

**CEA**

GRENOBLE (38 - ISERE)

PARTOUT EN FRANCE**SAVOIES**

73000 CHAMBERY

egsol-savoies@egsol.fr

LYON

69800 ST PRIEST

egsol-lyon@egsol.fr

CENTRE

42330 ST GALMIER

egsol-centre@hotmail.fr

AUVERGNE

63000 CLERMONT-FD

egsol-auvergne@egsol.fr

EST

01250 HAUTECOURT-

ROMANECHÉ

egsol-est@egsol.fr

SUD

13420 GEMENOS

egsol-sud@wanadoo.fr

BEZIERS

34500 BÉZIERS

egsol-sud.beziers@orange.fr

OUEST

86550 MIGNALOUX-

BEAUVOIR

egsol-ouest@egsol.fr

SUD-OUEST

33138 LANTON

egsol-sudouest@egsol.fr

ILE DE FRANCE

78370 PLAISIR

egsol-paris@egsol.fr

BERRY

36130 DEOLS

egsol-berry@egsol.fr

NORMANDIE

14370 ARGENCES

egsol.normandie@egsol.fr

Projet ELHQS**Etude géotechnique de conception – Phase Avant Projet****Fait à Gières – Le 28/02/2023****Réf : 38/23/27203 G+E**

Indice	Rédigé par	Vérifié par	Contrôlé par	Etat	Modifications
0	CB	STD	STD	G2 AVP	-

Ingénieur responsable	Ligne directe	portable	Courriel
Christophe BLANC	04 76 41 43 10	06 79 11 82 27	Christophe.blanc@egsol.fr

SOMMAIRE

1- INTRODUCTION	3
2- RENSEIGNEMENTS GENERAUX	3
2-1- Situation et morphologie.....	3
2-2- Contexte géologique et risques naturels	4
2-3- Contexte hydrogéologique global	4
2-4- Documents en notre possession	5
2-5- Description sommaire du projet	5
3- CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DES SOLS ET RESULTATS	7
3-1- Campagne de reconnaissances	7
3-2- Remarques préalables - nivellement	7
3-3- Modele geologique et géotechnique – première approche	8
3-4- Données hydrogéologiques	10
3-5- Test d'infiltration a niveau variable.....	11
4- APPLICATION AU PROJET.....	12
4-1- Aléa sismique et susceptibilité à la liquéfaction.....	12
4-2- Fondations.....	12
4-3- Traitement des niveaux bas	14
4-4- Risques de deformation des terrains.....	15
4-5- Protection vis-à-vis de l'eau.....	15
4-6- Terrassement - Talutage - Soutènement.....	16
4-7- Assainissement autonome des eaux pluviales	17
5- REMARQUES ET SUGGESTIONS PARTICULIERES – ALEAS ET INCERTITUDES	21
ANNEXES	

1- INTRODUCTION

Principales données de la mission :

Maître d'ouvrage / Client	CEA
Date de la commande	16/12/2022
Projet	Projet ELHQS
Commune / Département	Grenoble (38 - Isère)
Mission géotechnique *	Etude géotechnique de conception– Phase Avant Projet G2 AVP

** Selon la « Classification des Missions Géotechniques Types » définie dans la norme NFP 94.500 de Novembre 2013 dont est joint un extrait en annexe.*

Cette étude a pour objectifs :

- de préciser les contextes géologique et géotechnique du site,
- de caractériser les conditions hydrogéologiques locales superficielles,
- de préconiser les fondations les mieux adaptées aux contextes et aux structures,
- de se prononcer sur l'aptitude des terrains superficiels à l'assainissement des eaux pluviales et de proposer le cas échéant des dispositifs d'infiltration des eaux pluviales compatibles avec la nature du terrain en place,
- de donner des recommandations pour la réalisation des fondations, des niveaux bas, des terrassements, et pour la protection vis-à-vis de l'eau.

En revanche, les aspects suivants ne font pas partie de notre mission :

- impact sur les réseaux éventuels présents sur le site ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de nos sondages.

2- RENSEIGNEMENTS GENERAUX

2-1- SITUATION ET MORPHOLOGIE

Localisation (cf. plan d'implantation en annexe) : Le terrain d'étude se situe dans l'enceinte du CEA, à proximité des parcelles cadastrées n°254 et 266 section AI à Grenoble (38 - Isère)

Paysage / Altitude : Le site se situe sur la presqu'île de Grenoble, entre le Drac et l'Isère, à environ 212 m NGF d'altitude.

Morphologie / végétation / Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G) / réseaux : Le jour de notre intervention le terrain était enherbé et relativement plat et horizontal. Le projet se trouve à proximité d'une voirie et de bâtiments existants. A noter la présence de nombreux à proximité du site. Le site est une ancienne zone militaire et fait donc l'objet d'une sécurisation pyrotechnique pour tous travaux d'investigations dans le sol (sondages, terrassement...).



Photo n°1 : Vue générale du site. A droite de l'image, poste électrique 1010 objet d'une étude antérieure d'EG SOL en 2016

2-2- CONTEXTE GEOLOGIQUE ET RISQUES NATURELS

D'après la carte géologique de **Grenoble** au 1/50000^e (BRGM, carte n°772), le site se trouve au droit de formations fluviales (F_z).

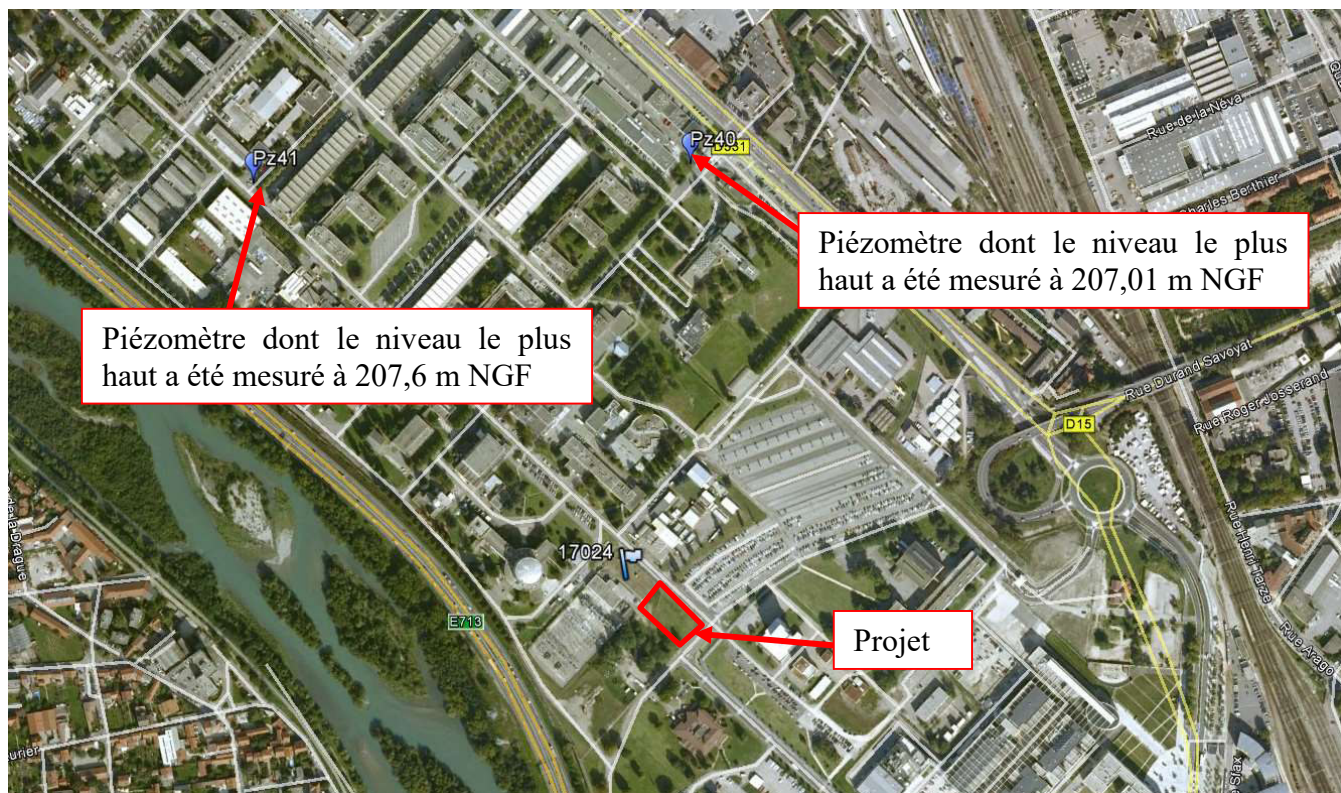
Notre étude voisine (dossier 17014) pour le poste électrique, a mis en évidence les sols suivants :

- Remblais graveleux sur environ 1 m ;
- Galets et graviers compacts au-delà ;
- Absence d'eau à une cote de 209,8 NGF (base des sondages à la pelle).

2-3- CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GLOBAL

Selon la carte des plus hautes cotes piézométriques prévisionnelles de la nappe phréatique durant la période 1970-2003 établie par ANTEA, le niveau des plus hautes eaux prévisionnelles est d'environ 210,25 m NGF.

De plus, d'après les relevés piézométriques de piézomètre posé à proximité du site, le niveau le plus haut mesuré se situe à environ 207,6 m NGF mais se trouve en aval hydraulique de la nappe.



2-4- DOCUMENTS EN NOTRE POSSESSION

Documents en notre possession au 28/02/2023 :

Nature et Source	Echelle	Référence	Date d'édition	Format
Cahier des charges	-	-	22/11/2022	PDF

2-5- DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

Nature du projet / surface / mitoyenneté :

- La mise en œuvre phasée de 4 ensemble groupes électrogènes installés dans des double shelters superposés
- La mise en œuvre d'un bâtiment technique en béton armé composé d'un sous-sol et d'un RDC
- La mise en œuvre de 2 cuves fuel enterrées de 20 m3 chacune
- La mise en œuvre d'une rétention d'eau incendie dans des cuves enterrées de 200 m3 de type Tubosider
- La mise en œuvre de rideaux d'eau sur portiques métal entre les shelters pour la protection incendie entre shelters
- La mise en oeuvre d'une voirie PL et d'une aire de dépotage en béton pour les camions fuel

Nature du projet selon cahier des charges du CEA

Calage du projet / terrassements prévus : D'après les informations fournies, le niveau $\pm 0,00$ se situe à environ +1,0 m par rapport au terrain actuel, soit donc à cote de **211,2 m NGF** environ.

Ainsi les hauteurs de terrassements seront faibles de l'ordre de 1,5 m en déblais pour le bâtiment (enterrée d'environ 0,9 m / TA).

Descentes de charges : Les descentes de charges maximales et la surcharge dallage qui nous ont été communiquées dans le cahier des charges sont les suivantes :

- Shelters :
 - 500 kN ;
 - Dallage en béton au-dessous des ouvrages.
- Bâtiment LT ELHQS de 265 m² :
 - 150 kN/ml ;
 - 300 kN en ponctuel
 - Dallage en béton de la zone VS à 150 kg / m²
- Rétention incendie :
 - Focus sur la rétention incendie et sur les cuves fuel:
 - ▶ Tubosider diam 2900
 - ▶ Cuves fuel 20 m³ sur chassis speed : 2,7m diametre x 4,7m, poids = 3,5T à vide
 - ▶ À lester pour résister à la sous pression (cuves tubosider normalement vides)
- Voirie poids lourds : 20 kN/m²

Ouvrages annexes : Le projet prévoit également la gestion des eaux pluviales sur la parcelle.

Si le projet venait à être modifié par rapport à ces données, nos conclusions deviendraient caduques.

3- CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DES SOLS ET RESULTATS

3-1- CAMPAGNE DE RECONNAISSANCES

Nous avons réalisé, entre les 12 et 16 janvier 2023, la campagne de reconnaissance des sols suivante :

- 8 sondages à la pelle mécanique, notés PM1 à PM8 ;
- 9 essais au pénétromètre dynamique lourd DPSH-B notés Pnd 1 à Pnd 9. Hormis Pnd 8, ils ont été réalisés en doublement des puits à la pelle ;
- 2 sondages destructifs avec essais pressiométriques, notés SP1 et SP2 ;
- 2 tests d'infiltration à niveau variable notés Ep1 et EP2 ;
- Essais en laboratoire.

L'implantation des sondages a été réalisée au mieux en fonction des conditions d'accès au terrain, des ouvrages et réseaux existants et de la précision des plans fournis pour notre intervention. L'implantation des sondages, le principe ainsi que les résultats sont présentés en annexe.

3-2- REMARQUES PREALABLES - NIVELLEMENT

Les descriptions de faciès que nous donnons sont basées sur la réalisation des sondages à la pelle mécanique (profondeur d'investigation jusqu'à environ 2,7 à 3,1 m/TN actuel).

Au droit des sondages destructifs avec essais pressiométriques, les faciès ne sont qu'une interprétation basée sur l'interprétation des essais pressiométriques et la remontée des cuttings de forages plus ou moins efficace.

Au droit des essais pénétrométriques, les faciès ne sont donc qu'une interprétation basée sur les résultats de ces essais qui sont des essais « en aveugle » ne permettant pas de connaître précisément la nature géologique des terrains traversés, ou ceux ayant provoqués le refus.

De cette interprétation résulte également le fait que les cotes ou profondeurs indiquées ne sont que des estimations et non des références absolues.

Ces descriptions ne résultent donc pas d'une description visuelle du matériau in-situ telle que celles pouvant être effectuées au droit de puits au tractopelle ou à l'aide de sondages carottés (échantillons intacts), seuls investigations pouvant caractériser avec précision la nature géologique des sols rencontrés en profondeur.

La tenue des parois indiquée dans les sondages à la pelle n'est valable que pour la réalisation d'un puits ponctuel de très courte durée.

Toutes les cotes précisées dans ce rapport découlent d'un nivellement effectué par nos soins à partir des données topographiques fournies mais ne résultent en aucun cas d'un relevé topographique pouvant être effectué par un géomètre. Le point de référence choisi (Grille EP, cf. *schéma d'implantation des reconnaissances en annexe*), se trouve à la cote **212,22** m selon le plan topographique fourni réalisé par un géomètre expert (nivellement en NGF IGN 69).

IMPORTANT : Notons que les reconnaissances effectuées sont ponctuelles et que des variations latérales de faciès sont toujours possibles.

3-3- MODELE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE – PREMIERE APPROCHE

Description	Tenue des parois	Résistances mécaniques	Compacité
Formation 1 : Remblais graveleux à débris de béton et quelques débris divers	Médiocre	<ul style="list-style-type: none"> Rda \approx 1,0 à 5,0 MPa {2,0 – 3,0 MPa} PI* / Em : non testé 	Médiocre
Formation 2 : Graves sableuses	Médiocre	<ul style="list-style-type: none"> Rda > 10 MPa puis refus rapide PI* > 3,0 MPa {3,0 MPa} Em > 23 MPa {23,0 MPa jusqu'à 6,0 m, 50 MPa au-delà} 	Elevée à très élevée

{Valeur caractéristique}


Seul l'essai Pnd 1 est descendu en profondeur, et montre une baisse très locale de la compacité entre 5,0 et 5,5 m, probablement dans une lentille plus sableuse, où la compacité avec ce type d'essai est défavorable.

Modèle géotechnique : Le tableau ci-dessous récapitule au droit de nos sondages les profondeurs et cotes estimées/interprétées des différentes formations géotechniques mises en évidence :

Sondage	Cote de la tête du sondage en NGF	Toit de la formation 2	
		Profondeur (m/TA)	Cote en NGF
PM 1	212,2	0,7	211,5
PM 2	212,1	0,7	211,4
PM 3	212,1	0,8	211,3
PM 4	212,1	0,9	211,2
PM 5	212,1	1,2	210,9
PM 6	212,2	0,6	211,6
PM 7	212,2	0,4	211,8
PM 8	212,2	> 2,3	< 209,9
Pnd 1	212,2	0,7	211,5
Pnd 2	212,2	0,7	211,5
Pnd 3	212,2	0,8	211,4
Pnd 4	212,2	1,0	211,2
Pnd 5	212,2	1,0	211,2
Pnd 6	212,2	0,6	211,6
Pnd 7	212,2	0,6	211,6
Pnd 8	212,0	0,6	211,4
Pnd 9	212,2	> 2,6	< 209,6
SP 1	212,2	0,7	211,5
SP 2	212,2	0,9	211,3

En PM8 / Pnd 9 une sur épaisseur des remblais a été mise en évidence lors de la détection pyrotechnique. Nous n'avons donc pas rencontré à cet endroit la cote de la formation 2 des graves sableuses compactes, en place. L'épaisseur des remblais en SP1 et SP2 calé sur les sondages voisins, car non distinguable en cuttings de forage.

La formation 2 a fait l'objet d'essais en laboratoire de classification selon le GTR 92. Le tableau suivant résume les résultats des PV en annexe :

Chantier :	GRENOBLE		Date prélèvement :	12/01/2023	
N° d'affaire :	38/22/27203G+E		Date des essais :	01/02/2023	
Ref. client:					
Sondage	Profondeur (m)	Nature	Résultats	Classification GTR	
PM2	1	Graves sableuses	$D_{max} \text{ (mm)} = 77.0$ % d'éléments < 80 μm = 1.3% % d'éléments < 2 mm = 17.7% $W_n = 2.0\%$ $VBS = 0.03$	D3	
PM6	0.9	Graves sableuses	$D_{max} \text{ (mm)} = 78.0$ % d'éléments < 80 μm = 2.1% % d'éléments < 2 mm = 22.9% $W_{n\ 0/D} = 2.5\%$ $VBS = 0.05$ $W_{app\ 0/D} = 3.3\%$	D3	

3-4- DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

Lors de notre reconnaissance du **12/01/2023**, aucune venue d'eau n'a été observée au droit de nos sondages à la pelle descendus jusqu'à une profondeur maximale de 3,1 m et à la cote minimale de 209,0 m NGF.

Un piézomètre a été posé à proximité de SP1 avec les caractéristiques suivantes :

- Tube 45/50 mm en PVC ;
- Plein sur 3 m, crépiné sur 3 m soit donc 6 ml de longueur / TA ;
- Capot à +45 cm / sol, soit donc à la cote 212,67 NGF (=dessus capot)
- Niveau Ta en pied de capot 212.22 m NGF

En date du 27/01/2023 le niveau de la nappe s'établissait à la cote de 4,29 m / tube, soit donc **208,38 m NGF**.

Toutefois, notre intervention ponctuelle dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée ne nous permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où les informations mentionnées ci-dessus correspondent nécessairement à un moment donné, sans possibilité d'apprécier les variations inéluctables des nappes et circulations d'eau qui dépendent notamment des conditions météorologiques.

Sur la base de notre connaissance du secteur, et de la carte ANTEA on considèrera en l'absence de suivi au droit du site du piézomètre :

- Un niveau EH de la nappe à 210,25 NGF ;
- Un niveau EE de la nappe à 210,75 NGF (hors crue de l'Isère par débordement).

3-5- TEST D'INFILTRATION A NIVEAU VARIABLE

L'essai d'infiltration à niveau variable réalisé de type Matsuo et la perméabilité mesurée sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Nom des essais	Sondage	Profondeur (m/TA)	Faciès testé	K (m/s)	K (mm/h)
EP1	PM5	3,0	graves sableuses	1,6E-04	574,7
EP2	PM6	2,7	graves sableuses	4,8E-04	1730,8

En ce qui concerne le faciès testé, il s'agit donc d'un sol de bonne perméabilité.

Les perméabilités que nous donnons ne sont valables qu'au droit et à la profondeur des essais où elles ont été mesurées. Des variations latérales de faciès et donc de perméabilités sont toujours possibles.

NOTA : Ces essais ponctuels donnent une indication sur la capacité d'infiltration des sols sur une petite surface. Les perméabilités qui en découlent ne peuvent en aucun cas être utilisées dans le cas de dimensionnement d'ouvrage de pompage ou de rabattement de nappe qui nécessitent la réalisation d'essai de pompage déterminant la perméabilité en grand du massif (étude hydrogéologique spécifique).

4- APPLICATION AU PROJET

4-1- ALEA SISMIQUE ET SUSCEPTIBILITE A LA LIQUEFACTION

D'après l'arrêté du 22/10/2010 relatif au zonage sismique et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », le secteur étudié est classé en **zone de sismicité moyenne** (zone 4).

Le profil stratigraphique correspond à une classe de sol **B**, d'après la norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8 – Septembre 2005).

Les faciès rencontrés ne sont pas liquéfiables au sens de l'Eurocode 8.

4-2- FONDATIONS

4-2-1- Justification des fondations superficielles

Le dimensionnement des fondations sera à réaliser conformément aux Eurocodes (Eurocode 7 « Géotechnique » et Eurocode 8 « Sismique ») et à la norme d'application nationale de justification des fondations superficielles NFP 94-261. Les fondations seront à justifier vis-à-vis du poinçonnement, du glissement et de l'excentrement sous les différentes combinaisons de charges ELS et ELU.

Pour mémoire, la justification des fondations superficielles vis-à-vis du poinçonnement nécessite de vérifier l'inéquation suivante :

$$\bullet \quad V_d - R_0 \leq R_{v,d}$$

Avec :

V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise sous la fondation

R_0 : poids du volume de sol occupé par la fondation (généralement $R_0 = 0$, sécuritaire)

$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance verticale du terrain sous la fondation

$$\bullet \quad R_{v,d} = \frac{A' \cdot (k_p \cdot P_{lk}^* \text{ ou } k_c \cdot q_{ck}) \cdot i_\delta \cdot i_\beta}{\gamma_{r,v} \cdot \gamma_{rd,v}}$$

Avec :

A' : surface de sol comprimée sous la fondation

i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (1,0 si charge verticale)

i_β : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus (1,0 si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus $> 8 B$, B : largeur de la fondation).

k_p ou k_c : facteur de portance pressiométrique ou pénétrométrique

$\gamma_{r,v}$: facteur partiel variable selon la combinaison d'action

$\gamma_{r,dv}$: coefficient de modèle associé à la méthode utilisée (pressiométrique et pénétrométrique = 1,2)

4-2-2- Solution de fondation superficielle sur semelle

Dans la mesure où les conditions et hypothèses citées au § 2-5 sont satisfaites, le projet pourra être fondé sur semelles superficielles filantes et/ou isolées ou radier selon la typologie des ouvrages au sein de la formation n°2. L'estimation du toit du faciès d'assise prévisible est donnée au § 3-3. Des approfondissements en gros béton pourront être nécessaires pour purger tous les remblais, en particulier dans le secteur du sondage Pnd 9 / PM 8 ou si une anomalie a été rencontrée en un autre endroit du site.

Les paramètres géotechniques de dimensionnement des fondations superficielles vis-à-vis du poinçonnement pour le faciès d'assise précité sont les suivants :

Combinaison	Rupture	ELUa	ELU	ELS
Facteurs partiels	$\gamma_{r,v} = 1,0$ $\gamma_{rd,v} = 1,0$	$\gamma_{r,v} = 1,2$ $\gamma_{rd,v} = 1,2$	$\gamma_{r,v} = 1,4$ $\gamma_{rd,v} = 1,2$	$\gamma_{r,v} = 2,3$ $\gamma_{rd,v} = 1,2$
$\frac{R_{vd}}{A' \cdot i \delta \cdot i \beta} + \frac{R_0}{A'} \text{ (MPa)}$	1.104	0.764	0.656	0.4

La valeur de calcul de la résistance au glissement $R_{h,d}$ de la fondation sera calculée avec un angle de frottement d'interface fondation/terrain $\delta_{a,k}$ (généralement = $2/3 \phi'$ pour les fondations préfabriquées lisses et ϕ' pour les fondation coulées pleine fouille, avec $\phi' = 35^\circ$ pour le faciès d'assise considéré).

Le niveau d'assise des fondations devra respecter un ancrage minimum de 0,2 m dans le faciès d'assise. Compte tenu de la présence de remblais en surface, les fondations devront être ancrées à minima à 1,0 m / TA.

Pour les cuves TUBOSIDER® on pourra également fonder celles-ci sur un radier général. Compte tenu de la compacité de la formation 2 et de sa nature, il n'est pas utile de mettre en œuvre une couche de forme.

En cas de réalisation d'un radier, on prendra un K_v de 5 MPa/m.

4-2-3- Remarques générales

Des variations latérales des faciès et des hauteurs plus importantes des remblais de couverture (terre végétale, briques, béton, blocs > 500 mm, vestiges enterrés...) sont possibles

par rapport aux prévisions des sondages. Dans tous les cas, ces matériaux devront être purgés et le rattrapage de niveau sera réalisé à l'aide de gros béton coulé pleine fouille.

Dans cette optique, pour visualiser les fonds de fouilles de fondations, nous conseillons au Maître d'Ouvrage de nous confier une mission de visite des fonds de fouilles (mission G4) afin de s'assurer que les fondations intéressent bien les faciès préconisés.

Les fondations devront être coulées immédiatement après ouverture en pleine fouille sur un sol sain, non remanié, damé, non gelé et hors d'eau (avec mise en place d'un béton de propreté si nécessaire). Les sur-profondeurs seront rattrapées au gros béton. Il sera également nécessaire d'évacuer toute arrivée d'eau (gravitairement ou par pompage si nécessaire) hors des fouilles et plate-forme de travail.

Par ailleurs, en cas de dénivelé entre fondations, une pente maximale de 2V/3H sera à respecter entre 2 fondations voisines ou 2 redans successifs.

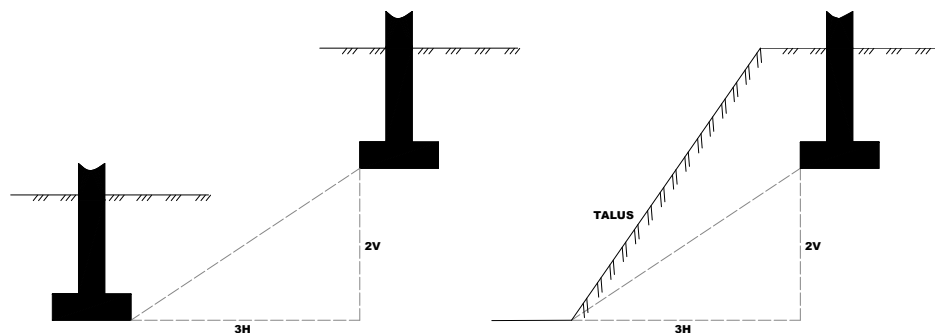


Schéma de principe

4-3- TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS

L'hypothèse retenue est une charge uniformément répartie de **150 kg/m²** pour le dallage de la partie VS du bâtiment, cette hypothèse devra nécessairement être validée par le bureau d'études structures (si toutefois un tel ouvrage est conservé).

Compte tenu de la nature prévisible des terrains d'assise sous dallage pour le niveau bas du bâtiment et de la surcharge considérée, un dallage sur terre-plein est envisageable.

Conformément au DTU 13.3 dallage, les dallages sur terre-plein seront mis en place sur un sol support qui doit satisfaire :

- des critères de portance de l'essai de chargement à la plaque (1 unité/300 m² ; minimum 3) : **K_w ≥ 50 MPa/m ; EV2 ≥ 50 MPa ; EV2/EV1 ≤ 2,2, pour des charges ≤ 20 kN/m²**
- des critères de nature et de granulométrie décrits au § A.2.2.1.1 de l'annexe A du DTU 13.3 Dallage.

Les terrains sous dallage au regard des reconnaissances réalisées répondent aux critères de nature et de granulométrie décrits ci-dessus. Des essais de chargement à la plaque devront être réalisés afin de s'assurer que les critères de portance sont atteints avant coulage du dallage. Dans le cas où ils ne le seraient pas, un recompactage +/- intense sera nécessaire, avec substitution des zones peu portantes par des matériaux GTR D₃₁ en 0/80 mm. (la réutilisation des matériaux du site est envisageable. De telles substitutions pourront s'avérer nécessaires dans le secteur du sondage PM8. Tous les remblais du site seront à purger.

Ainsi, la mise en place de couche de forme d'apport n'est pas nécessaire pour les différents ouvrages de ce projet dont l'assise intéresse la formation 2. Seules des purges/substitutions des éventuelles poches de remblais et un recompactage seront à prévoir.

En revanche, pour les ouvrages plus superficiels (voiries, radiers) qui intéresseront la formation 1 des remblais graveleux +/- limoneux mais sensibles à l'eau, une couche de forme sur géotextile de 50 cm d'épaisseur sera à prévoir pour une hypothèse de portance en fond de fouille de $E_{v2} = 15 \text{ MPa}$, dans des conditions climatiques favorables (terrassement par temps secs). A défaut l'épaisseur serait à augmenter.

On prendra un E_s de 50 MPa toute hauteur pour dimensionnement du dallage du bâtiment, si toutefois celui-ci est conservé.

4-4- RISQUES DE DEFORMATION DES TERRAINS

SOUS FONDATION

D'après les hypothèses suivantes :

- descentes de charges (ELS):
 - 150 kN/ml en filant
 - 300 kN en ponctuel
- faciès d'assise : Formation n°2
- contrainte au sol : 0,4 MPa (ELS)

Dans ces conditions, les tassements absolus prévisibles seront inférieurs au centimètre pour une exécution soignée.

SOUS DALLAGE/RADIER

Sous réserve d'une bonne exécution de l'assise sous dallage, les tassements absolus prévisibles sous dallage seront inférieurs au centimètre.

4-5- PROTECTION VIS-A-VIS DE L'EAU

Présence de la nappe au-delà de 4 m / TA.

GESTION DES EAUX EN PHASE DEFINITIVE - DRAINAGE

Compte tenu de la bonne perméabilité des terrains en place (sable, graviers) et de l'absence d'eau dans les sondages, un système de drainage périphérique au niveau des fondations n'est pas indispensable.

On recherchera à aménager les abords immédiats des ouvrages pour diriger les eaux vers l'extérieur en dehors de l'emprise des ouvrages.

Une assistance au choix et à la mise au point des systèmes d'étanchéité et de drainage pourra nous être confiée dans le cadre d'une mission géotechnique de projet (G2, phase projet).

GESTION DES EAUX EN PHASE PROVISOIRE - POMPAGE

Des précautions d'usage seront à respecter pour conserver le fond de terrassement :

- Réaliser les travaux en période sèche, non pluvieuse, et à l'avancement ;
- Régler le fond de terrassement de manière à permettre une évacuation gravitaire des eaux.

Les parties enterrées devront être justifiées à la sous-pression en cas de crue de l'Isère :

- Le dallage de la zone bâtiment, si toutefois il s'avère nécessaire d'en réaliser un (on peut également envisager une simple couche de réglage sableuse pour faire une circulation propre dans le VS, et le laisser s'inonder en cas de crue) ;
- Lestage des TUBOSIDER®, afin de résister à une crue à la cote de 210,75 NGF (un ouvrage GC peut être réalisé également en lieu et place de ce type d'ouvrage).

4-6- TERRASSEMENT - TALUTAGE - SOUTÈNEMENT

TERRASSEMENT

Les travaux de terrassement seront réalisés en période sèche, non pluvieuse et devraient pouvoir s'effectuer en totalité à l'aide d'une pelle mécanique. Quoi qu'il en soit, les moyens devront être adaptés à la géologie constatée.

REMBLAIEMENT

Les différents remblaiements devront être mis en œuvre en respectant les recommandations du guide technique SETRA LCPC (GTR 1992) avec un compactage à 95 % de l'OPN pour une qualité remblai (q4) et 98,5 % de l'OPN pour une qualité couche de forme (q3).

POUSSEE DES TERRES

Pour les calculs des murs enterrés faisant soutènement (murs en béton banché armé), on retiendra en première approche :

- Matériaux du site ($\phi' = 35^\circ$, $c' = 0$ kPa, $\gamma = 20$ kN/m³) ;

TALUS PROVISOIRES

En l'absence de problèmes d'emprise vis-à-vis des limites de propriétés, des avoisinants, des réseaux, et sous réserve que le fond de terrassement se situe au-dessus des arrivées d'eau, un terrassement par talutage est envisageable en phase provisoire (< 3 mois). On évitera toute surcharge en crête de talus (voirie, remblais, grue...). Les talus des terrassements provisoires devront être alors réglés avec une pente maximale de **1V/1H** (45°). Aucun talus provisoire de plus grande hauteur n'est prévu d'être créé par le projet.

En cas de signe d'instabilité, on devra pouvoir avoir un recul suffisant vis-à-vis de la limite de propriété (avoisinant, route, réseaux...) pour abaisser la pente des talus, ou mettre en œuvre des solutions de confortement.

4-7- ASSAINISSEMENT AUTONOME DES EAUX PLUVIALES

4-7-1- Preamble

Dans tous les cas, il conviendra de s'assurer, auprès des autorités concernées, de la possibilité de réaliser les solutions énoncées ci-après vis à vis d'éventuelles mesures de protection des milieux récepteurs souterrains ou superficiels.

Le dimensionnement du dispositif d'infiltration des eaux pluviales dépend du type d'évènement pluvieux contre lequel on désire ou l'on doit se protéger. Il ne nous appartient pas de définir ce niveau de protection, néanmoins il est généralement demandé une protection sur le périmètre de la METRO une pluie de référence trentennale.

4-7-2- Caractéristiques du site

- La valeur de perméabilité mesurée au sein de la formation n°2 est bonne ;
- Aucune venue d'eau n'a été mise en évidence dans les sondages à la pelle.
- Pas d'exutoire (tel qu'un fossé) en bordure de la parcelle.

4-7-3- Faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales

La valeur de perméabilité mesurée au sein de la formation n°2 est **favorable** à l'infiltration des eaux pluviales au moyen de puits et/ou tranchées d'infiltration et/ou bassin d'infiltration.

4-7-4- Eléments de dimensionnement

Le dimensionnement des dispositifs d'infiltration pourra être réalisé en tenant compte :

- des surfaces rendues imperméables suite à la réalisation de l'opération (toiture/voirie/parking...) et des taux d'absorption des revêtements le cas échéant ;
- de l'implantation du ou des dispositifs d'infiltration et des surfaces qu'ils recueillent ;
- de la coupe géologique et des valeurs de perméabilité mesurées dans les faciès traversés ;
- du niveau de protection souhaité (intensité et durée de pluies).

4-7-5- Exemples de pré-dimensionnement

A fin de prévision au stade de l'avant projet, nous donnons ci-dessous des exemples de pré-dimensionnement de puits et tranchée d'infiltration. Ces exemples de pré-dimensionnement ne pourront être utilisés pour l'exécution de ces ouvrages. Les surfaces réellement imperméabilisées devront être précisées tout comme le choix de la pluie de référence pour la note de dimensionnement d'exécution.

Le pré-dimensionnement a été réalisé suivant la méthode dite « des pluies ». Ce dimensionnement consiste alors à définir les dimensions et le nombre des puits et tranchées d'infiltration nécessaires pour l'infiltration des eaux recueillies sur les surfaces imperméabilisées considérées.

Hypothèses de calcul (courriel LINDEA du 28/02/2023) :

Voici les données manquantes

- Surfaces de voiries étanches (enrobés, béton) = 1100 m²
- Surface couverture bâtiments (local technique et shelters) = 480 m²

Avec les hypothèses suivantes :

<i>Perméabilité du sol k latéral (sans facteur de colmatage)</i>	<i>[m/s]</i>	3,0E-04
<i>Perméabilité du sol k fond (sans facteur de colmatage)</i>	<i>[m/s]</i>	3,0E-04
<i>Facteur de colmatage appliqué sur la perméabilité</i>		50%
<i>Station météo/période de retour</i>		GAM - Philippe Ville 30 ans

Dans ces conditions, il pourrait être mis en œuvre :

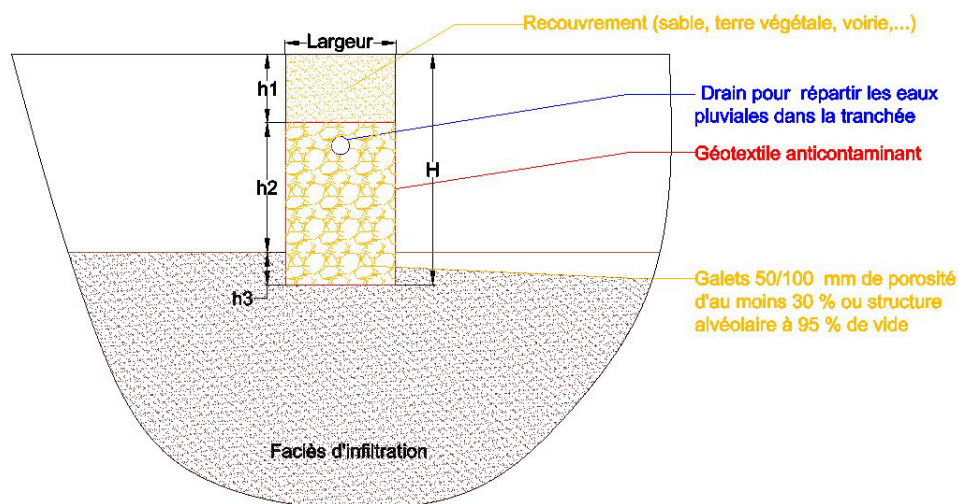
- Soit un bassin d'infiltration

Type de bassin	Remplissage / porosité	Volume de stockage utile* (m3)	Surface d'infiltration (m2)	Profondeur totale (m)	Ancrage dans le faciès perméable (m)	Hauteur de recouvrement (m)
Enterré sous voirie / espace vert	Galets Porosité = 0,35	34,3	49 (7 x 7 m)	2,5	0,5	0,5
	Structure alvéolaire Porosité = 0,95	47,5	25 (5 x 5m)	2,5	0,5	

* Volume utile = volume des vides = volume de l'ouvrage x porosité

- Soit une tranchées d'infiltration

Longueur	Largeur	Hauteur inutile recouvrement h1	Hauteur de stockage h2	Hauteur d'infiltration h3	Prof. totale H	Remplissage de la tranchée porosité
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
20,0	2,0	0,5	0	2,0	2,5	Galets Porosité 0,35



Coupe type d'une tranchée d'infiltration

Selon l'implantation finale pour le dispositif d'infiltration et la solution retenue, des investigations complémentaires pourront être nécessaires.

4-7-6- Recommandations pour la mise en œuvre du dispositif d'infiltration

Il est vivement recommandé d'éviter tout apport de terre vers le dispositif d'infiltration afin de limiter leur colmatage. Ainsi, on tâchera :

- de construire le dispositif d'infiltration ou de le mettre en service dans les dernières étapes du chantier. Il faut alors mettre en place une solution provisoire pour récupérer et évacuer les eaux de ruissellement ;
- de séparer les surfaces « productrices » de fines (espaces verts, zones en terre, en stabilisé) des surfaces drainées par le dispositif d'infiltration ;
- de mettre en place un dispositif de type dégrilleur, décanteur et débourbeur, de manière à s'affranchir des problèmes de colmatage par les fines, les feuilles et de la pollution par hydrocarbures (notamment pour les parkings et les voiries communes).

En première approche, il est recommandé de positionner les dispositifs d'infiltration des eaux pluviales à plus de 4,0 m des ouvrages existants et projeté, d'une limite de propriété et à plus 3,0 m de tout autre dispositif. Ces distances pourront toutefois être adaptées selon le projet et le contexte géologique du site. Ils seront disposés à l'aval des ouvrages.

Une efficacité pérenne des dispositifs d'infiltration nécessite un entretien périodique de ces derniers.

La distance minimale entre la base d'un bassin, puits ou tranchée d'infiltration et le niveau des plus hautes eaux doit être d'un mètre, pour conserver une hauteur de filtration suffisante. Ainsi compte tenu du niveau de la nappe, nous avons limité la profondeur des dispositifs à 2,5 m / TA.

5- REMARQUES ET SUGGESTIONS PARTICULIERES – ALEAS ET INCERTITUDES

Tout changement concernant le plan de masse et/ou les caractéristiques du projet devra nous être signalé. En effet toutes modifications pourraient influencer les solutions retenues et il pourrait alors être nécessaire de revoir tout ou partie de nos conclusions. Cette réflexion est notamment valable au cas où les descentes de charges du projet seraient supérieures à nos hypothèses.

Les résultats sont valables uniquement au droit de nos sondages, en effet, des variations latérales sont toujours possibles.

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle sans l'accord écrit de la société EG SOL *Dauphiné Savoie*, ne saurait engager sa responsabilité.

Le présent rapport de type « G2 AVP » rentre dans le cadre de l'enchaînement des missions géotechniques types décrit dans la norme NFP 94-500. Nous restons à la disposition du Maître d'ouvrage pour assurer des missions de type G2 PRO et DCE/ACT, G4 et G5 en concordance avec la norme NFP 94-500 jointe en annexe applicable depuis novembre 2013.

En particulier, au stade actuel de l'information sur l'ingénierie géotechnique du chantier, il reste des points à préciser et ce dans le cadre de l'enchaînement des missions géotechniques :

- La réalisation d'essais de chargement à la plaque afin de s'assurer que les critères de portance sont atteints ;
- L'ancrage des fondations hors remblais ;
- La gestion des eaux pluviales.

L'Ingénieur d'affaires,
Christophe BLANC



SE

Contrôle Interne,
Steven DURAND



ANNEXES

EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2013

PLAN DE SITUATION

PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES

COUPES DES PUITTS A LA PELLE

LITHOLOGIE ET DIAGRAMMES DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2013

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>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.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)
ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

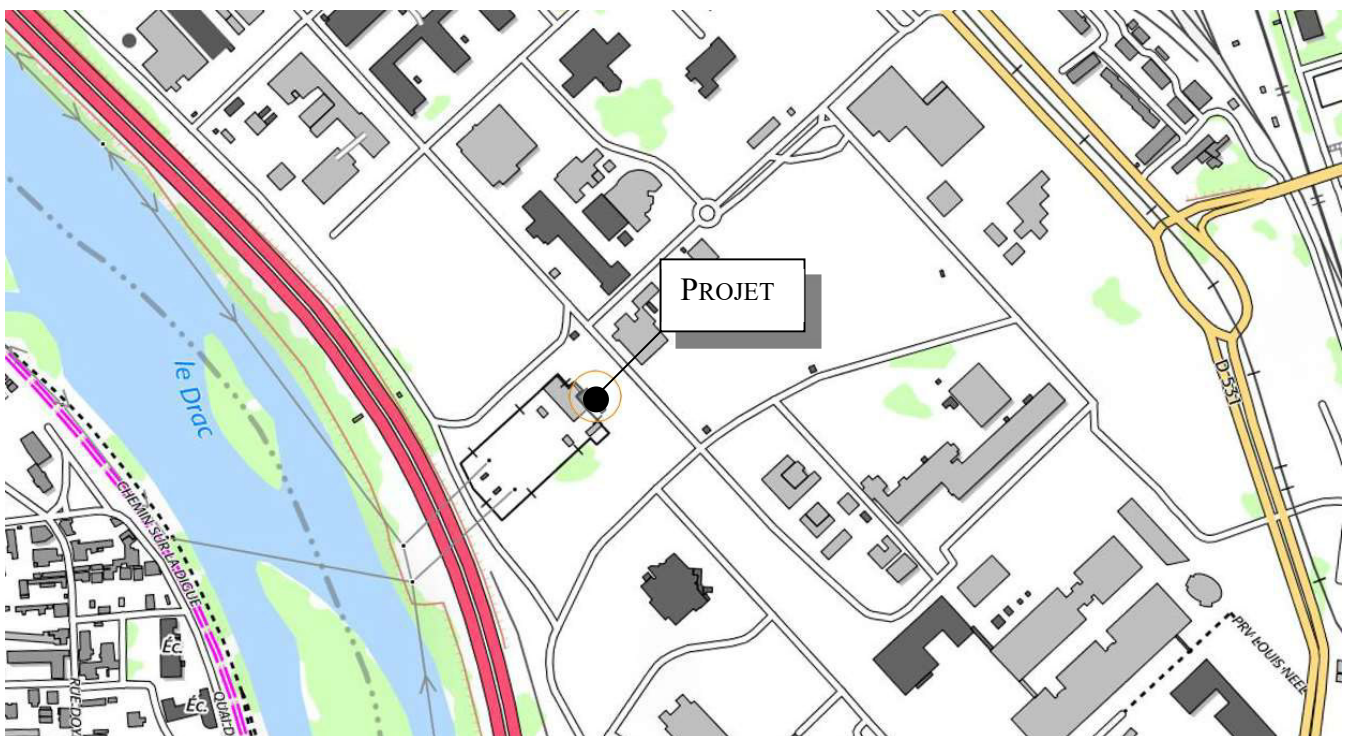
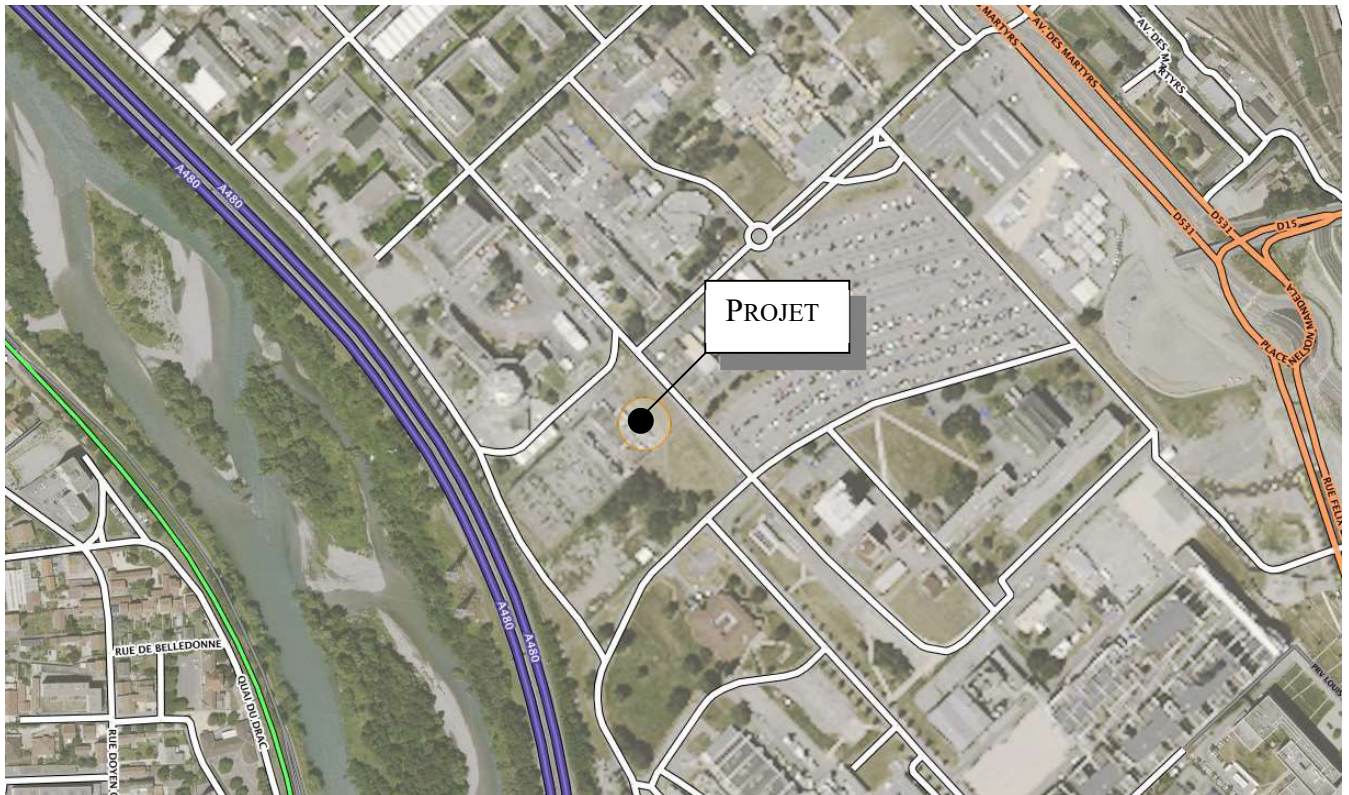
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'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).

PLAN DE SITUATION

GRENOBLE (38 - ISERE)



PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES



PM : puits à la pelle
PM + EP : puits à la pelle avec
essai d'infiltration des eaux pluviales



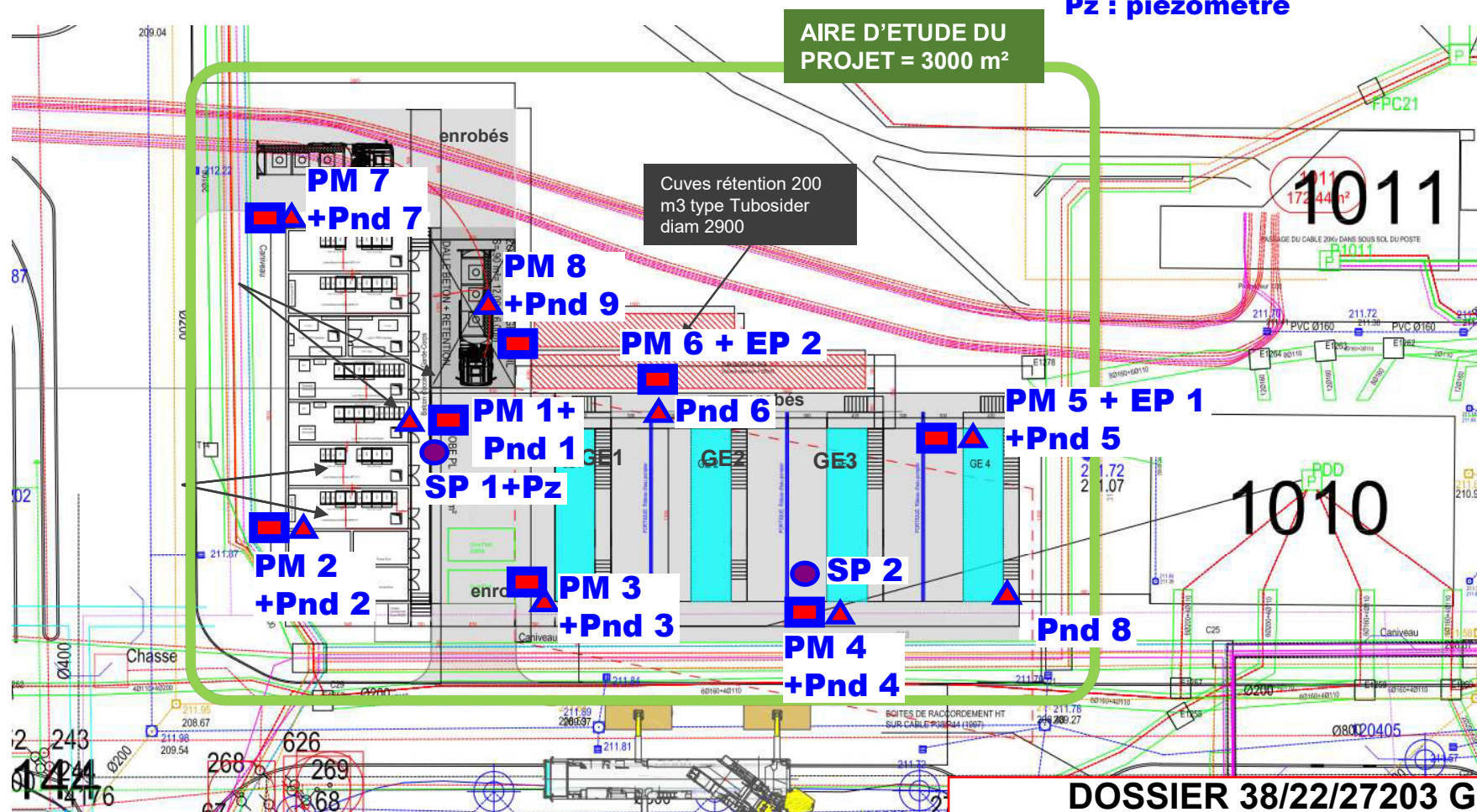
Pnd : essai au pénétromètre dynamique



SP : sondage destructif avec essais
pressiométriques

Pz : piezomètre

Principe d'implantation avec réseaux existants



COUPES DES PUIITS A LA PELLE

Date : 12/01/2023		PM 1			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,2	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,6	212,1	0,1 m	à	0,7 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,3	211,5	0,7 m	à	3,0 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage		209,2			* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					
Date : 12/01/2023		PM 2			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,1	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,6	212,0	0,1 m	à	0,7 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,4	211,4	0,7 m	à	3,1 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage		209,0			* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					

Date : 12/01/2023		PM 3			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,1	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,7	212,0	0,1 m	à	0,8 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,3	211,3	0,8 m	à	3,1 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage		209,0			* NGF
Remarques :		Aucune venue d'eau observée.			
		tenue moyenne des parois			
Date : 12/01/2023		PM 4			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,1	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,8	212,0	0,1 m	à	0,9 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,1	211,2	0,9 m	à	3,0 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage		209,1			* NGF
Remarques :		Aucune venue d'eau observée.			
		tenue moyenne des parois			

Date : 12/01/2023		PM 5			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,1	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
1,1	212,0	0,1 m	à	1,2 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton et enrobé
1,8	210,9	1,2 m	à	3,0 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage	209,1				* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					

Date : 12/01/2023		PM 6			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,2	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,5	212,1	0,1 m	à	0,6 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,1	211,6	0,6 m	à	2,7 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage	209,5				* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					

Date : 12/01/2023		PM 7			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,2	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
0,3	212,1	0,1 m	à	0,4 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton
2,5	211,8	0,4 m	à	2,9 m	galets graviers et sable : Dmax 15/20 cm
Fin du sondage	209,3				* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					
Date : 12/01/2023		PM 8			
Epaisseurs (m)	Cote du toit de couche*	Profondeurs (m)			Description lithologique
0,1	212,2	0,0 m	à	0,1 m	terre végétale
2,2	212,1	0,1 m	à	2,3 m	remblais graveleux à limoneux, présence de blocs béton et éléments métalliques
Fin du sondage	209,9				* NGF
Remarques : Aucune venue d'eau observée.					
tenue moyenne des parois					
refus sur blocs béton					

ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

ESSAI Pnd 1



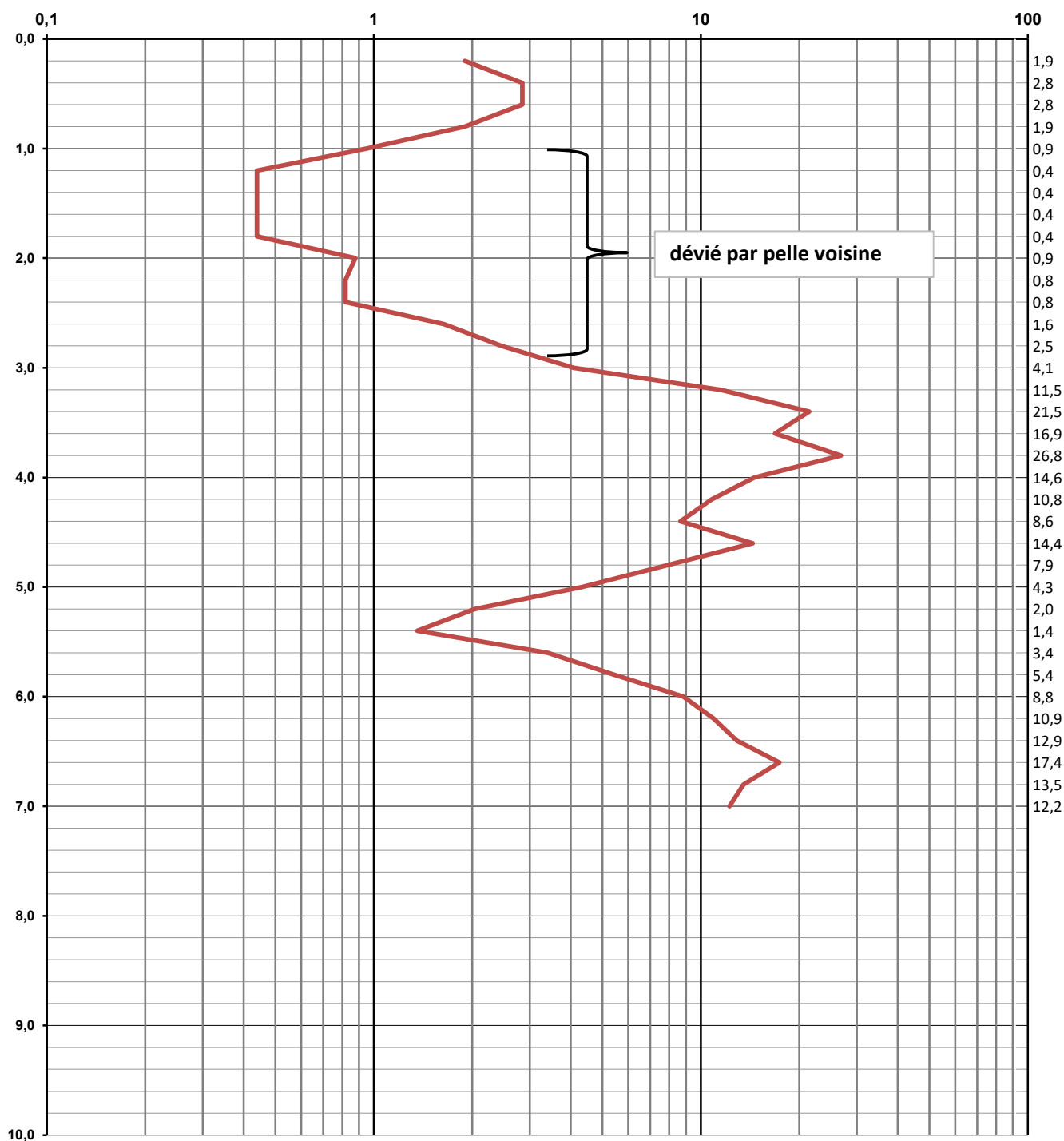
Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E

Date de réalisation : 12/01/2023

Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

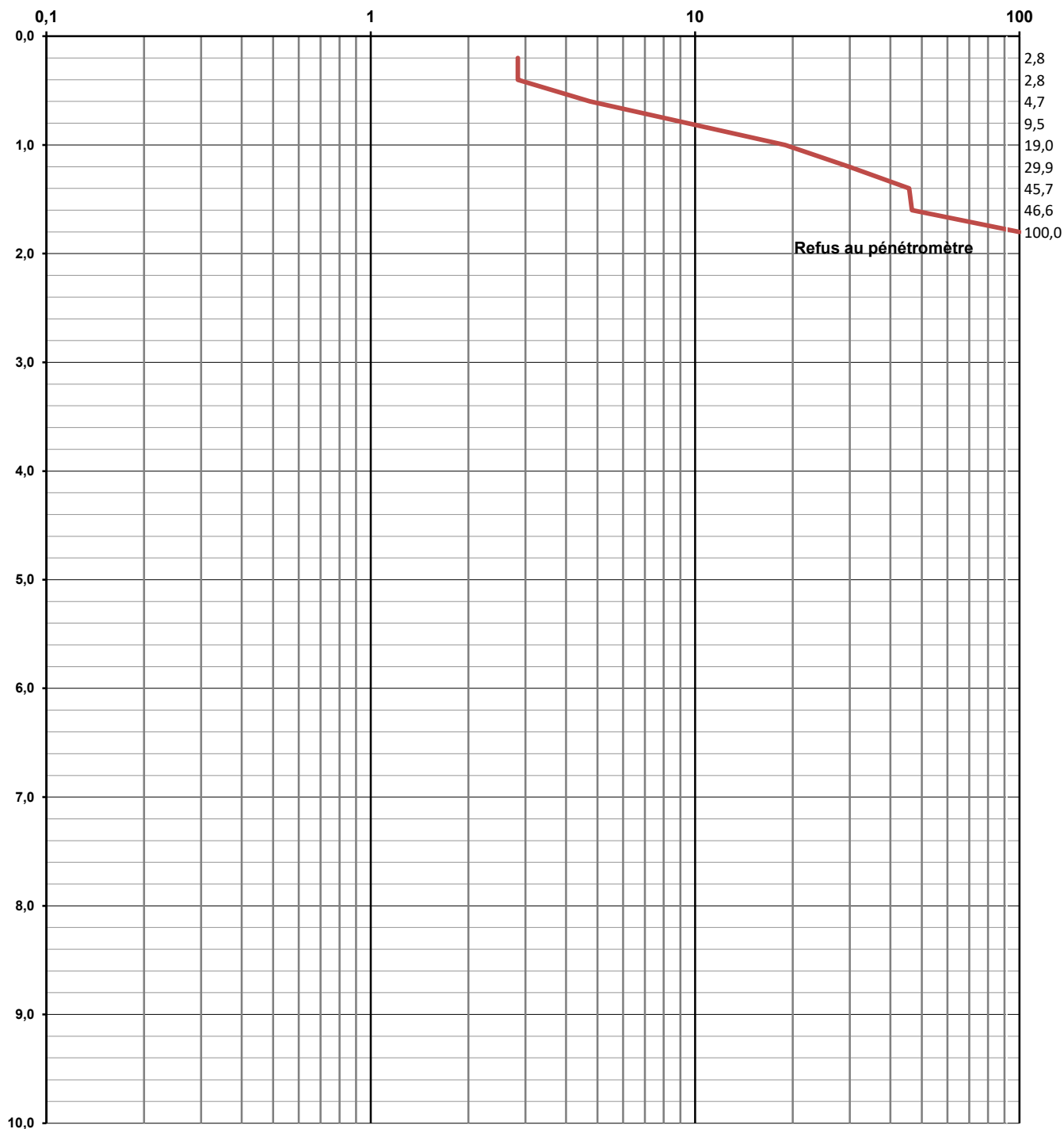
ESSAI Pnd 2



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

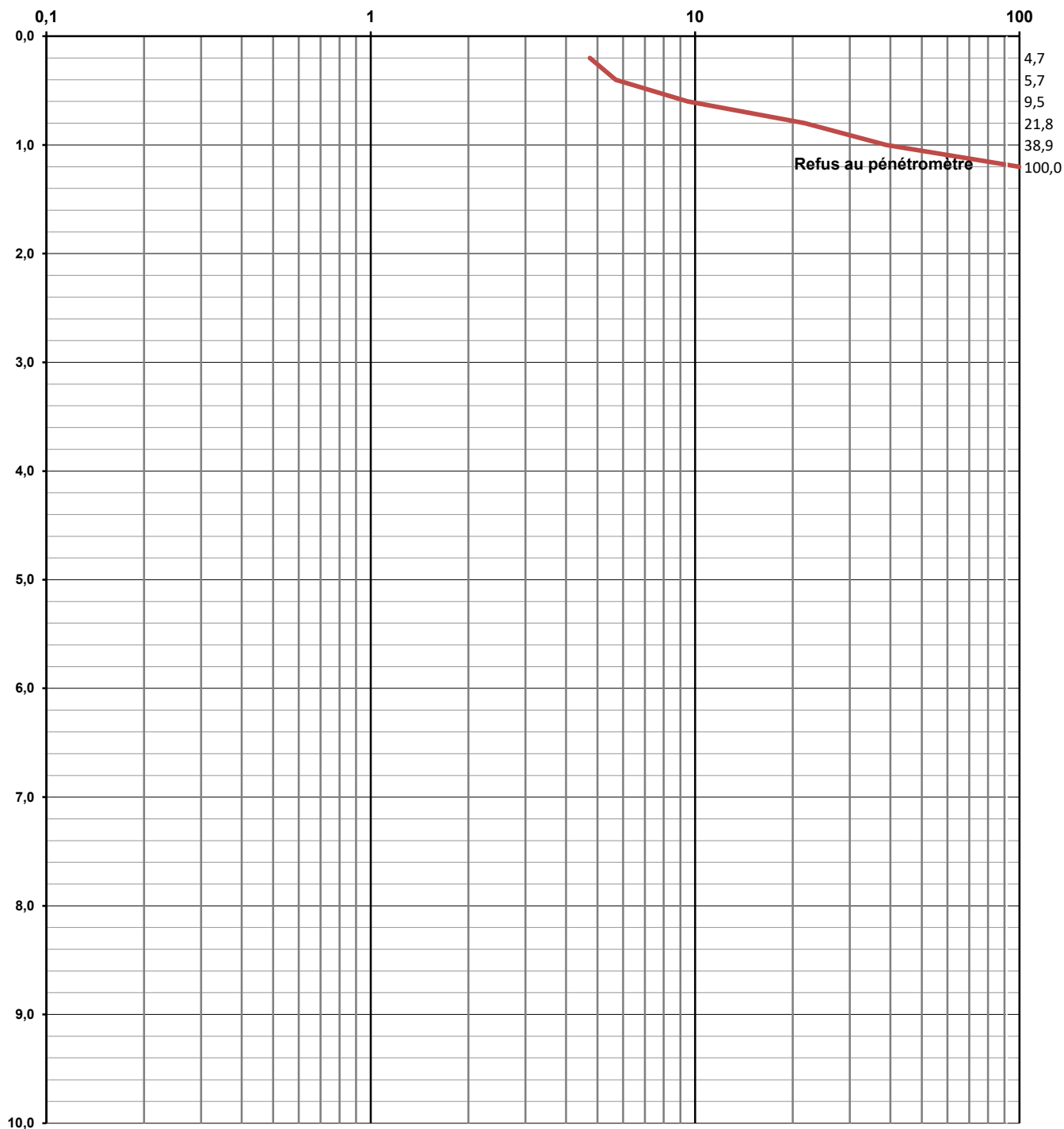
ESSAI Pnd 3



Projet : Projet ELHQS
 Client : CEA GRENOBLE
 Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
 Date de réalisation : 12/01/2023
 Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

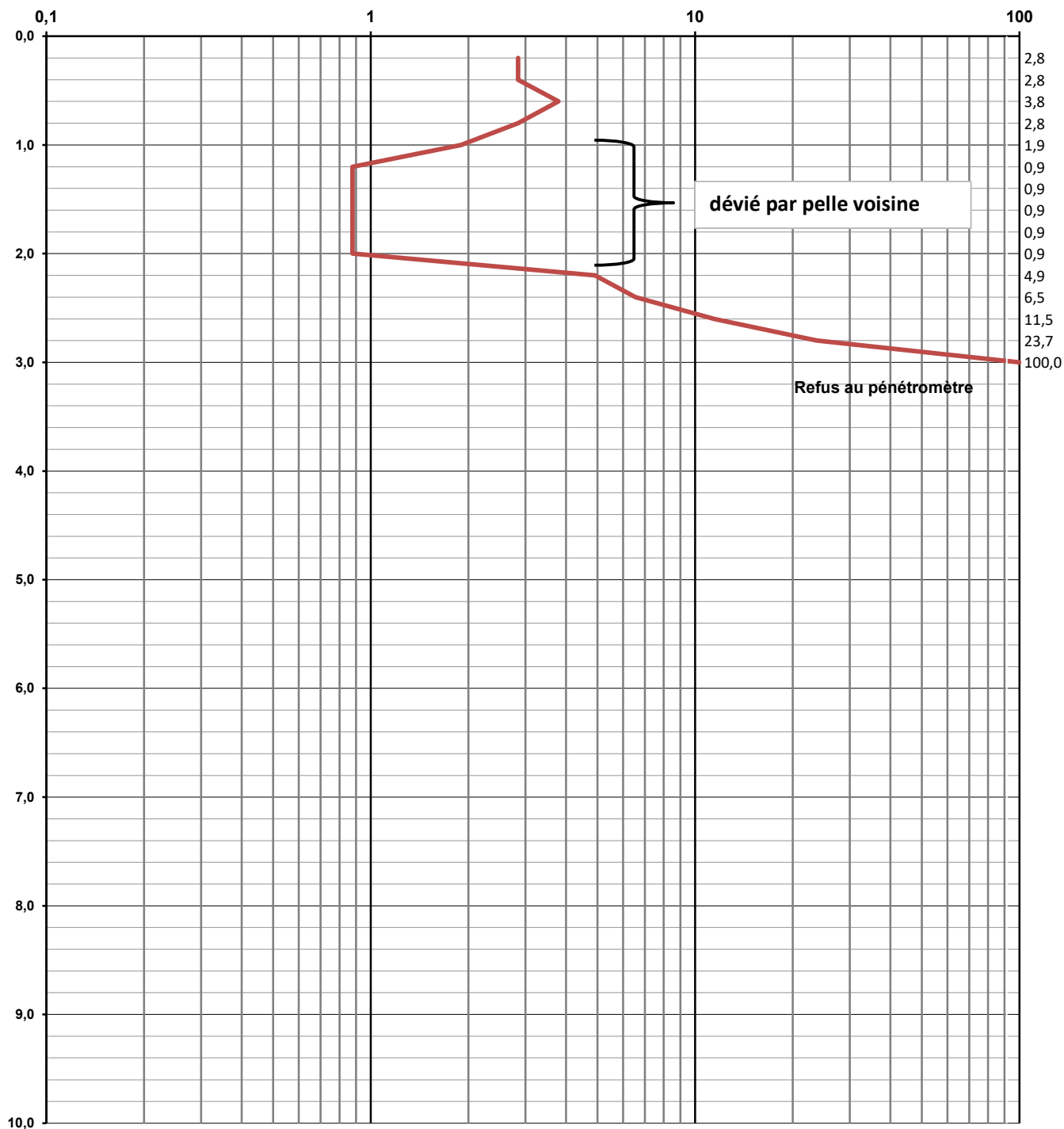
ESSAI Pnd 4



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

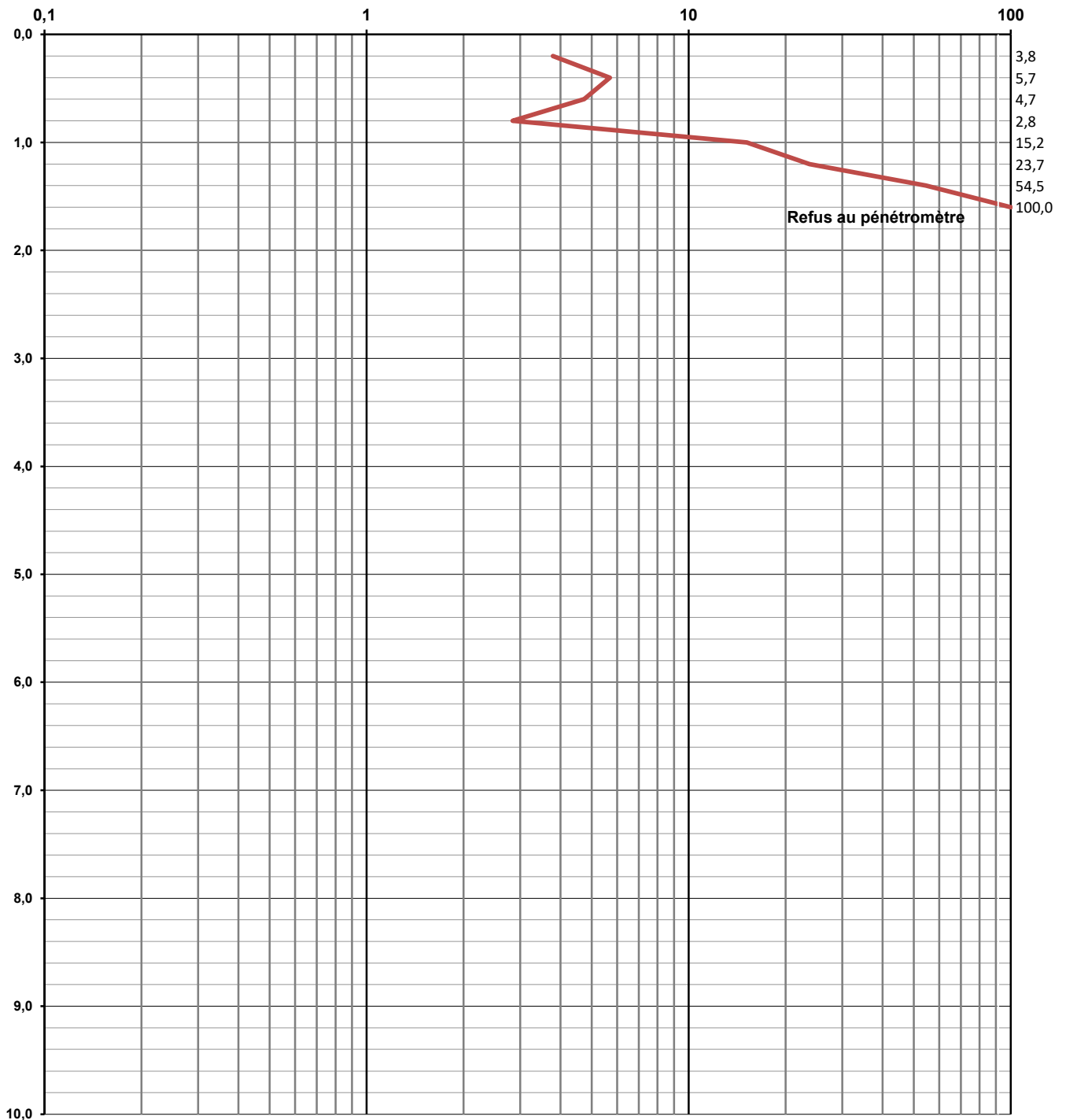
ESSAI Pnd 5



Projet : Projet ELHQS
 Client : CEA GRENOBLE
 Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
 Date de réalisation : 12/01/2023
 Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

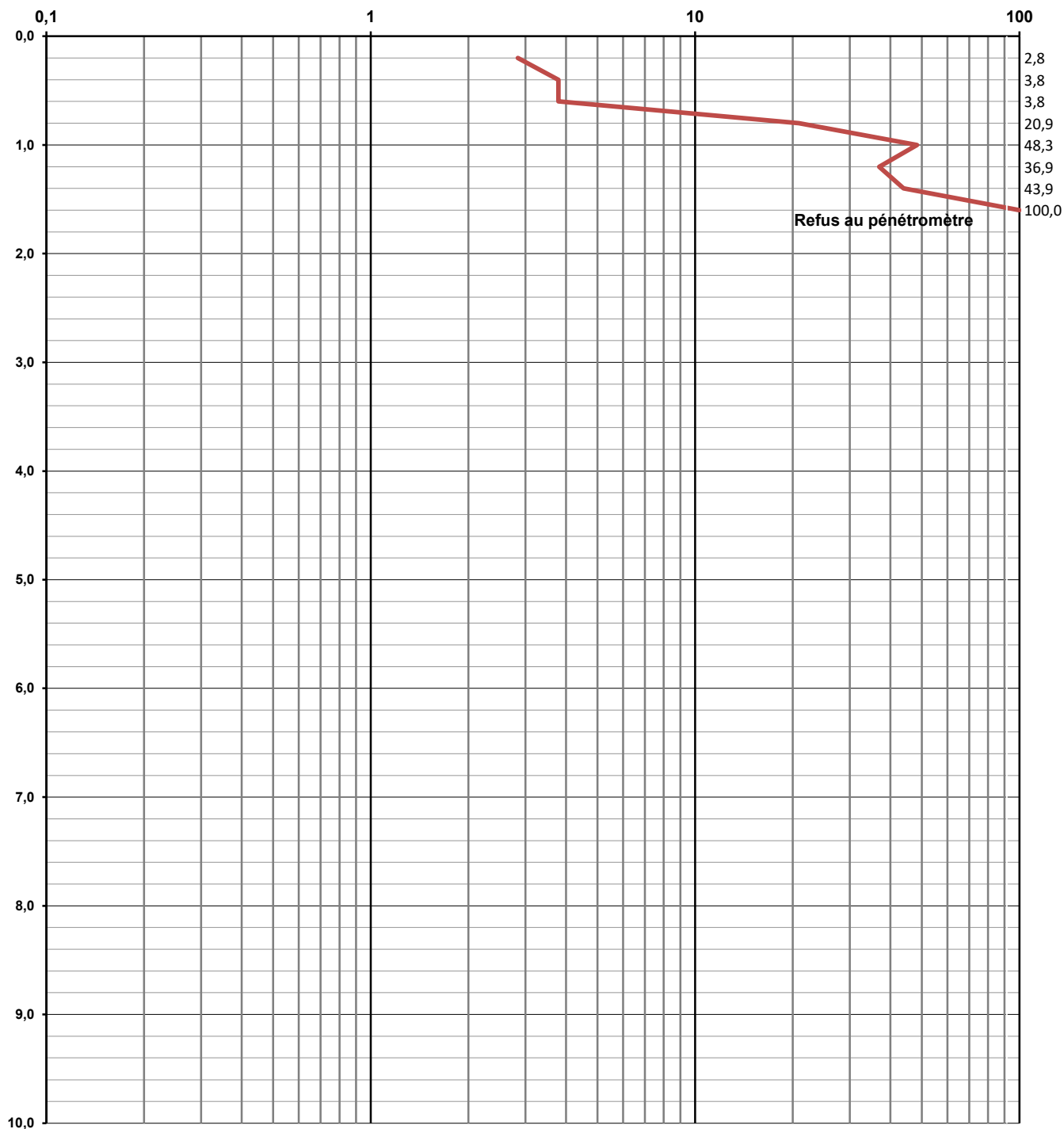
ESSAI Pnd 6



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

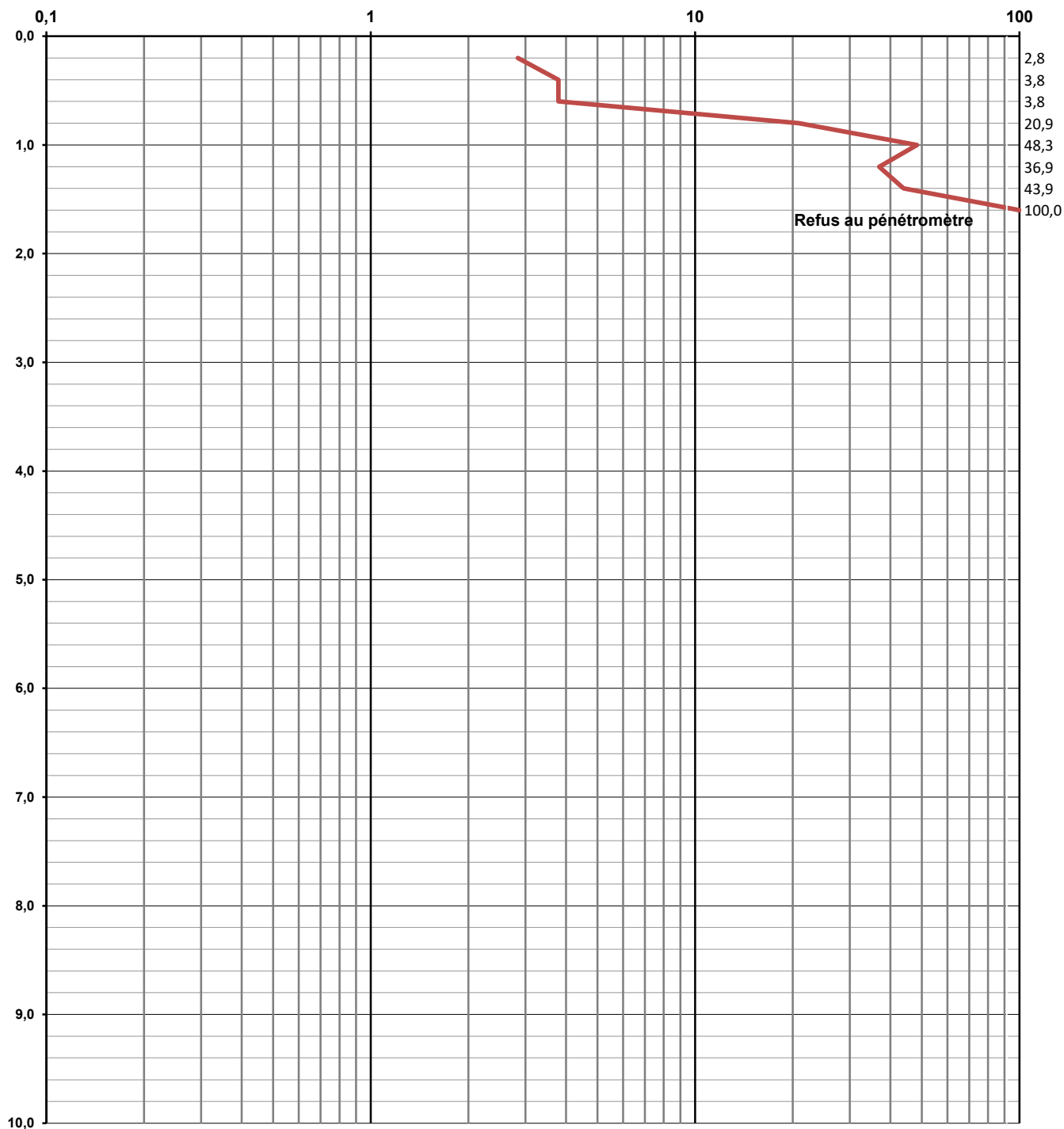
ESSAI Pnd 7



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

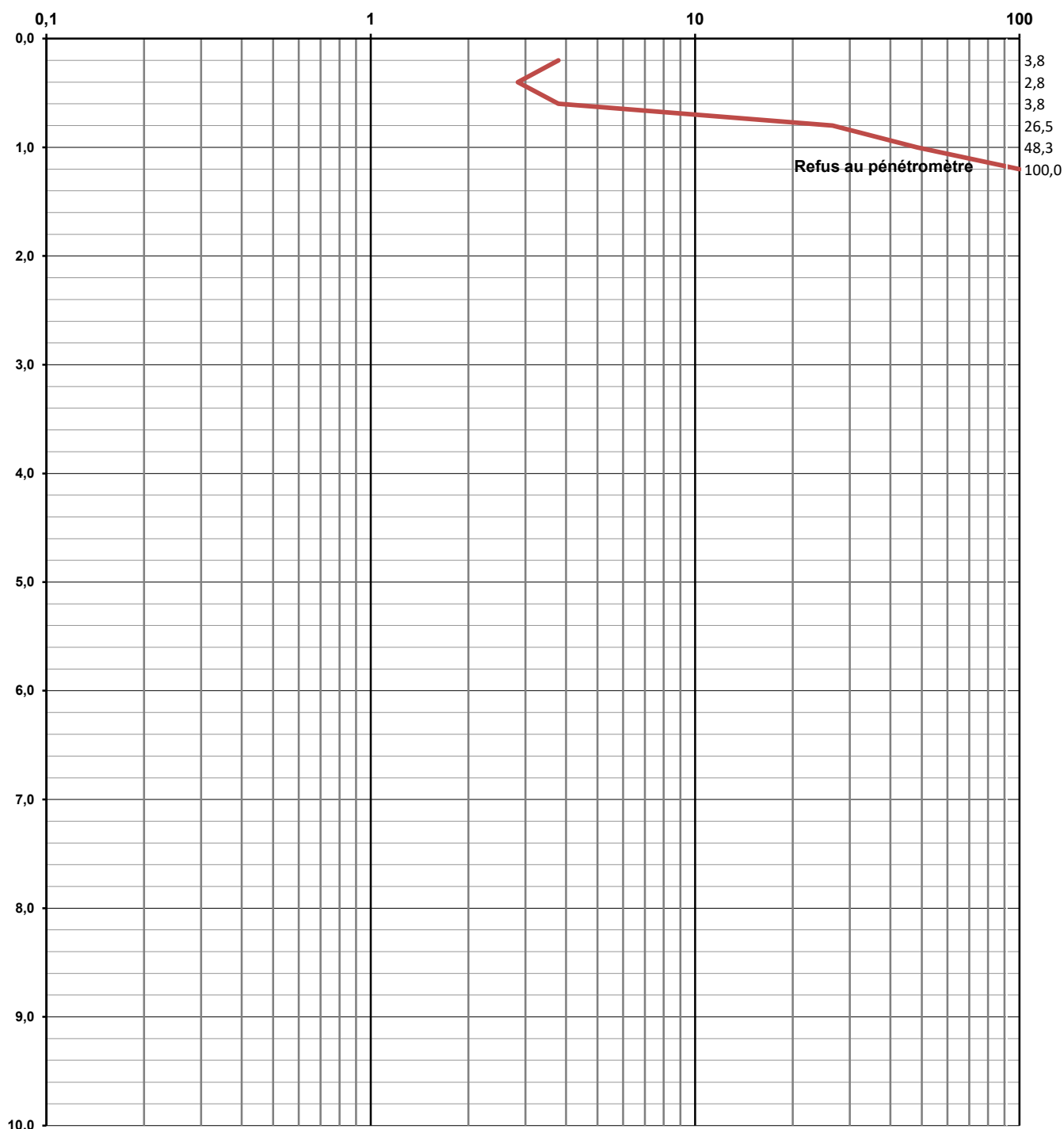
ESSAI Pnd 8



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

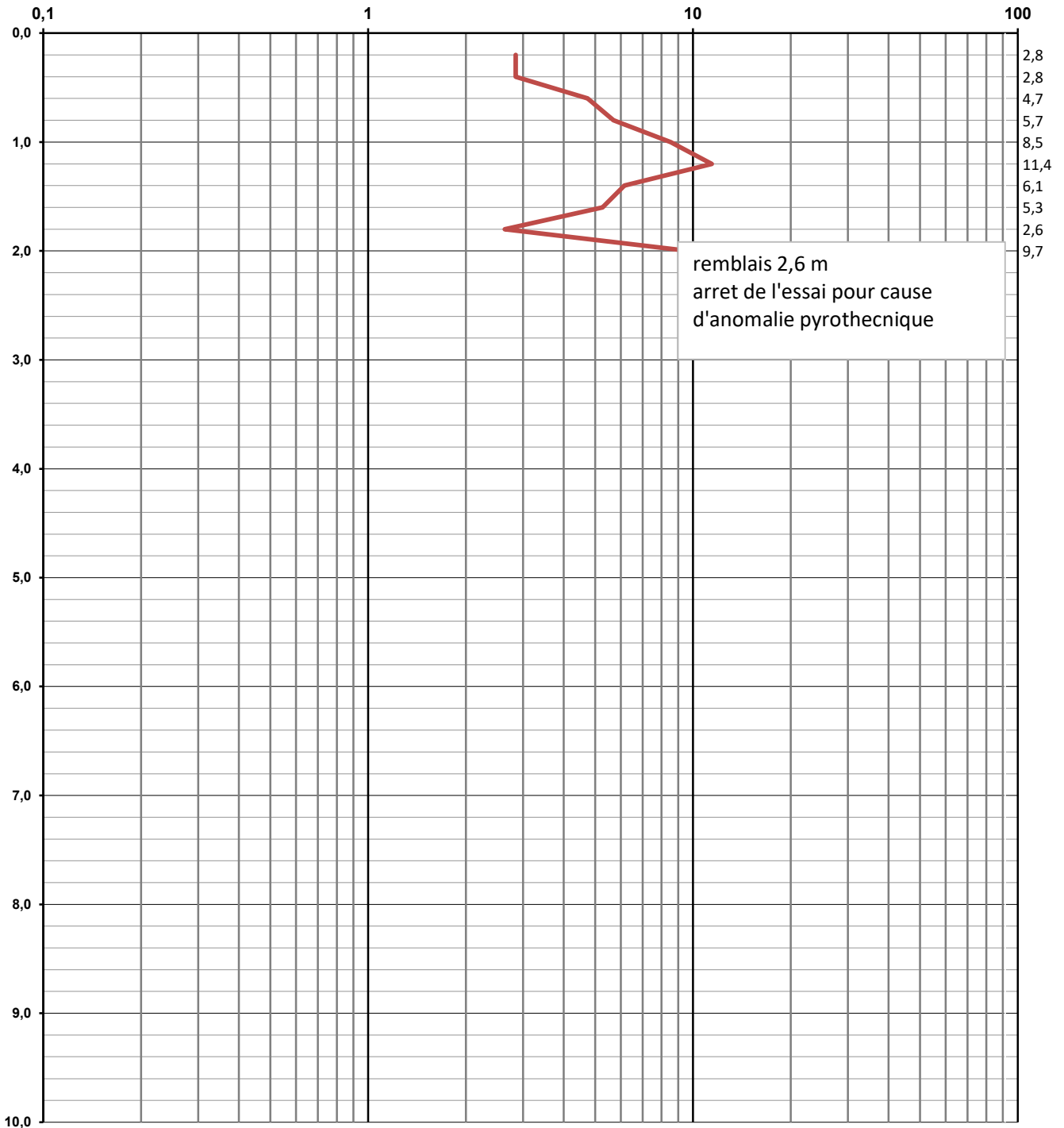
ESSAI Pnd 9



Projet : Projet ELHQS
Client : CEA GRENOBLE
Commune : GRENOBLE

Numéro du dossier : 38/22/27203 G+E
Date de réalisation : 12/01/2023
Cote du sondage : 212,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

LITHOLOGIE ET DIAGRAMMES DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

PRINCIPE DU SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

La méthode pressiométrique de type MENARD consiste à introduire à l'intérieur d'un forage une sonde cylindrique dilatable (\varnothing 50 mm ou \varnothing 60 mm) reliée à un système de pression - volume en surface.

L'essai permet d'obtenir une relation contrainte - déformation traduisant le comportement mécanique du sol en place. Les résultats sont représentés sur des courbes pression - volume injecté.

On détermine d'après ces courbes trois caractéristiques **fondamentales** qui permettent d'estimer les tassements sous fondation:

- **Pr** : pression de fluage qui correspond au passage du domaine de déformation pseudo-élastique au domaine de déformation plastique.
- **P_l** : pression limite qui correspond à la limite de rupture du terrain sur la paroi de la cavité cylindrique soumise à un état de contraintes croissantes et qui intervient dans les calculs de la stabilité à la rupture.
- **E_m** : module pressiométrique qui caractérise la phase de déformation pseudo-élastique de l'essai et qui intervient dans les calculs de tassements.

ENREGISTREMENT DES PARAMETRES DE FORAGES

Nous avons effectué pendant la réalisation des sondages destructifs, l'enregistrement en continu des paramètres de forage. Les mesures effectuées portent sur trois paramètres fondamentaux. Les trois paramètres enregistrés sont les suivants :

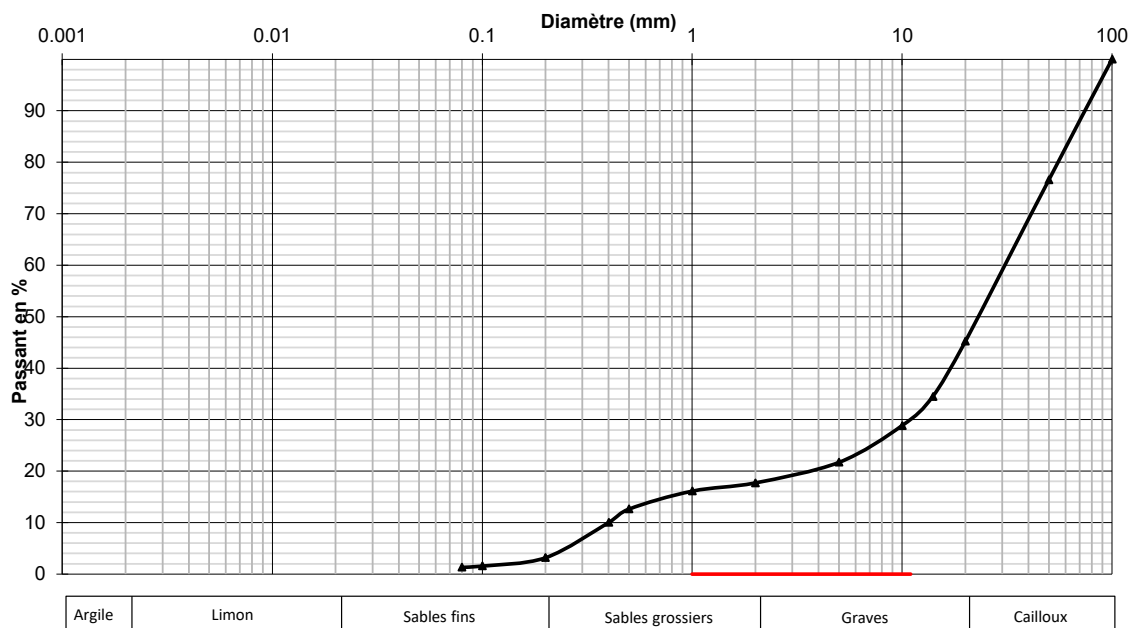
- **VIA** en m/h : caractérise la vitesse d'avancement de l'outil de forage, cette vitesse dépend du type d'outil utilisé et de la nature du sol. La mesure s'effectue à partir d'un boîtier externe de défilement de la tête de forage,
- **PO** en bar : cette donnée correspond à la pression sur l'outil de forage, la mesure s'effectue à partir d'un capteur de pression hydraulique installé sur le distributeur hydraulique du circuit correspondant. Cette mesure est dans la plupart des cas associée à la vitesse d'avancement pour déterminer la présence de vide dans le sol,
- **CR** en bar : le couple de rotation donne la pression en bar appliquée à la tête de forage pour mettre en rotation l'outil de forage.

PV DES ESSAIS EN LABORATOIRE

Chantier	GRENOBLE
N° d'affaire	38/22/27203G+E

Origine	PM2 à 1 m
Nature du sol	Graves sableuses

Analyse granulométrique													
Tamis	0.08	0.1	0.2	0.4	0.5	1	2	5	10	14	20	50	100
% Tamisât	1.3	1.6	3.2	10.0	12.6	16.1	17.7	21.7	28.8	34.5	45.2	76.6	100.0



D max (mm)	Passant à 80µm	Passant à 2mm	Granulat ≤ 50 mm
77	1.3%	17.7%	76.6%

VBS	0.03
Norme NF P 94-068	

Valeur de C : 28.4%

Teneur en eau W	2.0%
Norme NF P 94-050	

T°C d'étuvage : 105 ° C

Cu	85.5
----	------

Cc	8.6
----	-----

D ₅₀	24.58
-----------------	-------

Classement selon la norme NF P 11-300	D3
---------------------------------------	----

Essais réalisés le 01/02/2023 par RAMBUR Quentin

Responsable PÔLE LABORATOIRE et TECHNIQUE

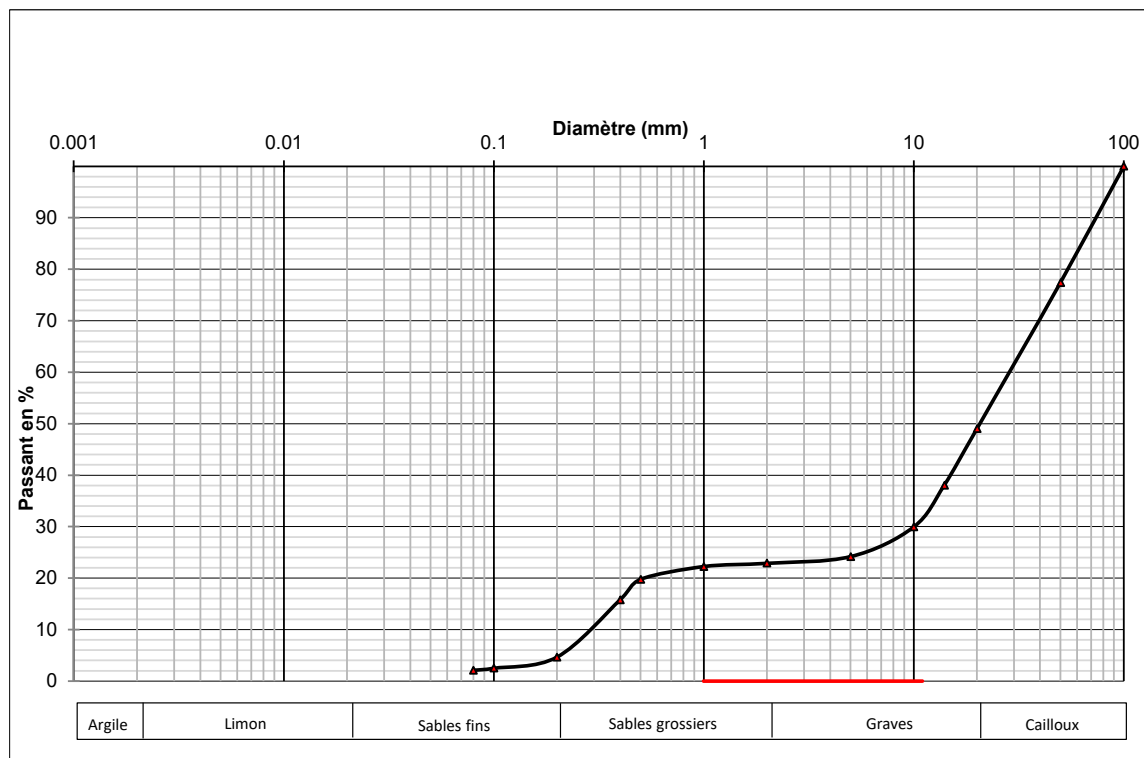
EGSOL ALPES



Chantier	GRENOBLE
N° d'affaire	38/22/27203G+E

Origine	PM6 à 0.9 m
Nature du sol	Graves sableuses

Analyse granulométrique													
Tamis	0.08	0.1	0.2	0.4	0.5	1	2	5	10	14	20	50	100
% Tamisât	2.1	2.5	4.6	15.8	19.7	22.2	22.9	24.2	29.9	38.0	49.0	77.4	100.0



D max (mm)	Passant à 80µm	Passant à 2mm	Granulat ≤ 50 mm
78	2.1%	22.9%	77.4%

VBS	0.05
-----	------

Norme NF P 94-068

Teneur en eau W	2.5%
-----------------	------

Norme NF P 94-050

Optimum Proctor W _{opn}	3.3%
----------------------------------	------

Norme NF P 94-093

Valeur de C : 31.2%

T°C d'étuvage : 105 ° C

Cu	106.7
----	-------

Cc	10.7
----	------

D ₅₀	21.06
-----------------	-------

Classement selon la norme NF P 11-300	D3
---------------------------------------	----

Essais réalisés le 01/02/2023 par RAMBUR Quentin

Responsable PÔLE LABORATOIRE et TECHNIQUE

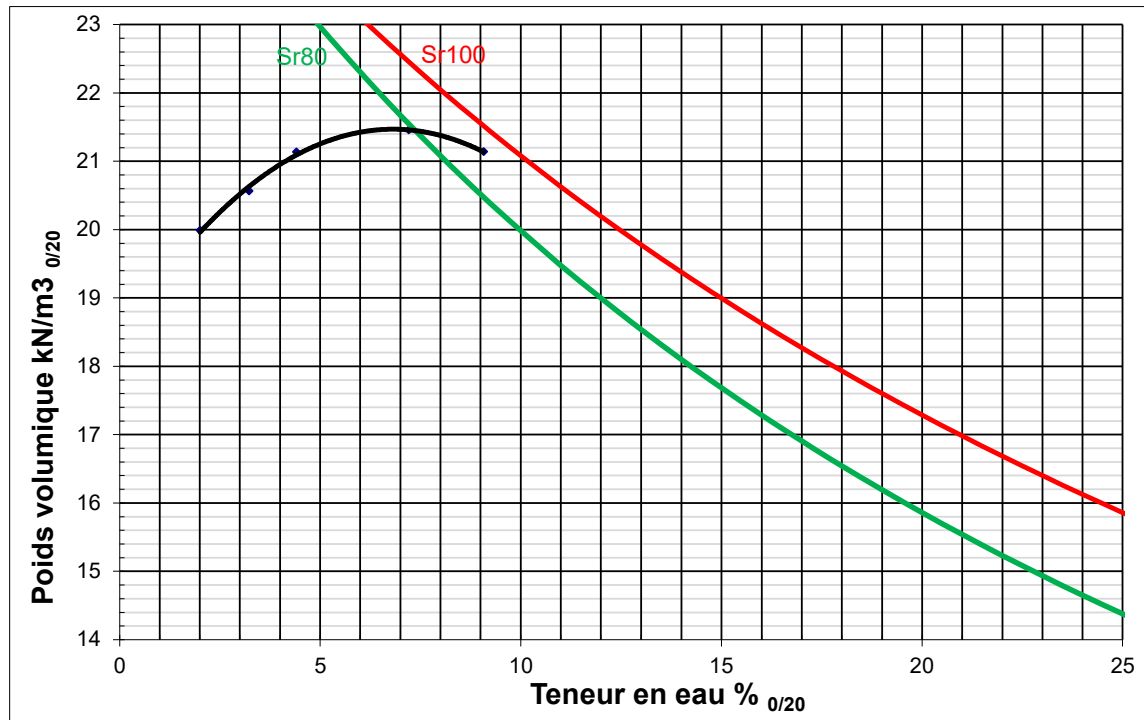
EGSOL ALPES



Chantier	GRENOBLE
N° d'affaire	38/22/27203G+E

Origine	PM6 à 0.9 m
Nature du sol	Graves sableuses

Refus à 20 mm	51.0%
Moule de type	CBR
Masse volumique du matériau (Valeur estimée)	2.7 t/m ³
Teneur en eau selon NF P 94 050, température :	105 °C



Teneur en eau naturelle W_n 0/D	2.5%
Teneur en eau 0/20 mm $W_{0/20}$	5.2%
Teneur en eau optimum Proctor Normal corrigée $W_{OPN\ 0/D}$	3.3%
Teneur en eau optimum Proctor Normal 0/20 mm $W_{OPN\ 0/20}$	6.8%
Masse volumique sèche maximale Proctor Normal corrigée $pd_{OPN\ 0/D}$ (t/m ³)	2.40
Masse volumique sèche maximale Proctor Normal $pd_{OPN\ 0/20}$ (t/m ³)	2.15
Remarque :	Proportion d'éléments >20 mm supérieur à 30 %, interprétation limitée à l'évaluation de son état hydrique, les valeurs sont corrigées.
Classement hydrique corrigé 0/D	-
Classement hydrique 0/20 mm	-

Essais réalisés le 01/02/2023 par RAMBUR Quentin

Responsable PÔLE LABORATOIRE et TECHNIQUE

EGSOL ALPES

