

HYDROGÉOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.



TERRA SARL

Route d'Obermodern

67330 BOUXWILLER



RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Aménagement d'un lotissement (tranche 2) – SESSENHEIM

Études géotechniques (G1-G2-AVP)

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	OBSERVATIONS
C.21.22.079	A	16/04/21	Gérôme ANNEQUIN	Jean-Michel CUINET	Première diffusion

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	4
1.1. MISSIONS.....	4
1.2. RÉFÉRENTIELS.....	6
1.3. DOCUMENTS FOURNIS.....	7
1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION.....	7
2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES	9
2.1. CONTEXTES SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	9
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	11
2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	12
2.4. RISQUES NATURELS.....	14
3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	18
3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE	18
3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES	19
4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS.....	20
4.1. LITHOLOGIE	20
4.2. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES	21
4.3. HYDROGÉOLOGIE	24
5. CONDITIONS SISMIQUES	25
6. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES.....	26
6.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES.....	26
6.2. ALÉAS.....	27
7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION DES MAISONS - MISSION G1 PGC.....	29
8. RÉALISATION DES VOIRIES - MISSION G2 AVP.....	31
9. POSE DES RÉSEAUX – PRÉCONISATIONS NFP 98-331	33
9.1. REMBLAYAGE	33
9.2. RAPPEL DES CAS TYPES.....	34
9.3. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHAUSSÉES, TROTTOIRS ET ZONES SUPPORTANT DES CHARGES LOURDES (CAS TYPE 1).....	35
9.4. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHAUSSÉES, TROTTOIRS ET ZONES NE SUPPORTANT PAS DES CHARGES LOURDES (CAS TYPE 2).....	35

9.5.	OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS ACCOTEMENTS (CAS TYPE 3)	36
9.6.	OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHEMINS EMPIERRÉS NE SUPPORTANT PAS DES CHARGES LOURDES ET SOUS ESPACES VERTS (CAS TYPE 4).....	37
9.7.	REMARQUES SUR LES REMBLAIS D'ENROBAGE ET LE LIT DE POSE.....	40
9.8.	CONDITIONS DE RÉALISATION DES TRANCHÉES	41
9.9.	RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX DU SITE.....	41
ANNEXES.....		44
	ANNEXE 1 PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES.....	45
	ANNEXE 2 COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS	47
	ANNEXE 3 RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE.....	91
	ANNEXE 4 MISSIONS GÉOTECHNIQUES.....	98

1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de **TERRA SARL**, l'agence Alsace du Bureau d'Etudes HYDROGÉOTECHNIQUE EST a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques G1 et G2AVP préalables à **l'aménagement de la tranche 2 d'un lotissement** sur la commune de **SESSENHEIM (67)**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- **ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1) (pour les bâtiments)**
 - **ES : Phase Étude de Site,**
 - **PGC : Phase Principes Généraux de Construction,**
- **ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2) (pour les voiries)**
 - **AVP : Phase Avant-Projet,**
 - **PRO : Phase Projet,**
 - **DCE / ACT : Phase Dossier de Consultation des Entreprises et Assistance aux Contrats de Travaux**
- **ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation**
 - **Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)**
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
 - **Supervision géotechnique d'exécution (G4)**
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
- **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - **Diagnostic géotechnique (G5).**

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à l'enchaînement des **missions G1-G2 AVP** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexes la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

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

Ce rapport a été rédigé par **Gérôme ANNEQUIN**, Ingénieur Géologue-Géotechnicien, Master de Géologie Appliquée et approuvé par **Jean-Michel CUINET**, Directeur technique.

Les objectifs de cette étude sont :

- L'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- La présentation des principes généraux de construction des ouvrages géotechniques, à savoir :
 - Les principes généraux de construction des bâtiments (mission G1 PGC),
 - La nature et les épaisseurs des matériaux constitutifs des voiries (mission G2-AVP).
 - Les conditions de pose des réseaux enterrés (mission G2-AVP).

Notre mission de type G1 et G2-Phase AVP s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et DCE/ACT pour les voiries et G2-AVP puis PRO pour les bâtiments, puis G4. Ponctuellement, une mission G5 à définir par la Maîtrise d'Œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Limites de cette étude :

- Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle (notamment au droit des secteurs démolis) ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques sont exclus. Notre mission n'intègre pas l'étude des dispositifs d'assainissement, ni l'étude de la possibilité d'infiltration des eaux pluviales.



- La présence notamment de risque d'amiante anthropique dans les remblais n'a pas été étudiée.
- La présente étude peut présenter des contradictions avec les résultats de missions complémentaires (recherche de pollution notamment). Il appartiendra au Maître d'Œuvre de mettre en cohérence ces éléments, si nécessaire, à la réception des études.

1.2. RÉFÉRENTIELS

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

- Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- NFP 94-261 – Calcul géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013) ainsi que l'amendement A1 de février 2017,
- Norme NF P 98-331 – chaussées et dépendances – Tranchées, ouverture, remblayage, réfection (février 2005),
- Guide Technique SETRA : Étude et réalisations de tranchées (novembre 2001),
- Fascicule 70 : Ouvrages d'assainissement (Novembre 2003),
- Fascicule 71 : Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau (avril 2003) – (version du 11 mars 2019 en cours d'approbation),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

1.3. DOCUMENTS FOURNIS

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Ouvrage :

- Plan d'aménagement indice C datant du 23/03/2021.

1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet porte sur l'aménagement de la deuxième tranche d'un lotissement composé de 83 lots en vue de la construction de pavillons, maisons accolées et logements collectifs sur la commune de Sessenheim. Il est prévu dans un premier temps la création d'un ensemble de voiries de desserte, objet de cette étude.



Extrait du plan d'aménagement du lotissement et limites de la tranche 2

D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, le projet de voirie étudié est classé en catégorie géotechnique **1** :

Classe de conséquence	Conditions de site	Catégorie géotechnique*	Base des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
CC1	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple		
CC2	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes		

* Cette classification est à confirmer par le Maître d'Ouvrage.

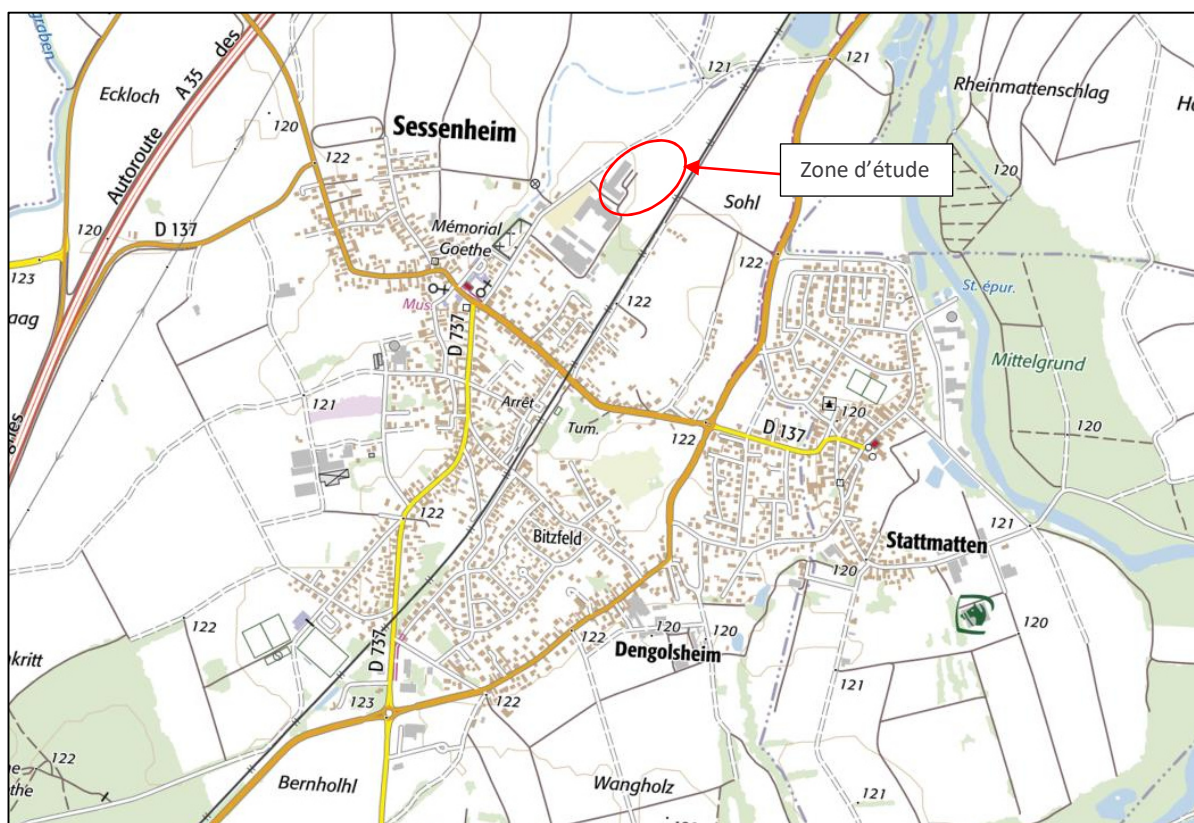
Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqué et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

Cette étude a été réalisée en date du 16/04/2021. Nous attirons l'attention sur le fait qu'un certain nombre de paramètres peut évoluer dans la durée (environnement notamment). Au-delà d'un délai de 1 an, nous recommandons fortement une actualisation de nos conclusions.

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES

2.1. CONTEXTES SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

La zone étudiée présente une surface totale d'environ 4.2 hectares au Nord du bourg de Sessenheim. Le site est accessible depuis la rue Henri Loux au Nord-Ouest.



Plan de localisation du secteur d'étude

Le Nord-Ouest des parcelles n° 175 et 176 étaient occupé par un ancien hall industriel qui a été entièrement démoli avant notre intervention. On ne connaît pas les modalités de démolition ni la nature des purges réalisées. Le Sud-Est des parcelles n° 175 et 176 ainsi que la parcelle 102 correspondent à des surfaces agricoles. La zone étudiée est sensiblement plane et horizontale.

D'après la base de données Géoportail, l'altitude varie entre les cotes 120 et 121.5m NGF.



Vue aérienne du secteur d'étude de la tranche 2

Actuellement, l'ancien site industriel est occupé par un stockage de remblais de démolition au droit du bâtiment démolí. À l'Est et au Nord, les parcelles agricoles correspondent à des labours et présentent localement des débris de végétaux (broyats déposés lors de l'aménagement de la tranche 1 localisée au Sud.



Vues des parcelles 175 et 176 prises lors de notre intervention



Vues de la parcelle 102 prises lors de notre intervention – Prise vers l'Est

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50 000 montre que la zone d'étude se situe, sous d'éventuels remblais, sols remaniés et vestiges enterrés non mentionnés par le document, sur des **formations alluvionnaires récentes** de la plaine du Rhin notées **FzR**, correspondant en tête à des matériaux limono-sableux puis sablo-graveleux.



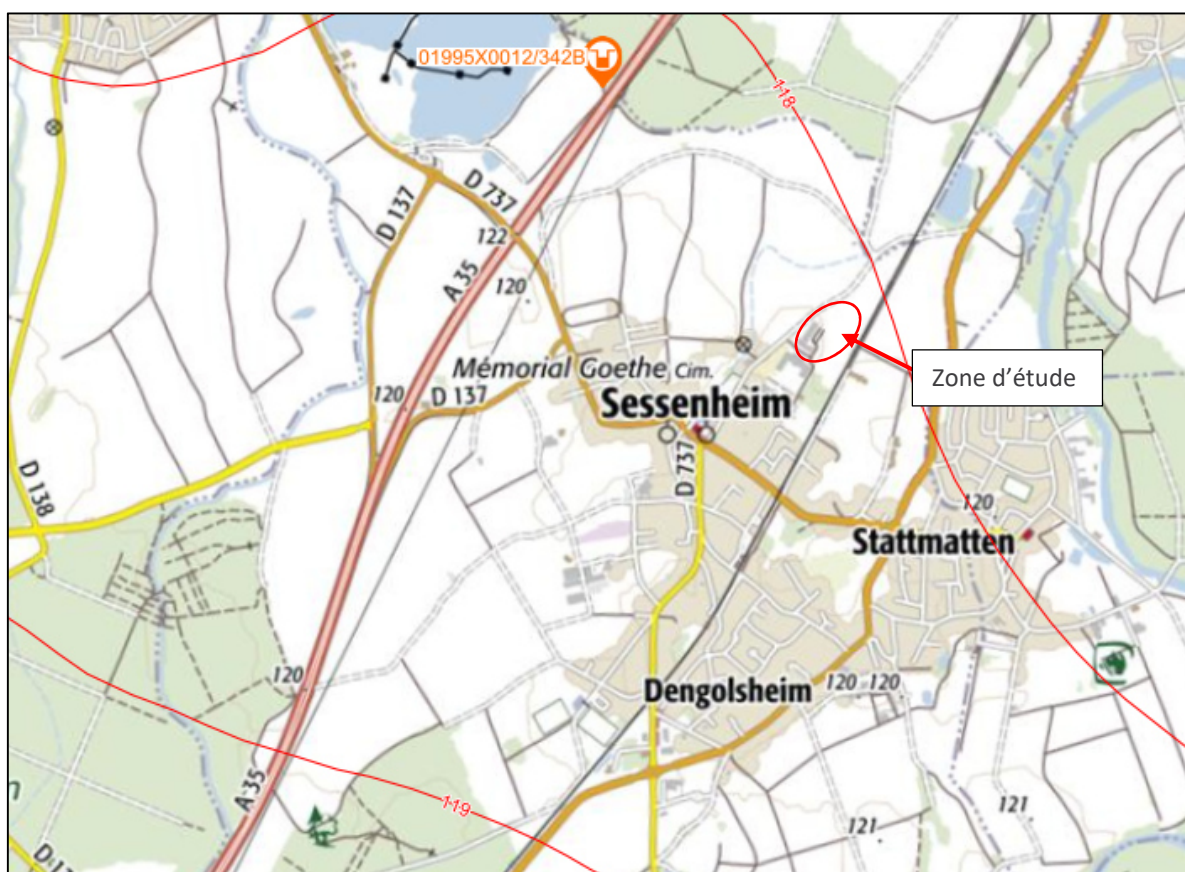
Extrait sans échelle de la carte géologique – Éditions BRGM

D'après l'étude de sol réalisée par Hydrogéotechnique dans le cadre de l'aménagement de la tranche 1 du lotissement (référéncée C.17.22.063), les investigations ont montré la présence d'un horizon de « Terre végétale » puis localement des limons sableux, reposant sur des matériaux sablo-graveleux (entre 0.5 à plus de 2.5m de profondeur).

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

D'après la carte synthétique de l'APRONA (Association pour la Protection de la Nappe d'Alsace), le secteur d'étude se situe en limite d'influence de la nappe rhénane. Le toit de la nappe devrait se situer entre les cotes **118 et 119m NGF en situation de moyennes eaux** (les courbes isopièzes sont indiquées en rouge sur l'extrait de carte présenté ci-dessous).

Pour rappel, d'après la base de données de Géoportail, le **niveau actuel du terrain devrait se situer entre les cotes 120 et 121.5m NGF**, soit entre 2.0 et 3.5m au dessus du toit de la nappe en situation de moyennes eaux.



Extrait de la carte piézométrique de la nappe rhénane en situation de moyennes eaux - APRONA

Un ouvrage de suivi du niveau de la nappe est situé à environ 1km au Nord-Ouest du secteur d'étude, référencé sous le n° BSS 01995X0012/342B. Les données principales concernant cet ouvrage sont présentées ci-après :

Tableau de synthèse des données

	Cote de la nappe (m IGN69)		Température (°C)	
Nombre de mesures	11094		2962	
Date première mesure	06/10/1964		20/02/2013	
Date dernière mesure	31/03/2021		31/03/2021	
	Date	Mesure	Date	Mesure
Minimum	24/09/1991	117,37	13/03/2013	6,70
Moyenne	-	118,03	-	12,26
Maximum	19/05/1970	119,37	12/08/2013	16,10

Evolution des mesures

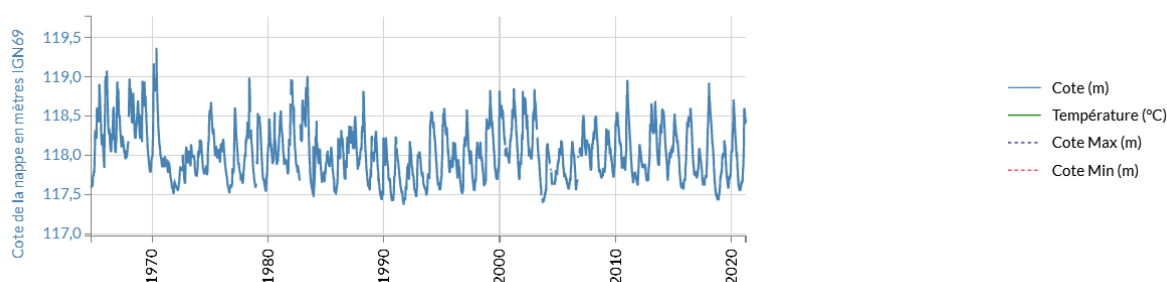


Tableau de synthèse et évolution des mesures de l'ouvrage

Ces données indiquent un battement de la nappe entre 1964 et 2021 de l'ordre de 1.4m entre les situations de moyennes eaux et de hautes eaux. **De façon empirique, on peut estimer au droit du secteur d'étude un niveau des PHEC connues entre les cotes 119.4 et 120.4m NGF soit à faible profondeur sous le niveau du terrain naturel.**

Il peut exister également des circulations d'eau erratiques dans les sols superficiels pouvant générer l'apparition de nappes de rétention dans les horizons peu perméables en période pluvieuse.

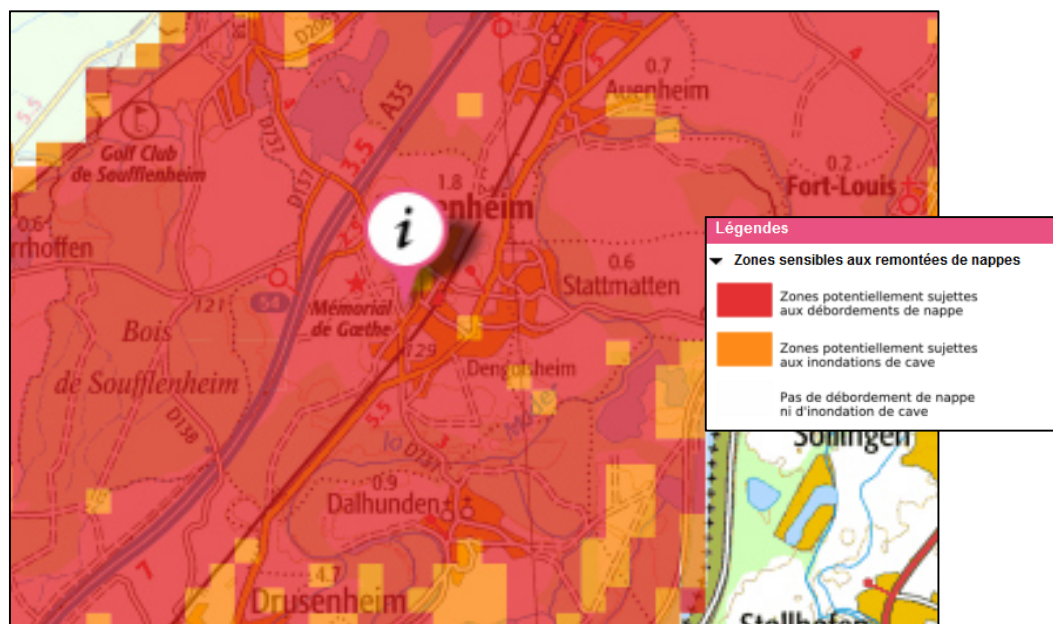
2.4. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune sont les suivants :

Arrêtés portant reconnaissance de catastrophes naturelles sur la commune				
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1				
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
67PREF19990468	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

2.4.1. REMONTÉES DE NAPPE

La cartographie de l'aléa des inondations par remontée de nappes du site « Géorisques » indique que le secteur d'étude se situe en zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ; ce qui confirme le contexte hydrogéologique défini précédemment.

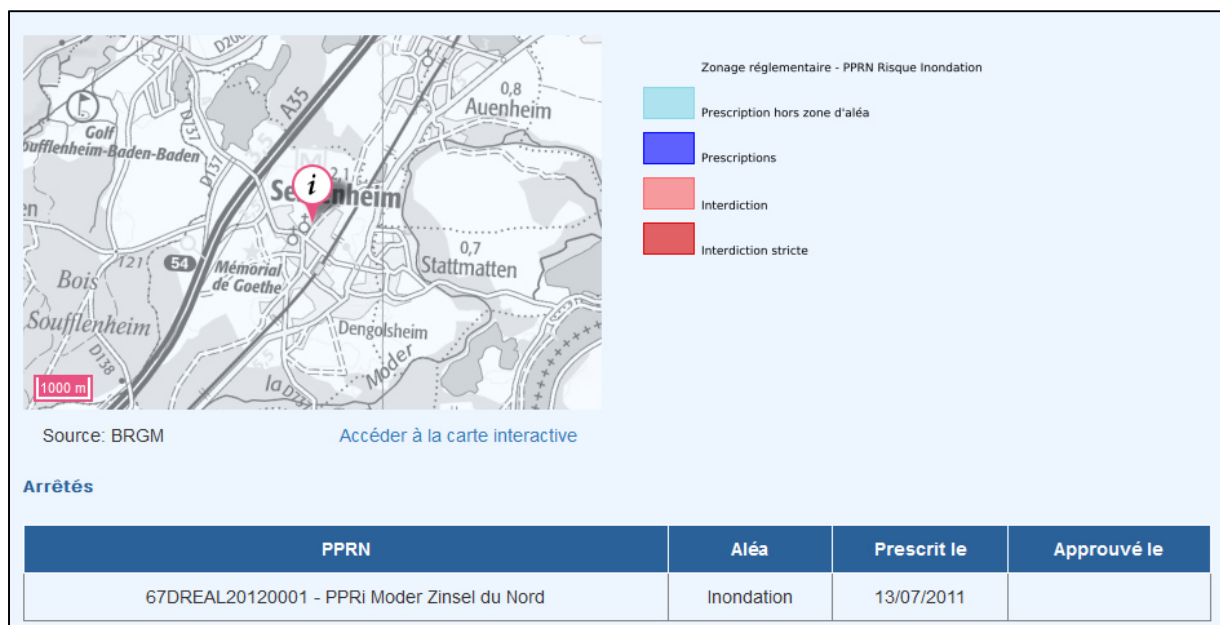


Extrait de la carte de l'aléa « Inondation par remontée de nappes »

On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC.

2.4.2. RISQUE INONDATION - PPR

Situé dans le bassin versant de la Moder, la commune de Sessenheim est soumise à un PPRI. Cependant, le secteur d'étude n'est pas situé dans une zone réglementée.



2.4.3. LES PHÉNOMÈNES DE RETRAIT/GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait / gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone d'**exposition faible**.



Extrait de la cartographie sur l'aléa retrait/gonflement (Géorisques)

2.4.4. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

D'après la base de données BRGM, aucune cavité souterraine n'a été recensée sur la commune.

2.4.5. RISQUE DE GLISSEMENT DE TERRAIN

La zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.4.6. RISQUE RADON

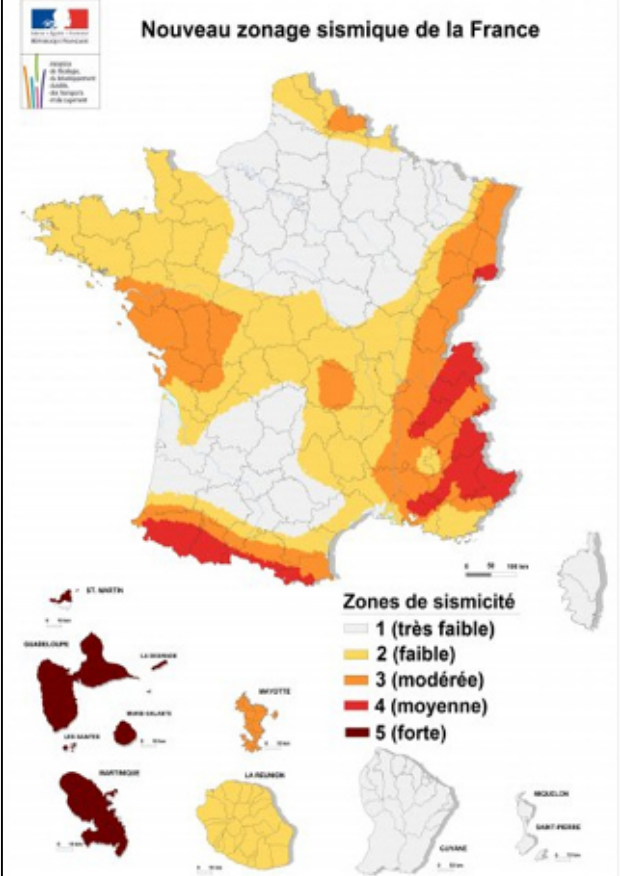
D'après le site www.irsn.fr, la commune présente un potentiel de présence de radon de **catégorie 1**.

Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (Massif Central, Polynésie Française, Antilles...).

Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq. m⁻³ et moins de 2% dépassent 400 Bq. m⁻³.

2.4.7. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010). **Ici, le décret n°2010-1255 classe la zone étudiée en zone 3 (modérée).**



3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Au droit de la tranche 2 du lotissement, nous avons mis en œuvre les investigations suivantes:

- **10 sondages de reconnaissance géologique à la pelle hydraulique**, notés PM1 à PM10, descendus entre 1.3 et 3.1m de profondeur, sous la conduite d'un ingénieur géotechnicien, avec relevé des coupes lithologiques, observations sur les difficultés de terrassement (éboulement, compacité, refus...), observation du contexte hydrogéologique et prélèvements d'échantillons pour analyses en laboratoire.
- Dans les fouilles à la pelle PM1, PM5, PM7 et PM9, **4 essais de perméabilité de type MATSUO**, permettant de mesurer la perméabilité des sols superficiels.
- **20 essais au pénétromètre dynamique**, notés PD1 à PD20, descendus entre 2.6m (refus) et 6.0m de profondeur. La résistance de pointe q_d en MPa a été calculée tous les 0.2m à l'aide de la formule de Redtenbacher.
- **En laboratoire :**
 - 6 mesures de la teneur en eau naturelle,
 - 6 essais au bleu de méthylène,
 - 6 analyses granulométriques.

3.2. IMPLANTATION DES SONDAGES

Les sondages et essais ont été positionnés selon le plan d'implantation présenté ci-dessous (également disponible en annexes du présent rapport).



Les sondages n'ont pas été rattachés en nivellement à ce stade de l'étude.

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

4.1. LITHOLOGIE

Les sondages de reconnaissances à la pelle PM1 à PM10 ont permis de dresser la succession lithologique suivante :

Au droit des parcelles agricoles (sondages PM2 à PM7) :

- En PM4, PM5, PM6 et PM7 : 0.45 à 0.60m de **limons sableux et sables limoneux bruns à radicelles et racines (couche 0)**, correspondant à l'horizon de labour et « terre végétale »,
- En PM2 et PM3 : 0.20 à 0.50m de **branches et débris de végétaux (broyat végétal de la tranche 1) (couche 0)**, correspondant à des remblais organiques déposés lors de l'aménagement de la tranche 1,
- 0.00 à 1.50m de **limons et limons sableux marron à marron-beige (couche 1.1)**,
- **Reposant entre 0.25 et 2.10m de profondeur sur des sables fins et sables et graviers beiges (couche 1.2)**. Cet horizon a été identifié jusqu'à la base des sondages PM2 à PM7 arrêtés entre 1.3 et 3.1m de profondeur.

Au droit de la friche industrielle (sondages PM1 – PM8 à PM10) :

- En PM8, PM9 et PM10 : 0.25 à 0.55m de **limons sableux et sables limoneux bruns à radicelles et racines, correspondant aux horizons de « terre végétale » et sols remaniés superficiels (couche 0)**,
- En PM1 : 0.90m de **sables et graviers beiges à rares passées limoneuses, racines et radicelles (couche 0)**, correspondant vraisemblablement à des remblais d'aménagement de l'ancien site industriel,
- Localement (PM9), 2.25m de **sables fins blanc-beige (couche 1.2)**,
- **Reposant entre 0.25 et 2.80m de profondeur sur des sables et graviers beiges (couche 1.2)**. Cet horizon a été identifié jusqu'à la base des sondages PM1, PM8, PM9 et PM10 arrêtés entre 2.5 et 3.1m de profondeur.

4.2. CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

4.2.1. ESSAIS PÉNÉTROMÉTRIQUES

Les résultats des essais au pénétromètre dynamique présentent des **caractéristiques hétérogènes en tête, compacités faibles à très élevées jusqu'à 1.5m de profondeur puis des compacités principalement élevées à très élevées jusqu'à l'arrêt ou le refus des essais.**

À noter qu'au sein des alluvions sablo-graveleuses, il existe vraisemblablement des passées moins compactes à dominante limono-sableuse, d'ordre pluri décimétrique à métrique, situées à différentes profondeurs.

Sondages pénétrométriques - valeurs de la résistance de pointe équivalente qd en MPa											
Prof/TN en m	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8	PD9	PD10	Prof/TN en m
0,2	22,9	6,5	12,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,2
0,4	21,1	13,0	15,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4
0,6	20,2	13,0	12,1	9,3	2,8	1,9	6,5	3,7	0,9	0,9	0,6
0,8	22,0	11,1	16,6	15,7	9,3	2,8	7,4	7,4	0,9	2,8	0,8
1	23,3	17,0	10,3	19,4	15,3	10,3	8,6	9,5	0,9	8,6	1
1,2	21,8	12,8	10,3	21,8	21,0	8,6	12,0	10,3	0,9	11,1	1,2
1,4	19,4	12,8	7,8	25,6	20,2	7,8	17,0	7,8	4,3	14,5	1,4
1,6	18,6	11,1	10,3	24,8	13,7	6,9	24,8	12,0	5,2	20,2	1,6
1,8	29,3	11,1	19,4	26,4	8,6	11,1	24,1	15,3	6,0	24,8	1,8
2	26,1	10,4	31,0	20,0	8,0	12,7	29,8	13,4	11,9	29,2	2
2,2	26,7	10,4	32,7	20,7	8,8	11,1	22,8	13,4	11,9	33,8	2,2
2,4	28,0	14,2	26,1	20,0	8,8	13,4	17,9	13,4	8,0	35,9	2,4
2,6	20,0	14,2	21,4	21,4	17,9	12,7	15,7	11,9	8,8	REFUS	2,6
2,8	13,4	12,7	15,7	25,5	25,5	12,7	12,7	12,7	9,6		2,8
3	14,6	9,7	10,4	27,3	29,9	9,0	9,7	11,8	10,4		3
3,2	11,1	9,0	5,3	31,3	REFUS	9,7	8,2	8,2	9,0		3,2
3,4	9,7	6,0	3,8	REFUS		9,0	6,0	10,4	8,2		3,4
3,6	8,2	5,3	4,5			9,0	8,2	10,4	9,0		3,6
3,8	7,5	5,3	5,3			11,8	11,1	10,4	8,2		3,8
4	5,7	5,7	6,3			7,0	7,7	11,7	5,7		4
4,2	6,3	5,7	8,4			6,3	7,7	6,3	5,0		4,2
4,4	7,7	10,4	9,1			15,5	13,7	6,3	5,0		4,4
4,6	7,0	11,1	11,7			10,4	9,8	13,7	5,7		4,6
4,8	5,7	11,1	7,7			11,1	9,8	9,1	6,3		4,8
5	7,3	8,6	8,6			9,8	14,0	8,6	5,3		5
5,2	8,6	7,3	9,2			6,0	6,6	9,8	6,0		5,2
5,4	9,2	6,6	8,6			6,6	6,6	7,3	6,6		5,4
5,6	10,4	7,3	6,0			6,6	7,3	7,3	5,3		5,6
5,8	11,6	7,9	5,3			7,3	7,3	6,6	4,7		5,8
6	13,2	7,5	5,0			6,9	7,5	6,3	5,0		6

0 < qd ≤ 1.2MPa	Compacité faible
1.2 < qd ≤ 2.3MPa	Compacité modeste
2.3 < qd ≤ 5.2MPa	Compacité moyenne
5.2 < qd ≤ 20MPa	Compacité élevée
qd < 20MPa	Compacité très élevée
	Refus

Sondages pénétrométriques - valeurs de la résistance de pointe équivalente qd en MPa											
Prof/TN en m	PD11	PD12	PD13	PD14	PD15	PD16	PD17	PD18	PD19	PD20	Prof/TN en m
0,2	0,9	7,4	8,4	10,2	6,5	4,7	2,8	0,9	0,9	0,9	0,2
0,4	0,9	13,9	13,9	14,8	13,0	5,6	1,9	0,9	0,9	3,7	0,4
0,6	0,9	13,9	17,5	17,5	18,4	5,6	1,9	0,9	1,9	4,7	0,6
0,8	0,9	11,1	16,6	12,1	11,1	7,4	2,8	0,9	1,9	3,7	0,8
1	0,9	9,5	9,5	12,0	6,9	10,3	3,5	2,6	1,7	3,5	1
1,2	0,9	7,8	8,6	18,6	5,2	13,7	2,6	4,3	4,3	4,3	1,2
1,4	2,6	11,1	14,5	18,6	5,2	13,7	3,5	6,0	13,7	5,2	1,4
1,6	3,5	21,8	17,0	23,3	12,0	21,0	4,3	8,6	18,6	5,2	1,6
1,8	4,3	25,6	19,4	29,3	25,6	25,6	6,0	8,6	25,6	5,2	1,8
2	4,0	19,3	16,4	29,2	24,1	22,8	6,4	8,0	22,8	6,4	2
2,2	6,4	17,9	17,2	35,9	29,8	16,4	9,6	6,4	20,0	4,8	2,2
2,4	8,8	28,0	21,4	43,4	26,1	13,4	14,2	6,4	19,3	5,6	2,4
2,6	17,2	34,9	24,1	REFUS	22,8	11,9	12,7	5,6	17,9	4,8	2,6
2,8	15,7	REFUS	25,5		14,2	4,0	10,4	8,0	28,0	4,8	2,8
3	13,9		14,6		10,4	1,5	11,8	6,8	30,4	3,8	3
3,2	11,1		16,0		9,0	1,5	11,1	6,0	33,6	3,8	3,2
3,4	10,4		13,9		7,5	8,2	9,7	7,5	REFUS	6,0	3,4
3,6	9,0		9,0		7,5	8,2	8,2	6,8		6,8	3,6
3,8	9,0		8,2		4,5	9,0	7,5	8,2		3,0	3,8
4	8,4		10,4		3,5	7,7	5,7	9,1		2,8	4
4,2	8,4		7,7		5,7	6,3	5,0	7,0		3,5	4,2
4,4	9,1		8,4		7,0	7,0	0,7	10,4		2,8	4,4
4,6	9,8		8,4		9,1	7,0	0,7	13,0		3,5	4,6
4,8	7,7		10,4		8,4	3,5	0,7	12,4		4,3	4,8
5	7,9		9,2		8,6	3,3	6,6	12,2		4,0	5
5,2	10,4		10,4		7,3	2,7	9,8	10,4		3,3	5,2
5,4	11,0		9,8		11,0	2,7	8,6	9,2		4,7	5,4
5,6	14,0		9,8		17,3	3,3	15,1	7,9		4,7	5,6
5,8	15,1		11,6		19,3	3,3	18,3	9,2		5,3	5,8
6	16,3		12,1		21,6	3,2	18,1	8,7		5,0	6

0 < qd ≤ 1.2MPa	Compacité faible
1.2 < qd ≤ 2.3MPa	Compacité modeste
2.3 < qd ≤ 5.2MPa	Compacité moyenne
5.2 < qd ≤ 20MPa	Compacité élevée
qd > 20MPa	Compacité très élevée
	Refus

4.2.2. ANALYSES EN LABORATOIRE

Les analyses en laboratoire réalisées sur les échantillons prélevés au droit des sondages à la pelle ont permis de classer les sols en place selon le Guide des Terrassements Routiers (GTR).

Les matériaux sablo-graveleux sont classés D1, D2, B3 et B5. Les sols classés D1, D2 et B3 sont considérés comme insensibles à l'eau ; les sols B5 y sont sensibles du fait de l'abondance de la matrice fine.

Les limons sableux sont classés A2, correspondant à des matériaux plastiques, sensibles à l'eau et au gel.

ESSAIS D'IDENTIFICATION			Classification	Teneur en eau	Teneur en eau	Valeur au bleu	Granulométrie par tamisage							
			11-300	94-050	94-050	94-068	94-056							
Sondages	Prof (m)	Nature	GTR	W% (0/D)	W% (0/20)	VBS	% de passant							
							D _{max} (mm)	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	400 µm	80 µm	
PM1	2.00m	Sables et graviers beiges	B5	3,5	3,9	0,23	30,0	100	88	54	48	43	14,7	
PM3	1.20m		D2	2,7	3,6	0,05	36,0	100	76	41	28	15	4,4	
PM5	1.00m		B3	4,8	4,9	0,16	17,0	100	98	53	43	36	3,1	
PM10	1.50m		D2	2,9	3,6	0,05	35	100	82	24	15	11	1,26	
PM9	1.50m	Sables fins blanc-beige	D1	5,4	5,6	0,07	18	100	96	79	78	77	1,53	
PM7	1.00m	Limons sableux marron	A2	21,6	21,6	2,60	-	100	100	99	98	97	68,8	

4.2.3. ESSAIS DE PERMÉABILITÉ

Au droit des sondages de reconnaissance à la pelle, quatre essais d'infiltration de type MATSUO ont été effectués dans les sols superficiels. On note :

Sondages	Lithologie	Couches	Profondeur (m)	Perméabilité (m/s)
PM7	Limons sableux	1.1	1.50 – 1.72	8×10^{-5}
PM9	Sables fins	1.2	0.68 – 0.91	1×10^{-4}
PM1	Sables et graviers	1.2	1.19 – 1.34	2×10^{-4}
PM5			0.83 – 1.05	1×10^{-4}

Les valeurs mesurées dans les **matériaux sableux et sablo-graveleux indiquent des perméabilités moyennes** et jugées comme représentatives de la formation et confirment les perméabilités mesurées par Hydrogeotechnique en 2017.

4.3. HYDROGÉOLOGIE

Lors des investigations effectuées le 19 mars 2021, trois arrivées d'eau ont pu être observées lors des sondages de reconnaissance à la pelle. Des niveaux d'eau non-stabilisés ont pu être mesurés, avec dans le détail :

Sondages	Niveau d'eau non-stabilisé
PM6	-2.6m
PM7	-3.0m
PM8	-2.5m

Ces arrivées d'eau sont vraisemblablement associées au toit de la nappe phréatique siégeant au sein des alluvions et situé à faible profondeur sous le niveau actuel du terrain.

De plus, il peut exister des circulations d'eau erratiques en période pluvieuse au sein des sols superficiels pouvant générer une nappe de rétention dans les horizons plus perméables.

Remarques :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et les observations indiquées dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum de la nappe.

L'origine des fluctuations possibles de la nappe est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit dues à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc.).

On retiendra de ce site :

- L'existence de circulations d'eau erratiques et intermittentes dans les sols superficiels pouvant générer des poches de rétention dans les lentilles limoneuses peu perméables, fortement conditionnées par la météorologie.
- La présence d'une nappe phréatique soumise à fluctuations saisonnières et calée à faible profondeur en hautes eaux (cette zone est potentiellement sujette aux débordements de nappe).

5. CONDITIONS SISMIQUES

Au sens de la norme NF-EN-1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe C** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.

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

Tableau 3.1 de la norme NF EN 1998-1

6. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES

6.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

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

Lithologie		Terre végétale, sols remaniés et remblais	Limons et limons sableux	Sables fins et sables et graviers
Description		Limons sableux et sables limoneux bruns à radicelles / Broyats de végétaux / Sables et graviers à passées limoneuses	Limons et limons sableux marron-beige à quelques graviers siliceux	Sables et graviers beiges
N° couche		0	1.1	1.2
Limites des couches (m)	PM1	0 – 0.90	-	0.90 – 3.00*
	PM2	0 – 0.50	0.50 – 1.20	1.20 – 2.60*
	PM3	0 – 0.20	0.20 – 1.00	1.00 – 1.60*
	PM4	0 – 0.45	-	0.45 – 1.30*
	PM5	0 – 0.45	-	0.45 – 1.30*
	PM6	0 – 0.55	0.55 – 1.20	1.20 – 2.60*
	PM7	0 – 0.60	0.60 – 2.10	2.10 – 3.10*
	PM8	0 – 0.25	-	0.25 – 2.70*
	PM9	0 – 0.55	-	0.55 – 3.00*
	PM10	0 – 0.50	-	0.50 – 2.50*
Hydrogéologie		- La présence de circulations d'eau erratiques en période pluvieuse dans les sols superficiels, - La présence d'une nappe phréatique soumise à variations saisonnières et dont le toit est situé à faible profondeur en situation de hautes eaux,		
Compacité		Hétérogène, faible à très élevée		Moyenne à très élevée
Classification GTR		-	A2	D1, D2, B3 et B5
Perméabilité k (m/s)		-	8×10^{-5}	1×10^{-4} à 2×10^{-4}

* Arrêt du sondage dans cet horizon

6.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

6.2.1. LA GÉOLOGIE

- variations d'épaisseur des différentes couches et notamment des remblais et sols remaniés qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- variations latérales de faciès au sein des alluvions, pouvant entraîner l'apparition de lentilles de nature variable. Il est possible que des sols de nature localement différente de celle retrouvée en sondages apparaissent localement lors des travaux de terrassement,
- l'hétérogénéité des sols et la présence de lentilles,

6.2.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX

- hétérogénéité des faciès pouvant générer des hors profils lors des terrassements,
- sensibilité à l'eau et à l'affouillement des sols en place,
- sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution,

6.2.3. L'HYDROGÉOLOGIE

- arrivées d'eau parasites dans les sols superficiels et formation possible de poches de stagnation en période pluvieuse,
- fluctuations saisonnières du niveau libre de la nappe phréatique dont le toit en situations de hautes eaux est situé à faible profondeur,
- caractère erratique et intermittent des circulations d'eau susceptibles d'affecter les couches au-dessus de la nappe,

6.2.4. L'ENVIRONNEMENT ET L'HISTORIQUE DU SITE

- présence possible d'anciennes fouilles archéologiques dont la localisation n'est pas communiquée par le Maître d'Ouvrage,
- présence de réseaux enterrés et tranchées associées dont le mode de remblaiement est inconnu,

- existence possible de vestiges de fondations, vestiges et d'ouvrages enterrés ou d'ouvrages creux désaffectés (conduites, réseaux, caves,...),
- présence de remblais hétérogènes sur des épaisseurs variables notamment au droit des anciens bâtiments, dont on ne connaît pas les modalités de démolition,
- impact potentiel des sondages à la pelle mécanique,

6.2.5. LES RISQUES NATURELS

- prise en compte du risque sismique,
- prise en compte du risque de débordements de nappe et inondations de cave.

7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION DES MAISONS - MISSION G1 PGC

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

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

Les investigations ont indiqué la présence de sols remaniés, remblais et horizon végétalisé limono-sableux et sablo-limoneux reposant sur des sables et graviers compacts.

Compte tenu de ces éléments, on pourrait tabler en première approche sur **un mode de fondation de type semelles ou massifs ancrés dans les matériaux sablo-graveleux de bonne compacité, c'est-à-dire à priori la couche 1.2, dont le toit est variable**, identifiés sous les horizons de terre végétale, remblais, sols remaniés et alluvions fines.

Compte tenu de la présence d'une nappe à faible profondeur et de la nature pulvérulente des sols, **une solution sur puits busés avec coffrage perdu peut également être envisageable**.

La réalisation de niveaux enterrés est exclue compte tenu de la présence d'une nappe dont le toit en période de hautes eaux est situé à faible profondeur à moins de prévoir un cuvelage sur l'ensemble des parties enterrés. La mise en place d'un système de rabattement de la nappe serait donc nécessaire lors des travaux.

Nous conseillons la construction des pavillons sur vide sanitaire. Il est recommandé de se rapprocher des services compétents afin de déterminer le niveau des PHEC au droit du projet ou de procéder à une étude hydrogéologique spécifique.

Lorsque l'implantation et les caractéristiques des futurs bâtiments seront connues, une étude complémentaire de niveau avant-projet permettra d'affiner les paramètres géotechniques et les hypothèses à prendre en compte pour la validation des principes de fondations. Cette étude G2-AVP devra être réalisée pour chaque projet de construction.



8. RÉALISATION DES VOIRIES - MISSION G2 AVP

Dans le cadre de la réalisation des voiries, l'arase terrassement, après le décapage des horizons de terre végétale, remblais et sols remaniés sur toute leur épaisseur correspondra à des matériaux sablo-limoneux ou sablo-graveleux (couche 1.1 ou 1.2).

La couche de forme sera constituée par une grave concassée de granulométrie continue, insensible à l'eau et au gel et chimiquement inerte, mise en œuvre sur un géotextile anti-contaminant.

La couche de forme a trois fonctions :

- Une fonction drainante en partie inférieure pour éviter de créer un effet piscine à la base,
- Une fonction globale d'homogénéisation de la portance et de préservation de l'arase au gel,
- Une fonction de fin réglage en partie supérieure, par sa granulométrie plus fine (0/20 ou 0/31.5mm).

Elle sera compactée pour un objectif de densification q_3 selon les préconisations du Guide des Terrassements Routiers (GTR), avec comme objectif de réception par essais à la plaque l'obtention d'un module **EV2 $\geq$ 50 MPa**, pour des voiries légères (ce qui peut s'avérer insuffisant pour un trafic lourd de chantier).

Les matériaux de couche de forme habituellement suggérés sont :

En partie basale, une grave 0/60 mm respectant les critères suivants :

- $D \leq 60$ mm
- Propres avec VBS < 0,1
- $\%80\mu\text{m} < 5 \%$
- $D_{10} \geq 1$ mm
- $LA < 45$ – $MDE < 45$
- Non-gélifs
- Chimiquement inertes

Fermés par une couche de réglage en matériaux bien gradués correspondant aux critères suivants :

- $D \leq 31.5 \text{ mm}$
- Propres avec $VBS < 0,1$
- $\%80\mu\text{m} < 5 \%$
- $LA < 45 - MDE < 45$
- Non-gélifs
- Chimiquement inertes

Ces matériaux, compactés à l'objectif q3, ont respectivement un module EV2 intrinsèque de :

150 MPa pour le 0/60 mm

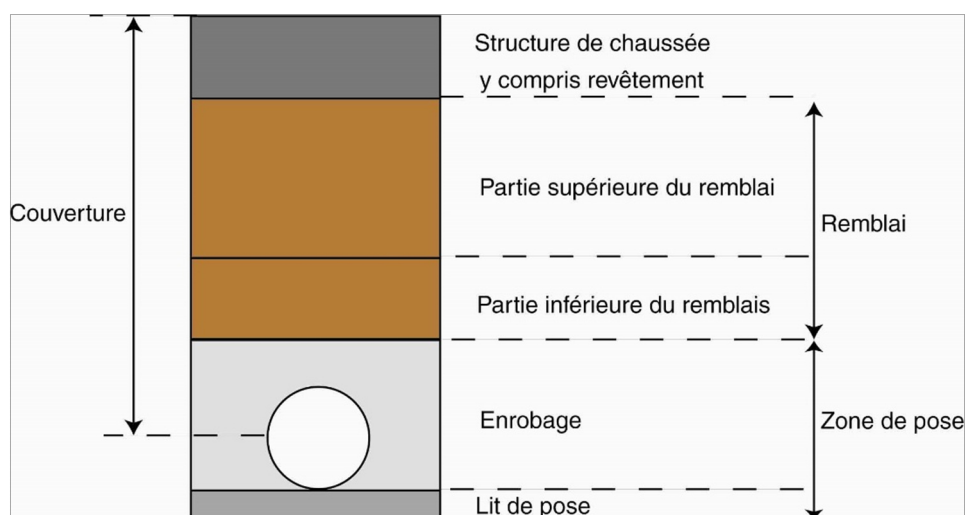
200 MPa pour le 0/31,5 mm

En première approche, on pourra tabler sur la mise en œuvre d'une couche de forme épaisse d'une épaisseur minimale de 0.55m **sur géotextile**, possédant une résistance à la rupture de 20kN/m minimum, pour obtenir comme critère de réception par essais à la plaque EV2 > 50 MPa. On pourrait tabler sur 0.45m de 0/60mm mis en place en 1 seule couche et fermé par 0.10m de graves 0/31.5mm. Suivant les conditions météorologiques et la qualité de l'arase lors des travaux, cette épaisseur pourrait être augmentée en fonction de la portance de l'arase lors des terrassements.

9. POSE DES RÉSEAUX – PRÉCONISATIONS NFP 98-331

Les réseaux seront posés dans des matériaux hétérogènes (couche de forme, matériaux limono-sableux, sablo-limoneux et sablo-graveleux). On prévoira **un blindage systématique quel que soit leur profondeur compte tenu du contexte pulvérulent des travaux.**

On rappelle ci-après la coupe type d'une tranchée :



9.1. REMBLAYAGE

Pour rappel, on distingue par ordre d'exigence croissante, les objectifs de densification suivants :

Objectif de densification	Exigences	Utilisation en tranchées (détaillée en 6.2.4)
q1 ¹⁾	pdm $\geq$ 100 % pdOPM pdfc $\geq$ 98 % pdOPM	Non accessible au petit matériel de compactage
q2 ¹⁾	pdm $\geq$ 97 % pdOPM pdfc $\geq$ 95 % pdOPM	Chaussée
q3	pdm $\geq$ 98,5 % pdOPN pdfc $\geq$ 96 % pdOPN	Partie supérieure de remblai
q4 ²⁾	pdm $\geq$ 95 % pdOPN pdfc $\geq$ 92 % pdOPN	Remblai Zone d'enrobage des tranchées de hauteur de recouvrement < 1.30m et certaines tranchées de hauteur de recouvrement $\geq$ 1.30m ² .

q5 ²⁾	$p_{dm} \geq 90 \% p_{dOPN}$ $p_{dfc} \geq 87 \% p_{dOPN}$	Zone d'enrobage (uniquement pour les tranchées dont la hauteur de recouvrement $\geq 1.30m$ ou q4 n'est pas exigé). ³⁾
1) q1 et q2 sont définis dans la norme NF P 98-115 2) le choix q4 ou q5 pour l'enrobage dans le cas des tranchées profondes est à fixer en fonction des conditions rencontrées : encombrement des réseaux, difficultés d'exécution particulières, 3) Il peut s'avérer que l'objectif de densification q5 ne puisse être atteint : cette contrainte pouvant ou non avoir été démontrée dès les études préalables ou si l'étude géotechnique ne l'a pas détectée, constatée à l'ouverture de la tranchée (par exemple un encombrement important de la tranchée, un fond de fouille en zone compressible, etc., ...). Dans ce cas, une étude spécifique sera exigée afin de définir les moyens pour garantir la bonne tenue de la tranchée et du réseau dans le temps (prise en compte dans le modèle de calcul, utilisation de matériaux adaptés, etc, ...).		

Remarque

- p_{dm} = masse volumique moyenne du sol sec,
- p_{dfc} = masse volumique en fond de couche du sol sec,
- p_{dOPN} = masse volumique à l'Optimum Proctor Normal,
- p_{dOPM} = masse volumique à l'Optimum Proctor Modifié.

9.2. RAPPEL DES CAS TYPES

Quatre cas types sont recensés et détaillés ci-après, dans chaque paragraphe spécifique :

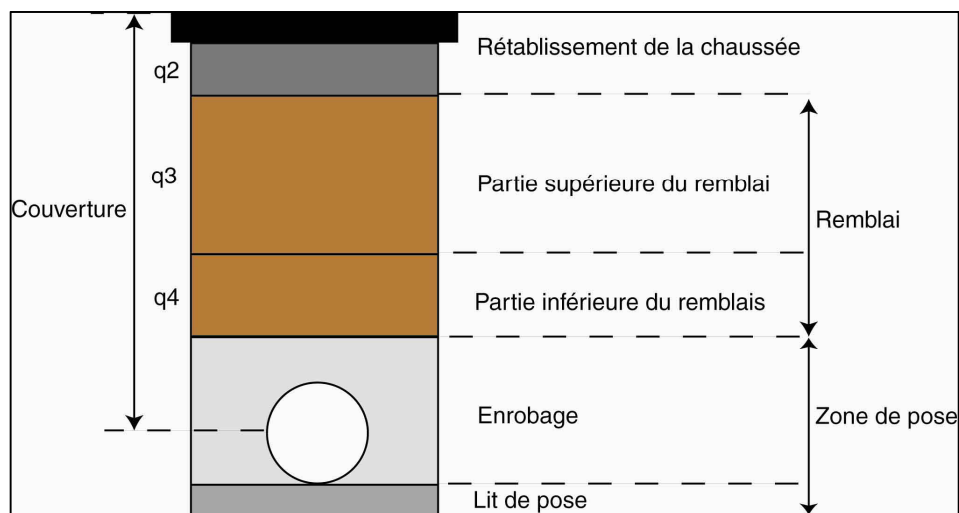
- Sous chaussée (cas type 1) selon la profondeur de la tranchée, les objectifs de densification sont q2 et q3, ou q2, q3 et q4. Il en est de même pour les trottoirs ou accotements supportant des charges lourdes.
- Sous trottoir (cas type 2) ne supportant pas de charges lourdes, les objectifs de densification sont q3 et q4.
- Sous accotement (cas type 3), les objectifs de densification sont fonction de la position de la tranchée par rapport à la rive de chaussée et du risque d'avoir à supporter ou non des charges lourdes.
- Sous espaces verts (cas type 4), au-dessous de la terre végétale, l'objectif de densification est q4.

À priori, tous les cas types sont à retenir pour ce projet.

Le matériel de compactage est adapté à la nature des matériaux utilisés pour le remblai, aux qualités de compactage exigées et aux contraintes d'environnement.

9.3. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHAUSSÉES, TROTTOIRS ET ZONES SUPPORTANT DES CHARGES LOURDES (CAS TYPE 1)

La partie supérieure du remblai en matériaux de niveau d'objectif q3 a une épaisseur variable selon l'importance du trafic tel qu'indiqué dans le tableau 2.



Dans le cas d'une réfection de chaussée qualitativement à l'identique, l'épaisseur de la structure de chaussée est majorée d'au moins 10 % du fait de l'inexistence de matériaux d'objectif q1.

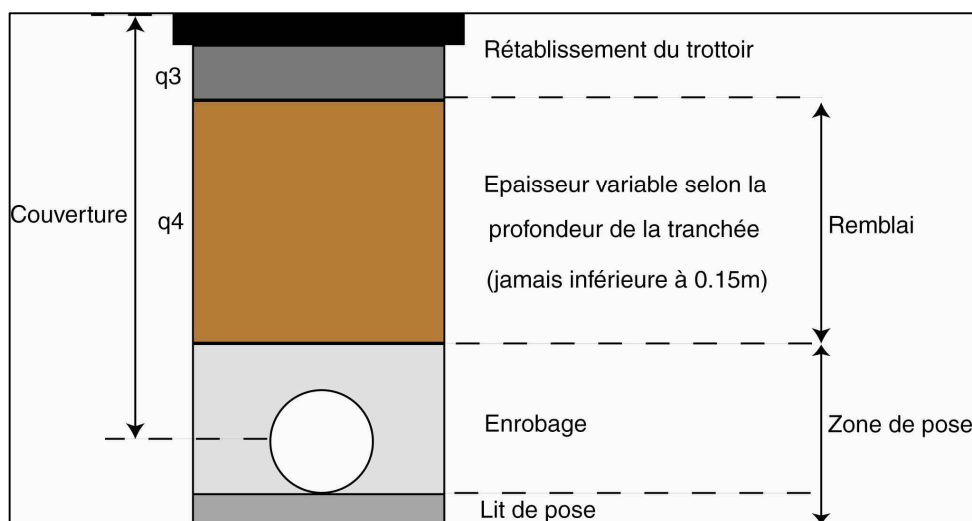
La partie supérieure du remblai en matériaux de niveau d'objectif q3 a une épaisseur variable selon l'importance du trafic.

Dans le cas où l'épaisseur de matériau de niveau d'objectif q4 ne dépasse pas 0.15m, le remblai est obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

9.4. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHAUSSÉES, TROTTOIRS ET ZONES NE SUPPORTANT PAS DES CHARGES LOURDES (CAS TYPE 2)

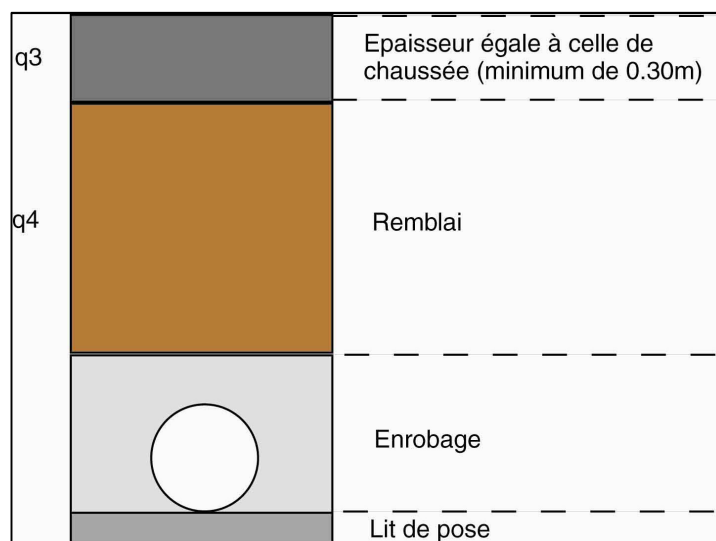
Revêtement :

- Sur trottoir non revêtu, la surface est constituée au minimum de 0.15m d'une grave compactée avec un objectif de densification de niveau q3.
- Sur un trottoir revêtu, la surface est reconstituée à l'identique.



9.5. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS ACCOTEMENTS (CAS TYPE 3)

Si l'accotement est susceptible de supporter des charges lourdes, l'objectif de densification est identique à celui de la tranchée sous chaussée. S'il n'est pas susceptible de supporter des charges lourdes, l'objectif de densification est q_3 en partie supérieure du remblai sur une épaisseur égale à celle de la chaussée avec un minimum de 0.30m, en partie inférieure du remblai l'objectif est q_4 .

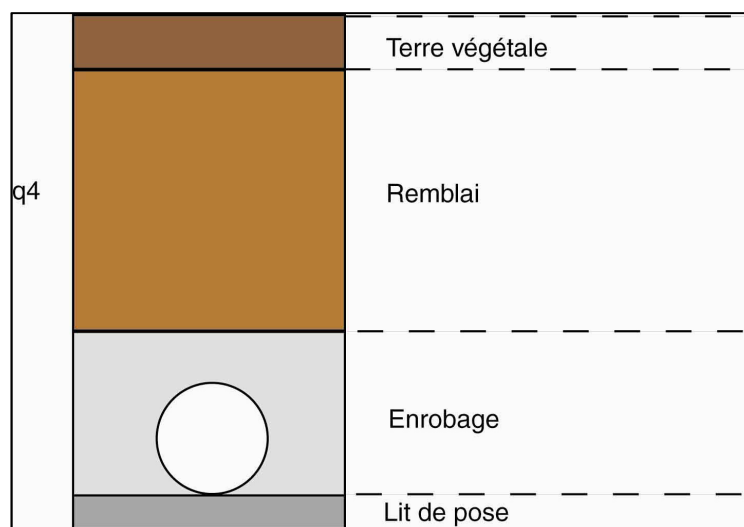


S'il n'est pas susceptible de supporter des charges lourdes, l'objectif de densification est q_3 en partie supérieure du remblai sur une épaisseur égale à celle de la chaussée avec un minimum de 0.30m. En partie inférieure du remblai l'objectif est q_4 .

9.6. OBJECTIFS DE DENSIFICATION EXIGÉS SOUS CHEMINS EMPIERRÉS NE SUPPORTANT PAS DES CHARGES LOURDES ET SOUS ESPACES VERTS (CAS TYPE 4)

L'épaisseur de « Terre Végétale » est au moins équivalente à celle avant travaux. Le matériel de compactage est adapté à la nature des matériaux utilisés pour le remblai, aux qualités de compactage exigées et aux contraintes environnementales.

L'épaisseur de structure du chemin empierré peut s'avérer supérieure à l'épaisseur initiale.



9.6.1. RAPPEL DES MATÉRIAUX UTILISABLES EN Q3 (GUIDE TECHNIQUE LCPC—SETRA)

		Zone industrielle, portuaire, gares routières (2) nb de PL ptac > 35 kN (1)	Trafic interurbain ou traversée d'agglomérations (2) nb de PL ptac > 35 kN (1)	Trafic urbain ou périurbain (2) nb de PL ptac > 35 kN (1)	Classe de matériaux utilisables (*) (normes NF P 11-300) matériaux élaborés (*)	Épaisseur de matériaux en q3 (partie supérieure de remblai)
MJA par Sens	Fort trafic	> 75	> 190	> 375	B ₁ , B ₃ , C ₁ B ₁ , C ₂ B ₁ , C ₁ B ₃ , C ₂ B ₃ , D ₁ , D ₂ , D ₃ ,	> = 0.60m ou > = 0.40m (**)
	Trafic moyen	25 à 75	60 à 190	125 à 375	R ₁₁ , R ₂₁ , R ₂₂ , R ₄₁ , R ₄₂ , R ₆₁ , R ₆₂ , F ₃₁ , F ₆₁ , F ₆₂ , F ₇₁ , F ₈ , C ₁ B ₄ , et C ₂ B ₄	> = 0.45m ou > = 0.30m (**)
	Faible trafic	< 25	< 60	< 125	après élimination de la fraction fine O/d	> = 0.30m

A priori, le contexte ici correspond uniquement à celui d'un **trafic faible**.

- (1) *trafic déterminé selon la norme NF P98 - 082. Le passage d'un trafic PL de 35 kN de PTAC à un trafic de 50 kN de CU se fait par application d'un coefficient défini dans la norme NF P98-082 (3).*
- (2) *Le coefficient d'agressivité appliqué dans le tableau ci-dessus qui permet de passer d'une colonne à l'autre est différent de celui de la norme NF P 98-082. Il signifie qu'un poids lourd de la 3^{ème} colonne (trafic urbain ou périurbain) est sensiblement deux fois moins agressif qu'un poids lourd de la 2^{ème} colonne (trafic interurbain) et 5 fois moins agressif qu'un poids lourd de la 1^{ère} colonne (trafic de zone industrielle).*

() D max des grains compatible avec l'exécution (cf. tableaux de Compactage)*

*(**) La valeur la plus faible est admise si les matériaux de la partie inférieure de remblai sont de même nature que ceux de la partie supérieure.*

D'autres conditions sont envisageables. Elles peuvent présenter un avantage économique mais en contrepartie présentent certains risques :

- réutilisation de certains sols sensibles à l'eau B₂, B₄, C₁B₂, C₂B₂ et C₁B₄, C₂B₄ sans élimination de la fraction fine à l'état m ou s,
- réutilisation de certains sols traités A₁, B₅, B₆, A₂ mais avec utilisation de liants hydrauliques, la chaux seule ne pouvant suffire à atteindre les objectifs de portance et de pérennité de la PSR.

9.6.2. RAPPEL DES MATÉRIAUX UTILISABLES EN Q4 (GUIDE TECHNIQUE LCPC – SETRA) – PARTIE INFÉRIEURE DE REMBLAI

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A _{1h} ; A _{1m} ; A _{1s} ; A _{2h} ; A _{2m}	
Sols sableux et graveleux avec fines	B ₁ ; B _{2h} ; B _{2m} ; B _{2s} ; B ₃ ; B _{4h} ; B _{4m} ; B _{4s} ; B _{5h} ; B _{5m} ; B _{5s} ; B _{6h} ; B _{6m}	
Sols comportant des fines et des gros éléments	C _{1A1h} ; C _{1A1m} ; C _{1A2h} ; C _{1A2m} ; C _{2A1h} ; C _{2A1m} ; C _{2A2h} ; C _{2A2m} ; C _{1B2h} ; C _{1B2m} ; C _{1B4h} ; C _{1B4m} ; C _{1B5h} ; C _{1B5m} ; C _{1B6h} ; C _{1B6m} ; C _{2B2h} ; C _{2B2m} ; C _{2B4h} ; C _{2B4m} ; C _{2B5h} ; C _{2B5m} ; C _{2B6h} ; C _{2B6m}	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C _{1B1} ; C _{1B3} ; C _{2B1} ; C _{2B3}	
Sols insensibles à l'eau	D ₁ ; D ₂ ; D ₃	

Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R ₁₁ ; R _{12h} ; R _{12m} ; R _{13h} ; R _{13m}	
Calcaires rocheux divers	R ₂₁ ; R ₂₂ ; R ₂₃	R ₂₂ et R ₂₃ assimilés à C _{2B4}
Roches siliceuses	R ₄₁ ; R ₄₂ ; R ₄₃	R ₄₂ assimilé à C _{2B4} R ₄₃ assimilé à C _{1B1}
Roches magmatiques et métamorphiques	R ₆₁ ; R ₆₂ et R ₆₃	R ₆₂ et R ₆₃ assimilés à C _{2B4}

Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyers silico-alumineuses de centrales thermiques	F _{2h} ; F _{2m} ; F _{2s}	F ₂ assimilé à A ₁
Schistes houillers	F ₃₁ F ₃₂	F ₃₁ et F ₃₂ assimilés à D ₃
Schistes des mines de potasse	F ₄₁	F ₄₁ assimilé à B ₅
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F ₆₁ F ₆₂	F ₆₁ et F ₆₂ assimilés à B ₄
Matériaux de démolition	F ₇₁	F ₇₁ assimilé à C _{2B4}
Laitiers de haut-fourneau	F ₈	Fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1 ; DC2 ; DC3	

9.7. REMARQUES SUR LES REMBLAIS D'ENROBAGE ET LE LIT DE POSE

Au sens de la norme NFP 98-331, le remblai d'enrobage et le lit de pose sont considérés de la même manière que les parties inférieures de remblai ou les parties supérieures de remblai non sollicitées par des charges lourdes. Ainsi, l'objectif de densification préconisé est q4, ce qui est d'ailleurs repris de manière générale dans le guide de remblayage des tranchées (SETRA-LCPC).

Cependant, comme le fait remarquer le GTR, les valeurs demandées pour chaque objectif (ici q3 ou q4) sont à considérer comme des repères mais ne doivent pas être considérées comme prescriptions de compactage en raison de la non pertinence de la référence Proctor pour de nombreux matériaux et de la difficulté d'assurer un contrôle véritable et précis.

Il reste préférable de baser le compactage de la zone d'enrobage sur un objectif q3 qui permettra de minimiser les effets de flaches à moyen terme, en particulier lorsque les caractéristiques mécaniques et les états hydriques des sols supports sont défavorables.

Les matériaux utilisés en lit de pose et en remblai d'enrobage doivent correspondre à des matériaux propres et bien gradués de préférence. Ces matériaux ne devront pas contenir d'éléments de grande taille susceptibles de poinçonner les conduites.

On s'attend donc à devoir prévoir un lit de pose en matériaux d'apport, de type 0/31.5mm ou 0/20mm en fonction du diamètre des canalisations à poser.

Pour l'encagement des réseaux, il est également préférable de prévoir un matériau d'apport de granulométrie satisfaisante.

La mise en œuvre des matériaux sera conditionnée par les modalités de réemploi définies par le GTR et par le guide SETRA-LCPC de novembre 2001 pour le Remblayage des tranchées et réfection des chaussées.

Pour limiter les tassements différentiels, les remblais évolutifs, les vestiges éventuels et horizon de terre végétale devraient être purgés sur toute leur épaisseur et substitués par une grave compactée.

9.8. CONDITIONS DE RÉALISATION DES TRANCHÉES

L'évolution des personnels de chantier en fond de tranchée impose par défaut la mise en place de blindages quel que soit leur profondeur. L'évolution des engins et le stockage de matériaux en crête de tranchée peuvent également poser des problèmes de stabilité, ce qui implique de prendre les mesures sécuritaires adaptées.

Les terrassements seront réalisés à la pelle hydraulique avec stockage sur place des matériaux réutilisables ou évacuation immédiate des déblais en dépôt.

Le compactage sera soumis aux exigences du GTR selon le type de matériau.

En cas de rencontre d'horizons décomprimés en fond de fouille, une substitution des matériaux impropres par une grave concassée d'apport pourra s'avérer nécessaire à la réalisation du lit de pose. Cette grave serait compactée à la plaque vibrante selon les prescriptions du guide de remblayage des tranchées du LCPC - SETRA.

On considère à ce stade que les terrassements pour les tranchées n'intercepteront pas la nappe. Dans le cas contraire, il faudra prendre des dispositions spécifiques de blindages (palplanches + fiche hydraulique) et d'épuisement des fouilles ce qui pourrait conduire à des débits importants à valider à l'appui d'une étude spécifique.

9.9. RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX DU SITE

- Les limons et limons sableux superficiels (couche 1.1), classés A2 au sens du GTR, seront décapés puis stockés en merlons ou cordons en vue de leur réutilisation ultérieure en tant que « terre végétale » et aménagements paysagers,
- Les matériaux alluvionnaires correspondent à des sables et graviers (couche 1.2) classés B3, B5, D1, D2 et D3 au sens du GTR. Les matériaux classés B3, D1, D2 et D3 sont réutilisables en partie inférieure (q4). Les matériaux classés B5 sont également réutilisables sous conditions de présenter un état hydrique « h » à « s ». Les matériaux B5 qui présentent un état hydrique « th » ou « ts » seront évacués.

Afin d'optimiser le pourcentage de réutilisation des matériaux, il est recommandé d'effectuer les travaux en période météorologique favorable et d'été, hors séquence de pluie et de gel.

De manière générale, seront évacués et mis en dépôt définitif :

- les matériaux naturels renfermant des matières organiques ou susceptibles de provoquer des tassements ultérieurs irréguliers (limons organiques, matériaux à l'état hydrique très humide),
- les matériaux gelés (si travail en hiver),
- les matériaux gélifs si la protection au gel apportée par les matériaux de chaussée n'est pas suffisante,
- les matériaux situés à l'état hydrique h à th , sauf si un traitement ou une aération sont envisageables,
- les remblais anthropiques hétérogènes,
- les matériaux plastiques type A_3 , A_4 ,
- les matériaux présentant des éléments supérieurs à 100mm, à moins d'envisager un criblage.

Compte tenu de l'hétérogénéité des formations alluvionnaires sablo-graveleuses, il n'est pas prévu une réutilisation de ces matériaux en partie supérieure de remblai (objectif q_3) et devra nécessiter un apport de matériaux nobles de type 0/31.5mm, non concassé secondaire, propre, bien gradué ($VBS < 0.1$, passant à $80\mu m < 5\%$) et compacté à un critère de référence q_3 , soit 98.5 % de l'OPN.

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

Dressés par les Ingénieurs soussignés

Gérôme ANNEQUIN

Ingénieur en charge de l'opération

Jean-Michel CUINET

Ingénieur en charge du contrôle interne



ANNEXES



ANNEXE 1

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES





ANNEXE 2

COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS



Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	Sables et graviers beiges à rares passées limoneuses, radicelles et racines	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1				
2	Sables et graviers beiges			
3				



 GROUPE HYDROGÉOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 2,60 m

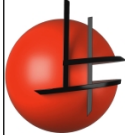
1/25

Sondage à la pelle : PM2

EXGTE 3.20/GTE

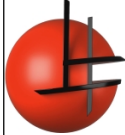
Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	 Remblais : Branches et débris de végétaux (Broyat végétal) 0,50 m Limons sableux marron-beige à quelques graviers 1,20 m Sables et graviers beiges 2,60 m	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1				
2				



 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 1,60 m

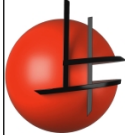
Profondeur	Lithologie		Outil	Niveau d'eau	Observations
0		Remblais : Branches et débris de végétaux (Broyat végétal) 0,20 m Limons sableux marron-beige à quelques graviers 1,00 m Sables et graviers beiges 1,60 m	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1					



 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 1,30 m

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	Sols remaniés : Limons sableux bruns à racicules	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1	Sables et graviers beiges			

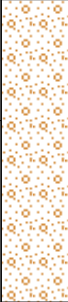


 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 1,30 m

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	Sols remaniés : Limons sableux bruns à quelques graviers	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1	Sables et graviers beiges			



 GROUPE HYDROGÉOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 2,60 m

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	 Limons bruns à quelques graviers 0,55 m	Godet	19/03/2021 2,6 m	
1	 Limons sableux marron-beige à quelques graviers 1,20 m			
	 Sables fins beiges à quelques graviers 1,60 m			
2	 Sables et graviers beiges 2,60 m			



Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	 Sols remaniés : Limons bruns à quelques graviers siliceux	Godet	19/03/2021 3,0 m	
0,60 m				
1	 Limons marron			
1,10 m				
2	 Limons sableux marron-beige	Godet	19/03/2021 3,0 m	
2,10 m				
3	 Sables et graviers beiges			
3,10 m				



 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 2,70 m

1/25

Sondage à la pelle : PM8

EXGTE 3.20/GTE

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	<			



 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079		
	Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
Date début : 19/03/2021		Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 3,00 m

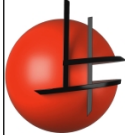
1/25

Sondage à la pelle : PM9

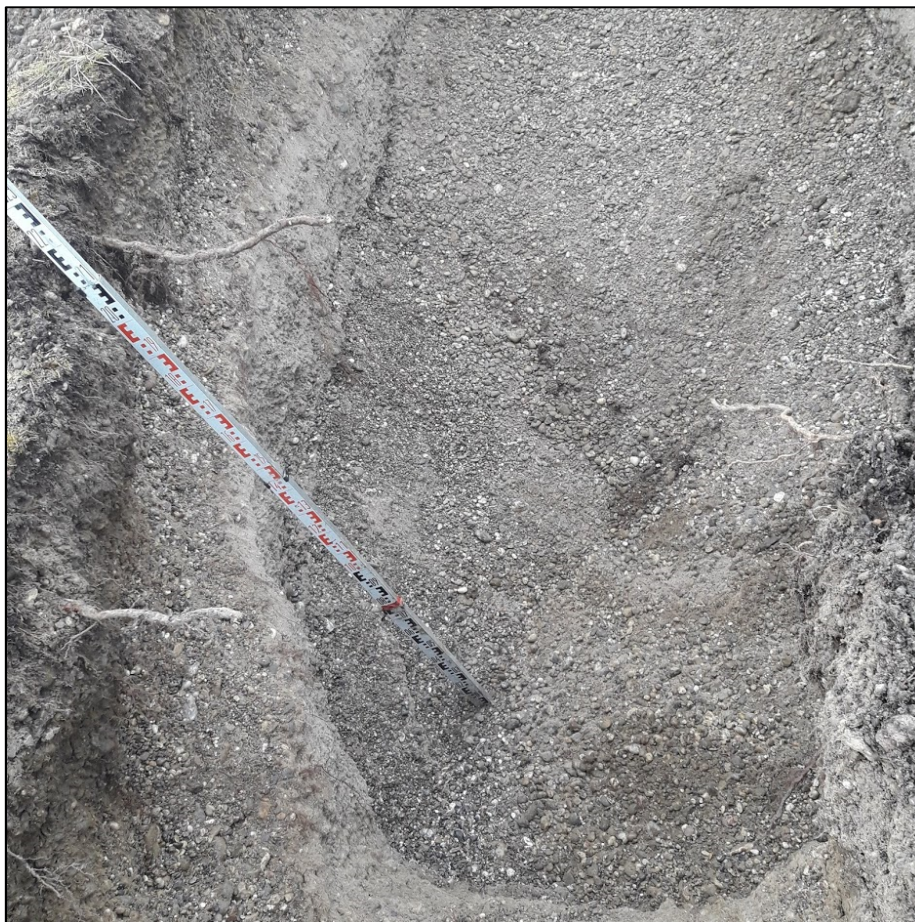
EXGTE 3.20/GTE

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	Limons sableux bruns à racicules et racines	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1	Sables fins blanc-beige			
2	Sables, graviers et galets beiges			
3				



 GROUPE HYDROGEOTECHNIQUE	Contrat C.21.22.079 Lotissement Tranche 2 - SESSENHEIM		
	Date début : 19/03/2021	Machine : Pelle 38T	Profondeur : 0,00 - 2,50 m

Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Observations
0	Sables limoneux beiges à graviers, radicelles et racines 0,50 m	Godet	Pas notoire lors de la reconnaissance	
1	Sables et graviers beiges 2,50 m			
2				





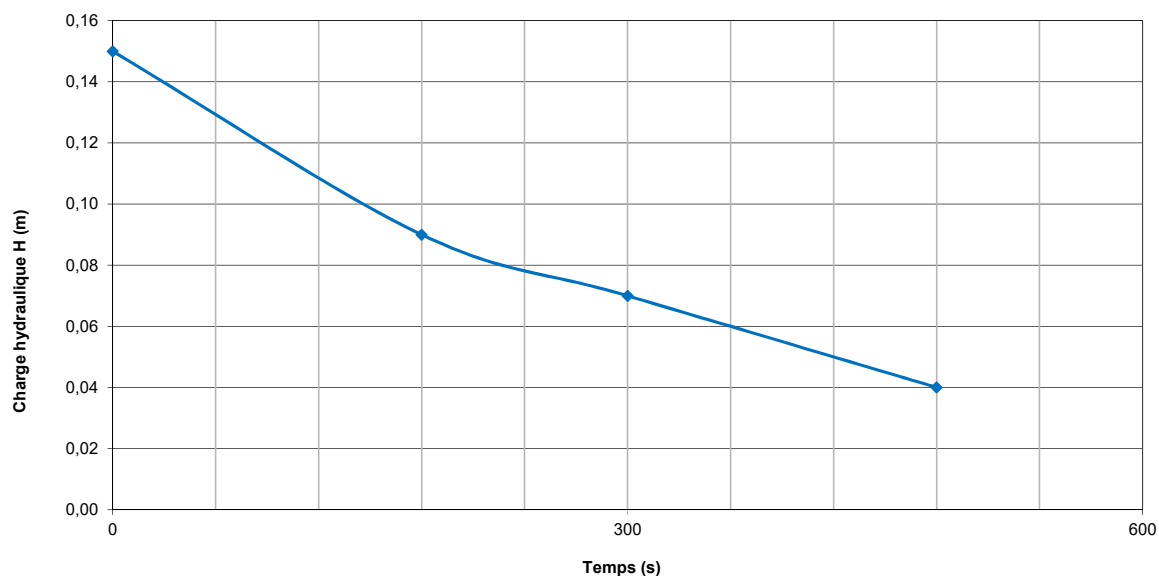
(à charge variable après arrêt d'injection)
en sols non non-saturés

Lithologie Sables et graviers

(TA = Terrain Actuel)

A diagram of a rectangle with a solid black border. A horizontal dimension line with arrows at both ends is positioned below the rectangle, indicating its length. A vertical dimension line with arrows at both ends is positioned to the right of the rectangle, indicating its width.

L = Longueur de la fouille (en m) =	1,20
l = Largeur de la fouille (en m) =	0,90
P = Profondeur de la fouille / TA (en m) =	1,34
H(t/0) = Charge au démarrage de l'essai (en m) =	0,15



$$k = 2\text{E-}04 \text{ m.s}^{-1}$$



**GROUPE
HYDROGEOTECHNIQUE**

**Essai de perméabilité à l'eau
en fouille de type MATSUO**

(à charge variable après arrêt d'injection)
en sols non saturés

Dossier : C.21.22.079

Chantier : SESSENHEIM

Date : 19/03/2021

Lithologie : Sables et graviers

Sondage :

PM5

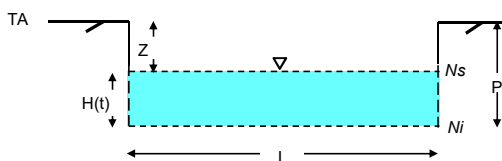
Profondeur d'essai :

de (N_s = Niveau supérieur) : 0,83 m / TA

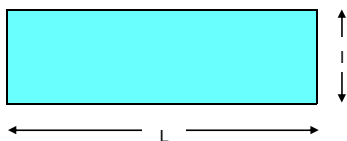
à (N_i = Niveau inférieur) : 1,05 m / TA

(TA = Terrain Actuel)

Vue en coupe



Vue en plan



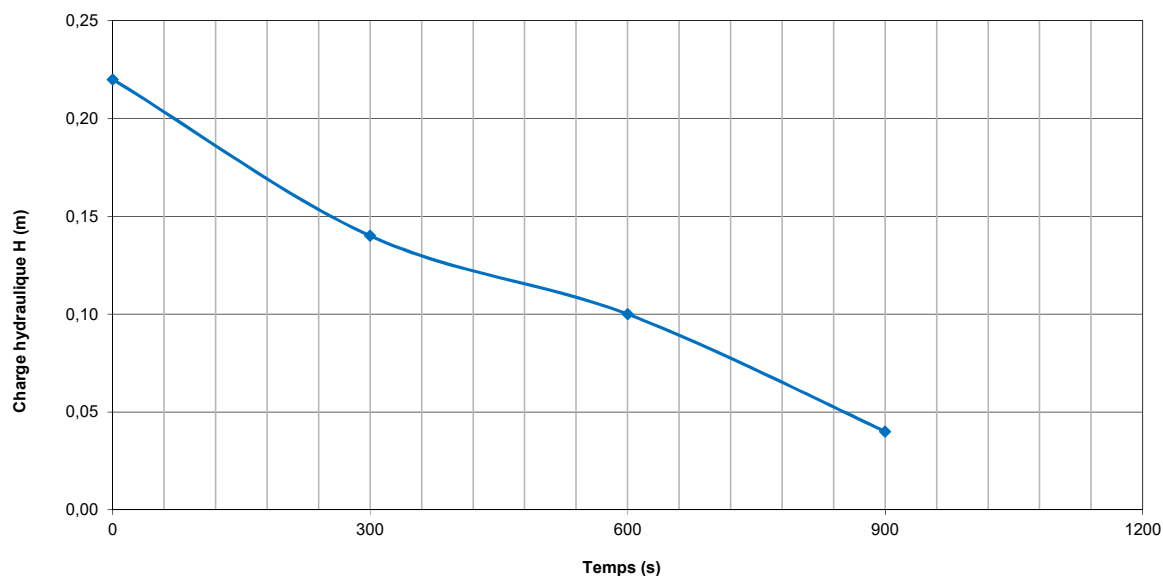
Temps t en s	Charge hydraulique H(t) en m	Variation de charge $\Delta H(t)$ en m	Observations
0	0,220	0,000	
300	0,140	0,080	
600	0,100	0,040	
900	0,040	0,060	

L = Longueur de la fouille (en m) = 1,80

l = Largeur de la fouille (en m) = 0,90

P = Profondeur de la fouille / TA (en m) = 1,05

H(t(0)) = Charge au démarrage de l'essai (en m) = 0,22



k = 1E-04 m.s⁻¹



**GROUPE
HYDROGEOTECHNIQUE**

Essai de perméabilité à l'eau en fouille de type MATSUO

(à charge variable après arrêt d'injection)
en sols non non-saturés

Dossier : **C.21.22.079**

Chantier : **SESSENHEIM**

Date : **19/03/2021**

Lithologie **Limons sableux**

Sondage :

PM7

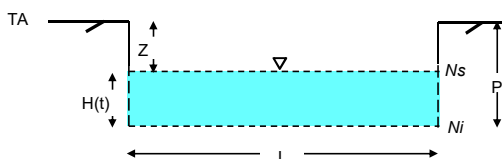
Profondeur d'essai :

de (N_s = Niveau supérieur) : 1,50 m /TA

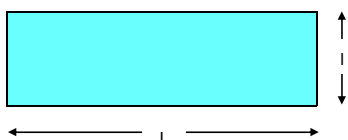
à (N_i = Niveau inférieur) : 1,72 m /TA

(TA = Terrain Actuel)

Vue en coupe



Vue en plan



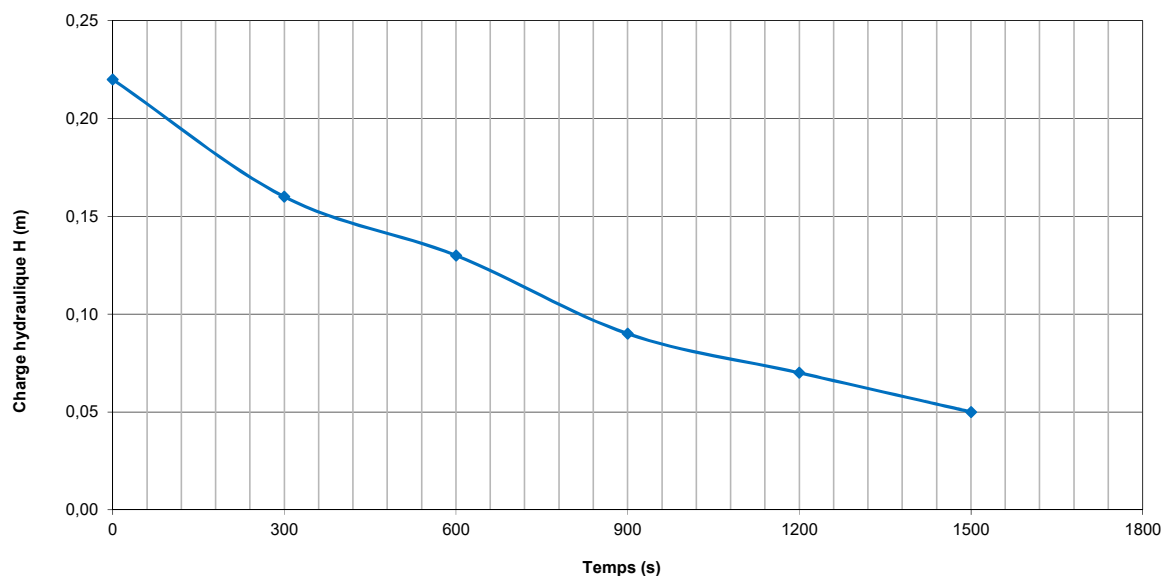
Temps t en s	Charge hydraulique H(t) en m	Variation de charge $\Delta H(t)$ en m	Observations
0	0,220	0,000	
300	0,160	0,060	
600	0,130	0,030	
900	0,090	0,040	
1200	0,070	0,020	
1500	0,050	0,020	

L = Longueur de la fouille (en m) = 1,20

l = Largeur de la fouille (en m) = 0,90

P = Profondeur de la fouille / TA (en m) = 1,72

H(t(0)) = Charge au démarrage de l'essai (en m) = 0,22



k = 8E-05 m.s⁻¹



**GROUPE
HYDROGEOTECHNIQUE**

**Essai de perméabilité à l'eau
en fouille de type MATSUO**

(à charge variable après arrêt d'injection)
en sols non non-saturés

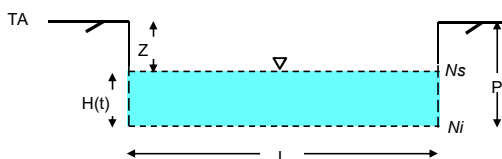
Dossier : **C.21.22.079**
Chantier : **SESSENHEIM**
Date : **19/03/2021**

Lithologie **Sables fins**

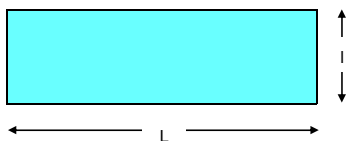
Sondage : **PM9**

Profondeur d'essai :
de (N_s = Niveau supérieur) : 0,68 m /TA
à (N_i = Niveau inférieur) : 0,91 m /TA
(TA = Terrain Actuel)

Vue en coupe

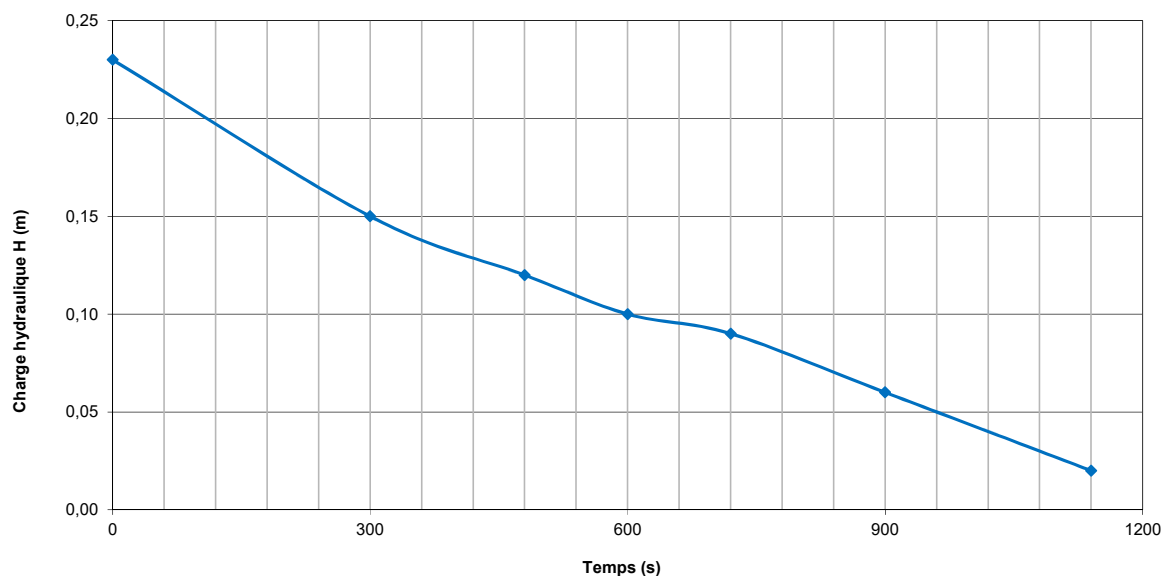


Vue en plan



Temps t en s	Charge hydraulique H(t) en m	Variation de charge $\Delta H(t)$ en m	Observations
0	0,230	0,000	
300	0,150	0,080	
480	0,120	0,030	
600	0,100	0,020	
720	0,090	0,010	
900	0,060	0,030	
1140	0,020	0,040	

L = Longueur de la fouille (en m) =	1,40
l = Largeur de la fouille (en m) =	0,90
P = Profondeur de la fouille / TA (en m) =	0,91
H(t(0)) = Charge au démarrage de l'essai (en m) =	0,23

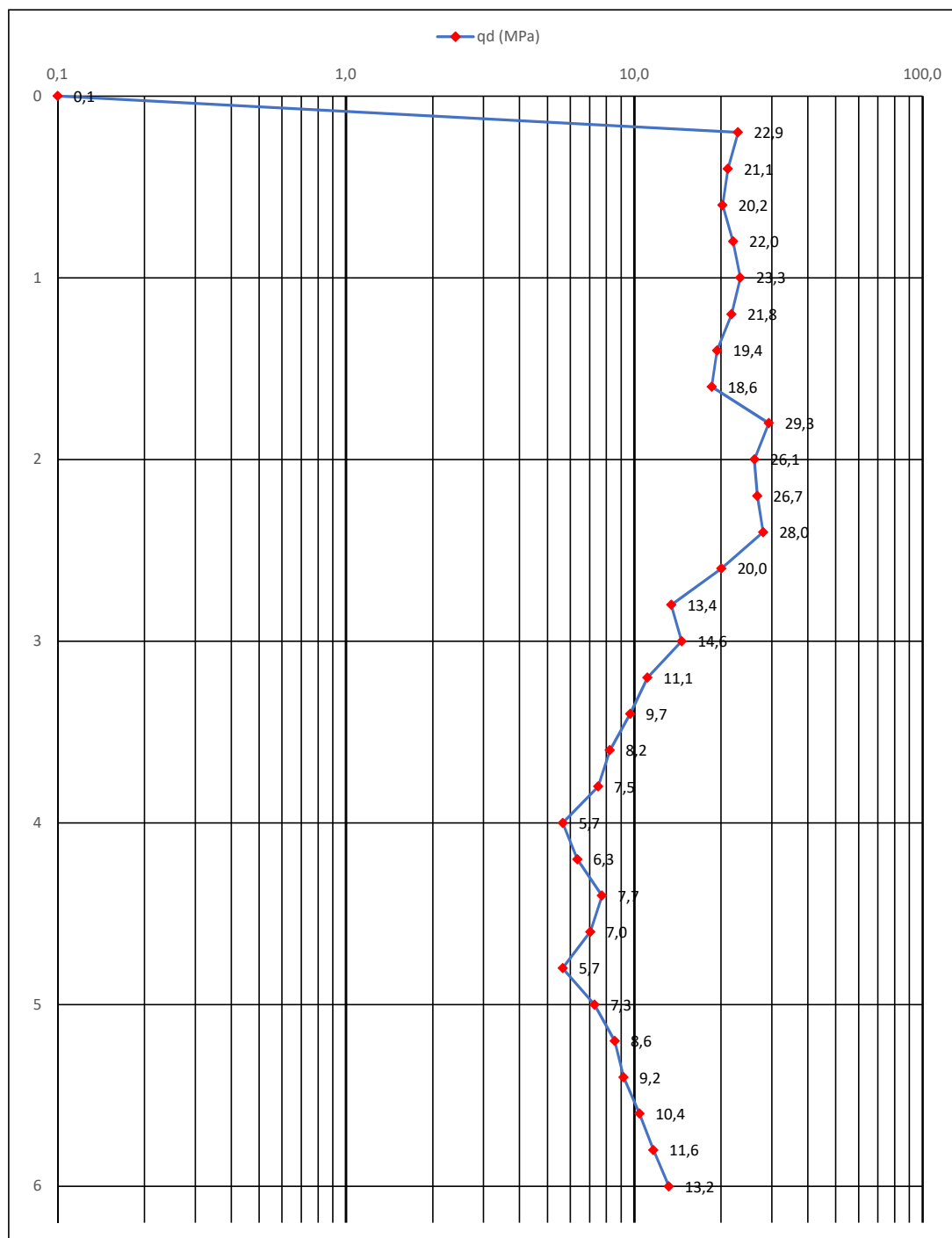


k = 1E-04 m.s⁻¹

Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD1

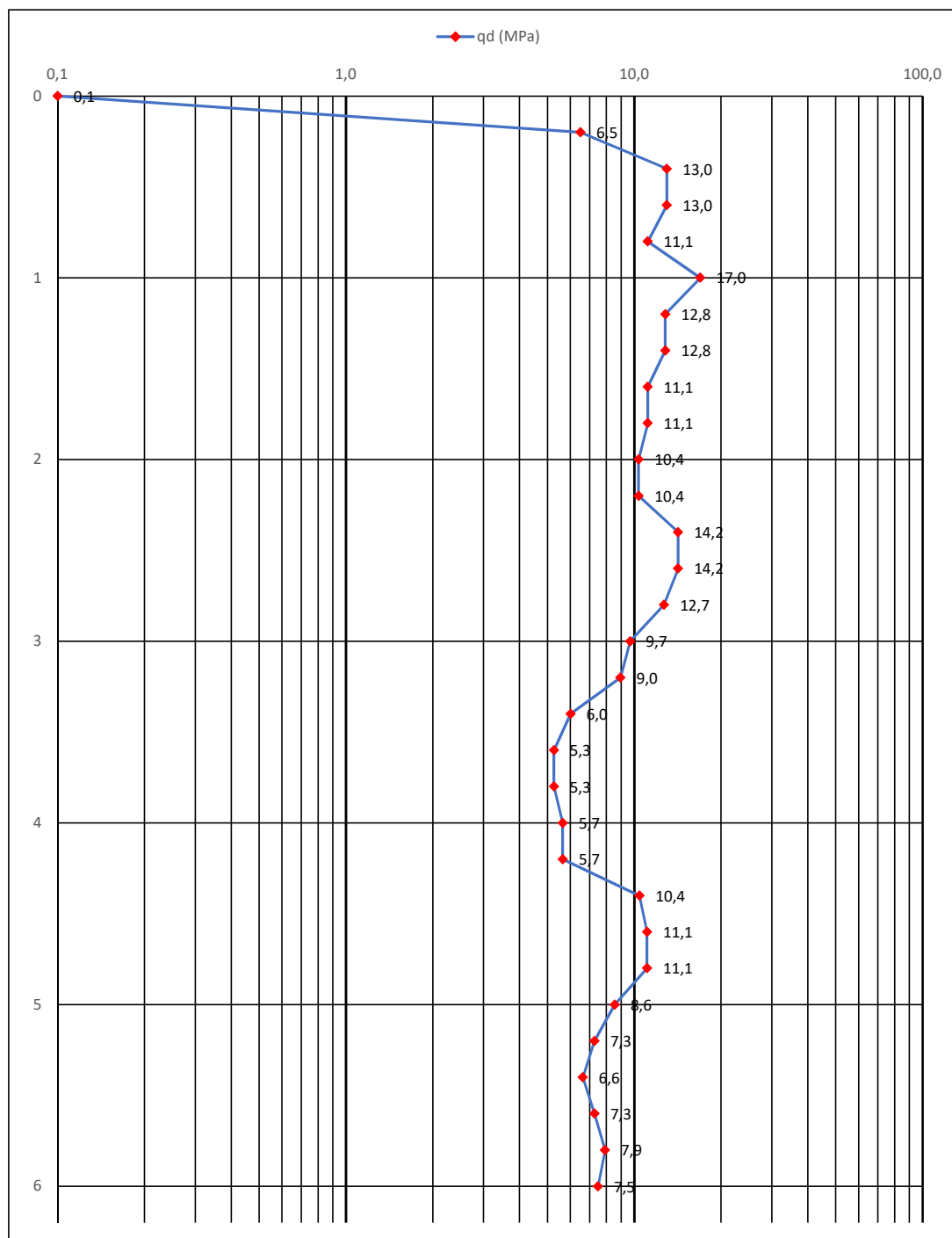
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD2

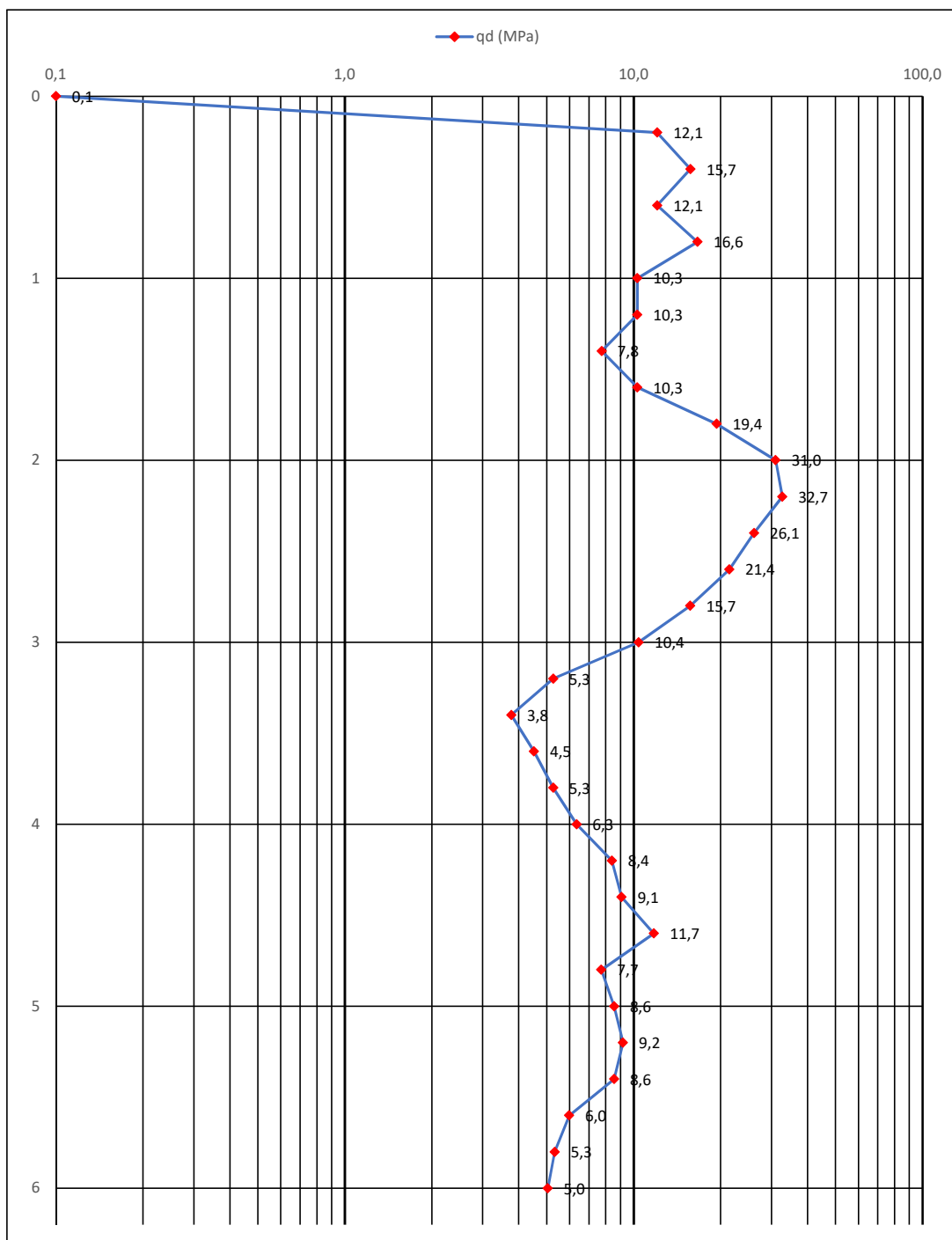
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD3

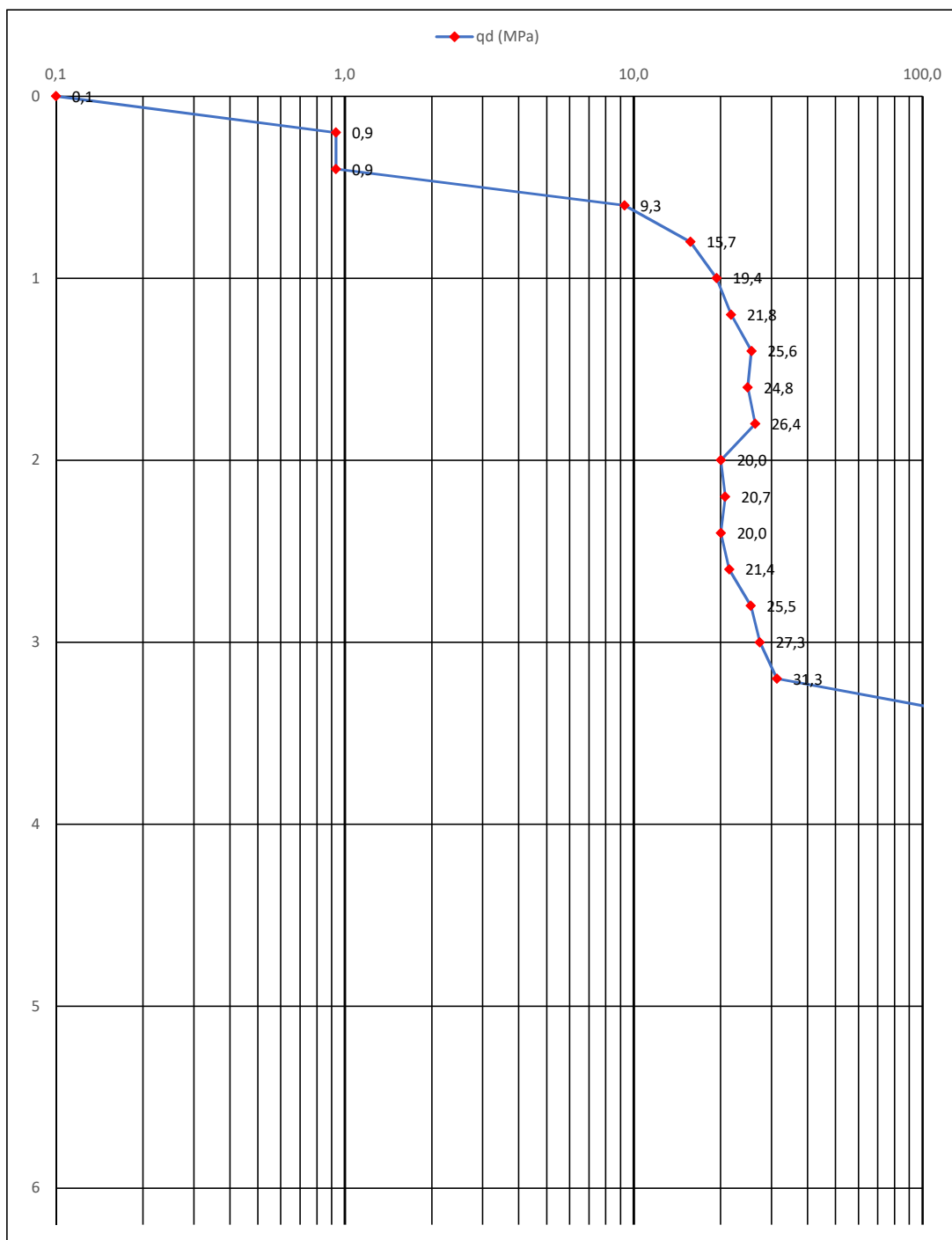
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD4

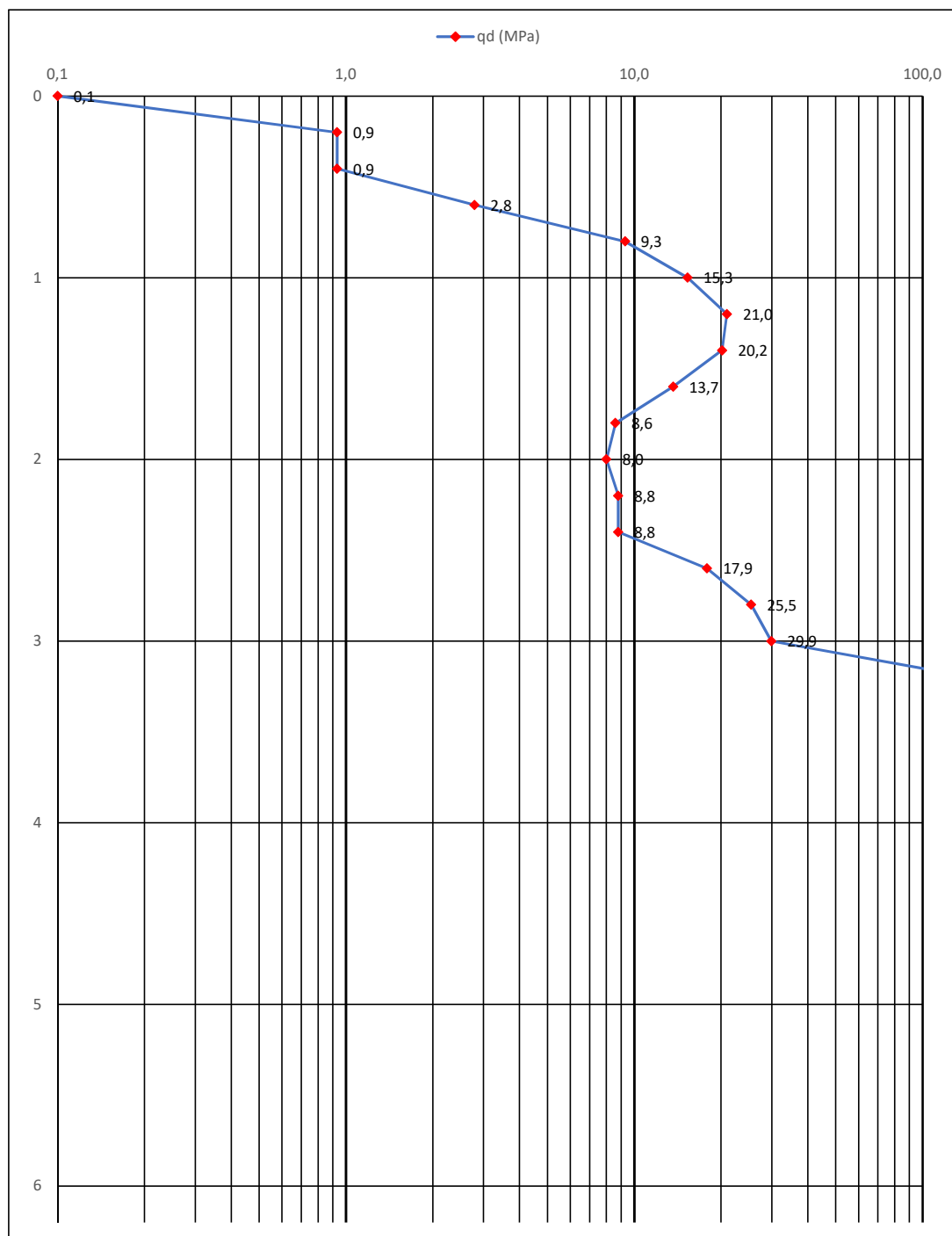
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD5

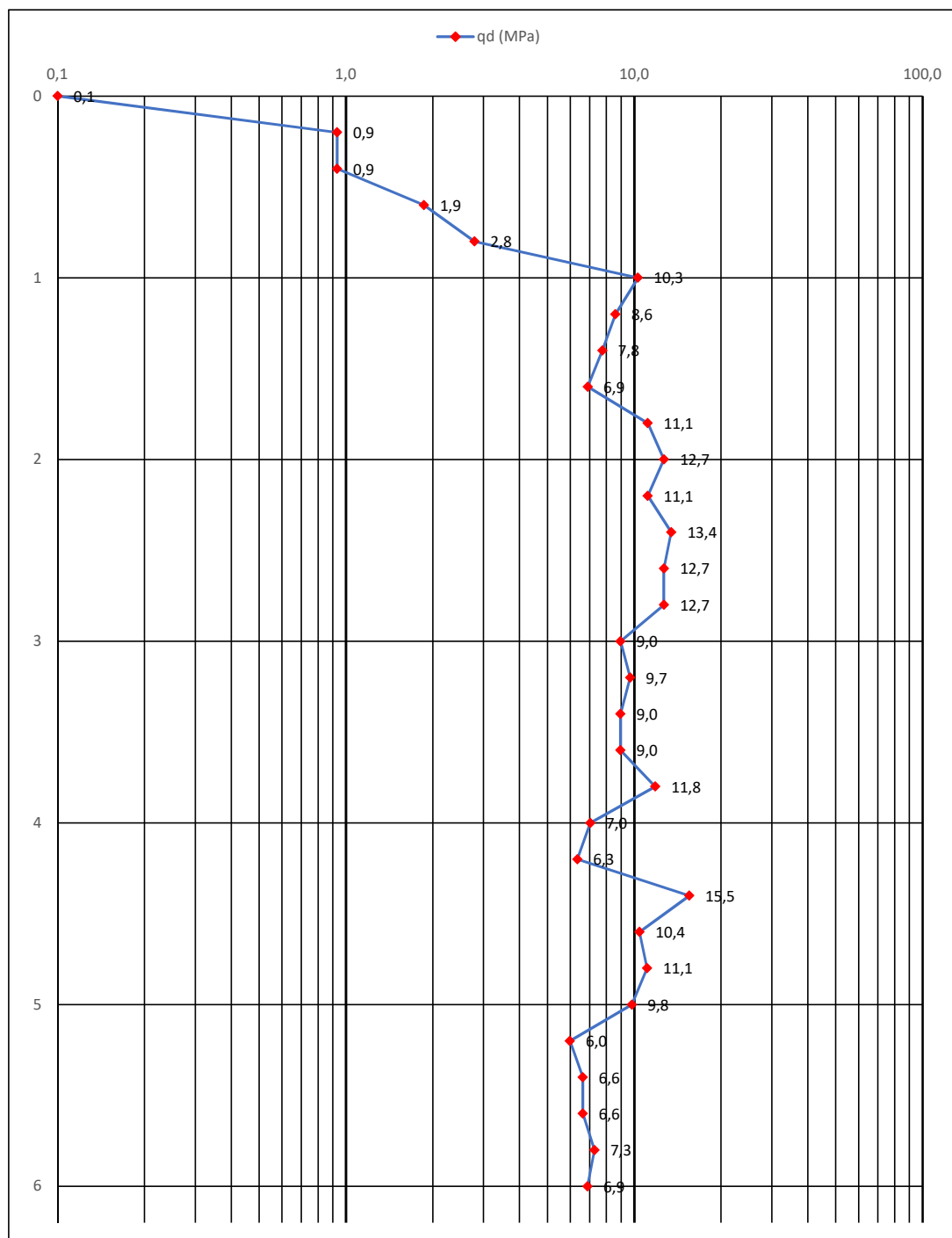
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD6

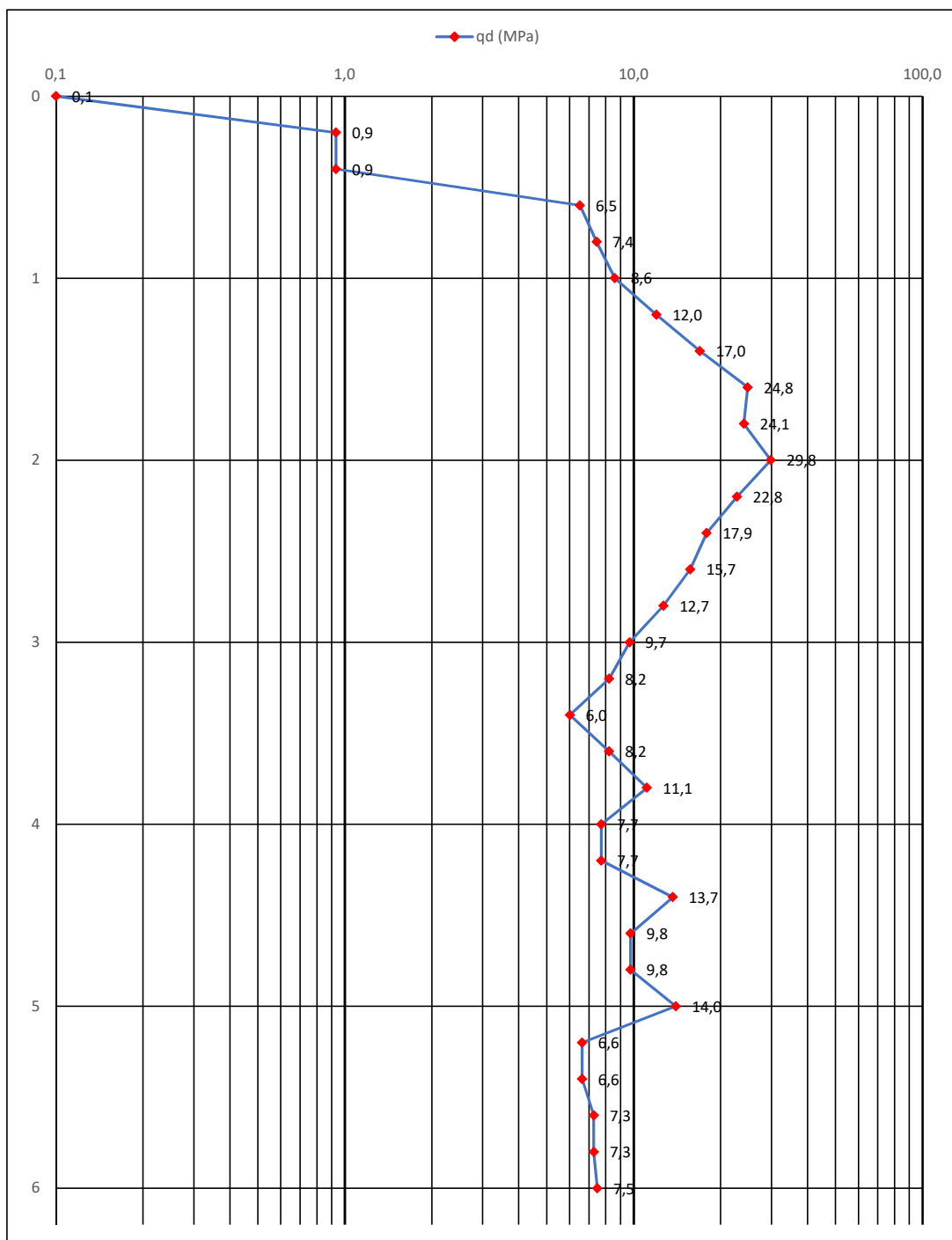
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD7

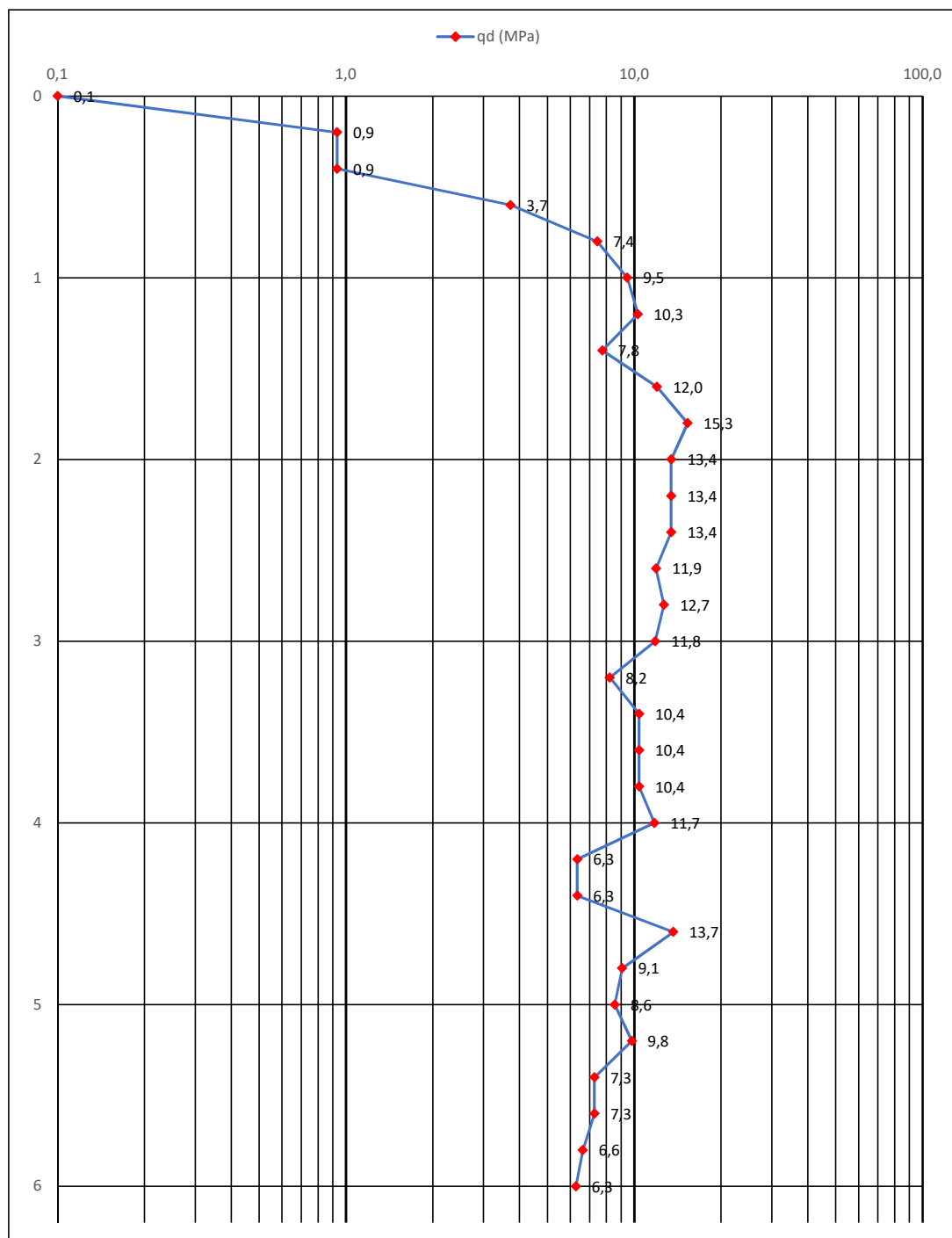
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD8

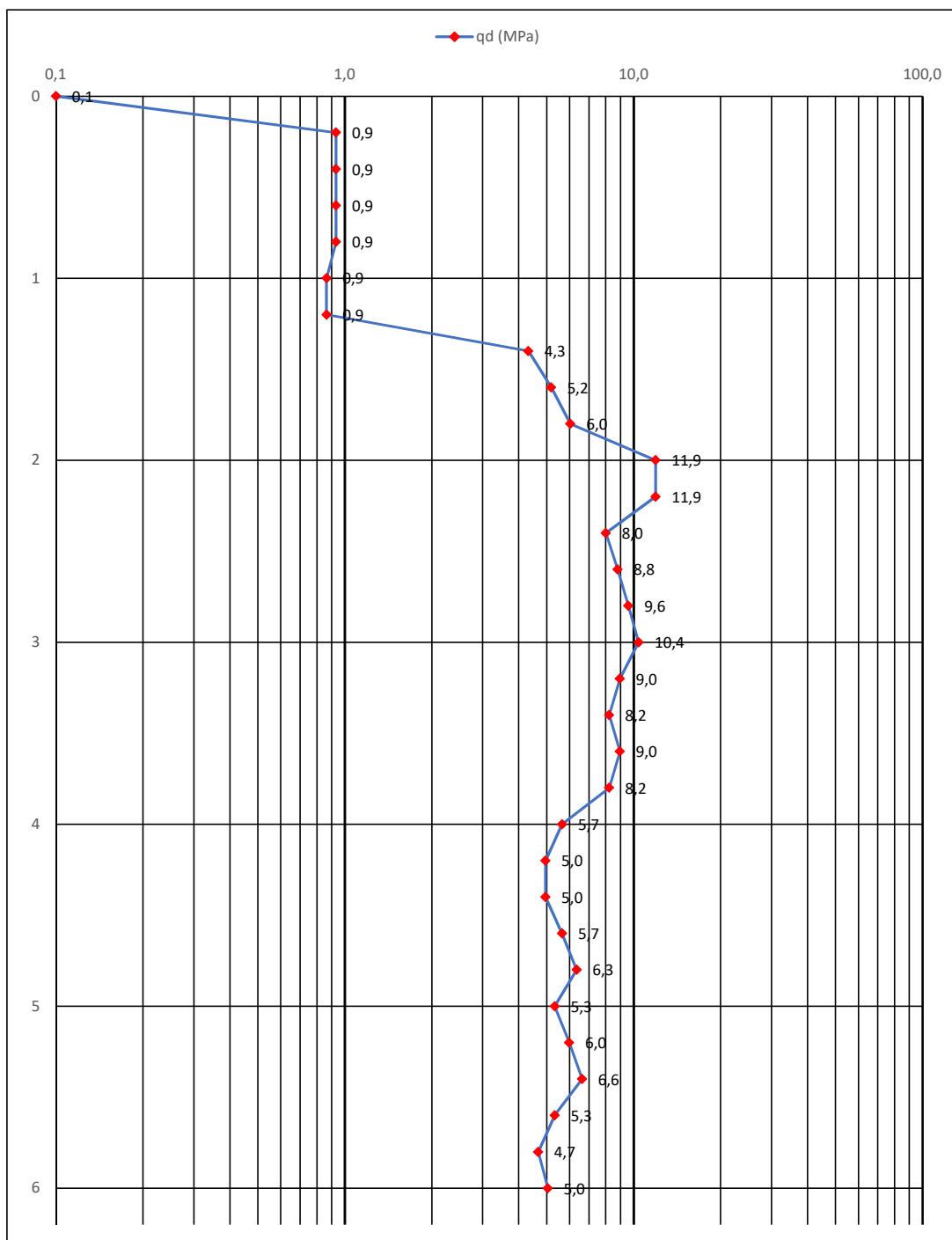
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD9

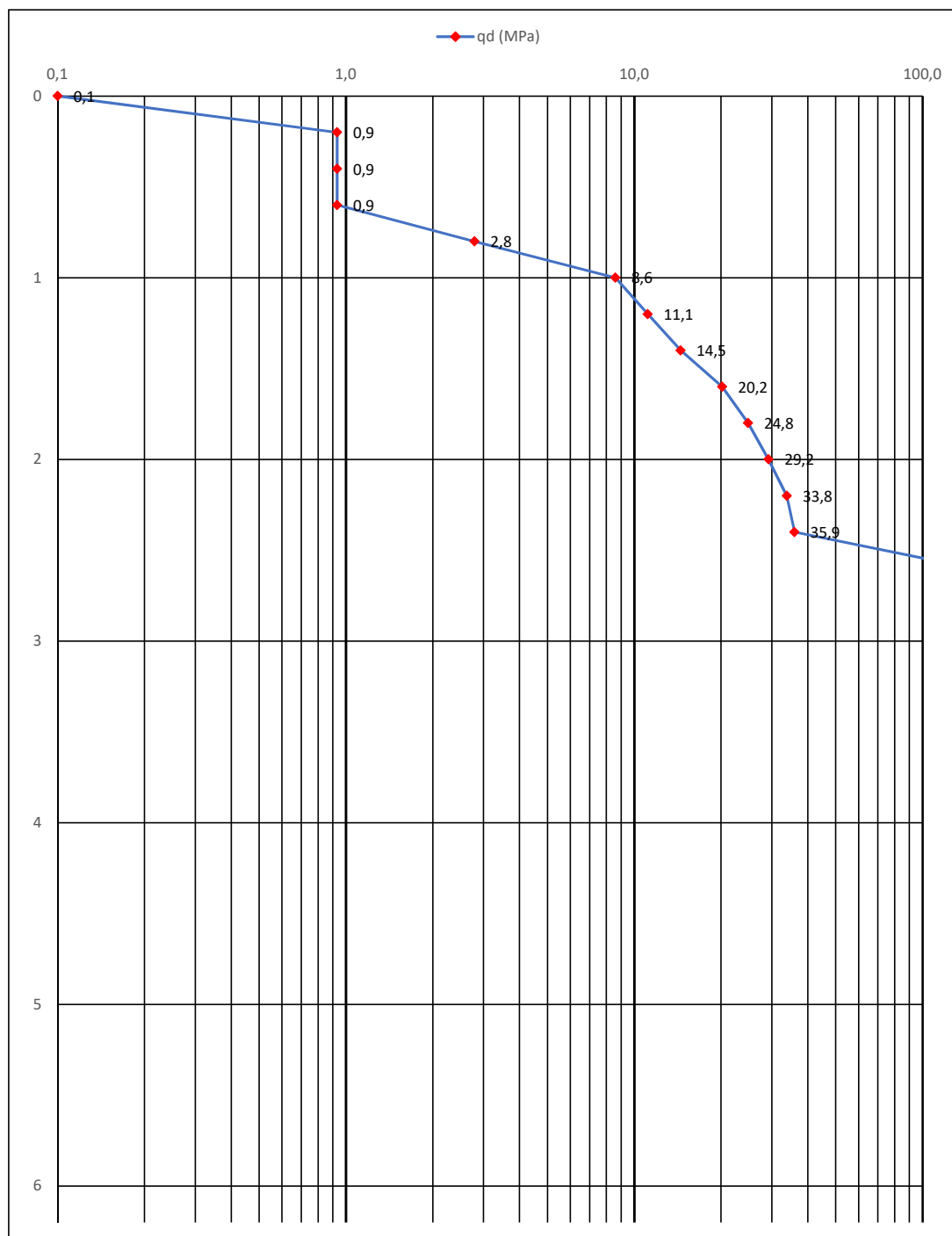
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD10

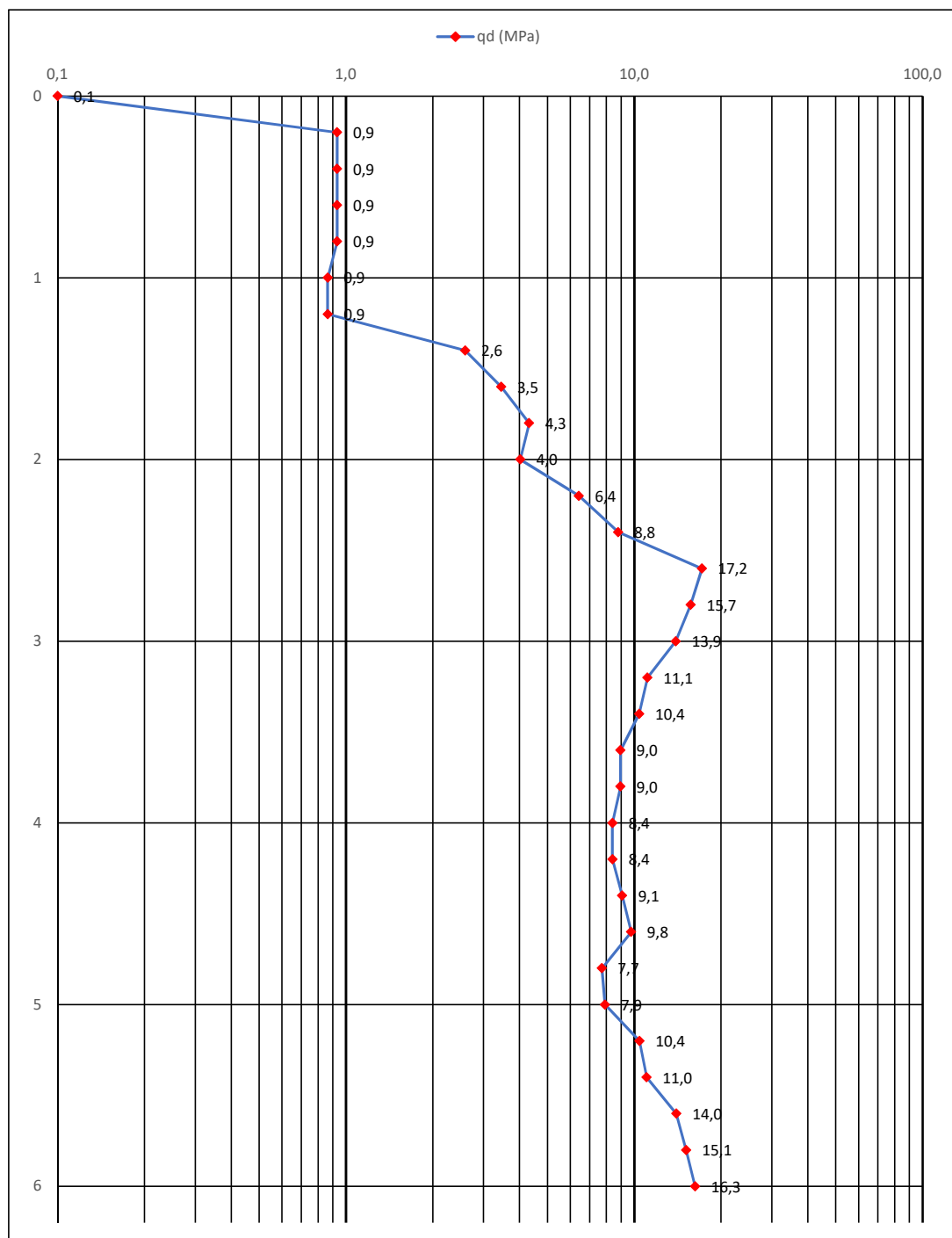
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD11

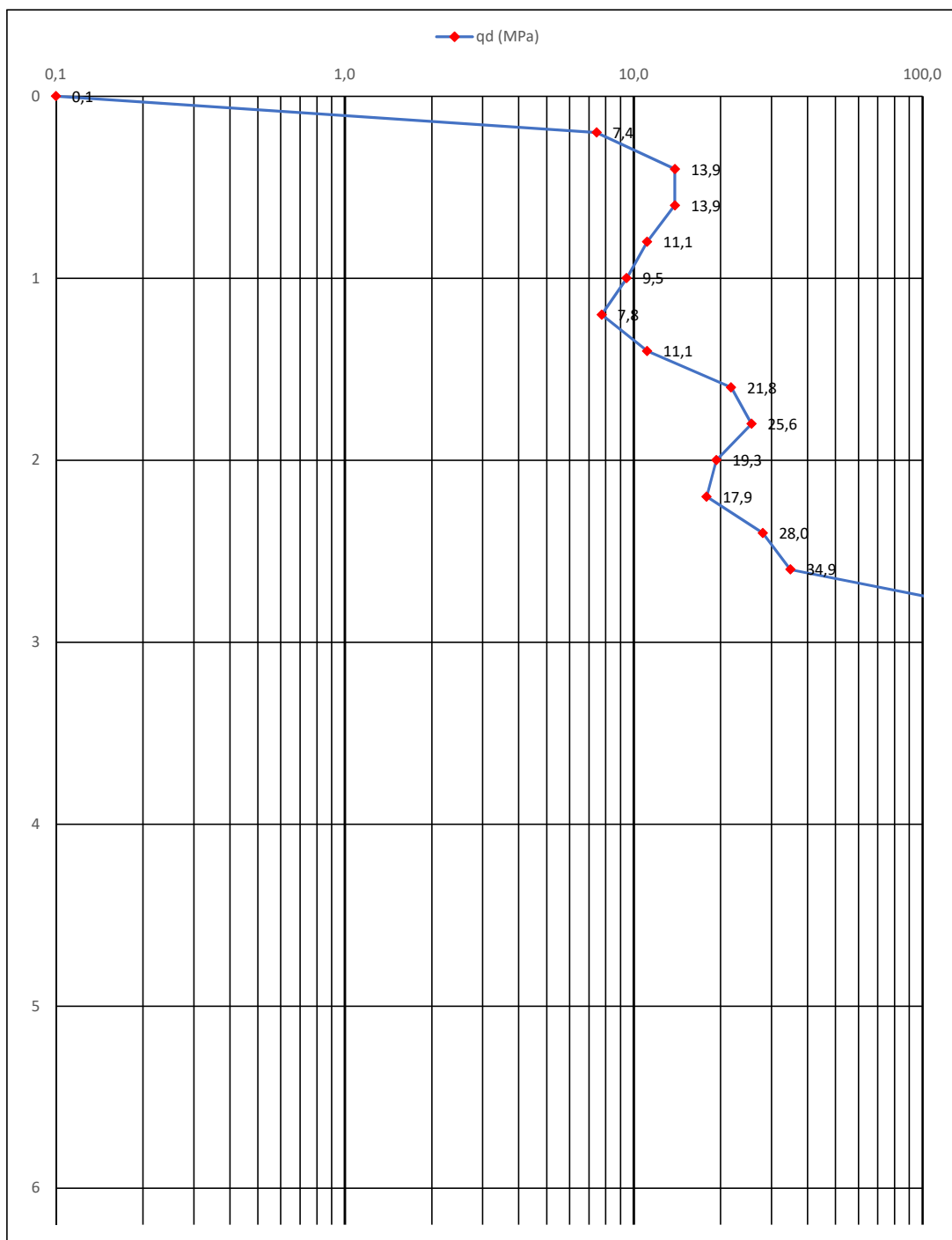
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD12

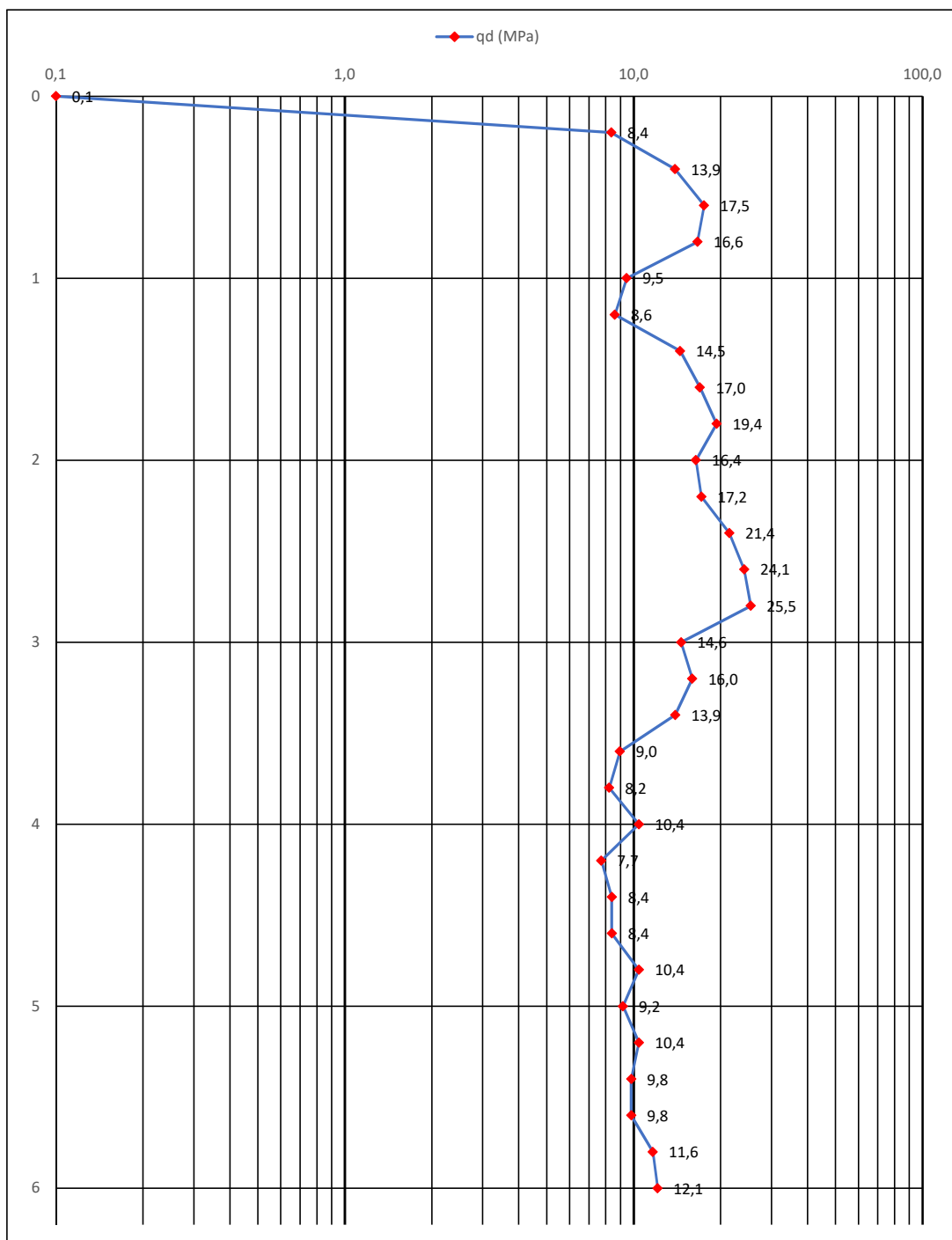
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD13

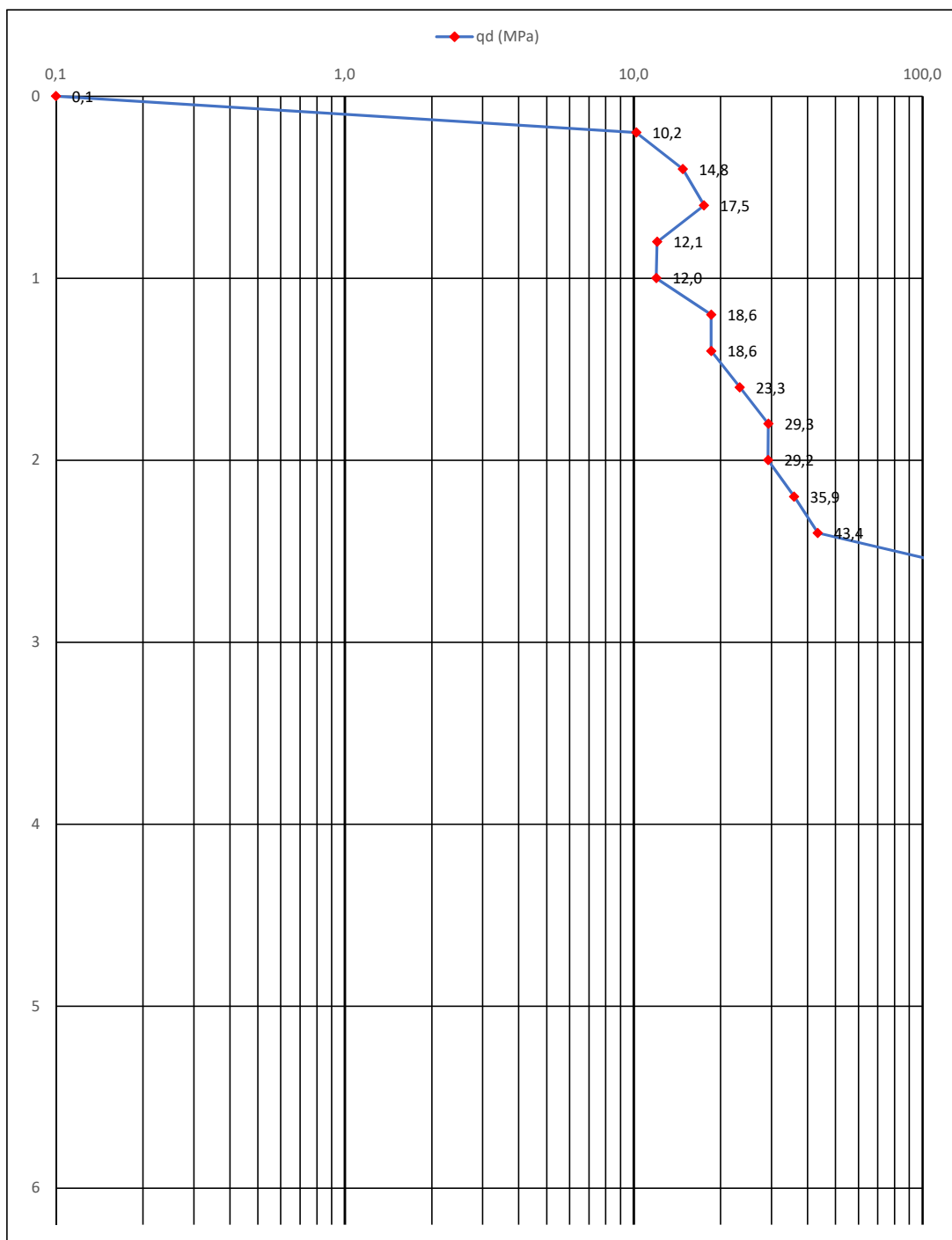
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD14

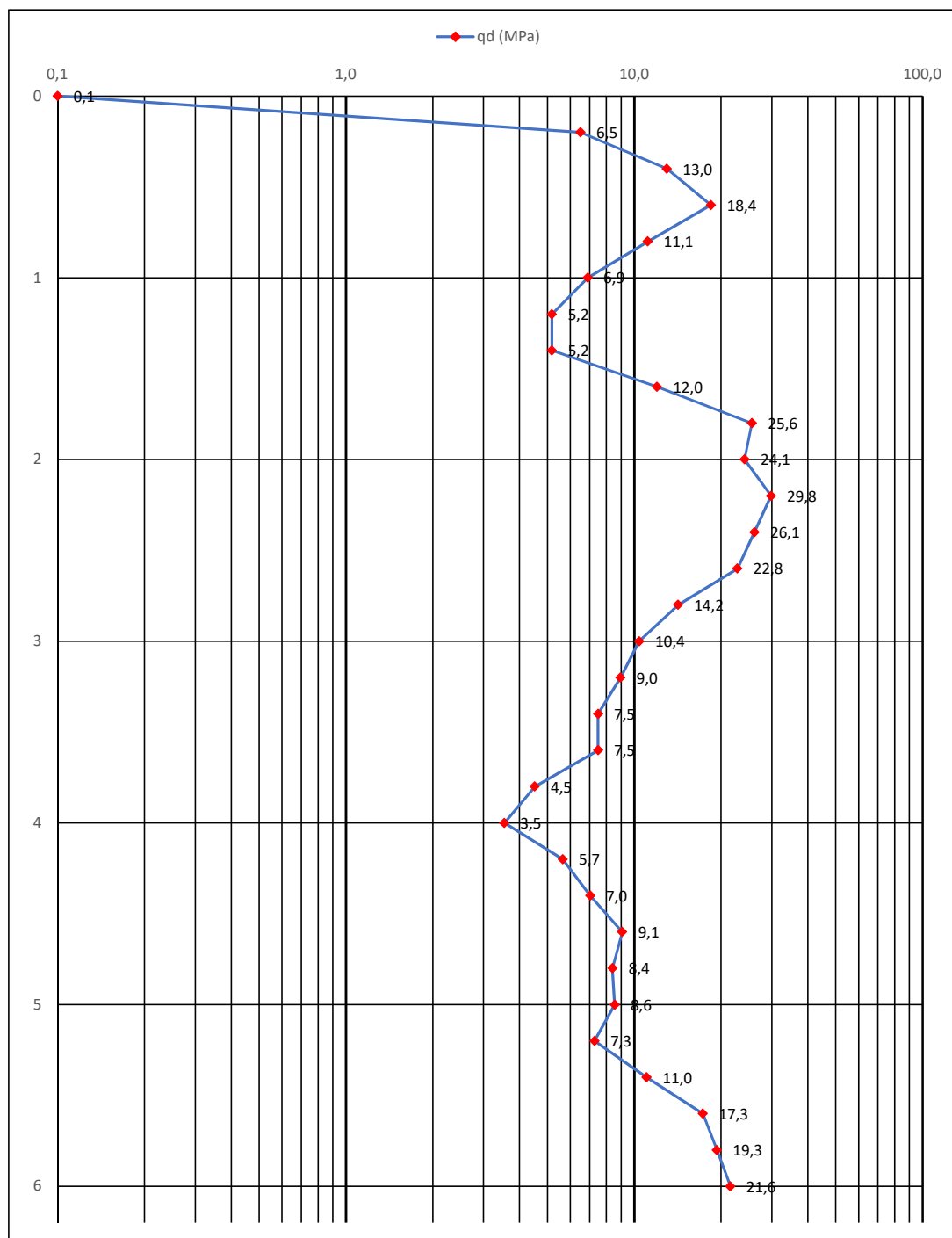
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD15

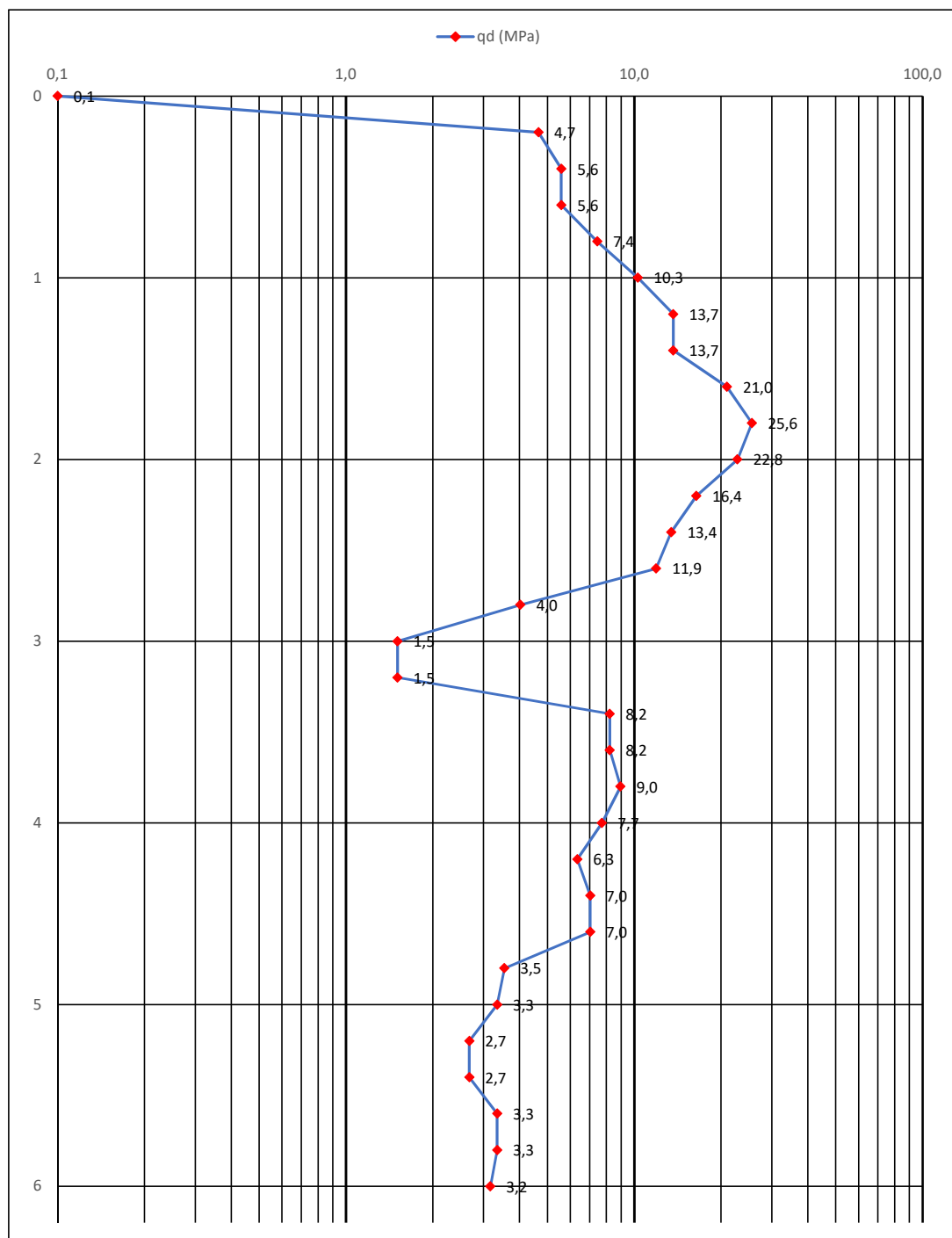
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD16

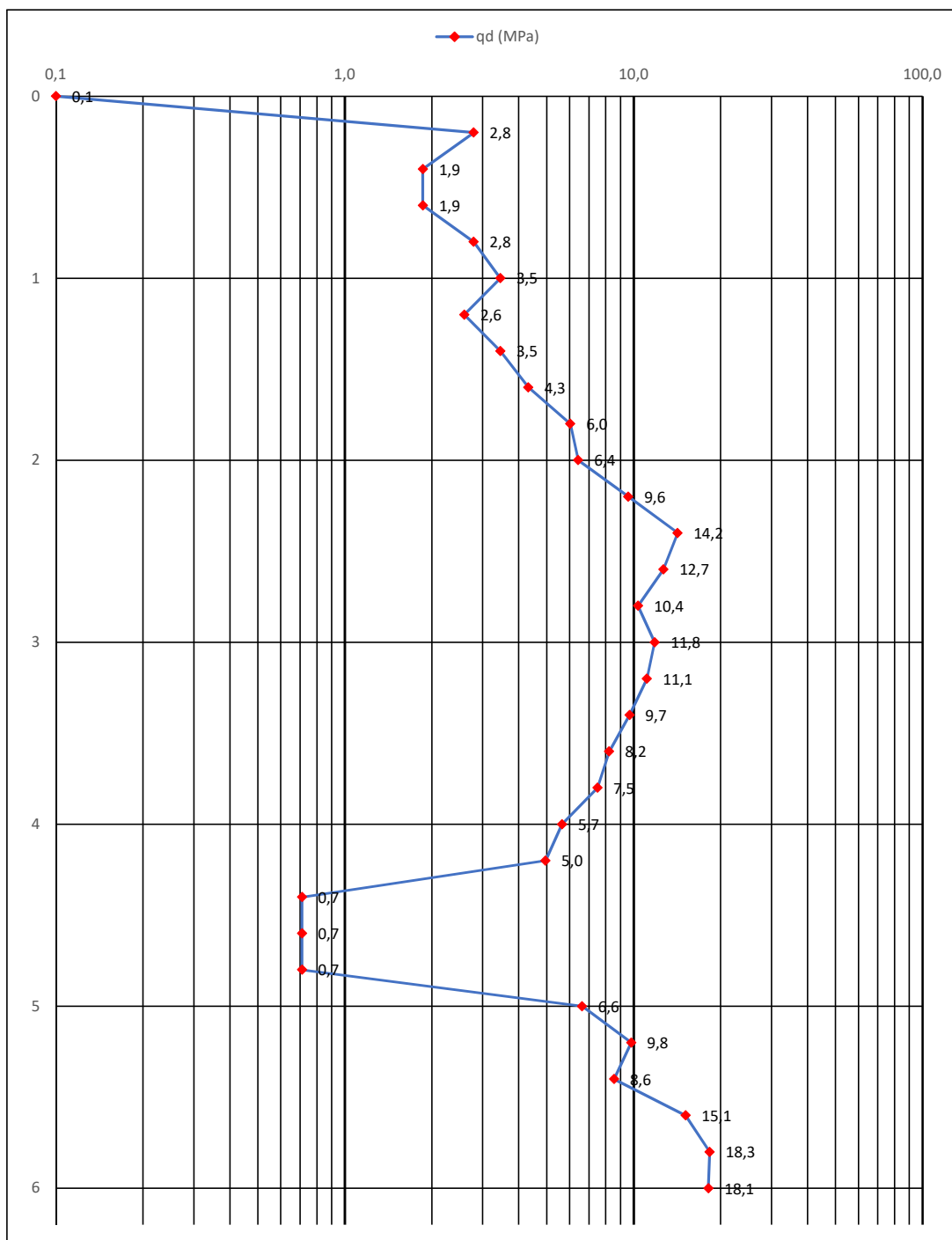
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD17

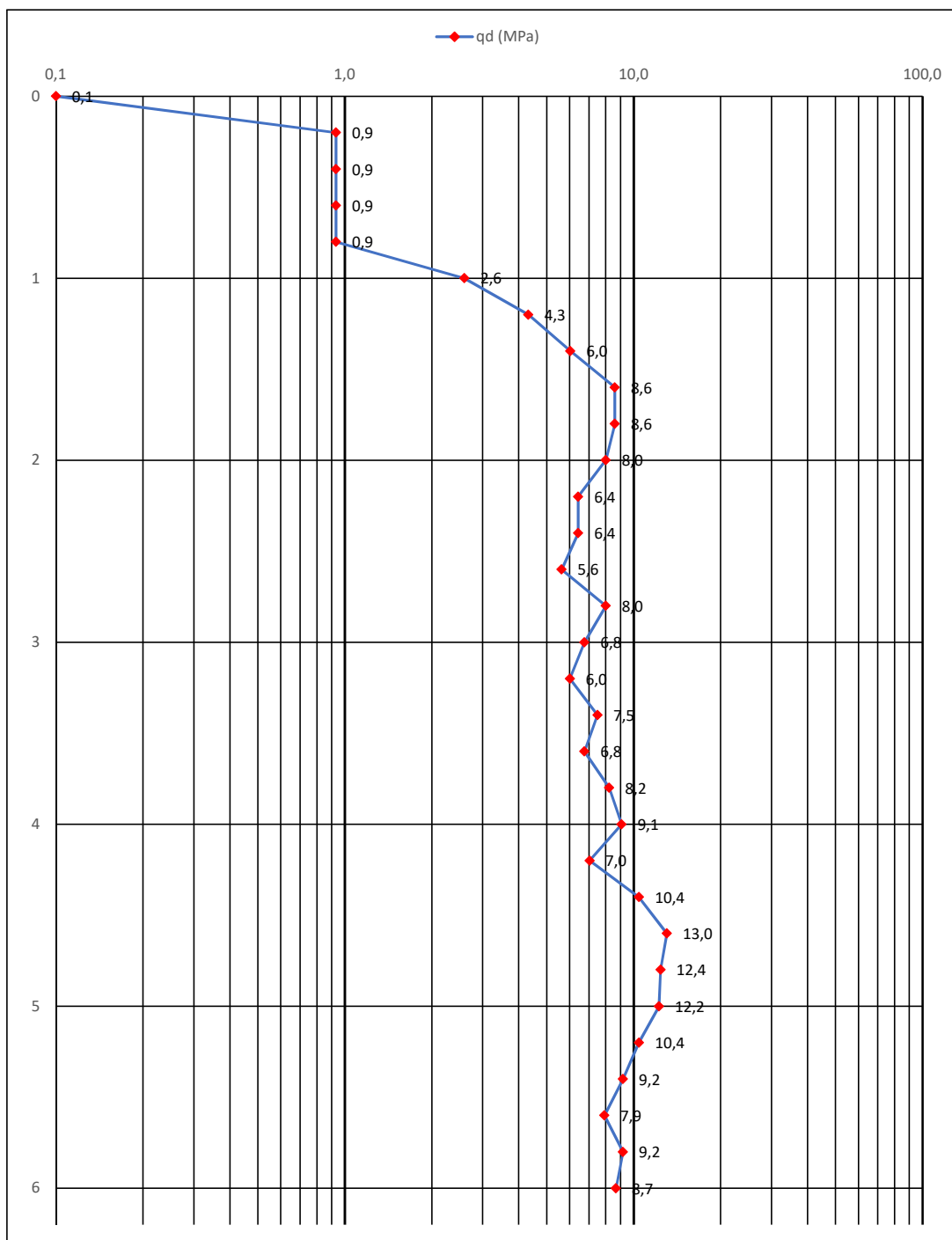
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD18

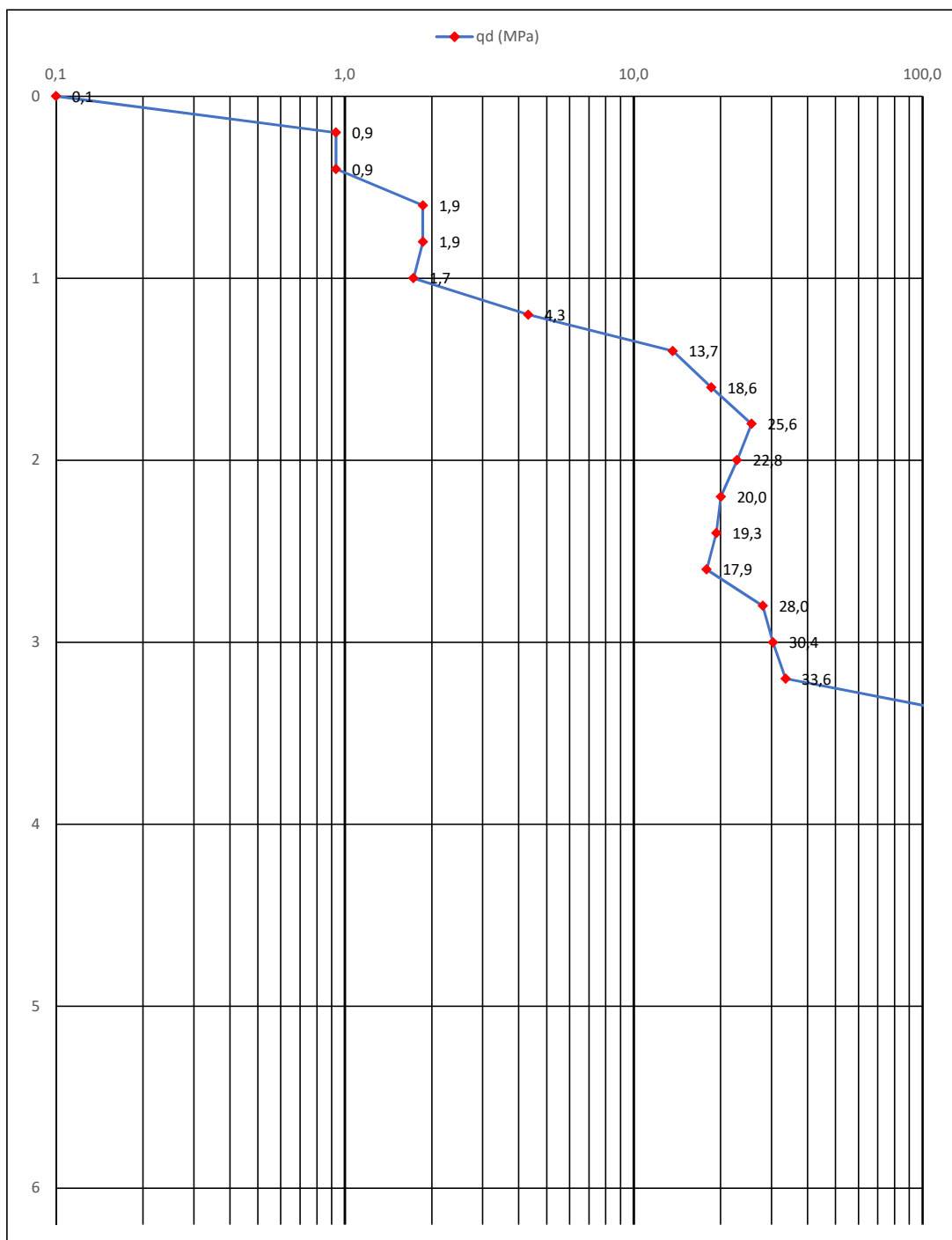
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD19

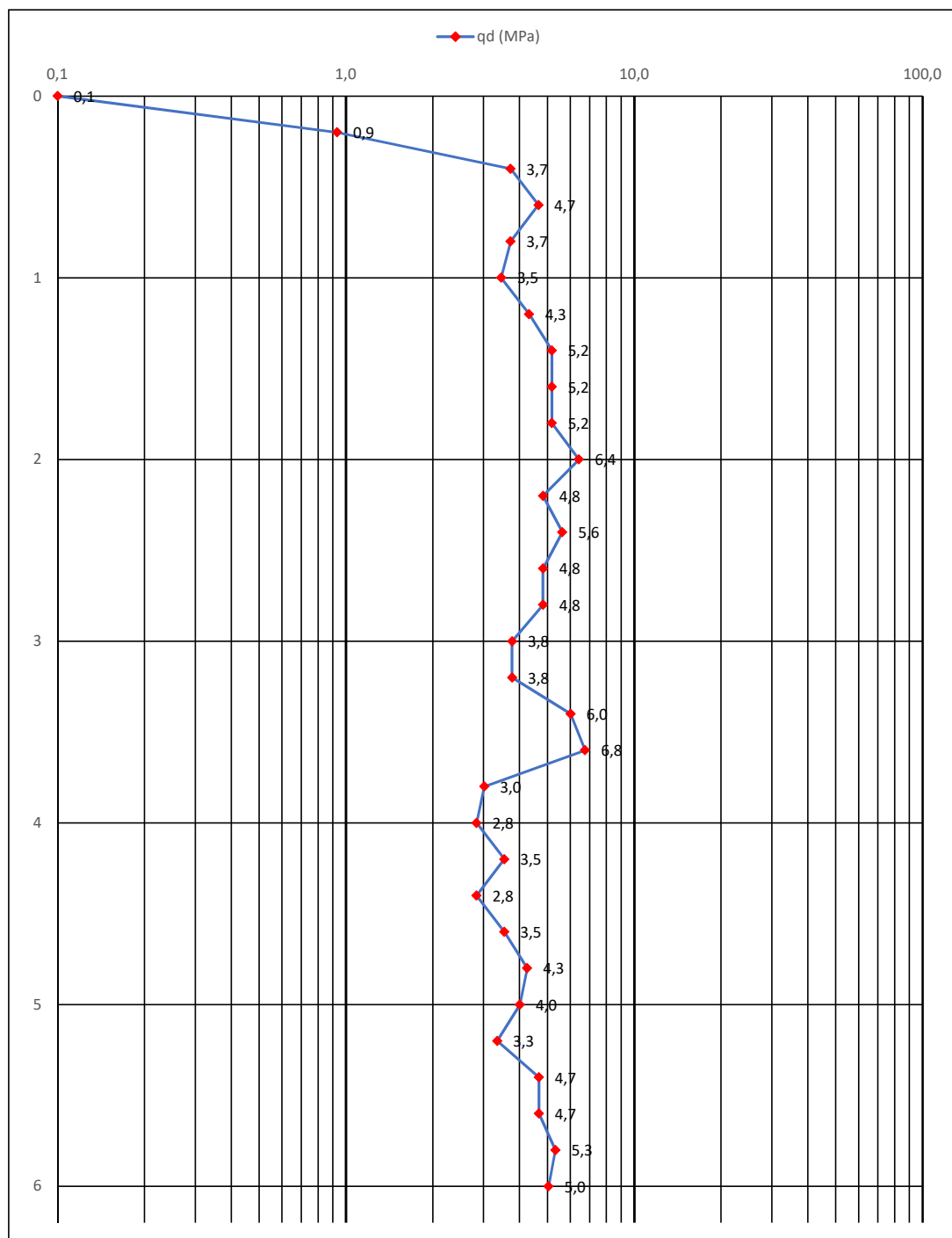
qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



Client **TERRA**
Chantier **SESSENHEIM**
Dossier C.21.22.079
Date 24 février 2021

Sondage PD20

qd = résistance de pointe en MPa
Formule de Redtenbacher



ANNEXE 3

RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE



Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM1

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 2.00m

Réaction à l'acide : -

Nature : Sables et graviers beiges

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

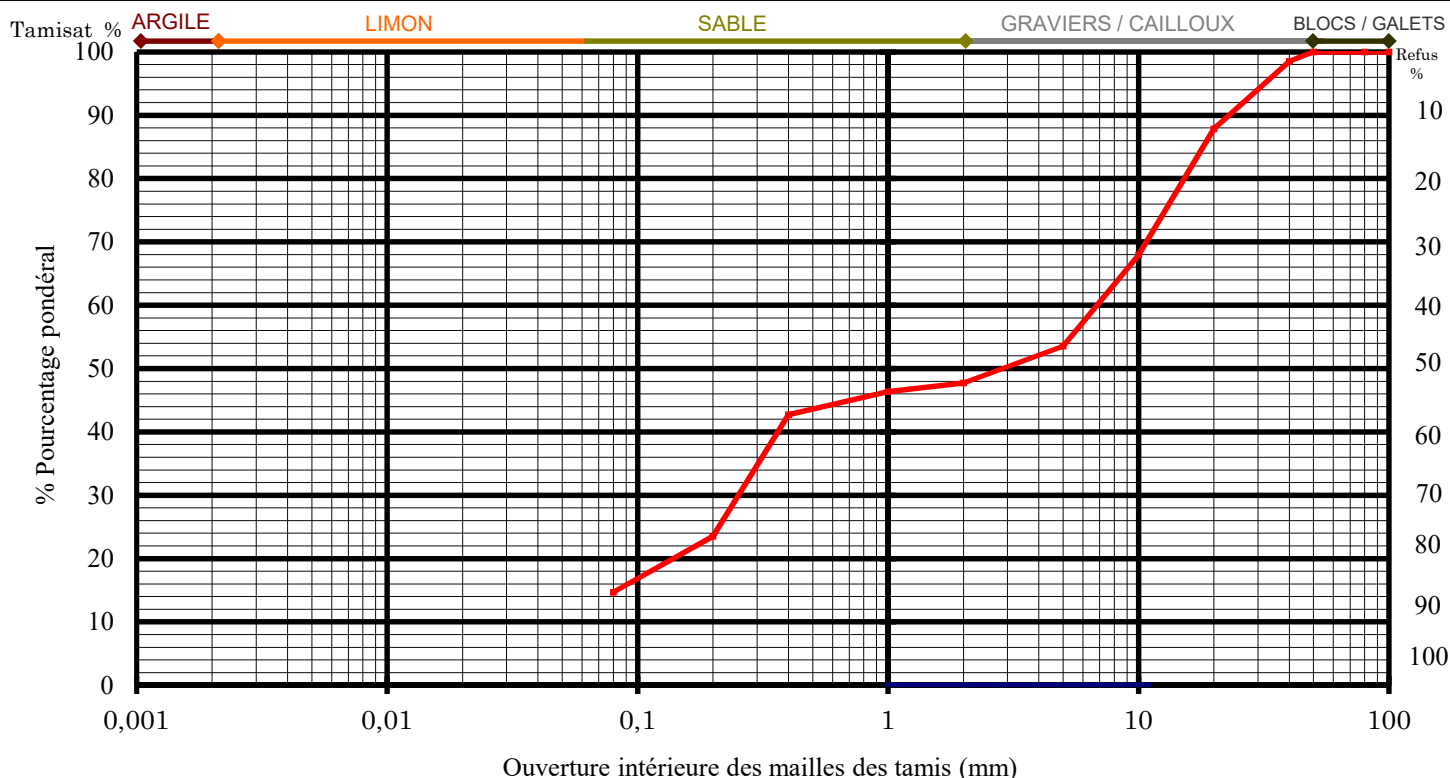
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 3,9W_n (0/D) % | 3,5

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	99	88	68	54	48	46	43	24	14,7

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm)*:	30
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	14,7
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	14,7
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,23
Limite de liquidité (W _L %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

B5

Groupe
HYDROGEOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM3

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 1.20m

Réaction à l'acide : -

Nature : Sables et graviers beiges

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

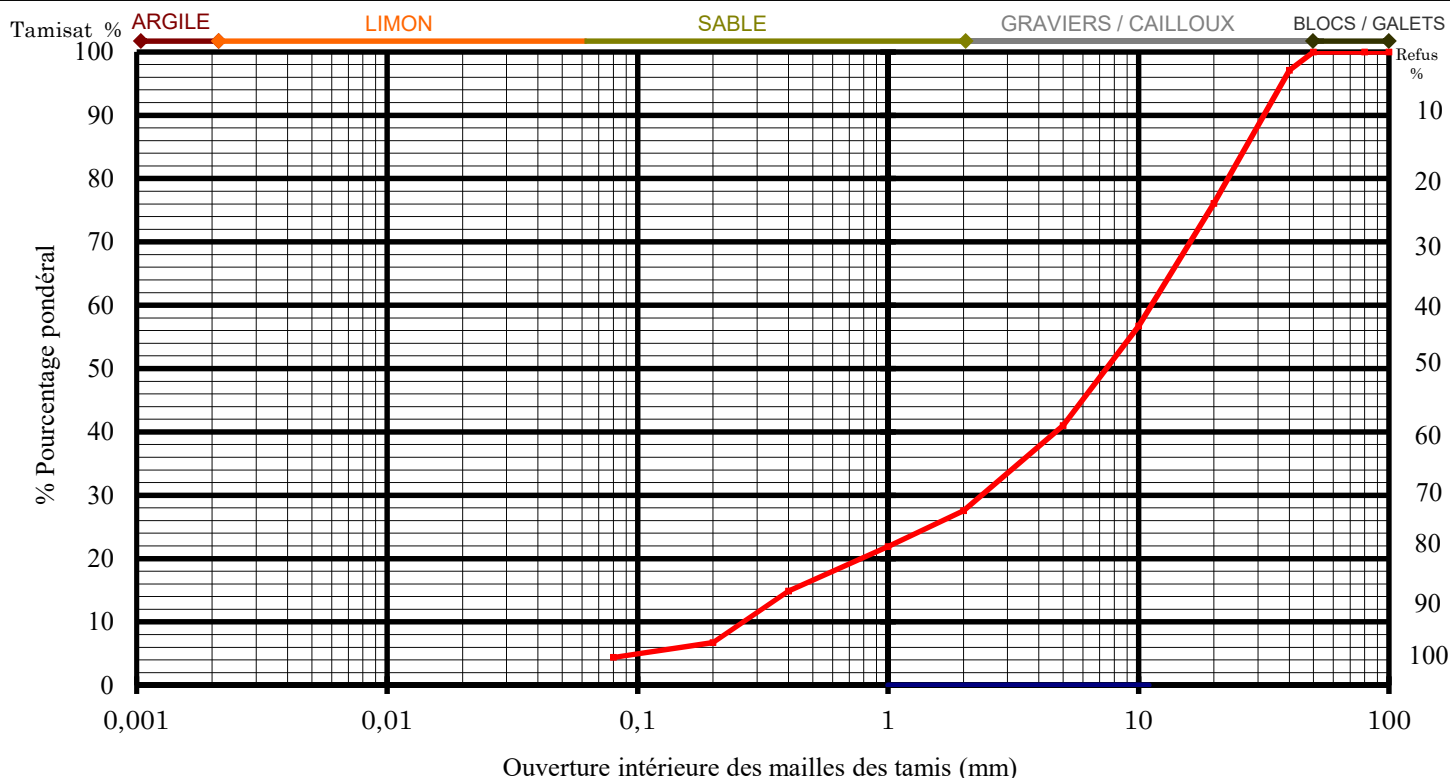
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 3,6W_n (0/D) % | 2,7

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	97	76	57	41	28	22	15	7	4,4

GRANULOMETRIE

D10 (mm): 0,26

D30 (mm): 2,2

D50 (mm): 7,1

D60 (mm): 11

Coefficient courbure (Cc): 1,7

Coefficient uniformité (Cu): 42,3

D max (mm)*: 36

Passant à 0,08 mm: 4,4

Passant 0,08 mm
(fraction 0/50): 4,4

Passant à 2µm: -

* déterminé avec le D₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS): 0,05

Limite de liquidité (W_L %): -Indice de plasticité (I_p): -

Classement GTR (NF P 11-300):

D2

Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM5

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 1.00m

Réaction à l'acide : -

Nature : Sables et graviers beiges

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

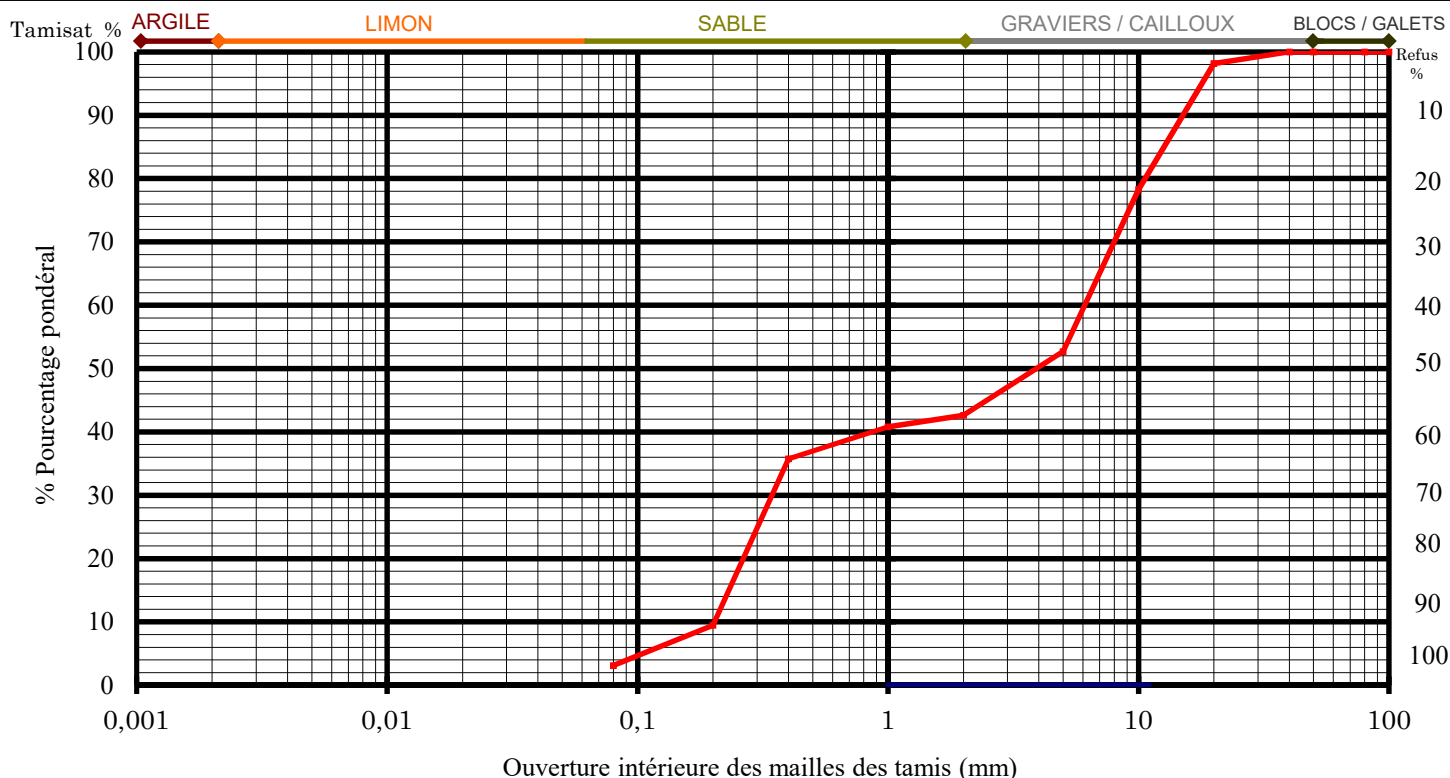
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 4,9W_n (0/D) % | 4,8

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	98	78	53	43	41	36	9	3,1

GRANULOMETRIE

D10 (mm): 0,205

D30 (mm): 0,33

D50 (mm): 1,8

D60 (mm): 6,1

Coefficient courbure (Cc): 0,1

Coefficient uniformité (Cu): 29,8

D max (mm)*: 17

Passant à 0,08 mm: 3,1

Passant 0,08 mm
(fraction 0/50): 3,1

Passant à 2µm: -

* déterminé avec le D₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS): 0,16

Limite de liquidité (W_L %): -Indice de plasticité (I_p): -

Classement GTR (NF P 11-300):

B3

Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM7

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 1.00m

Réaction à l'acide : -

Nature : Limons sableux marron

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

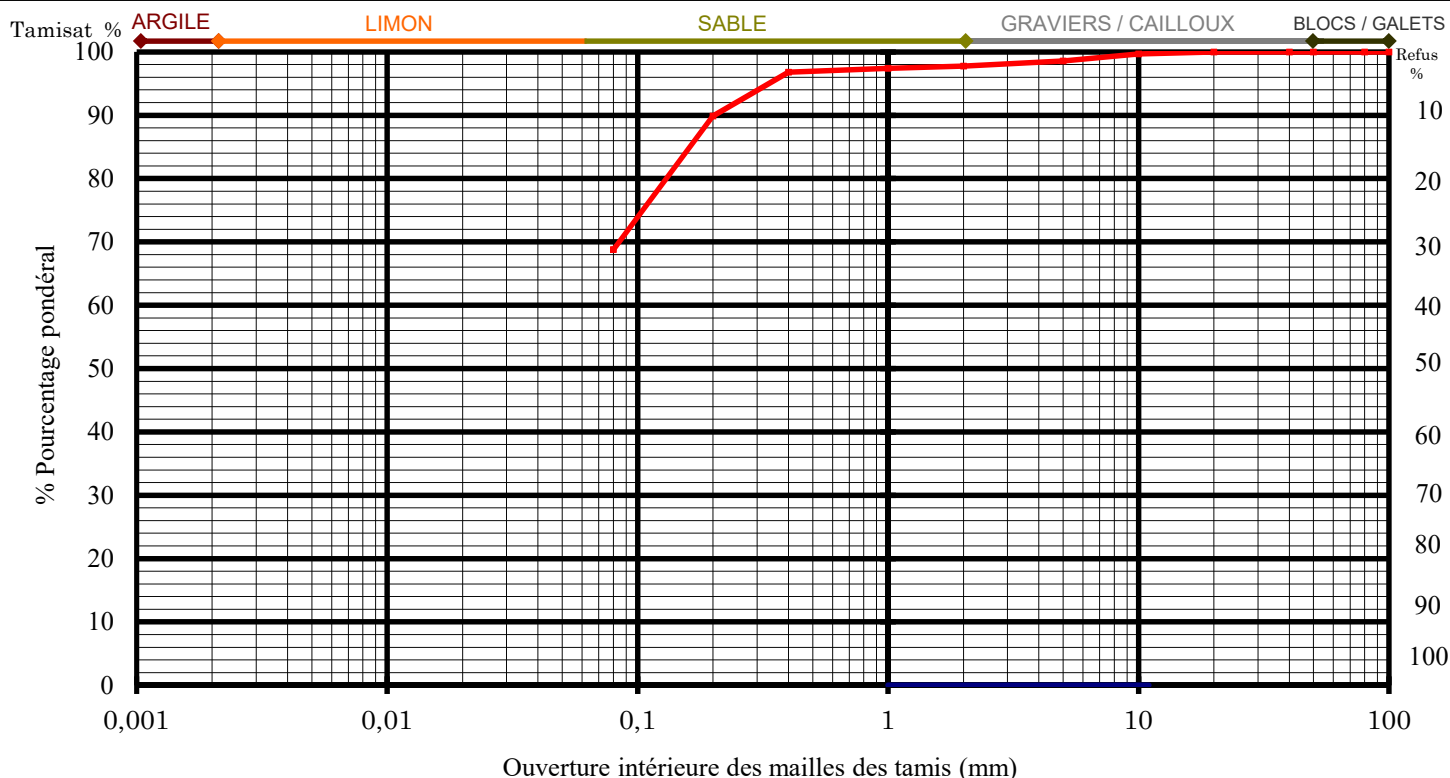
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 21,6W_n (0/D) % | 21,6

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamiséat	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97	97	90	68,8

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	-	D max (mm)*:	-
D30 (mm):	-	Passant à 0,08 mm:	68,8
D50 (mm):	-	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	68,8
D60 (mm):	-	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	-	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	-		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	2,60
Limite de liquidité (W _L %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

A2

Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM9

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 1.50m

Réaction à l'acide : -

Nature : Sables fins blanc-beige

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

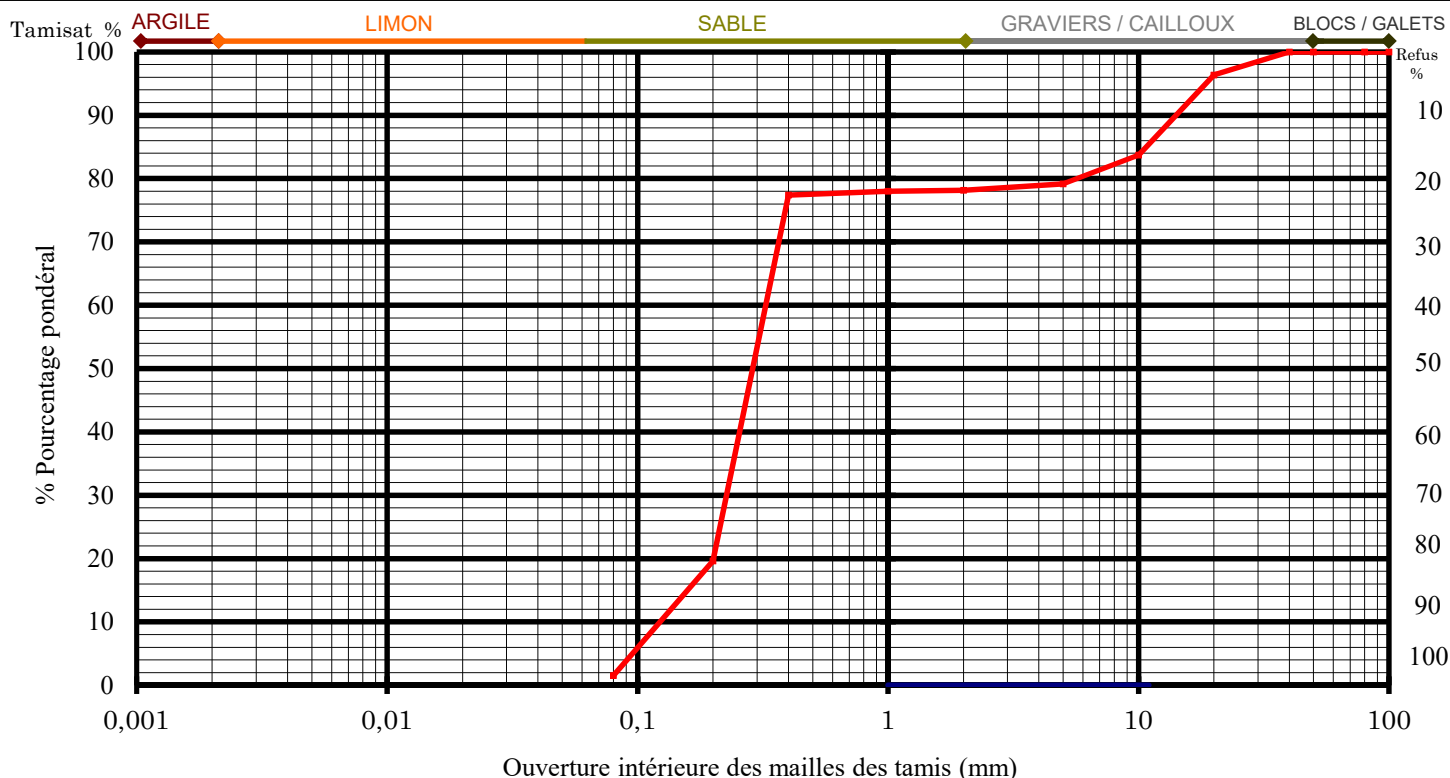
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 5,6W_n (0/D) % | 5,4

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	96	84	79	78	78	77	20	1,5

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,12	D max (mm)*:	18
D30 (mm):	0,22	Passant à 0,08 mm:	1,5
D50 (mm):	0,29	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	1,5
D60 (mm):	0,32	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	1,3	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	2,7		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,07
Limite de liquidité (W _L %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

D1

Groupe
HYDROGÉOTECHNIQUE

RAPPORT D'ESSAIS

(norme NF P 11-300)

Affaire suivie par: Gérôme ANNEQUIN

En date du: 06/04/2021

REFERENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.21.22079

Chantier: Sessenheim

Affaire: Reconnaissances géologiques et géotechniques

Lieu: Sessenheim

REFERENCES DE L'ECHANTILLONNAGE:

Sondage : PM10

Date prélèvement: 18/03/2021

Profondeur (m): 1.50m

Réaction à l'acide : -

Nature : Sables et graviers beiges

T° étuvage (°C) : 105

IDENTIFICATION - Laboratoire: Fontaines

Norme

Essai réalisé par :

Teneur en eau par étuvage

NF P 94-050

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique des sols

NF P 94-056

Opérateur Aurore ANDRE

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF P 94-068

Opérateur Aurore ANDRE

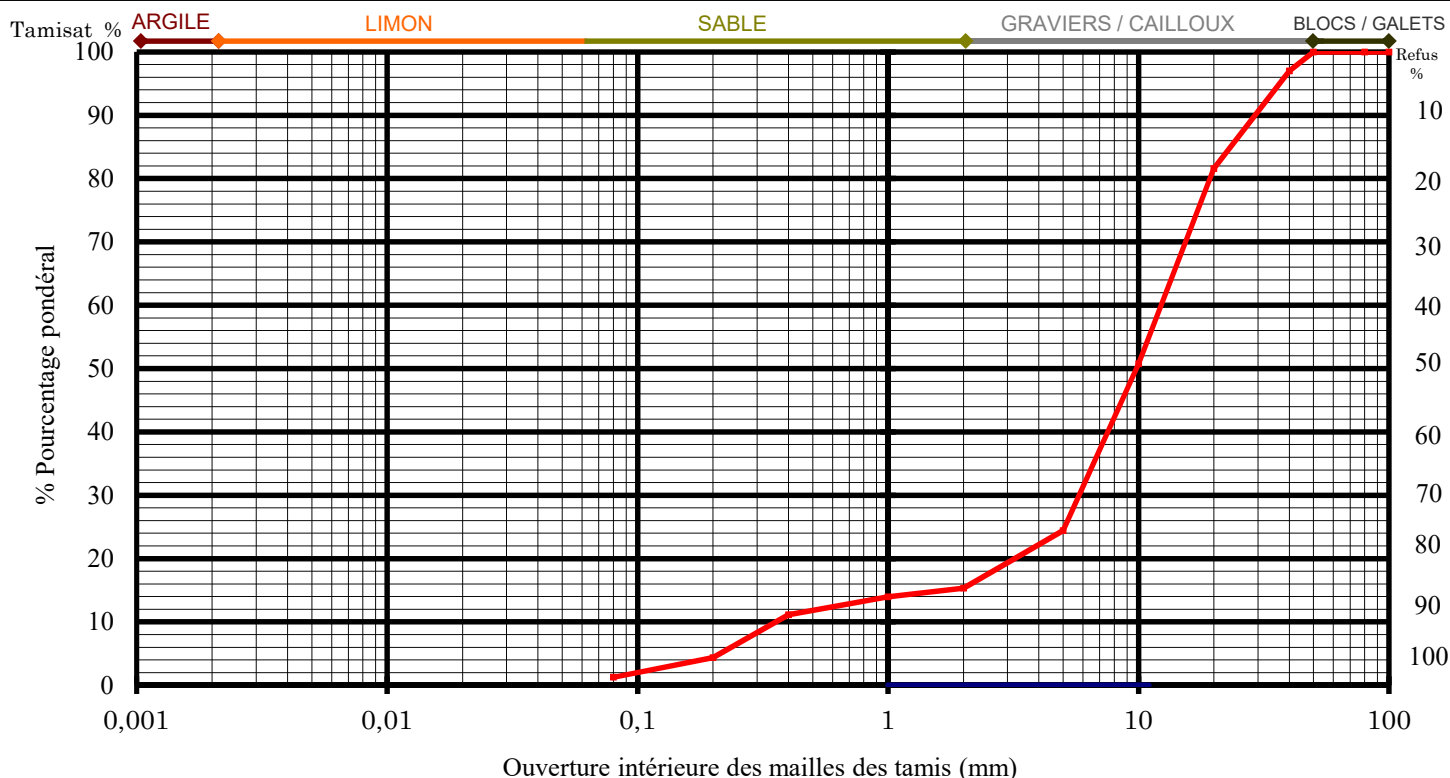
Limites d'Atterberg

NF P 94-051

-

OBSERVATIONS:

RESULTATS:

TENEUR EN EAU NATURELLE | W_n (0/20) % | 3,6W_n (0/D) % | 2,9

Maille tamis (mm)	200	150	100	80	50	40	20	10	5	2	1	0,4	0,2	0,08
% Tamisat	100	100	100	100	100	97	82	51	24	15	14	11	4	1,3

GRANULOMETRIE

D10 (mm):	0,35	D max (mm)*:	35
D30 (mm):	5,9	Passant à 0,08 mm:	1,3
D50 (mm):	9,8	Passant 0,08 mm (fraction 0/50):	1,3
D60 (mm):	12	Passant à 2µm:	-
Coefficient courbure (Cc):	8,3	* déterminé avec le D ₉₅ (NF P 11-300) de l'échantillon	
Coefficient uniformité (Cu):	34,3		

ARGILOSITE

Valeur au bleu (VBS)	0,05
Limite de liquidité (W _l %)	-
Indice de plasticité (I _p)	-

Classement GTR (NF P 11-300):

D2

ANNEXE 4

MISSIONS GÉOTECHNIQUES



CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

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

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-Projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT



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

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**→ ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)**

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

→ SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution :

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

Phase Supervision du suivi d'exécution :

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(extrait de la norme NFP 94-500 - Novembre 2013)

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