	$4 \cdot 10^{-4}$ m/s
		P7	3.7 m	$5 \cdot 10^{-4}$ m/s
		P8	2.6 m	$3 \cdot 10^{-4}$ m/s
		P14	3.8 m	1.10^{-3} m/s

Bilan :

Les valeurs mesurées témoignent d'une perméabilité élevée.

Nota important : Ces essais sont ponctuels et ont été réalisés dans l'optique de dimensionnement d'ouvrages d'infiltration des eaux pluviales ; ils mesurent *la perméabilité en petit*. Dans le cas de nécessité de dimensionnement d'ouvrage de pompage ou de rabattement de nappe, seul un essai de pompage mesurant *la perméabilité en grand* du massif permettrait d'obtenir une estimation raisonnable des débits à prévoir ; cette perméabilité en grand peut être très différente de celle mesurée ponctuellement.

7. Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques géomécaniques mesurées et correspondant à l'organisation géologique décrite précédemment, sont données dans le tableau récapitulatif ci-après. Les données qui suivent ont pour objet de préciser les hypothèses de calcul pour la justification des ouvrages. En phase projet (mission G2 PRO), et en fonction des ouvrages à dimensionner, les caractéristiques à retenir pourront être sensiblement revues.

Synthèse des valeurs des essais in situ proposées au stade Avant-Projet				
Faciès	Pressiomètre		Pénétrromètre dynamique	Pénétrromètre statique
	Pression limite PI* (MPa)	Module Pressiométrique E _M (MPa)	Résistance de pointe q _d (MPa)	Résistance de pointe q _c (MPa)
Unité 1 – Sable graveleuse et limoneuse	[0.7] 0.7	[4.7] 4	[3 à 20] 5	[1 à 10] 3
Unité 2 – Grave sableuse	[1.2 à 4.8] 3	[11 à 63] 30	[5 à 30] 20	[8 à 30] 15
Unité 3 – Argile sableuse	[0.1 à 0.4] 0.15	[1.4 à 3.9] 2	[2 à 7] 3	[0.2 à 5] 1
Unité 4 – Sable Graveleux	-	-	-	[4 à 30] 8

- [] : Fourchette de valeurs mesurées
- xx : Valeur représentative proposée en phase avant-projet (à préciser en phase projet)

8. Risques sismiques – Données règlementaires

Les normes et documents règlementaires utilisables sont les suivants :

- NF EN 1998-1, 1998-5 : Règles de l'Eurocode 8 - « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : Fondations, soutènements et aspects géotechnique ».
- La zone de sismicité (selon décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010).

Les principales données parasismiques déduites des éléments précédents, permettent de retenir :

- Zone de sismicité : Zone 4 (aléa moyen).
- Paramètres géotechniques - Application des règles de l'Eurocode 8.
- Classe de sols – Application des règles de l'Eurocode 8

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres caractéristiques	Coefficient d'amplification S	Paramètres géomécaniques mesurés	Paramètre estimé par corrélation
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	$V_{s,30}$: 180-360 m/s C_u : 70-250 kPa	1,5	$\leq q_c, PI^*, R_d \leq$ MPa V_s entre xx =	$V_{s,30} =$ $C_u =$

➤ **Accélération nominale ; a_g (m/s²) – Application des règles de l'Eurocode 8**

a_g est définie par la relation : $a_g = \gamma_1 \cdot S_T \cdot a_{gr}$

Zone sismique	Pic d'accélération de référence a_{gr} (m/s ²) pour un sol de classe A	Coefficient d'importance de l'ouvrage γ_1			
		Catégorie d'importance de l'ouvrage			
		I	II	III	IV
Zone 4	1,6	0,8	1,0	1,2	1,4
S_T : coefficient topographique		1.0		1.0	

Coefficients d'importance et coefficient topographique proposés en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage

➤ **Risque de liquéfaction :**

Les reconnaissances réalisées ne permettent pas de statuer précisément sur le risque de liquéfaction. Cependant en première approche, il est possible de retenir que les **sols sont a priori non suspects de liquéfaction, pour les raisons suivantes :**

- Sols argileux de résistance faible sous nappe ;
- Sols de granulométries hétérogènes ne permettant pas la liquéfaction.

9. Sensibilité du site liée à la structure géotechnique du site

Les tendances générales et les principaux aléas liés à la structure géotechnique du site apparaissent être les suivants :

- Structure géotechnique apparaissant homogène sur l'ensemble du site avec des alternances de matériaux alluvionnaires relativement distinctes allant de la grave à l'argile en passant par des sables selon les horizons.
- Contexte hydrogéologique marqué par la présence d'une nappe située vers 4.0 à 5.0 m de profondeur.
- Des remblais récents et hétérogènes en nature sont présents sur le site. Cette formation présente un risque de déformation dans le temps (même sans surcharge apportée), compte tenu de son épaisseur, de sa nature et de l'absence de compactage probable lors de sa mise en œuvre.

DESCRIPTION DU PROJET ET DE SON ENVIRONNEMENT

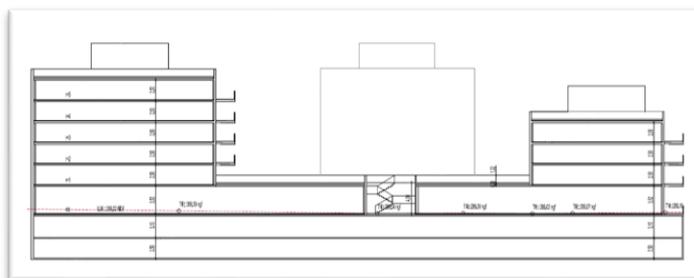
10. Caractéristiques du projet

10.1. Description des ouvrages - Principes constructifs envisagés

Projet prévoyant la construction de :

Désignation	Lot 1	Lot 2 et Lot 3	Lot 4	Lot 5
Surfaces des sous-sols approximatifs	2245 m ²	1850 m ²	1320 m ²	300 m ²
Type d'ouvrage	Bâtiments de logements			
Classe d'importance (I à IV) vis-à-vis du risque sismique	II			
Classe de conséquence	CC2			
Nombre de niveaux	R+3 à R+5 + SS-2	R+3 à R+4 + Attique + SS-1		R+3 + Attique + SS-1
Cote du niveau le plus bas	283.2 m NGF soit environ -6.0 m / TN	283.4 m NGF soit environ - 6.0 m/TN	286.0 m NGF soit environ -3.5 m / TN	286.8 m NGF soit environ -3.5 m / TN
Nature du niveau bas	Radier de fondation	Radier de fondation	Dallage sur terre-plein ou Radier de fondation	Dallage sur terre-plein ou Radier de fondation
Structure	BA			
Descentes de charges estimées sur la structure	- Radier : 8 à 11 t/m ²	- Radier : 7.5 à 8.5 t/m ²	- Semelles continues : 25 t/ml - Semelles isolées : 170 t/appuis - Radier : 8.5 t/m ²	- Semelles continues : 20 t/ml - Semelles isolées : 140 t/appuis - Radier : 7.5 t/m ²
Sollicitations appliquées aux dallages	-	-	Estimées < 250 kg/m ²	Estimées < 250 kg/m ²

Tableau récapitulatif des principes caractéristiques des bâtiments et constructions envisagés



Extrait de la coupe du projet - Lot 1



Extrait de la coupe du projet - Lot 2, 3 et 4

➤ Terrassements provisoires :

Désignation	Lot 1	Lot 2 et Lot 3	Lot 4	Lot 5
Cote niveau bas	283.2 m NGF	283.4 m NGF	286.0 m NGF	286.8 m NGF (estimée)
Cote de terrassement estimée (phase AVP)	282.7 m NGF	282.9 m NGF	285.5 m NGF	286.3 m NGF
Hauteur des terrassements en déblai provisoires estimés	6.5 m	6.5 m	4 m	4 m

Tableau récapitulatif des terrassements provisoires estimés

Ces travaux de grande hauteur représentent le risque principal du projet.

➤ Soutènements définitifs envisagés au projet :

Ouvrage de 1.5 à 6.5 m de hauteur, dont les caractéristiques principales envisagées sont les suivantes :

Désignation	Lot 4 / Lot 5	Lot 5	Lot 1 / Lot 2 / Lot 3
Type de soutènements envisagés	Parois berlinoises + Talutages	Enrochements + talutages	Parois berlinoises + Talutages (*)

Tableau récapitulatif des ouvrages de soutènements définitifs envisagés

(*) La solution en parois berlinoises concernant les lots 1, 2 et 3 est envisageable sous réserve de faisabilité par une étude spécifique. Dans le cas contraire, une solution par palplanches devra être envisagée.

Nota : Afin de réduire la hauteur des ouvrages de soutènement, il est possible de réaliser des pré-terrassements uniquement dans les zones suffisamment éloignées des limites de parcelle et/ou d'ouvrages mitoyens sensibles ou très proches.

➤ **Voiries et chaussées :**

Désignation	Parkings - Perméable	Voirie de desserte - Imperméable
Type chaussée envisagée	Voirie légère en « Evergreen »	Voirie légère en enrobé
Linéaire ou surface approximatifs	Lot 1 : 700 m ² Lot 5 : 530 m ²	Lot 1 : 700 m ² Lot 5 : 530 m ²

Tableau récapitulatif des voiries et chaussées envisagées

➤ **Ouvrages de gestion des eaux pluviales :**

La gestion des Eaux Pluviales sur les différentes parcelles sera gérer par rétention et infiltration.

11. ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) du projet

Définition de la ZIG : Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre :

- L'ouvrage (ou les travaux nécessaires à sa réalisation),
- Et son environnement (sols et ouvrages environnants).

Dans le cas présent, la ZIG est constituée par :

- La parcelle où est placé le futur projet,
- Des ouvrages existants ou démolis sur l'emprise du projet,
- Des ouvrages mitoyens relativement proche du projet,
- Les limites de propriété relativement proche du projet,
- La piste cyclable au Sud-Ouest,
- L'avenue Pierre de la Gontrie et ses réseaux associés situés à 5 m,
- L'avenue de la Gare et ses réseaux associés situés à 2.5 m,
- La rue François Civeyrac et ses réseaux associés situés à 15 m.

12. Sensibilité générale du projet

La sensibilité générale du projet vis-à-vis de sa destination et de la ZIG va être fortement conditionnée par les aspects suivants :

- Ouvrages aux descentes de charges moyennes.
- Travaux de terrassements avec des déblais importants à proximité d'ouvrages sensibles.
- Travaux de terrassement en déblai avec peu de recul par rapport aux limites.
- Modification importante des conditions d'écoulement des eaux de surfaces.
- Projet nécessitant des phasages de travaux successifs.
- Nécessité de gérer les E.P. du projet à proximité d'ouvrages avec sous-sol.

13. Orientations constructives pour optimiser l'adaptation du projet

Recommandations pour optimiser l'adaptation du projet au sol et réduire les aléas liés à l'interaction sol-structure:

- Éviter sur un même ouvrage des niveaux de sous-sol différents (SS-1 / SS-2) afin de respecter la règle des trois pour deux entre deux fondations de niveau différent.
- Éviter les niveaux enterrés sur 2 niveaux (SS-2) pour ne pas intercepter la nappe.
- Limiter l'importance des terrassements afin d'éviter les ouvrages de soutènement.

14. Principales applications pratiques

Les principales applications pratiques pour l'adaptation du projet au sol sont les suivantes :

Ouvrages géotechniques ou travaux nécessaires à l'adaptation au sol du projet	Recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques
Préparations préalables	<ul style="list-style-type: none"> - Décapage de la terre végétale - Démolition des bâtiments et structures existantes - Drainage préalable impératif - Purge et substitution des structures enterrées
Terrassements provisoires	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassements en retro sans remanier les sols supports - Terrassements délicats en présence de venues d'eau à associer à des moyens de rabattement de nappe au droit des plateformes des ouvrages avec 2 niveaux de sous-sol.
Talus et soutènements provisoires	<ul style="list-style-type: none"> - Soutènements provisoires par parois berlinoises, enrochement et parois de palplanches - Talutages envisageables localement moyennant la mise en place de mesures de protection vis-à-vis des eaux souterraines et des eaux de ruissellement
Solutions de fondation	<p><u>Lot 1, Lot 2 et Lot 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Radier général rigide <p><u>Lot 4 et Lot 5 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fondations superficielles par semelles continues ou isolées - Dallage sur terre-plein
Gestion de l'eau dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> - Phase provisoire : <p><u>Lot 1, Lot 2 et Lot 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> o Rabattement de nappe <p><u>Lot 4 et Lot 5 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> o Drainage de chantier
Gestion de l'eau dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> - Phase définitive : <p><u>Lot 1, Lot 2 et Lot 3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> o Cuvelage étanche

Gestion de l'eau dans le sol	- Phase définitive : <u>Lot 4 et Lot 5 :</u> - Protection des murs par étanchéité et drainage périphérique
Gestion des eaux pluviales	- Ouvrages de rétention et d'infiltration par tranchée d'infiltration descendus dans la formation gravelo-sableuse de l'unité 2

Tableau récapitulatif des recommandations pour la conception des principaux ouvrages géotechniques

15. Fondation de la structure

Les solutions de fondation envisageables sont les suivantes :

➤ Lot 5 :

- Solution 1 : Semelles superficielles continues et/ou isolées, ancrées de 0,3 m minimum dans la formation l'unité n°2 et descendues à 0.75 m de profondeur minimum terrain fini extérieur.
- Solution 2 : Radier de fondation sur renforcement de sol.

➤ Lot 4 :

- Solution 1 : Semelles superficielles continues et/ou isolées, ancrées de 0,3 m minimum dans la formation l'unité n°2 et descendues à 0.75 m de profondeur minimum terrain fini extérieur.
- Solution 2 : Radier de fondation sur renforcement de sol.

Remarques :

- o Des dispositions particulières devront être mises en œuvre pour justifier le non-respect de la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre les arêtes de fondations entre les niveaux décalés (NF P 94-261) du lot 3 et du lot 4 (reprise des poussées par murs enterrés).
 - o Concernant la solution 1 pour le lot 4, un dallage liaisonné devra être mis en œuvre pour reprendre les sous-pressions liées aux remontées de nappe éventuelles.
 - o Dans tous les cas, **un joint de construction intéressant toute la hauteur des différentes parties de l'ouvrage** devra être mis en œuvre, y compris les fondations elles-mêmes afin de se prémunir des tassements différentiels.
- Lot 1, Lot 2 et Lot 3 :
- **Radier général coulé sur la formation l'unité n°3. Cette formation sera protégée par un matelas drainant.**

Remarque : Compte tenu du contexte hydrogéologique et de la configuration du projet, la vérification vis-à-vis du soulèvement global de la fondation due à la poussée d'Archimède (UPL) devra être menée, notamment pour les parties centrales entre les bâtiments qui comporte deux niveaux de sous-sol et des charges appliquées aux fondations peu importantes.

15.1. Fondations superficielles (Lot 4 et Lot 5)

Le toit de la formation l'unité 2 est reconnu entre 0.9 m et 2.6 m par rapport au terrain actuel au droit des sondages réalisés.

L'assise des fondations sera ancrée au minimum de 0.3 m dans cette couche repère.

Dans tous les cas, l'encastrement devra assurer les conditions de mise hors gel des fondations, soit une profondeur minimale de 0.75 m par rapport à la plus proche surface exposée au gel, compte tenu de l'altitude du site.

15.1.1. Prédimensionnement

Des exemples de prédimensionnement ont été réalisés pour différentes géométries de fondation selon la norme NF P 94-261 (norme d'application de l'Eurocode 7).

Les principaux résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-après.

➤ **Contraintes de prédimensionnement :**

A partir des hypothèses géomécaniques prises en compte, on obtient la valeur suivante de la contrainte q_{net} pour des charges verticales centrées :

$$q_{net} = 550 \text{ kPa}$$

En première approche, les **contraintes admissibles** calculées selon q_{net} sont les suivantes :

États limites types :	E.L.U. accidentels		E.L.U. transitoires et durables		E.L.S. caractéristiques et quasi-permanents	
	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$
Coefficients partiels de résistance $\gamma_{R,v}$ et de méthode $\gamma_{R,d,v}$	1,2	1,2	1,4	1,2	2,3	1,2
Contrainte admissible (kPa) $i_{\delta} \cdot q_{net}$	380		330		200	

Remarque : pour des charges inclinées, le coefficient de réduction i_{δ} devra être appliquée pour pondérer q_{net} .

Pour des charges en crête de talus de pente β , le coefficient de réduction i_{β} devra être appliqué pour pondérer q_{net} .

➤ **Tassements sous semelles :**

Pour les hypothèses de charges indiquées précédemment et le contexte géotechnique du site, les tassements absolus seront vraisemblablement de l'ordre **de 2 cm**, sous réserve d'une exécution soignée.

Des descentes de charges hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type **G2 PRO**.

Toutefois si les tassements sous les semelles ne seraient pas admissibles par les structures ou que les descentes de charges soient mal réparties ou supérieures aux estimations faites en première approche, une solution par renforcement de sol sous un radier de fondation devra être envisagé – A vérifier en phase G2 PRO.

15.1.2. *Recommandations sismiques*

Le projet se trouve en zone sismique, et les recommandations suivantes devront être appliquées :

- Fondation par semelles filantes à maille fermée régulière (mode le mieux adapté) ou par semelles isolées à relier par un réseau de longrines bidirectionnelles. Les fondations doivent être suffisamment rigides pour transmettre au sol et de manière uniforme les actions localisées reçues de la superstructure.
- Fondations en béton armé, pour la reprise des efforts de cisaillement lors des déplacements du sol.
- Veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale.
- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment à moins de délimiter des parties par joints parasismiques.

15.1.3. *Dispositions constructives*

- Pour des raisons de bonne exécution, largeur des fondations conçues supérieure ou égale à 0.5 m pour des semelles continues et 0.7 m pour les semelles isolées.
- En cas de mitoyennetés différées en temps au cours de la construction, une reprise de tassement est à prévoir sur le premier bâtiment construit. Un entraînement de la fondation par le tassement du bâtiment en cours de construction est certain sans précaution spéciale.
- **En cas de deux bâtiments, ou de deux parties d'un même bâtiment fondées de façon différente, ou présentant un nombre de niveaux assez différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels risquant de se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes.**

- La présence d'eau pourra entraîner des sujétions de blindage de parois, et de pompages pour épuisement des fouilles et/ou de rabattement de nappe lors des travaux de fondation.
- Les fondations doivent être coulées à l'avancement et à pleine fouille impérativement et non coffrées sur une plate-forme pré-terrassée ou reconstituée. Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, ce dernier devra être protégé immédiatement et au minimum par un béton de propreté.
- Tout sol décomprimé localement sera purgé et remplacé par un béton maigre.

15.2. Fondation superficielle par radier général (Lot 1, Lot 2 et Lot 3)

La solution de fondation proposée est la suivante :

- Radier général coulé sur la plate-forme réalisée.
- Plate-forme protégée par un matelas drainant.

Le sol de fondation sera l'argile sableux de l'unité 3 dont le toit a été rencontré entre 4.2 m et 5.6 m par rapport au terrain actuel au droit des sondages réalisés, correspondant à une cote comprise entre 283.6 et 285.0 m NGF.

La mise hors gel devra être assurée automatiquement compte tenu de la profondeur de fondation.

La justification de la fondation sur radier est effectuée selon la norme NF P 94-261.

Les principaux résultats obtenus sont donnés ci-après.

- Détermination de $q'0$ en fonction de l'importance du terrassement :

On retiendra en première approche comme valeur de contrainte de préconsolidation due à l'excavation :

Bâtiment	Cote TN avant terrassement	Cote TN retenue dans les calculs	Hauteur et poids de terres excavées	Contrainte de préconsolidation retenue $q'0$
Bâtiments (Lot 1, Lot 2 et Lot 3)	289.0 à 290.0 m NGF	289.0 m NGF	6.0 m x 19 kN/m ³	114 kPa

- Contraintes prédimensionnement – phase avant-projet :

A partir des hypothèses géomécaniques prises en compte, on obtient une valeur sécuritaire :

$$q_{net} = 150 \text{ kPa}$$

En première approche, les contraintes admissibles calculées selon q_{net} sont les suivantes :

Contrainte admissible $\sigma_{R;d} + q'0$ (kPa)						
États limites types :	E.L.U. accidentels		E.L.U. GEO transitoires et durables		E.L.S. caractéristiques et quasi-permanents	
	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$	$\gamma_{R,v}$	$\gamma_{R,d,v}$
Coefficients partiels de résistance $\gamma_{R,v}$ et de méthode $\gamma_{R,d,v}$	1,4	1,2	1,4	1,2	2,3	1,2
Bâtiments	220		208		170	

Ces valeurs apparaissent compatibles avec les sollicitations apportées par le bâtiment.

- Estimations des tassements :

Pour les hypothèses de charges indiquées précédemment et le contexte géotechnique du site, les tassements absolus seront vraisemblablement inférieurs au cm, sous réserve d'une exécution soignée.

- Recommandations sismiques :

Le projet se trouve en zone sismique, et les recommandations suivantes devront être appliquées :

- Réalisation en béton armé, pour la reprise des efforts de cisaillement lors des déplacements du sol.

- Radier bien adapté pour reprendre les moments induits par le séisme.
- **Dispositions constructives :**
- Protection du sol de fondation par un matelas drainant mis en place au fur et à mesure des terrassements.
- **Des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus, doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus, à moins de dispositions particulières.**
- La présence d'eau va entraîner des sujétions de rabattement de nappe lors des travaux de fondation.
- Il est rappelé qu'en cas de mitoyennetés différées en temps au cours de la construction, une reprise de tassement est à prévoir sur le premier bâtiment construit. Un entraînement de la fondation par le tassement du bâtiment en cours de construction est certain sans précaution spéciale. Si l'on ne souhaite pas avoir à gérer ces déformations, un autre mode de fondations devra être envisagé.

TERRASSEMENT / SOUTÈNEMENT PHASE PROVISOIRE

16. Préparation du site – Démolition

Préambule : les indications des chapitres suivants, fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées : intempéries et niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières. Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu, qu'elles ne peuvent être définies précisément actuellement, et que seules des orientations peuvent être retenues à ce stade de l'étude.

16.1. Démolition

Des structures enterrées (fondations, fosses, cuves) seront probablement découvertes.

Dans le cas où la base de ces structures enterrées se situe sous le niveau futur de terrassement, les excavations laissées par leurs purges seront comblées avec :

- Du gros béton au droit des appuis de fondation.
- Des matériaux graveleux, insensibles à l'eau et correctement compactés par couche au droit des zones de dallage dans le cadre d'une solution de dallage sur terre-plein.

Un protocole et une méthodologie précise des purges et des remblaiements devra être fourni par l'Entreprise en mission d'étude d'exécution G3. Des visites lors des purges et des contrôles du fond de forme par un géotechnicien en mission G4 avant remblaiement sont à prévoir.

16.2. Décapage – Préparation du sol

Ce point est primordial pour permettre une exécution des travaux dans des conditions satisfaisantes. Il est impératif de prévoir au démarrage du chantier :

- Décapage de la végétation et de la terre végétale.
- Réalisation d'un réseau de fossés ou tranchées côté amont du terrain pour capter les eaux de ruissellement provenant du versant.
- Purge complète des remblais médiocres sur 1.2 m d'épaisseur minimum et évacuation hors emprise des travaux.
- Purge et dévoiement de l'ensemble des réseaux existants sur l'emprise du projet.

17. Terrassements provisoires

Désignation	Lot 1	Lot 2 / Lot 3	Lot 4	Lot 5
Altimétrie des niveaux finis	289.02 m NGF	289.6 m NGF	289.5 m NGF	290.4 m NGF (estimée)
Cote de terrassement estimée (phase AVP)	282.7 m NGF	282.9 m NGF	285.5 m NGF	286.3 m NGF
Hauteur des terrassements en déblai provisoires estimés	6.5 m	6.5 m	4 m	4 m

Ces travaux de grande hauteur représentent le risque principal du projet.

Ce chapitre devra bien être pris en compte par l'ensemble des intervenants (Maître d'œuvre, Architecte, Ingénieurs structure, BE VRD, Contrôleur, Entreprises).

17.1. Traficabilité – Terrassabilité – Valorisation des déblais

17.1.1. *Traficabilité*

Les plates-formes au niveau de l'arase de terrassement seront constituées au droit des voiries et des plates-formes des bâtiments par :

- Au droit des voiries : par des matériaux gravelo-sableux relativement insensibles à l'eau, et de portance satisfaisante.
- Au droit des plateformes des bâtiments du lot 4 et 5 : par des matériaux graveleux insensibles à l'eau, et de portance satisfaisante.
- Au droit des plateformes des bâtiments du lot 1, 2 et 3 : par des matériaux argileux très sensibles au remaniement et à la décompression, et de traficabilité médiocre surtout en présence d'eau.
- Des résurgences d'eau sont certaines (présence d'une nappe) au niveau prévu des terrassements des lot 1, 2 et 3, ce qui induira des difficultés de traficabilité des plates-formes.

17.1.2. *Terrassabilité*

La réalisation des déblais ne présentera pas de difficultés particulières. Il n'a pas été rencontré de blocs ou d'affleurement rocheux au droit des sondages.

17.1.3. *Valorisation des déblais issus du site en remblais techniques*

Pour l'utilisation des matériaux du site en remblai :

- Remblais et matériaux limoneux et argileux : Compte tenu de leur nature, ces matériaux de déblai sont inaptes au réemploi en remblai. Ils seront mis en décharge adaptée ou stockés dans les zones d'espaces verts.
- Grave sableuse : Compte tenu de leur nature, ces matériaux sont probablement réutilisables en remblais périphériques drainants, remblais techniques, ou couche de forme de voirie ou sous dallage, sous réserve de :
 - o Un calibrage soigneux (élimination des particules fines, la granulométrie des matériaux ne devra pas dépassée une dimension de 100/ 150 mm)
 - o Et éventuellement un concassage des matériaux les plus grossiers.
- Pour un réemploi en couche de forme ou en remblai technique, il convient de réaliser une étude spécifique dans le cadre d'une mission de type G2 PRO (avec essais en laboratoire) pour en préciser la faisabilité technique et économique et les précautions d'exécution. La granulométrie des matériaux ne devra pas dépassée un diamètre de 100 mm.

17.2. Talus provisoires

Pour les terrassements provisoires (inférieurs à 6 mois), on retiendra les recommandations suivantes :

- **Pente des talus provisoires hors soutènement (à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire et hors zone d'influence géotechnique sur des avoisinants sensibles) :**
 - Talus provisoire réglés avec une pente maximale de 1H/1V au sein des terrains gravelo-sableux meubles de surface. Ces talus pourront être réalisés hors d'eau et sur une hauteur maximum de 3.5 m.
- **Renforcement et drainage des talus provisoires (cf. partie drainage en phase chantier) :**
 - Mise en œuvre d'éperons drainants, réalisés jusqu'à 1.5 m à l'intérieur du talus.
 - Mise en œuvre de placages granulaires (masque poids stabilisateur) sur 1.0 m d'épaisseur minimum.

➤ **Protection des talus provisoires :**

- Mise en place de protection contre les eaux de ruissellement en période pluvieuse : fossé étanche ou merlon pour détourner les eaux de ruissellement hors emprise des talus fragile.
- Mise en place rapide de feuilles de polyane ancrées en tête et en pied.

➤ **Stockage des déblais et du matériel de chantier :**

Les stockages des déblais et matériels de chantier sont :

- Interdits en tête des talus provisoires et des soutènements.

18. Soutènements provisoires

18.1. Répartition des ouvrages de soutènements et des talus provisoires

Compte tenu du contexte et de la géométrie du projet, il est nécessaire de prévoir :

➤ **Lot 1 :**

- Sur toute la périphérie : La réalisation d'un ouvrage de soutènements provisoires de type paroi berlinoise sur le second niveau de sous-sol sous nappe et surmonté d'un talus en tête.

➤ **Lot 2 et 3 :**

- Sur toute la périphérie : La réalisation d'un ouvrage de soutènements provisoires de type paroi berlinoise sur le second niveau de sous-sol sous nappe et surmonté d'un talus en tête.

➤ **Lot 4 :**

- Côté Nord : Simple talutage – se référer au paragraphe « Terrassement provisoire »,
- Côté Sud et Sud-Est : La réalisation d'un ouvrage de soutènements provisoires de type paroi berlinoise surmonté d'un talus en tête.

➤ **Lot 5 :**

- Côté Sud : Simple talutage – se référer au paragraphe « Terrassement provisoire »,
- Côté Nord : La réalisation d'un ouvrage de soutènement provisoires de type paroi berlinoise,
- Côté Est et côté Ouest : Un talutage provisoire avec un enrochement en pied.

Remarques :

- Les solutions proposées concernant les ouvrages de soutènement doivent être confirmées dans le cadre d'une étude G2 PRO consécutive à une étude hydrogéologique caractérisant les éléments à prendre en compte pour le rabattement de la nappe.
- Compte tenu des contraintes liées à la présence d'une nappe à faible profondeur et des solutions de soutènements mixtes envisageables, les sous-sols des Lots 2 et 3 (SS-2) devront être dissociés de celui du Lot 4 (SS-1).
- La réalisation d'une paroi berlinoise tirantée est conditionnée par l'obtention des droits de tréfonds au sein des tènements voisins côté Sud et côté Nord.
- En cas de refus des droits de tréfonds, la paroi berlinoise devra être confortée par un système de bracons.
- Un plan de terrassement devra être fourni pour la réalisation de l'étude G2 PRO.

19. Traitement du niveau bas – Lot 4 et Lot 5

Le niveau bas (hors radier) pourra être traité en dallage sur terre-plein.

Le niveau bas pourra être traité en **dallage sur terre-plein**, à la condition stricte du respect des sujétions suivantes :

- Purge complète des remblais existants.
- Exécution des terrassements en déblais selon les préconisations décrites précédemment et permettant de conserver un sol sain et non remanié par les travaux (risque de remaniement soit par circulation des engins soit par décompression par la présence d'eau dans le cas contraire).
- La mise en œuvre d'un drainage sous dallage pérenne.
- L'exécution d'une forme sous dallage afin d'obtenir une portance satisfaisante pour la mise en œuvre du dallage conforme au DTU 13.3.
- Au niveau du lot 4 selon la solution retenue, le niveau bas sera liaisonné aux fondations.

19.1. Préparation de la plateforme sous dallage – Lot 4 et Lot 5

Compte tenu de la nature gravelo-sableuse à passées plus limoneuses du matériau au niveau des terrassements, la préparation de la plateforme sous-dallage consistera en un simple cylindrage. Des essais à la plaque devront être menés pour la réception de cette plateforme.

19.2. Caractéristiques de la forme support de dallage

19.2.1. *Caractéristique de l'arase terrassement*

➤ Lot 4

En considérant une cote de niveau bas à 286.0 m NGF, l'arase terrassement s'établirait vers la cote 285.5 m NGF (estimation à vérifier et contrôler en phase PRO) et serait constituée par la formation de la grave sableuse +/- limoneuse (unité de sol n°2). En niveau EE (cf. §6.2), la nappe pourrait être interceptée par les terrassements. Les travaux de terrassement devront être réalisés de préférence en période de nappe basse.

➤ Lot 5

En considérant une cote de niveau bas à 286.8 m NGF, l'arase terrassement s'établirait vers la cote 286.3 m NGF (estimation à vérifier et contrôler en phase PRO) et serait constituée par la formation de la grave sableuse +/- limoneuse (unité de sol n°2). En niveau EE (cf. §6.2), la nappe pourrait être interceptée par les terrassements. Les travaux de terrassement devront être réalisés de préférence en période de nappe basse.

19.2.2. *Principe*

Les caractéristiques de la couche de forme devront s'adapter aux différentes situations réellement rencontrées :

- Si les matériaux rencontrés sont fins et hors d'eau => 40 cm de grave naturelle alluvionnaire de classe D3 selon la norme NF P 11-300, de granulométrie répartie 0/D de type Ø 0/80 mm ou équivalent, sur un géotextile.
- Si les matériaux sont de nature gravelo-sableuse et hors d'eau => 10 cm de couche de réglage de matériaux graveleux de granulométrie répartie 0/D de type Ø 0/31.5 mm ou équivalent.
- Si la nappe est rencontrée => Matelas drainant de 40 cm d'épaisseur de grave crue de type 20/40 ou 40/80 mm ou équivalent, sur un géotextile.

19.3. Dispositions constructives

Des matériaux insensibles à l'eau et de comportement mécanique similaire peuvent également être admis, sous réserve de l'agrément par le Maître d'œuvre.

Cette épaisseur devra être précisée en concertation avec le BET en fonction des sollicitations du dallage et des critères de portance requis pour le support).

Ces épaisseurs sont données à titre indicatif, et tiennent compte d'une exécution des terrassements conformes à nos préconisations, et dans des conditions météorologiques satisfaisantes. Ces épaisseurs pourront être revues sensiblement (augmentées ou réduites), en fonction des conditions réelles du chantier et notamment :

- De la qualité des travaux préparatoire réalisés,
- Des conditions météorologiques et hydrogéologiques au moment du chantier,
- De la qualité des matériaux mis en œuvre,
- Du matériel de compactage.

19.4. Module d'Young Es

Pour le dimensionnement du dallage selon les préconisations du DTU 13.3, les valeurs de module d'Young à retenir pour chacun des faciès sont les suivantes, du haut vers le bas :

Faciès	Profondeur de la base / TN	Épaisseurs	Module œdométrique estimé	Module d'Young Es ($E_{oed} \times 0.74$)
Unité 2 : Grave sableuse	285.0 m	0.8 m	80 MPa	60 MPa
Unité 3 : Argile sableuse	276.0 m	10 m	3 MPa	2 MPa

19.5. Critères de réception de la forme support

Au stade actuel de l'étude, les critères suivants sont proposés :

Critères de réception de la forme support du dallage		
Ouvrage	Module de Westergaard Kw	Module de déformation E_{v2} , 2 ^{ème} cycle
Dallage - Bâtiments de logements	50 MPa/m minimum	50 MPa minimum

20. Gestion de l'eau en phase provisoire de chantier

20.1. Lot 1, Lot 2 et Lot3

➤ Rabattement de nappe :

Principe envisageable

Les terrassements en déblai recouperont la nappe, ce qui nécessite un rabattement préalable. Ce rabattement consistera en une série de puits de pompages descendus sous le fond de forme.

Ce dispositif devra être mis en œuvre dès le démarrage du terrassement, et complété en continu au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Une étude spécifique hydrogéologique incluant un essai de pompage sera nécessaire pour estimer les débits de rejet issus du pompage vers le réseau public, sous réserve d'autorisation. Cette étude permettra de confirmer la faisabilité de soutènements de type berlinoise ou le besoin en palplanche.

➤ Stratégies pour la gestion du rabattement de nappe :

La conception du rabattement de nappe doit prendre en compte :

- o L'absence d'exutoire hormis celui du réseau d'assainissement.
- o Fluctuations faibles du niveau de la nappe et donc de la hauteur de rabattement.

La stratégie à mettre en œuvre est selon nous la suivante :

- o Compte tenu des enjeux importants des travaux de rabattement (planning, coût, phasage avec les autres lots), il convient de réaliser une étude spécifique avec essais de pompage pour définir les débits de rejet et le nombre de points de pompage.
- o Il convient de caler les travaux, dans la mesure du possible en période de nappe basse.

Les dispositions spécifiques seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme.

20.2. Lot 4 et Lot5

➤ Gestion de l'eau dans la fouille

En principe, il ne doit pas être intercepté de venues d'eau. Cependant si certaines sont découvertes en cours de terrassement, elles seront infiltrées en fond de fouille.

21. Protection vis-à-vis des eaux souterraines en phase définitive

21.1. Lot 1, Lot 2 et Lot 3

Compte tenu du contexte hydrogéologique (présence d'une nappe phréatique) et de la conception du projet (sous-sol enterré), il est nécessaire de prévoir un système de protection spécifique contre les infiltrations d'eau. Les précautions suivantes sont à respecter :

➤ **Cuvelage étanche constitué par :**

- o Soit intérieur (par exemple cristallisation, ou bien revêtement intérieur solidaire de la structure).
- o Soit extérieur (par exemple dispositif de membrane bentonitique, ou membrane bitumineuse ou PVC avec layes soudées entre elles).
- o La protection devra être prévue à minima jusqu'à la cote :
 - EE = 285.5 m NGF côté Sud (Lot 2 et 3) ;
 - EE = 286.2 m NGF côté Ouest (Lot 1).
- o Au-dessus du niveau supérieur du cuvelage, protection des murs enterrés par un dispositif d'imperméabilisation et la mise en œuvre d'un dispositif de drainage.

21.2. Lot 4 et Lot 5

Compte tenu du contexte hydrogéologique d'une part, et de la conception du projet d'autre part, les précautions suivantes sont à respecter :

- **Imperméabilisation des murs enterrés par enduit bitumineux + protection par Delta MS,**
- **Remblaiement avec les matériaux graveleux et drainant du site (matériaux limoneux ou argileux à évacuer), ou avec un matériau d'apport drainant protégés par un géotextile.**

22. Protection vis-à-vis des eaux de ruissellement

Nous recommandons de prévoir des contre-pentes du terrain aménagée en périphérie de l'ouvrage afin d'éloigner les eaux de ruissellement des façades du projet.

23. Gardes de terrassement

Compte tenu :

- Du projet prévoyant des terrassements provisoires en déblais relativement importants en périphérie des bâtiments
- Du contexte hydrogéologique avec risque de circulations d'eau en périphérie des constructions et la présence d'une nappe phréatique.

Les gardes de terrassements devront être remblayées avec soins. Les dispositions envisageables sont les suivantes :

- **Au droit des futures voiries, parkings, cheminement piéton avec revêtement sensibles à la déformation, aménagements extérieurs (murets, escaliers)**

Remblaiement soigné, avec :

- o Des granulats nobles D₃ (selon la norme NF P 11-300) ou similaire de type Ø 0/80 ou 0/100 mm compactés selon les préconisations du GTR et isolés du TN par un géotextile anticontaminant
- o Des granulats nobles crus drainants de type Ø 40/80 ou 50/100 mm et isolés du TN par un géotextile anticontaminant.
- Contrôle de compactage par essais à la plaque, au pénétromètre dynamique ou pénétromètre densitographe :
 - o **Contrôles par essais à la plaque** : un contrôle régulier au fur et à mesure de l'avancement du remblai est nécessaire. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque Ø 60 cm seront à préciser en mission G2 PRO.
 - o Contrôles par sondage au pénétromètre dynamique : le critère de réception pourra être $R_d > 8$ à 12 MPa, à préciser en mission G2 PRO.
 - o Les modalités des ouvrages extérieurs placés dans les gardes de terrassements devront être précisés une fois ces ouvrages définis (phase projet).

- **Au droit des futurs espaces verts :**

Il peut être envisagé l'emploi des matériaux du site ou matériau d'apport de qualité intermédiaire (C₁B₃, C₁B₄, C₁B₅, A₁) moyennant les conditions suivantes :

- o Proscrire l'emploi de matériaux argileux, difficile à mettre en œuvre et à compacter (matériau classé A2 ou A3 à éviter).
- o Mise en œuvre en période sèche et en compactant par couche selon les recommandations du G.T.R.,
- o Acceptation par le Maître d'ouvrage que des tassements ultérieurs puissent se produire (densification de ce matériau difficile à obtenir en fonction de son état hydrique),
- o Protection des étanchéités contre le risque d'arrachement lié au tassement ultérieur des remblais mis en œuvre.

24. Reprofilage des talus définitifs

En phase définitive, nous recommandons de prévoir :

- Des talus définitifs réglés avec une pente maximale de 3H/2V et rapidement recouvert de toile adaptée afin de les protéger des eaux de pluie et des intempéries et favoriser le démarrage de la végétation.
- Une végétalisation rapidement des talus afin de limiter l'érosion et le ravinement.

Il est nécessaire de prévoir la préparation de plates-formes avant mise en œuvre des remblais paysagés

RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Nous rappelons que le but premier de la gestion des eaux pluviales au droit d'un projet est de ne pas aggraver la situation hydraulique actuelle, voire de l'améliorer.

25. Réglementation – Etat des lieux – Principe retenu

25.1. Réglementation pour la gestion des eaux pluviales

➤ **Norme NF EN 752.2 :**

D'après la norme Européenne NF EN 752.2 en résidentielle, les systèmes de gestion des eaux pluviales devront être dimensionnés pour une pluie d'occurrence vicennale (T = 20 ans).

Tableau 1 Fréquences recommandées pour les projets

Fréquence d'un orage donné* 1 fois tous les « n » ans	Lieu	Fréquence d'inondation 1 fois tous les « n » ans
1 par an	Zones rurales	1 tous les 10 ans
1 tous les 2 ans	Zones résidentielles	1 tous les 20 ans
1 tous les 2 ans 1 tous les 5 ans	Centres des villes Zones industrielles ou commerciales : - Si le risque d'inondation est vérifié - Si le risque d'inondation n'est pas vérifié	1 tous les 30 ans
1 tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 tous les 50 ans

Extrait de la norme NF EN 752.2

➤ **Guide du Certu :**

Le guide du Certu (2003) "La ville et son assainissement" préconise de retenir la méthode des pluies pour le dimensionnement des ouvrages de traitement des eaux pluviales et de retenir un débit de fuite correspondant au débit de ruissellement annuel à l'état naturel en cas de rejet dans un réseau d'eaux pluviales ou milieu superficiel.

Ces contraintes doivent être appliquées lorsque la commune ou l'agglomération où s'inscrit le projet ne disposent pas de prescriptions précises pour le traitement des eaux pluviales.

Le guide de Certu, ainsi que les Direction Départementale des Territoires (DDT) préconisent la mise en place de la base des ouvrages de rétention/infiltration à plus 1 m par rapport à la cote des eaux exceptionnelles connues.

➤ **Solution de gestion des EP proposée :**

Les dispositifs de gestion des eaux pluviales proposés sont des ouvrages de rétention et infiltration sollicitant le faciès de grave sableuse pour une perméabilité K retenue comprise entre 1.10^{-3} et 3.10^{-4} m/s.

26. Ouvrages de gestion des eaux pluviales du projet

Compte tenu du contexte hydrogéologique et géotechnique du site, les ouvrages de gestions des EP envisagés sont les suivants :

➤ **Solution 1 : Tranchée d'infiltration :**

Une tranchée d'infiltration correspond à un massif de galets ayant un indice de vide défini et équipé d'un ou plusieurs drains de répartition d'un diamètre défini.

Ce type d'ouvrage nécessite un sol suffisamment perméable.

➤ **Solution 2 : Système Alvéolaire Ultra Léger (SAUL) :**

Un système SAUL est composé de casiers l'egers ayant un fort indice de vide (en général de l'ordre de 95%) permettant le stockage des eaux.



Photographies de casiers SAUL (source : Wavin et Nidaplast)

La solution envisagée est une gestion des EP par SAUL avec infiltration dans la grave sableuse perméable observée entre 0.9 m et 2.0 m de profondeur sous le TN actuel.

Remarque importante : Les solutions proposées sont fournies à titre d'exemple, au stade de l'avant-projet. D'autres ouvrages de rétention sont possibles (à préciser par le BET VRD en phase PRO puis EXE).

27. Méthode et données prises en compte

27.1. Principe et données documentaires

- **Méthode de calcul du volume de rétention nécessaire : méthode dite des Pluies.**
- **Source bibliographique :**
 - CERTU (2003) "La ville et son assainissement ".
 - Techniques alternatives en assainissement pluvial, TEC & DOC, 1994.
- **Station METEO FRANCE de référence : Chambéry - Aix Les Bains (73), la plus proche du site d'étude.**

Durée de pluie (min)	Hauteur d'eau précipitée (mm) T = 20 ans
6	13.4
1440	94.6

27.2. Interaction avec la nappe

La nappe a été détectée vers 5.0 m/TA, c'est-à-dire autour de 285.0 m NGF.

La D.D.T. recommande de tenir les ouvrages d'infiltration 1 m au-dessus du niveau le plus haut connu des eaux souterraines.

27.3. Données du projet

- **Surfaces imperméabilisées collectées (selon le plan masse fourni par l'architecte) :**

o Lot 1

Types de surfaces	Toiture imperméable	Voiries et parking en enrobé	Stationnement Evergreen	Espaces verts
Superficie (m ²)	1870	700	700	1885
Coefficient de ruissellement	1.0	0.95	0.5	0.2
Surface active (m ²)	1870	665	665	377
Surface active totale (m²)			3577	

o Lot 2

Types de surfaces	Toiture imperméable	Espaces verts
Superficie (m ²)	475	600
Coefficient de ruissellement	1.0	0.2
Surface active (m ²)	475	120
Surface active totale (m²)		595

o Lot 3 et Lot 4

Types de surfaces	Toiture imperméable Lot 3	Toiture imperméable Lot 4	Espaces verts Lot 3	Espaces verts Lot 4
Superficie (m ²)	1130		2140	1794
Coefficient de ruissellement	1.0		0.2	0.2
Surface active (m ²)	1130		428	358.8
Surface active totale (m ²)		Lot 3	Lot 4	
		1558	1488.8	

o Lot 5

Types de surfaces	Toiture imperméable	Voiries et parking en enrobé	Stationnement Evergreen	Espaces verts
Superficie (m ²)	1870	700	700	1885
Coefficient de ruissellement	1.0	0.95	0.5	0.2
Surface active (m ²)	1870	665	665	377
Surface active totale (m ²)		3577		

28. Prédimensionnement des ouvrages d'infiltration- Ebauche dimensionnelle

28.1. Caractéristiques de l'ouvrage – Tranchée d'infiltration

Rappel des principales hypothèses :

- Perméabilité du sol sollicité pour l'infiltration : $k = 1.10^{-4}$ m/s
- Profondeur ou cote d'apparition du sol sollicité pour l'infiltration : 1.6 m/TA
- **Profondeur de la nappe prise en compte** : 5.0 m/TA, soit environ à la cote 289.0 m NGF

Les caractéristiques de la **tranchée d'infiltration** prises en compte sont données dans le paragraphe suivant de synthèse.

28.2. Prédimensionnement phase AVP – solution par tranchée d'infiltration – Exemple du Lot 1

➤ Calcul du débit de fuite de l'ouvrage par infiltration :

Soit le débit infiltré $Q_f = \text{surface d'infiltration} \times \text{perméabilité}$.

$$Q_f = S_i \times k = 2,38.10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le débit de fuite par infiltration de l'ouvrage décrit précédemment (pour $S_i = 47.5 \text{ m}^2$) est fixé à 23.8 l/s en considérant une perméabilité de $k = 5.10^{-4}$ m/s.

➤ Calcul du volume de rétention nécessaire $V_{\text{rétention}}$:

Soit le volume entrant = surface active x hauteur d'eau précipitée.

Le débit entrant est fonction de la durée de pluie ($Q_{entrant} = H_{eau\ précipitée} \times Sa / \text{Durée de pluie}$).

Le volume de rétention nécessaire correspond à la différence entre le volume d'eau entrant et le volume de fuite.

En fonction de l'intensité de la pluie, on retient le volume de rétention le plus important (en gras dans le tableau).

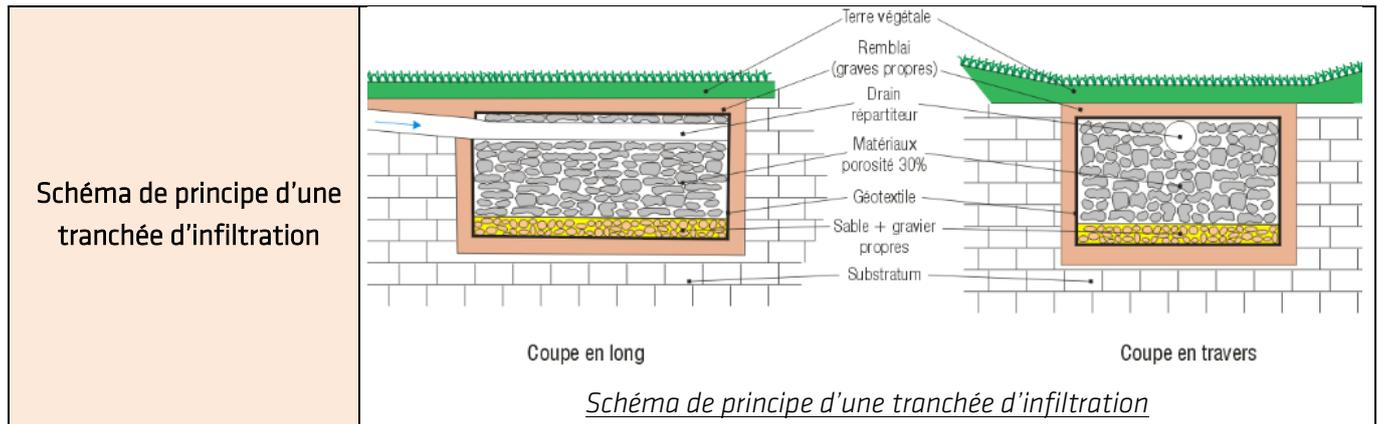
Durée de pluie (min)	Hauteur d'eau précipitée (mm)	Surface active (m ²)	Volume d'eau entrant (m ³)	Débit de fuite (m ³ /s)	Volume de fuite (m ³)	Volume de rétention V _{rétention} (m ³)
6	13,4	3577	48	4,0E-02	14	33,5
15	19,8		71		36	35,0
30	26,6		95		72	23,6
60	35,8		128		143	-15,1
120	48,2		172		286	-114,0
180	52,2		187		429	-242,6
360	63,6		228		859	-631,0
720	77,6		277		1717	-1439,7
1440	94,6		338		3434	-3096,1
2880	111,0		397		6869	-6471,7
5760	135,8		486		13738	-13251,8

Le volume à stocker en considérant une pluie d'occurrence vicennale et pour une surface active de 3577 m² est de 35 m³ pour un débit de fuite fixé à 23.8 l/s.

28.3. Synthèse des recommandations pour la gestion des EP du projet

➤ Lot 1 – Ouvrage rétention/infiltration type tranchée d'infiltration (30% de vide)

Volume utile	<p style="text-align: center;">42 m³ au minimum</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
Type d'ouvrage de rétention/infiltration	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par tranchée d'infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : L = 18 m – Largeur : l = 5 m – Profondeur totale : Z_{totale} = 3.6 m /TA – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Drain de répartition : Ø 300 mm – Hauteur de stockage utile : h_{utile} = 1.5 m /base du drain (= fil d'eau entrant) – Surface d'infiltration : Si = 79.5 m². – Volume de stockage : V_{utile de stockage} = 42 m³ > V_{rétention} = 35 m³ → OK <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée	<p style="text-align: center;">Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts</p>



➤ Lot 1 – Ouvrage rétention/infiltration alvéolaire type SAUL infiltration (95% de vide)

<p>Volume utile</p>	<p style="text-align: center;">72 m³ au minimum</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
<p>Type d'ouvrage de rétention/infiltration</p>	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par SAUL avec infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L_{SAUL} = 10 \text{ m}$ – Largeur : $l_{SAUL} = 5 \text{ m}$ – Profondeur totale : $Z_{totale} = 3.6 \text{ m /TN}$ – Cote de fil d'eau entrant : $-0.5 \text{ m/tête de l'ouvrage}$ – Recouvrement de l'ouvrage (à adapter) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Espace vert : 0.3 à 0.5 m minimum de terre végétale + géotextile ○ Voiries ou stationnements : 0.3 à 0.6 m minimum + géotextile pour atteindre la plateforme PF avant mise en place de la chaussée (épaisseur à adapter selon le type de plateforme souhaitée – se référer à l'étude géotechnique de la voirie). – Hauteur de stockage utile : $h_{utile} = 1.5 \text{ m /fil d'eau entrant}$ – Surface d'infiltration : $S_i = 47.5 \text{ m}^2$. – Volume de stockage : $V_{utile \text{ de stockage}} = 72 \text{ m}^3 > V_{rétention} = 53 \text{ m}^3 \rightarrow \text{OK}$ <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
<p>Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée</p>	<p style="text-align: center;">Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts</p>

➤ Lot 2 – Ouvrage rétention/infiltration type tranchée d'infiltration (30% de vide)

<p>Volume utile</p>	<p style="text-align: center;">5.8 m³ au minimum</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
<p>Type d'ouvrage de rétention/infiltration</p>	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par tranchée d'infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : L = 5 m – Largeur : l = 2.5 m – Profondeur totale : $Z_{\text{totale}} = 3.6 \text{ m /TA}$ – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Drain de répartition : Ø 300 mm – Hauteur de stockage utile : $h_{\text{utile}} = 1.5 \text{ m /base du drain (= fil d'eau entrant)}$ – Surface d'infiltration : $S_i = 17.5 \text{ m}^2$. – Volume de stockage : $V_{\text{utile de stockage}} = 5.8 \text{ m}^3 > V_{\text{rétention}} = 5.5 \text{ m}^3 \rightarrow \text{OK}$ <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
<p>Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée</p>	<p style="text-align: center;">Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts</p>

➤ Lot 2 – Ouvrage rétention/infiltration alvéolaire type SAUL infiltration (95% de vide)

<p>Volume utile</p>	<p style="text-align: center;">8.5 m³ au minimum</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
<p>Type d'ouvrage de rétention/infiltration</p>	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par SAUL avec infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L_{\text{SAUL}} = 3 \text{ m}$ – Largeur : $l_{\text{SAUL}} = 2 \text{ m}$ – Profondeur totale : $Z_{\text{totale}} = 3.6 \text{ m /TN}$ – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Recouvrement de l'ouvrage (à adapter) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Espace vert : 0.3 à 0.5 m minimum de terre végétale + géotextile ○ Voiries ou stationnements : 0.3 à 0.6 m minimum + géotextile pour atteindre la plateforme PF avant mise en place de la chaussée (épaisseur à adapter selon le type de plateforme souhaitée – se référer à l'étude géotechnique de la voirie). – Hauteur de stockage utile : $h_{\text{utile}} = 1.5 \text{ m /fil d'eau entrant}$ – Surface d'infiltration : $S_i = 10.5 \text{ m}^2$.

	<ul style="list-style-type: none"> – Volume de stockage : $V_{\text{utile de stockage}} = 8.5 \text{ m}^3 > V_{\text{rétention}} = 8.3 \text{ m}^3 \rightarrow \text{OK}$ <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée	Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts

➤ Lot 3 et Lot 4 – Ouvrage rétention/infiltration type tranchée d'infiltration (30% de vide) par Lot

Volume utile	<p style="text-align: center;">11.7 m³ au minimum / Lot</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
Type d'ouvrage de rétention/infiltration	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par tranchée d'infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L = 10 \text{ m}$ – Largeur : $l = 2.5 \text{ m}$ – Profondeur totale : $Z_{\text{totale}} = 3.6 \text{ m / TA}$ – Cote de fil d'eau entrant : $-0.5 \text{ m/tête de l'ouvrage}$ – Drain de répartition : $\varnothing 300 \text{ mm}$ – Hauteur de stockage utile : $h_{\text{utile}} = 1.5 \text{ m /base du drain (= fil d'eau entrant)}$ – Surface d'infiltration : $S_i = 31.2 \text{ m}^2$. – Volume de stockage : $V_{\text{utile de stockage}} = 11.7 \text{ m}^3 > V_{\text{rétention}} = 8.6 \text{ m}^3 \rightarrow \text{OK}$ <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée	Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts

➤ Lot 3 et Lot 4 – Ouvrage rétention/infiltration alvéolaire type SAUL infiltration (95% de vide) par Lot

Volume utile	<p style="text-align: center;">17.1 m³ au minimum / Lot</p> <p>La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
Type d'ouvrage de rétention/infiltration	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par SAUL avec infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L_{\text{SAUL}} = 6 \text{ m}$ – Largeur : $l_{\text{SAUL}} = 2 \text{ m}$

	<ul style="list-style-type: none"> – Profondeur totale : $Z_{totale} = 3.6$ m /TN – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Recouvrement de l'ouvrage (à adapter) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Espace vert : 0.3 à 0.5 m minimum de terre végétale + géotextile ○ Voiries ou stationnements : 0.3 à 0.6 m minimum + géotextile pour atteindre la plateforme PF avant mise en place de la chaussée (épaisseur à adapter selon le type de plateforme souhaitée – se référer à l'étude géotechnique de la voirie). – Hauteur de stockage utile : $h_{utile} = 1.5$ m /fil d'eau entrant – Surface d'infiltration : $S_i = 18.0$ m². – Volume de stockage : $V_{utile\ de\ stockage} = 17.1$ m³ > $V_{rétention} = 13.4$ m³ → OK <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
<p>Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée</p>	<p>Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts</p>

➤ Lot 5 – Ouvrage rétention/infiltration type tranchée d'infiltration (30% de vide)

<p>Volume utile</p>	<p style="text-align: center;">11.7 m³ au minimum</p> <p style="text-align: center;">La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.</p>
<p>Type d'ouvrage de rétention/infiltration</p>	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par tranchée d'infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L = 10$ m – Largeur : $l = 2.5$ m – Profondeur totale : $Z_{totale} = 3.6$ m /TA – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Drain de répartition : Ø 300 mm – Hauteur de stockage utile : $h_{utile} = 1.5$ m /base du drain (= fil d'eau entrant) – Surface d'infiltration : $S_i = 31.2$ m². – Volume de stockage : $V_{utile\ de\ stockage} = 11.7$ m³ > $V_{rétention} = 9.6$ m³ → OK <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
<p>Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée</p>	<p>Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts</p>

➤ Lot 5 – Ouvrage rétention/infiltration alvéolaire type SAUL infiltration (95% de vide)

Volume utile	17.1 m³ au minimum La conception et le dimensionnement définitif de l'ouvrage de rétention/infiltration à créer est à la charge du BET VRD du projet.
Type d'ouvrage de rétention/infiltration	<p>A ce stade du projet, il est possible d'envisager une solution par SAUL avec infiltration ayant les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longueur : $L_{SAUL} = 6$ m – Largeur : $l_{SAUL} = 2$ m – Profondeur totale : $Z_{totale} = 3.6$ m /TN – Cote de fil d'eau entrant : -0.5 m/tête de l'ouvrage – Recouvrement de l'ouvrage (à adapter) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Espace vert : 0.3 à 0.5 m minimum de terre végétale + géotextile ○ Voiries ou stationnements : 0.3 à 0.6 m minimum + géotextile pour atteindre la plateforme PF avant mise en place de la chaussée (épaisseur à adapter selon le type de plateforme souhaitée – se référer à l'étude géotechnique de la voirie). – Hauteur de stockage utile : $h_{utile} = 1.5$ m /fil d'eau entrant – Surface d'infiltration : $S_i = 18$ m². – Volume de stockage : $V_{utile\ de\ stockage} = 17.1$ m³ > $V_{rétention} = 14.7$ m³ → OK <p>D'autres solutions de rétention/infiltration sont également envisageables sous réserve d'un bon équilibre entre surface d'infiltration et volume de rétention nécessaire et la prise en compte des normes et réglementations et vigueur.</p>
Parcours à moindres dommages en cas de pluie supérieure à celle envisagée	Débordement vers l'aval topographique vers le fossé ou vers les espaces verts

29. Dispositions constructives

➤ Dans tous les cas :

- Ne pas planter d'arbres à moins de 3 m des ouvrages.
- Selon les recommandations et normes en vigueur, il pourra être nécessaire de disposer en amont de chaque ouvrage de rétention un dispositif de décantation.
- Prévoir des regards de visite.
- Entretien : la clé du bon fonctionnement de ce type d'ouvrage (bassin étanche) repose sur un entretien régulier (deux fois par an et à chaque dysfonctionnement) : vidange, curage...
- Les différents éléments constituant le dimensionnement et les caractéristiques des ouvrages réalisés seront vérifiés et devront être conformes aux prescriptions du présent rapport ainsi qu'aux recommandations des fournisseurs et à la réglementation en vigueur.
- Les eaux pluviales ne devront pas être en communication avec les éventuels systèmes d'assainissement individuel.
- Le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales ne tient pas compte des eaux de drainage.

MISSIONS COMPLEMENTAIRES – ENJEUX DU PROJET - RISQUES RESIDUELS

ENJEUX PRINCIPAUX DU PROJET ET RISQUES RESIDUELS :

Classement des enjeux lié aux enjeux et aux aléas en fonction de chaque ouvrage géotechnique envisagé

Enjeux	Description	Aléa / niveau de risque
Enjeux et risques vis-à-vis des fondations et des dallages	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de tassements, liés à la distribution des descentes de charges et à la compressibilité des sols - Nécessité de gérer in situ les EP à proximité des fondations, - Risque en exécution liés à la présence d'eau - Nécessité de mise en place d'une technicité forte 	<p>Degré d'aléa :</p> <p><input type="checkbox"/> Faible</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Moyen</p> <p><input type="checkbox"/> Fort</p>
Enjeux liés aux terrassements provisoires et à la gestion des eaux souterraines, aux conditions météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Aléa de surcoût, retard de planning. - Nécessité de mise en place d'une technicité forte. - Mise hors d'eau provisoire par rabattement 	<p>Degré d'aléa :</p> <p><input type="checkbox"/> Faible</p> <p><input type="checkbox"/> Moyen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fort</p>
Enjeux liés aux Talutage, Soutènement, Reprises en sous-œuvre	<ul style="list-style-type: none"> - Soutènement de technicité forte et de grande hauteur. 	<p>Degré d'aléa :</p> <p><input type="checkbox"/> Nul</p> <p><input type="checkbox"/> Faible</p> <p><input type="checkbox"/> Moyen</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Fort</p>
Enjeux liés à la protection définitive vis-à-vis de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Aléa sur l'estimation des eaux à drainer et à rejeter vers un exutoire, sur les autorisations à obtenir pour le rejet. - Aléa sur la difficulté à estimer les niveaux caractéristiques de la nappe et à son évolution (changement climatique, modification anthropique). 	<p>Degré d'aléa :</p> <p><input type="checkbox"/> Nul</p> <p><input type="checkbox"/> Faible</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Moyen</p> <p><input type="checkbox"/> Fort</p>

MISSIONS COMPLEMENTAIRES :

Cette étude correspond à la mission G2 AVP d'étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet selon les termes de la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques (extraits joints en annexe).

Pour que la mission de Conception soit complète, la norme des missions géotechniques recommande un enchaînement des missions géotechniques en synchronisation avec les phases de conception du projet de l'équipe d'ingénierie.

De ce fait, les **études géotechniques de conception G2 PRO, G2 DCE/ACT** sont nécessaires.

De plus des aléas géotechniques peuvent apparaître en cours des travaux. Il est rappelé que les études de conception G2, doivent être complétées par les missions G3 et G4 (études géotechniques de réalisation) :

- **Étude hydrogéologique spécifique incluant des essais de pompage dans le but notamment de dimensionner le dispositif d'épuisement de la nappe par pompage et d'estimer les débits et les volumes de rejet. Cette étude permettra de définir la possibilité ou non de réaliser des soutènements par parois berlinoises et orientera sur le régime (autorisation ou déclaration) du rejet des eaux du rabattement.**
- **Mission G3** : Etude EXE (Phase étude et phase Suivi) de la part de l'Entreprise.
- **Mission G4** : Supervision géotechnique des travaux par la Maitrise d'œuvre et du Géotechnicien (visa des études d'exécution et avis sur les travaux exécutés, sur le DOE et le DIUO).

ALEAS GEOTECHNIQUES :

- Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
- Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Présentation » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à Kaëna afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
- De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

Extrait norme sur les missions d'ingénierie géotechniques

Documents graphiques et résultats d'investigations

Diagrammes des sondages au pénétromètre

Coupe des forages pressiométriques

Tableau récapitulatif des puits de reconnaissance

Plan d'implantation des sondages

ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME FRANCAISE SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94 500 de novembre 2013)

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre 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.

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 oeuvre 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'oeuvre 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

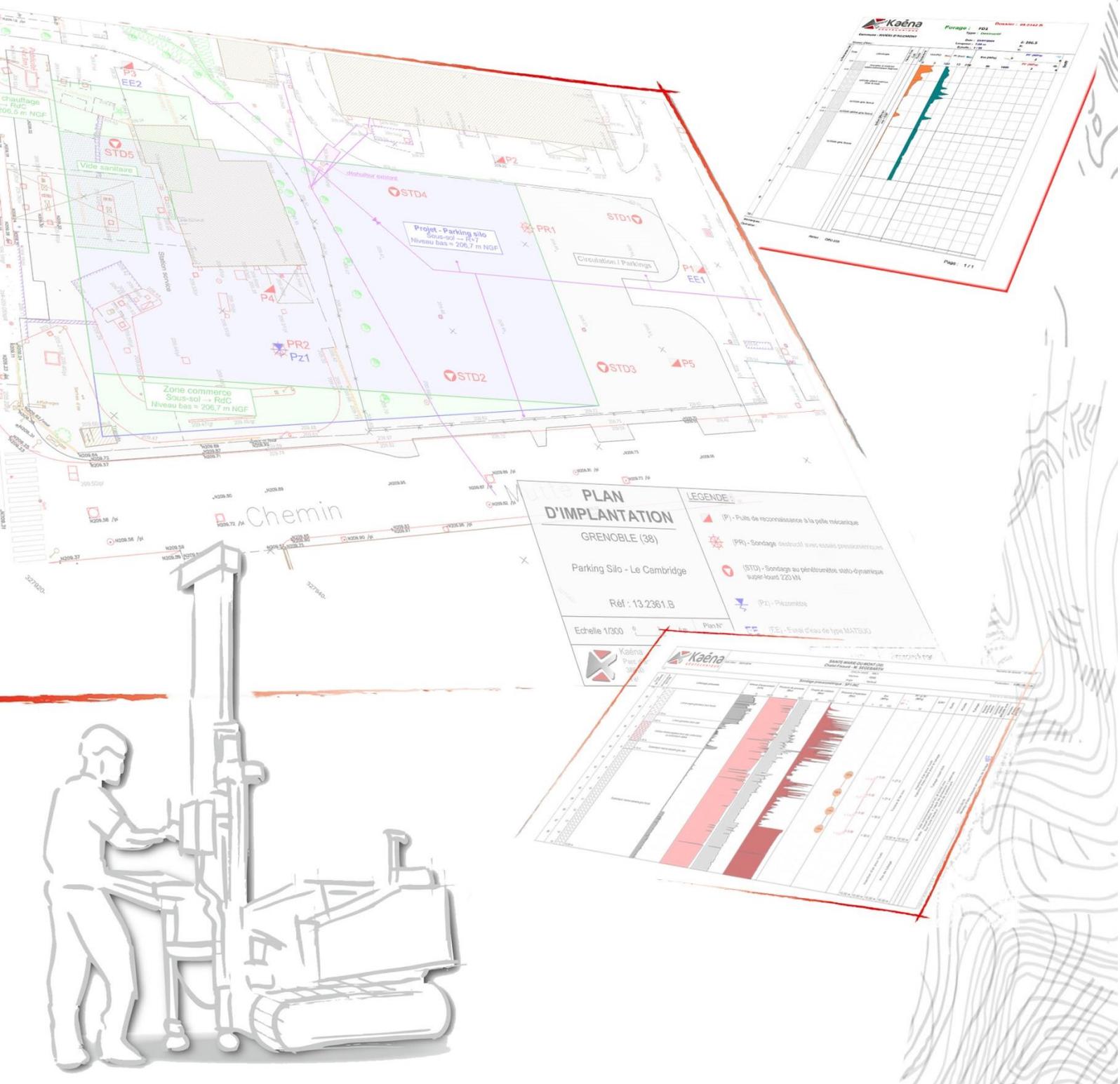
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

DOCUMENTS GRAPHIQUES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

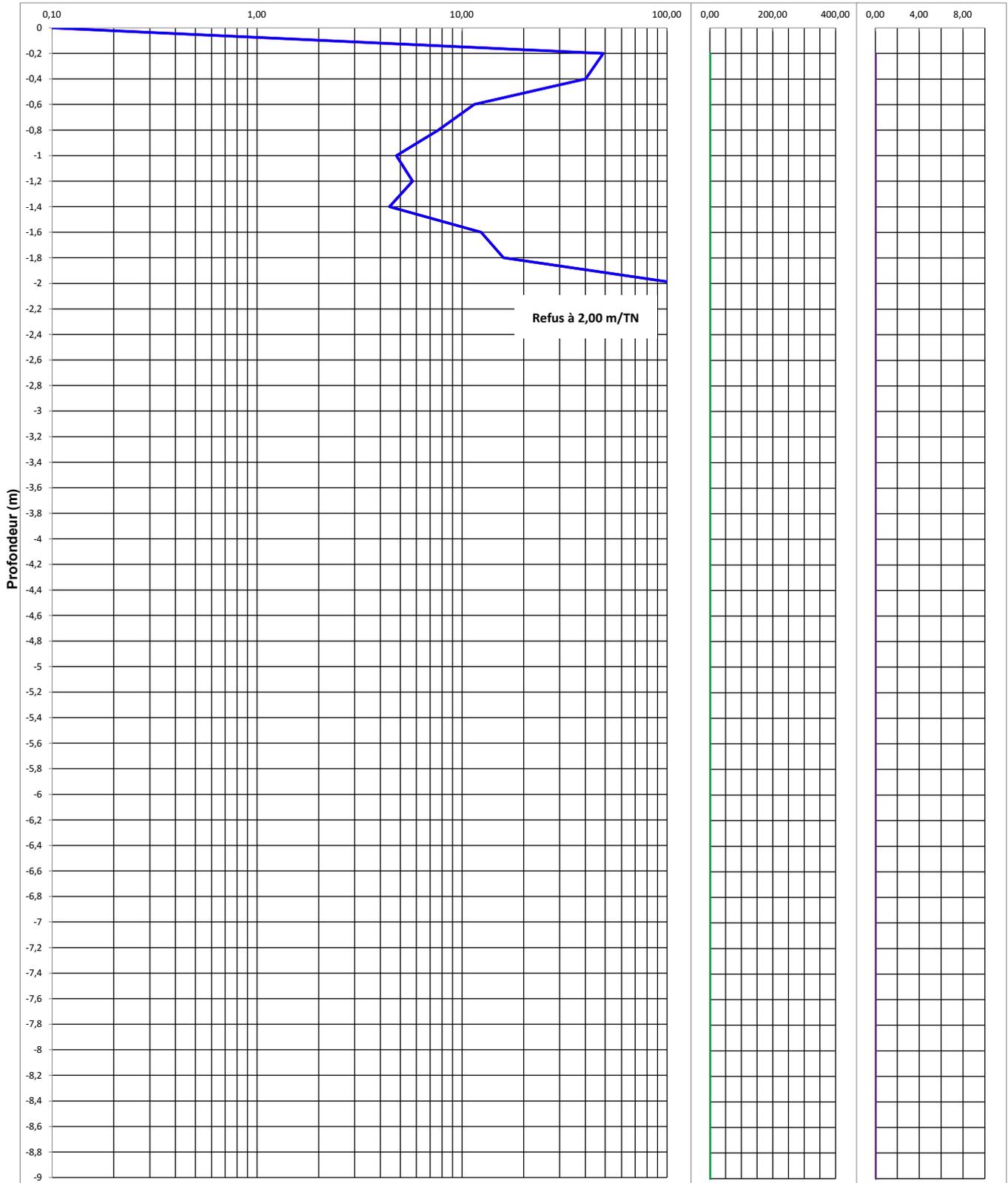
Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,1	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

Rf en %



APPAREILLAGE : pénétromètre dynamique très lourd (DPSH-B) norme NF EN 22476-2
 pénétromètre statique 150 kN pointe BEGEMANN 10 cm² selon norme NF P 94-113

DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

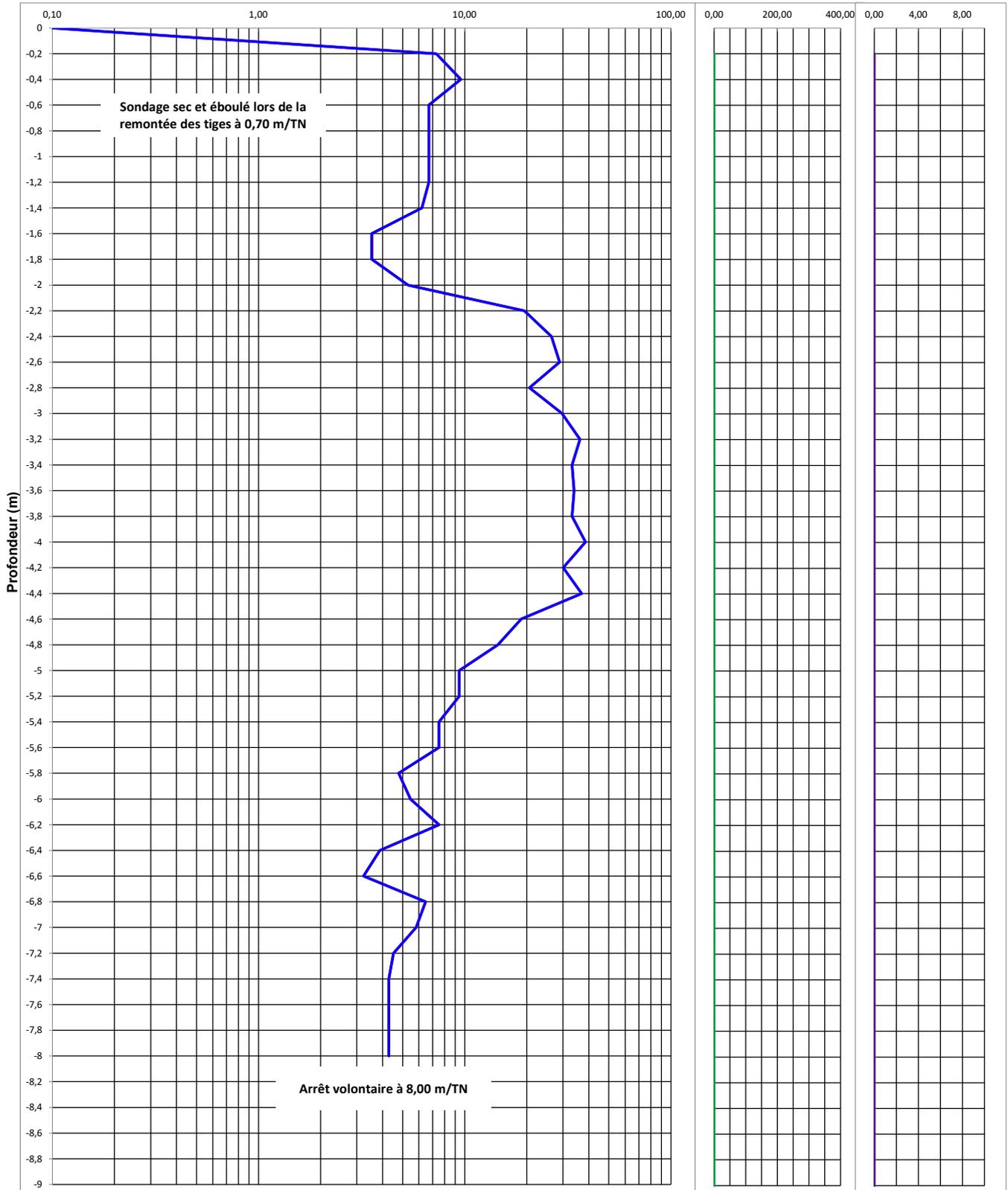
Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,4	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

Rf en %



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

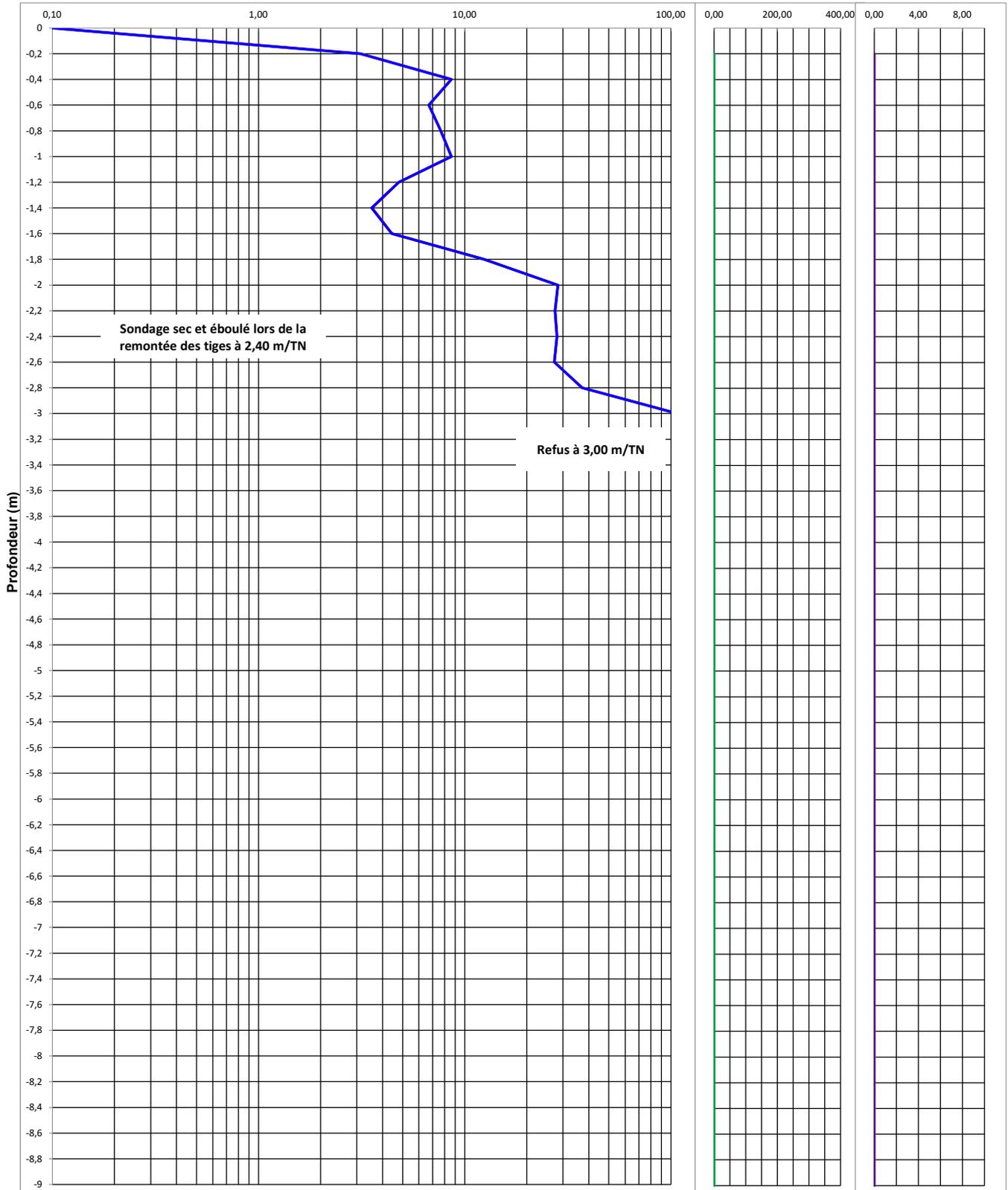
Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,1	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

Rf en %



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

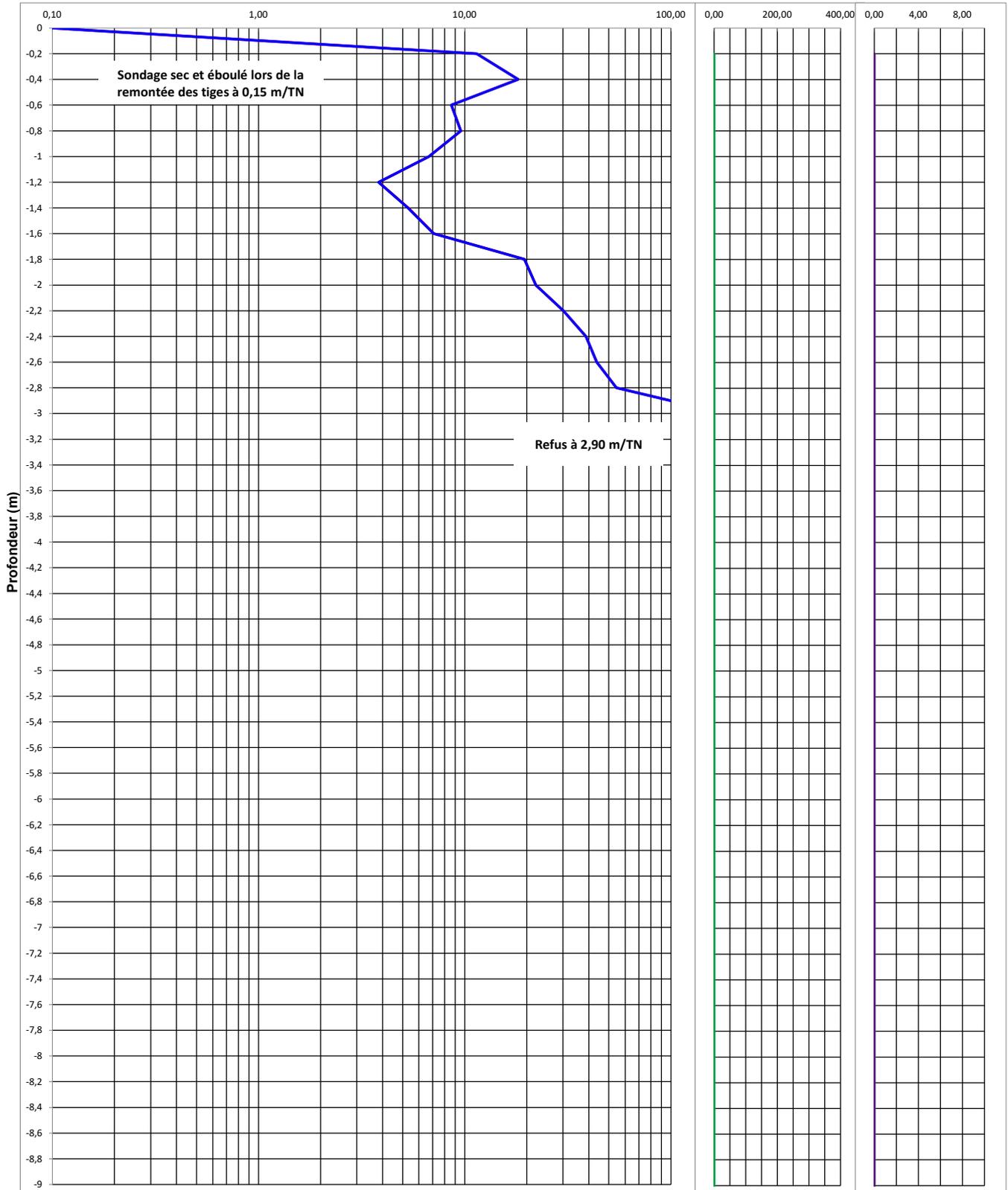
Date : 28/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,2	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

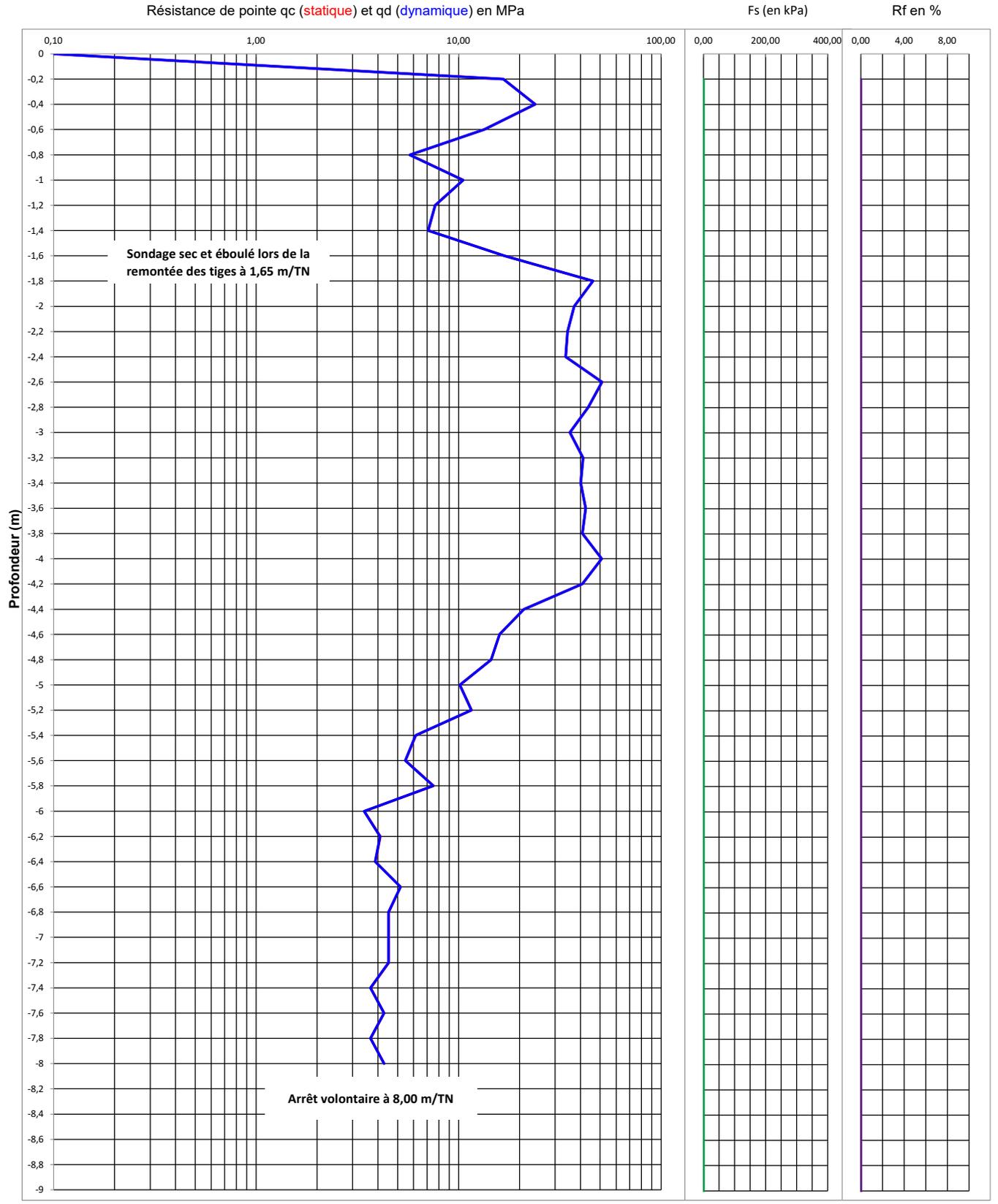
Rf en %



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

Date : 28/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

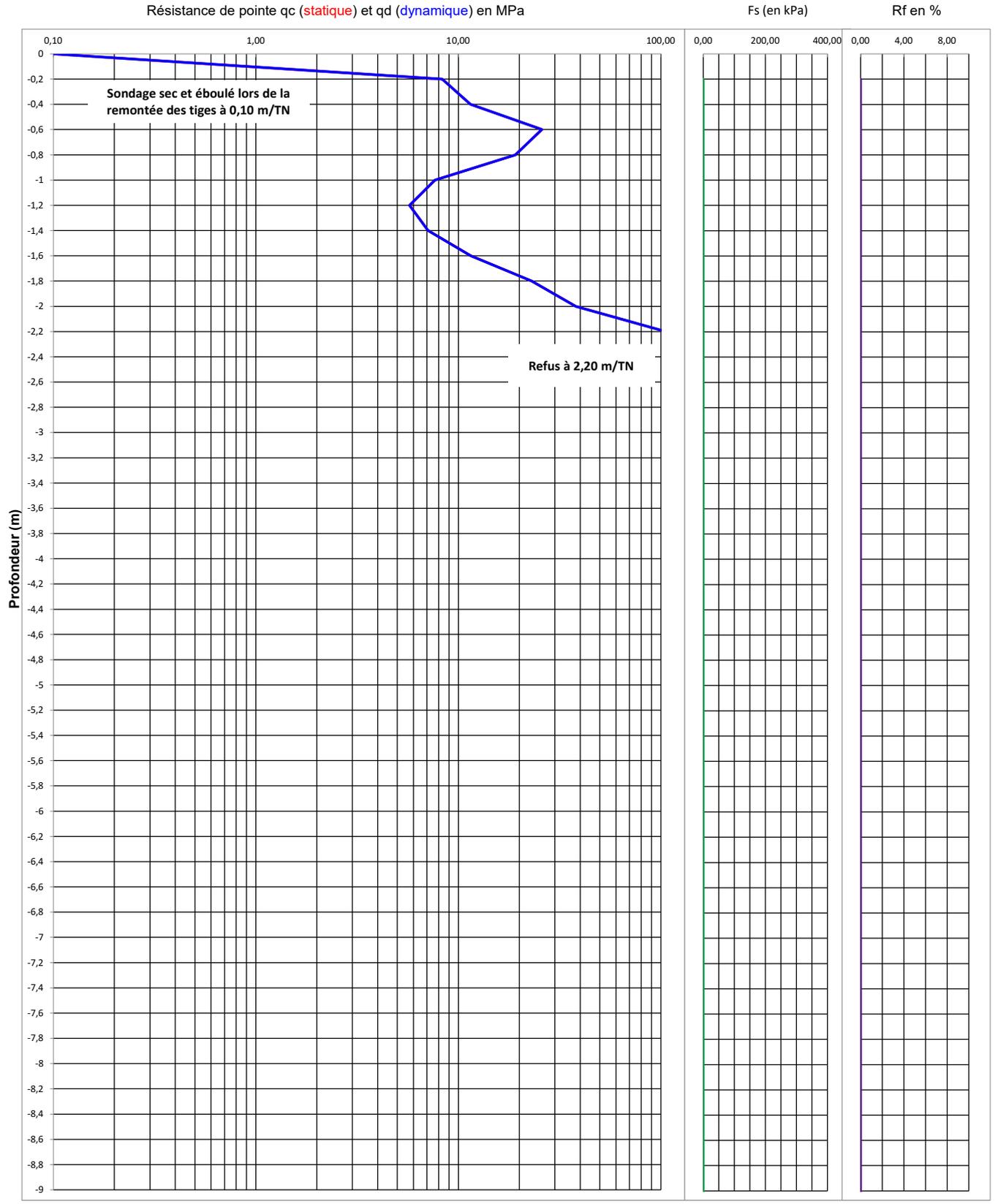
Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,1	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

Date : 28/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,1	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------



APPAREILLAGE : pénétromètre dynamique très lourd (DPSH-B) norme NF EN 22476-2
 pénétromètre statique 150 kN pointe BEGEMANN 10 cm² selon norme NF P 94-113

DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

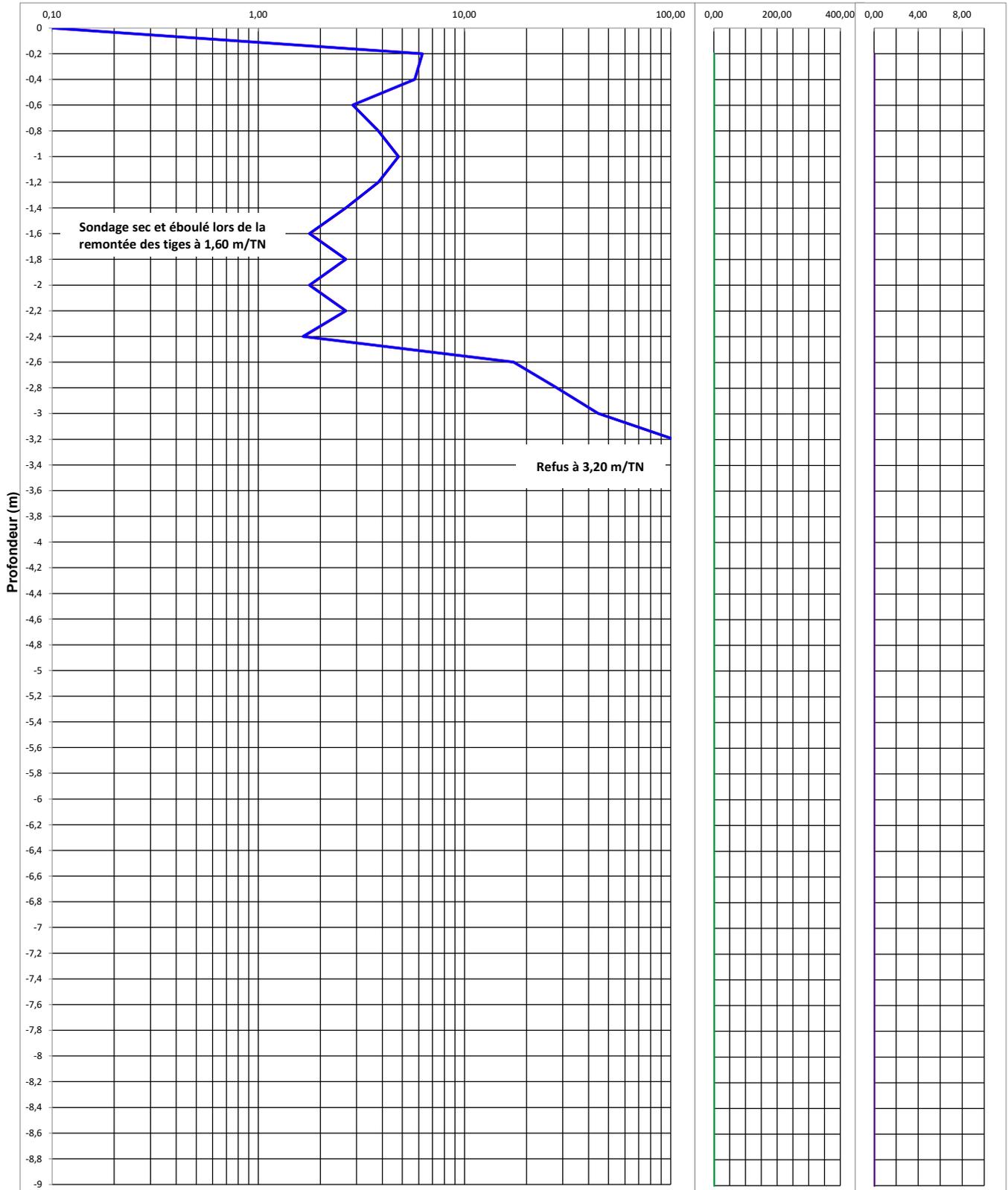
Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	288,8	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

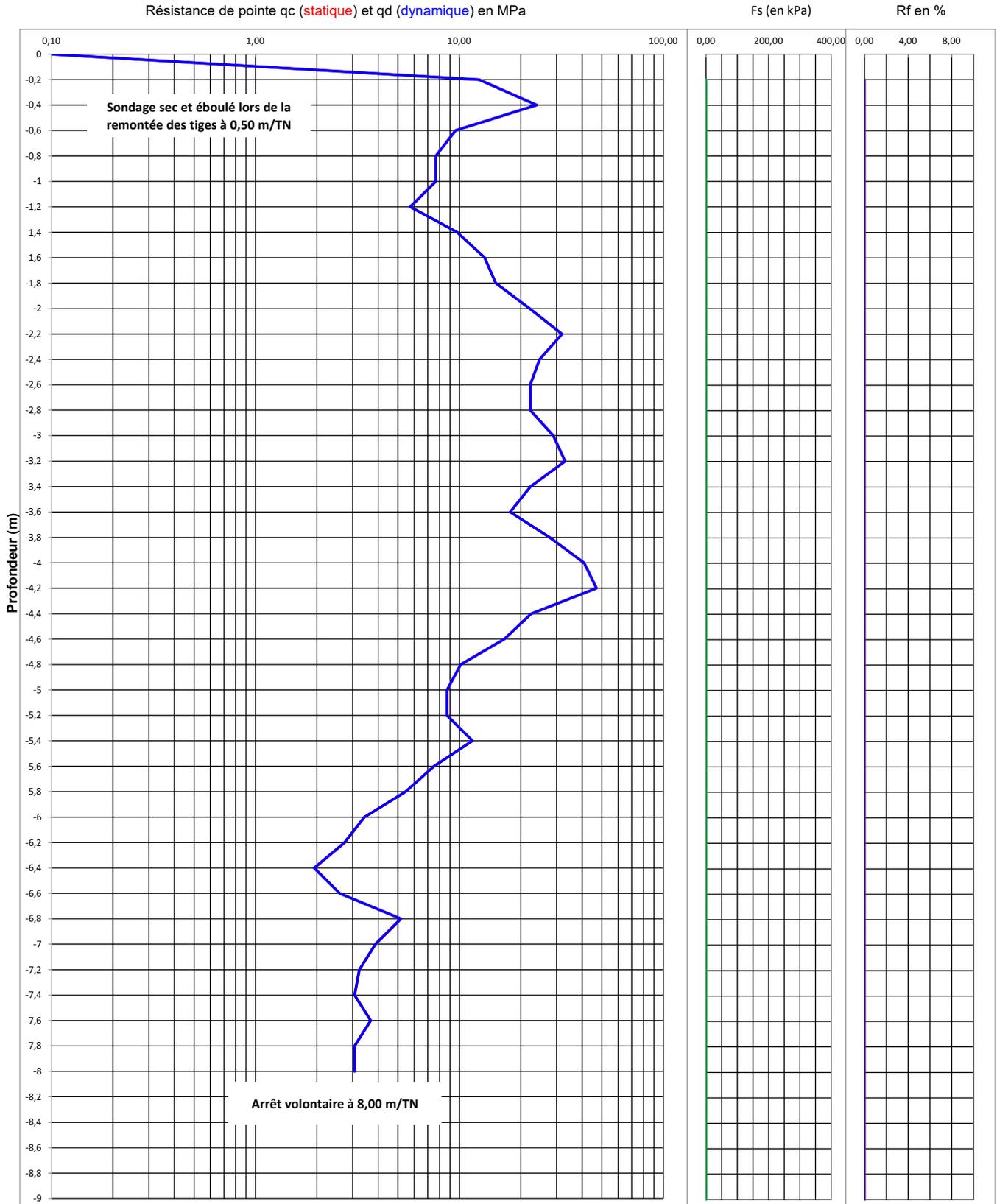
Rf en %



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	289,2	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------



DESIGNATION : Ensemble immobilier - Avenue de la Gare
 COMMUNE : MONTMELIAN (73)

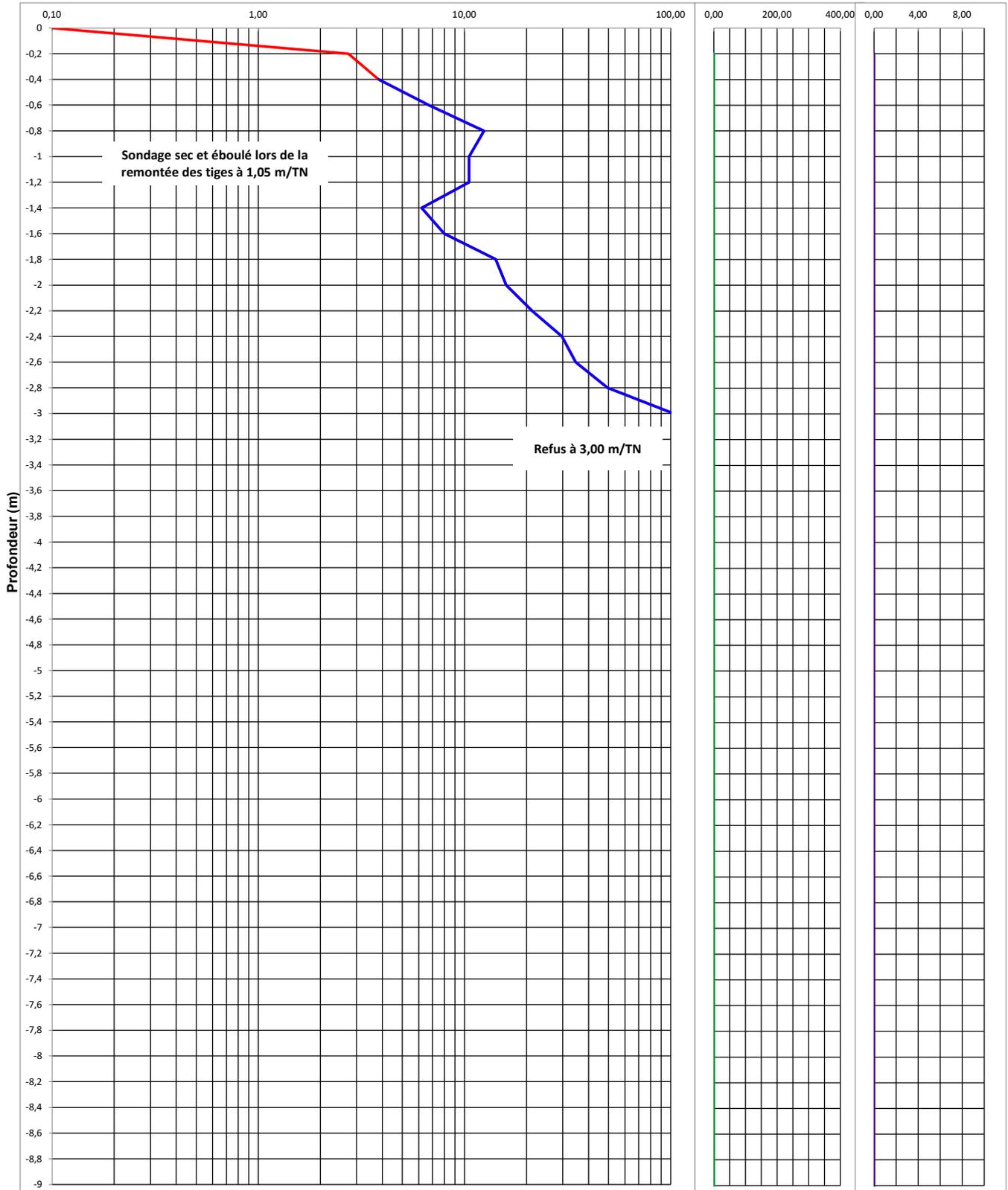
Date : 27/10/21
 Réf. Etude : 21.14737.C
 Opérateur : SSA

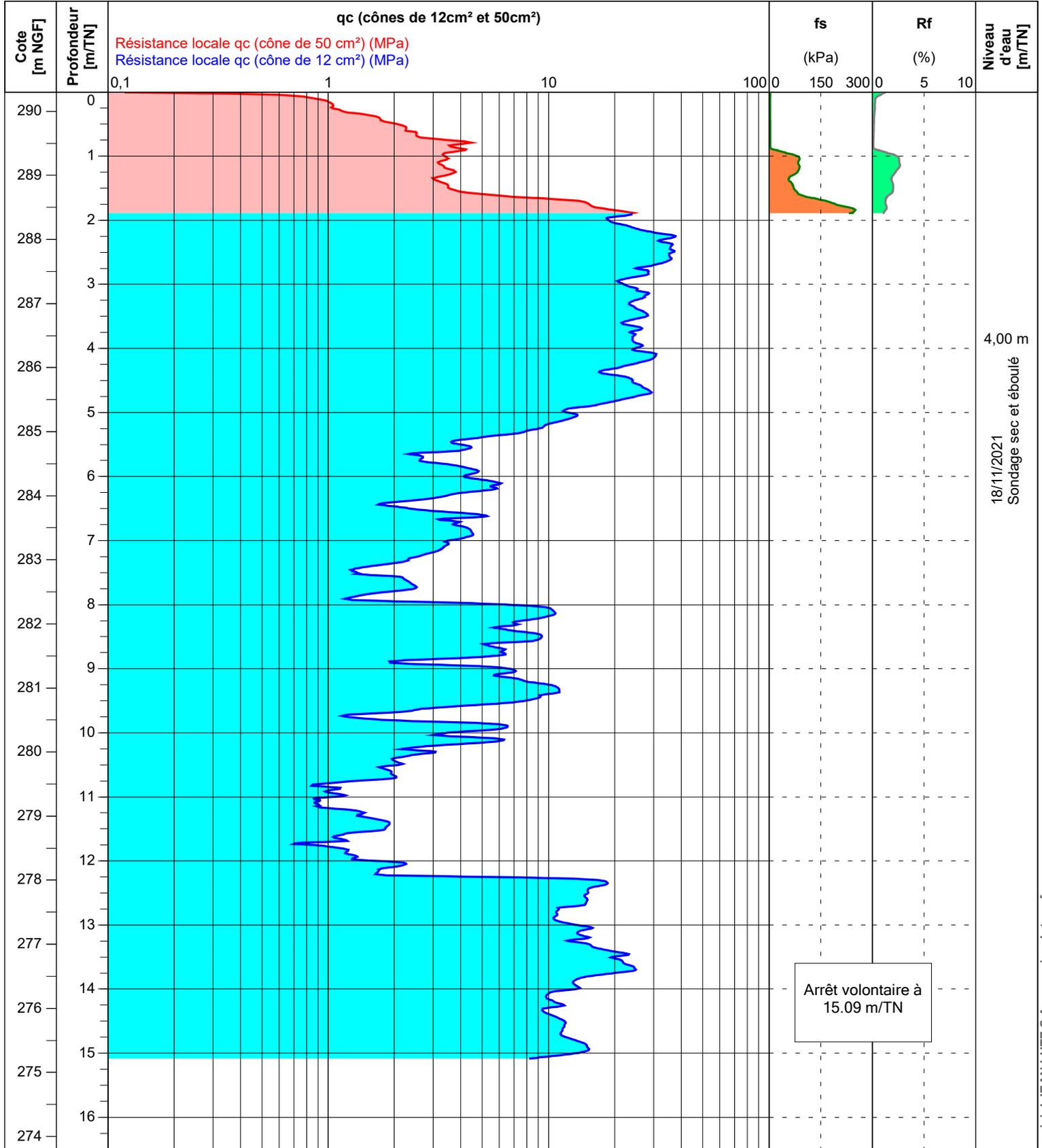
Coordonnées du sondage	X=	m	Y=	m	Z =	290,6	m NGF
------------------------	----	---	----	---	-----	-------	-------

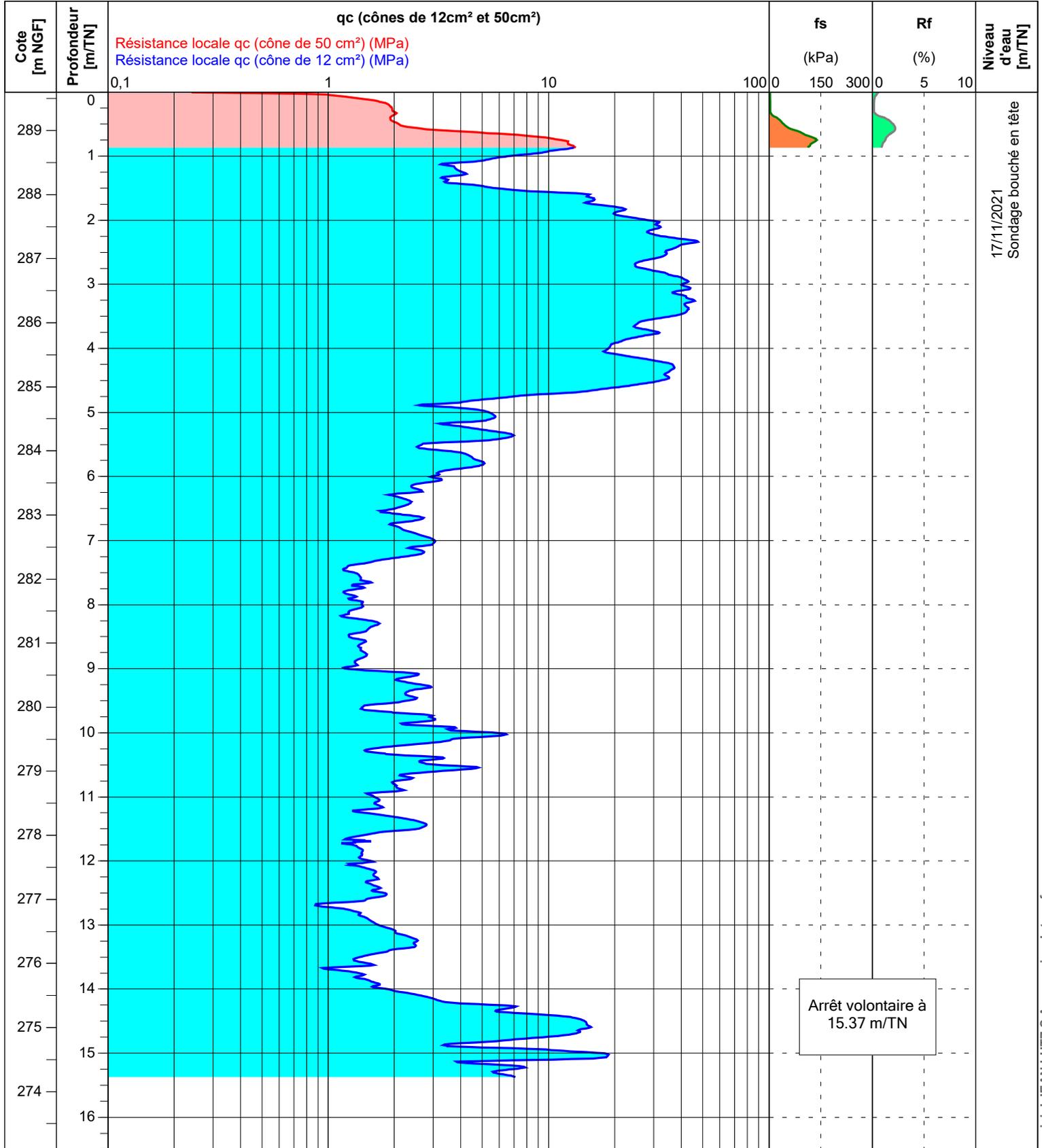
Résistance de pointe qc (statique) et qd (dynamique) en MPa

Fs (en kPa)

Rf en %







MONTMELIAN (73)
Ensemble immobilier - Avenue de la Gare

Date début : 18/11/2021

Cote [m NGF] : 288,9

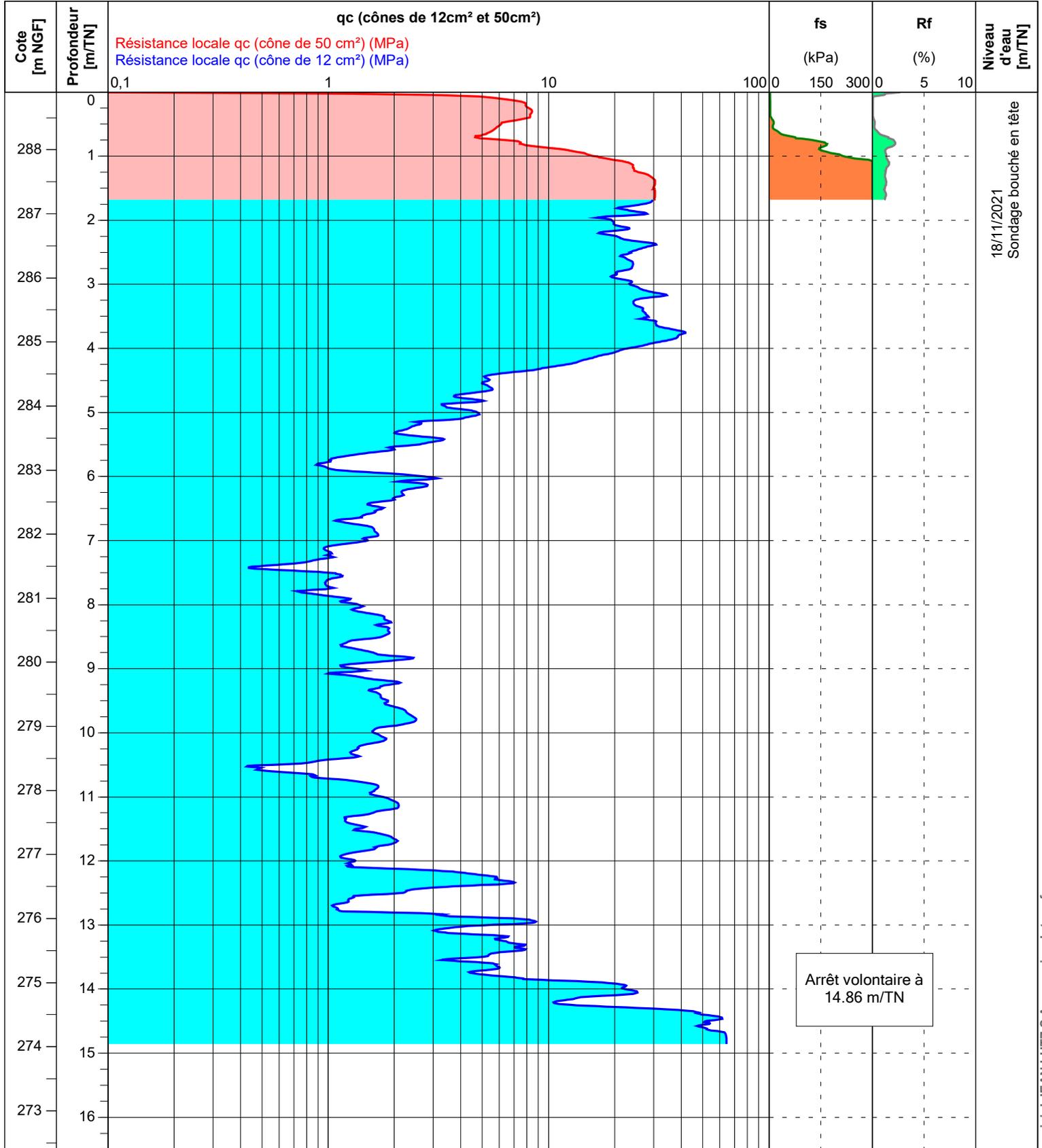
Profondeur : 0,00 - 14,86 m

Date fin : 18/11/2021

Atelier : AMAP SOL

Angle : Vertical

Sondage pénétrométrique statique : STD 3



MONTMELIAN (73)
Ensemble immobilier - Avenue de la Gare

Date début : 17/11/2021

Cote [m NGF] : 289,1

Profondeur : 0,00 - 15,27 m

Date fin : 17/11/2021

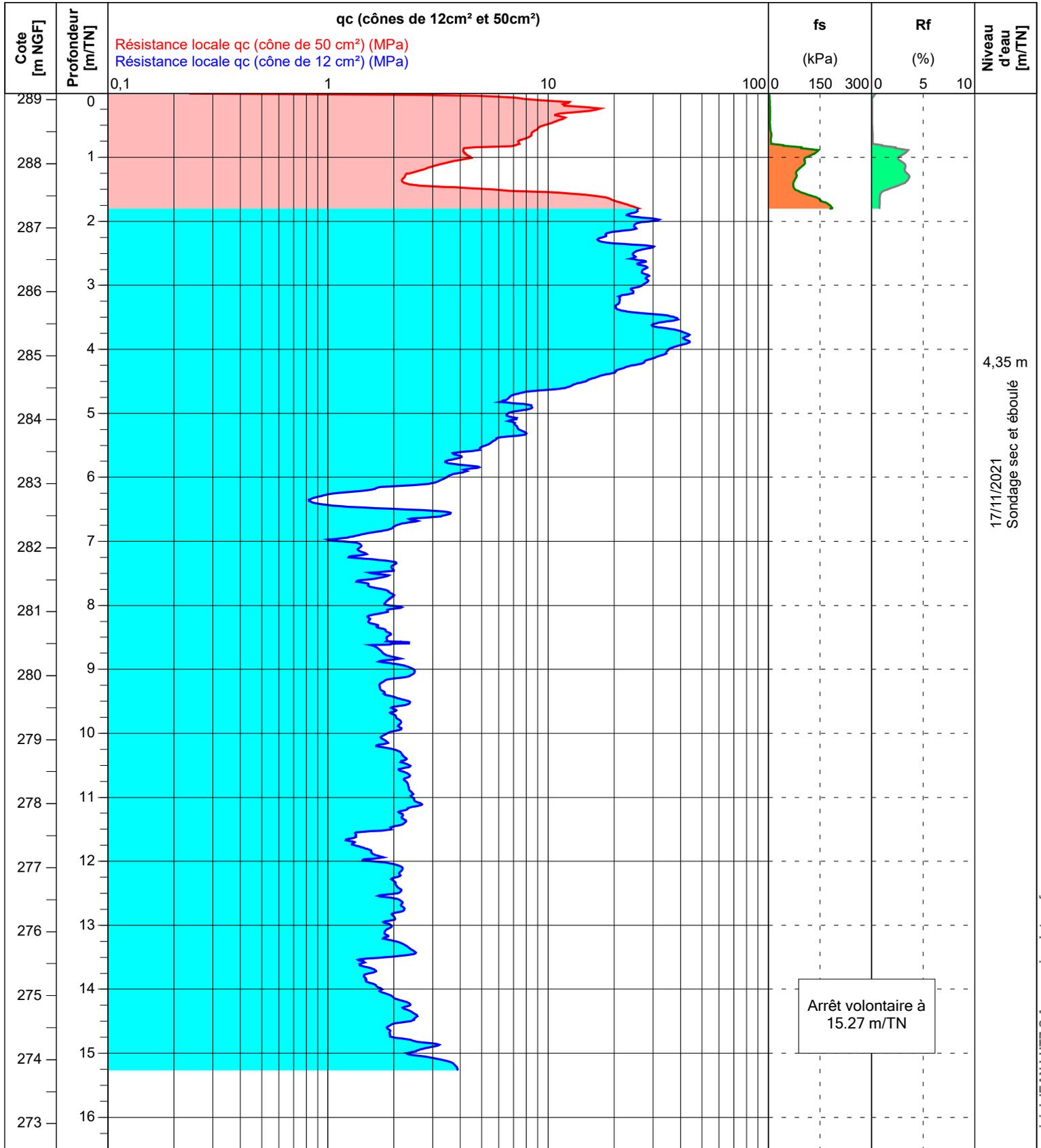
Atelier : AMAP SOL

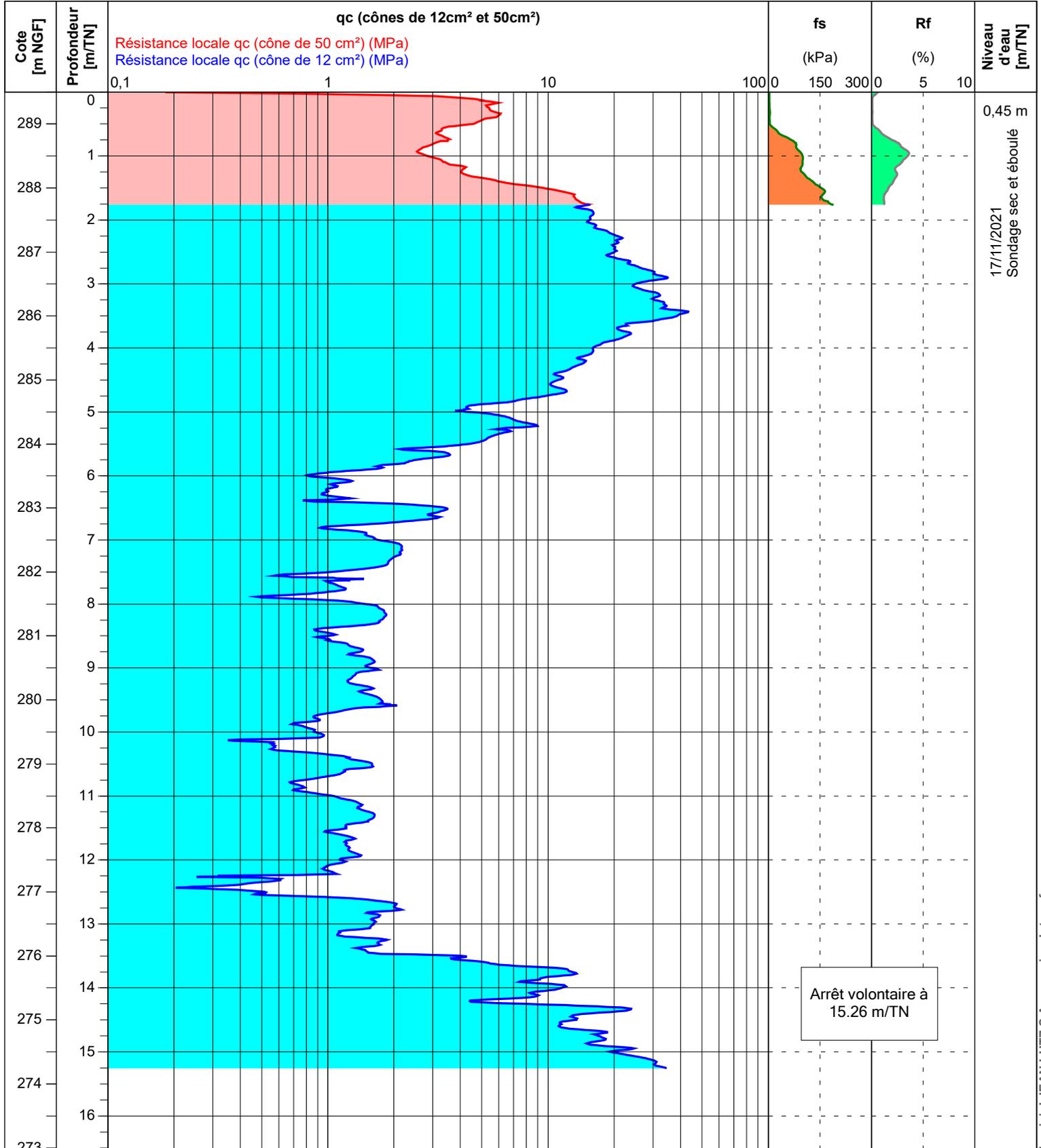
Angle : Vertical

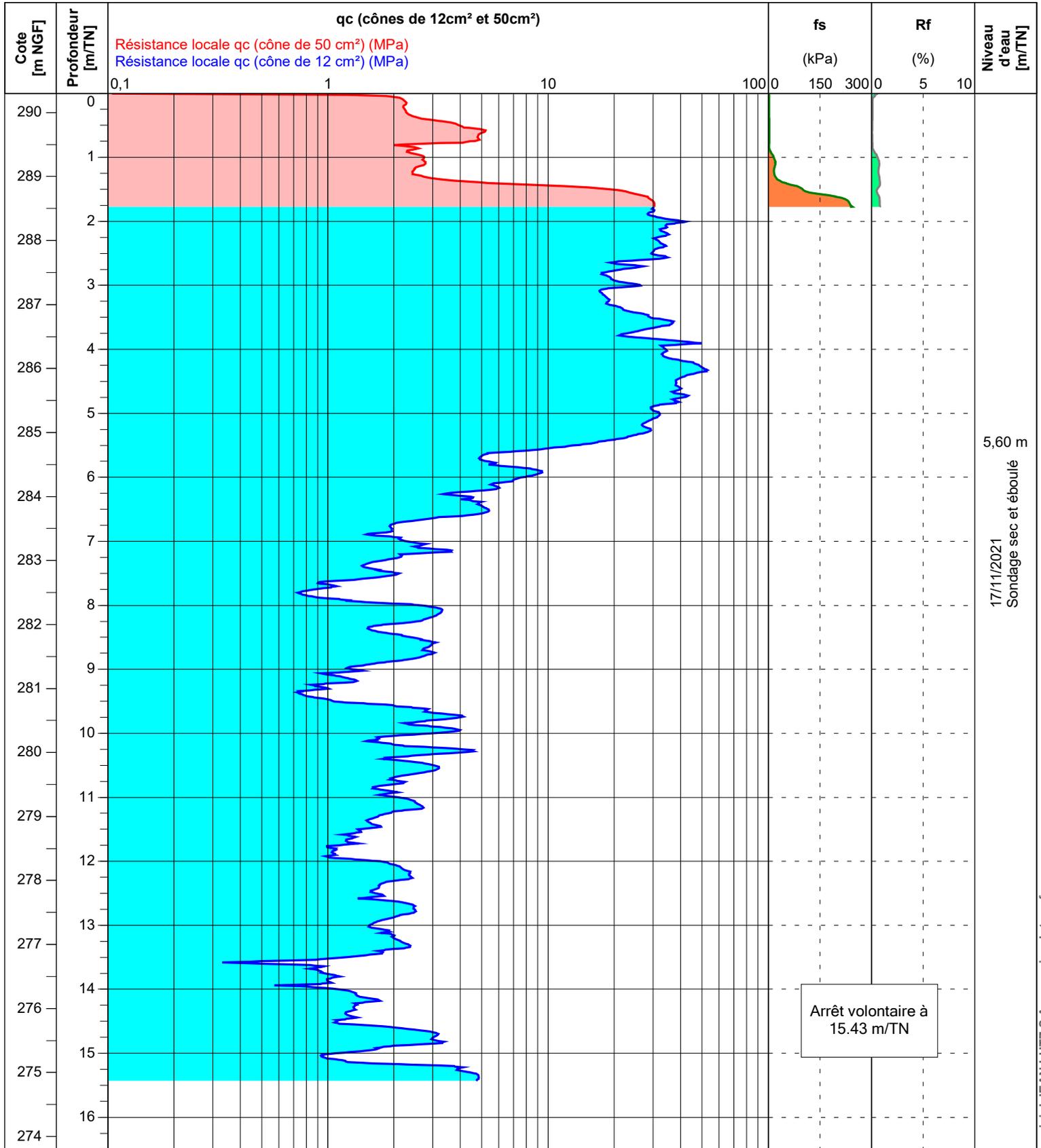
1/80

Sondage pénétrométrique statique : STD 4

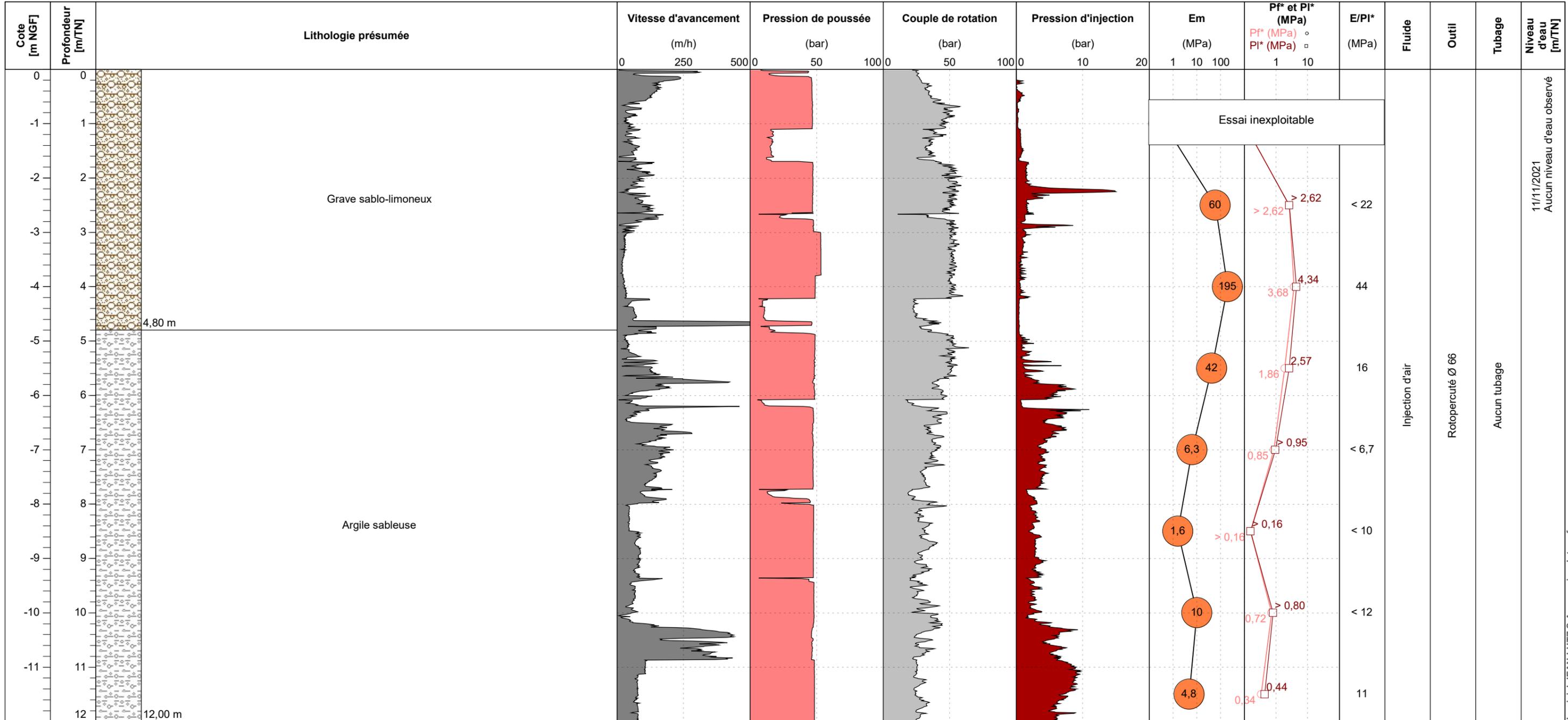
EXGTE 3.16/DLG59PSD4.10.00







Sondage pressiométrique : PR1



Sondage pressiométrique : PR2+Pz

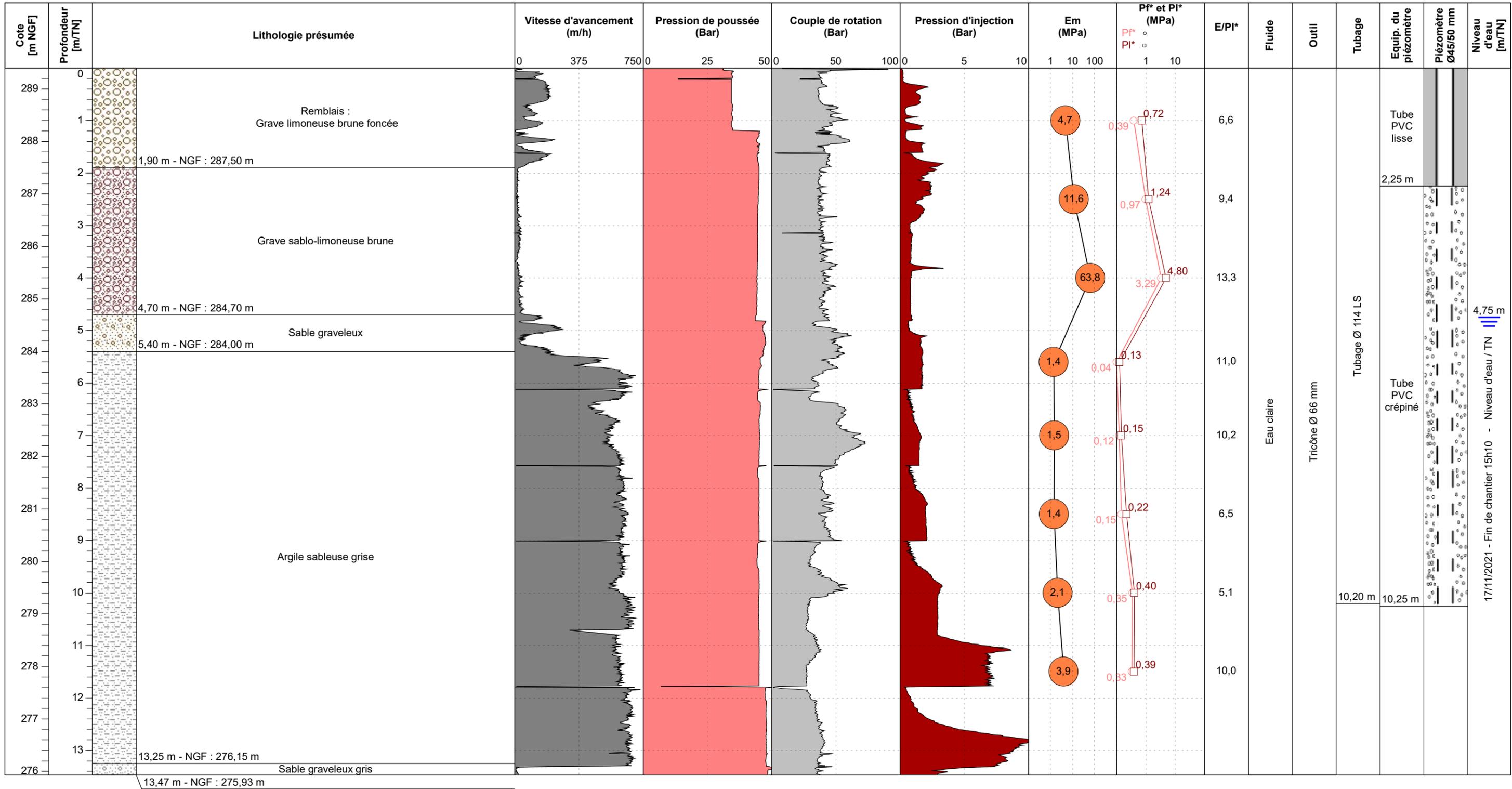


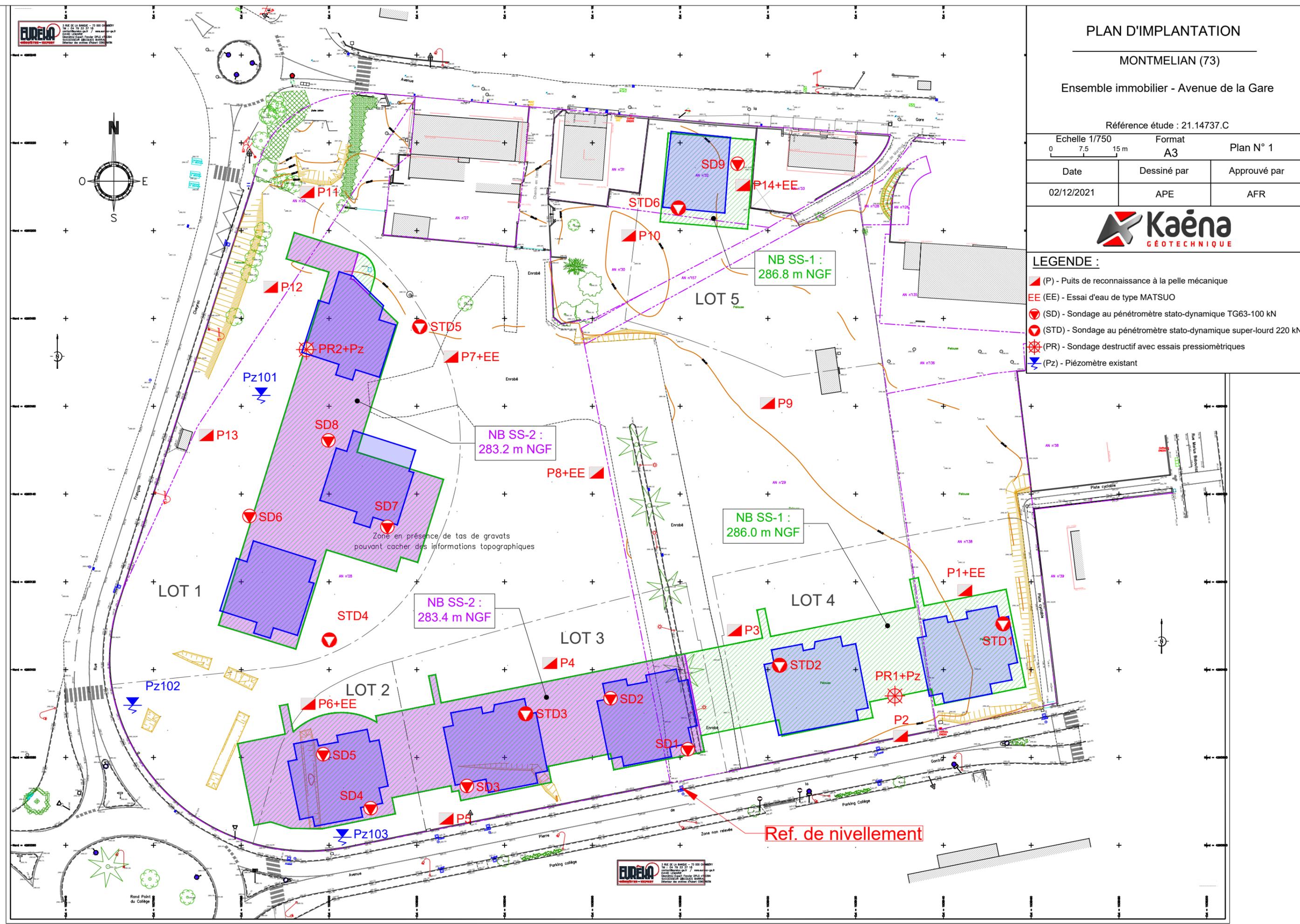
TABLEAU RECAPITULATIF DES PUIITS DE RECONNAISSANCE

Numéro de Puits et cote approximative (m NGF)	Date d'intervention : 28/10/2021													
	P1 (290,1)	P2 (290,0)	P3 (289,5)	P4 (289,3)	P5 (289,3)	P6 (289,1)	P7 (289,3)	P8 (289,3)	P9 (290,1)	P10 (289,9)	P11 (289,3)	P12 (289,3)	P13 (288,7)	P14 (290,6)
Faciès géologique	Profondeur en m/TN de la base de chaque faciès géologique													
Terre végétale	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,2	0,1	0,2
Remblais : sable limoneux, à graviers et galets polygéniques arrondis et anguleux, présence de nombreux éléments anthropiques (béton, tuiles, briques, verre, plastique, ferraille, tuyaux, morceaux de câbles et de bois)	-	-	-	-	-	-	Ømax = 110 mm Faciès très compact 0,2	-	-	Ømax = 200 mm 0,8	Ømax = 400 mm Géotextile à 0,7m Faciès très sec et compact 0,7	-	-	-
Graviers et galets polygéniques arrondis à matrice sablo-limoneuse grise	-	-	-	Ømax = 100 mm 0,4	Ømax = 120 mm 0,3	Ømax = 100 mm 0,5	-	Ømax = 130 mm 0,4	-	-	-	-	-	-
Sable argileux légèrement limoneux à sable limoneux légèrement argileux, marron à marron ocre, à graviers et galets polygéniques arrondis	Ømax = 110 mm Sable argileux légèrement limoneux 1,8	Ømax = 110 mm Sable limoneux 2,0	Ømax = 100 mm Limon sableux marron très finement argileux Quelques racines en surface 1,8	Ømax = 100 mm Sable argileux marron ocre 0,9	Ømax = 100 mm Sable argileux légèrement limoneux marron ocre 1,4	Ømax = 110 mm Sable argileux marron-ocre 2,7	Ømax = 120 mm Argile sableuse légèrement limoneuse marron-ocre 1,3	Ømax = 100 mm Sable argileux marron-ocre 0,9	Ømax = 100 mm Limon sableux légèrement argileux marron 1,8	Ømax = 110 mm Limon sableux légèrement argileux marron 2,6	Ømax = 120 mm Limon sableux légèrement argileux marron 2,4	Ømax = 120 mm Sable argileux marron-ocre 1,2	Ømax = 120 mm Argile marron-ocre légèrement sablo-limoneuse 1,0	Ømax = 110 mm Limon sableux finement limoneux marron 1,7
Graviers et galets polygéniques arrondis à matrice sableuse grise à marron gris, légèrement limoneuse	Ømax = 140 mm Sable argileux légèrement limoneux marron EE à 3,8 m >3,8	Ømax = 130 mm Matrice sableuse gris-beige >3,9	Ømax = 150 mm Matrice sableuse gris-beige >3,9	Ømax = 130 mm Matrice sableuse finement limoneuse marron-gris EE à 2,2 m >3,7	Ømax = 160 mm Matrice sableuse légèrement limoneuse marron-gris >3,7	Ømax = 130 mm Matrice sableuse finement limoneuse grise EE à 3,7 m >3,7	Ømax = 160 mm Matrice sableuse légèrement limoneuse marron-gris EE à 3,7 m >3,7	Ømax = 160 mm Matrice sableuse finement limoneuse grise EE à 2,6m >3,7	Ømax = 130 mm Matrice sableuse finement limoneuse grise >3,8	Ømax = 120 mm Matrice sableuse très finement limoneuse >4,0	-	-	Ømax = 120 mm Matrice sableuse finement limoneuse marron-gris >3,9	Ømax = 150 mm Matrice sableuse légèrement argileuse marron EE à 3,8 m >3,8
Sable fin très limoneux beige, à graviers et galets polygéniques arrondis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ømax = 120 mm >3,8	Ømax = 120 mm >3,8	-	-
EAU SOUTERRAINE :	-	-	-	-	-	-	Humide	-	-	-	Sec	Sec	Humide	-
TENUE DES PAROIS	Globalement bonne													
NOTA :	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les puits ont été arrêtés volontairement - Des essais d'eau ont été réalisés dans les fouilles P1 à 3,8 m, P4 à 2,2 m, P6 et P7 à 3,7 m, P8 à 2,6 m et P14 à 3,8 m 													

Date	Dessiné par	Approuvé par
02/12/2021	APE	AFR



- LEGENDE :**
- ▲ (P) - Puits de reconnaissance à la pelle mécanique
 - EE (EE) - Essai d'eau de type MATSUO
 - ▼ (SD) - Sondage au pénétromètre stato-dynamique TG63-100 kN
 - ▼ (STD) - Sondage au pénétromètre stato-dynamique super-lourd 220 kN
 - ⊗ (PR) - Sondage destructif avec essais pressiométriques
 - ▼ (Pz) - Piézomètre existant





www.kaena.fr

Kaéna - Siège social - Parc d'Activités Eurékalp
L'Épicentre-38660 Saint Vincent de Mercuze
Tel 04 76 97 94 64 - Fax 04 76 97 94 65
contact@kaena.fr - www.kaena.fr

Kaéna - Pays de Savoie
12 avenue du Pont de Tasset
Meythet - 74960 Annecy
Tel 04 58 10 05 74 - paysdesavoie@kaena.fr

SAS au capital de 98 350,00 € - N° SIREN 510 277 478 - Code NAF 7112B RCS Grenoble - TVA FR 77510 277 478

