

Rapport d'étude

TEA220292_P002_VA

CHU de Clermont-Ferrand
58 rue Montalembert
63003 CLERMONT-FERRAND

Création du parking GM

Mission G1

CHU de CERMONT-FERRAND : Site Gabriel-Montpiéd
63 CLERMONT-FERRAND

VOTRE INTERLOCUTEUR

Pierre COSTE

Num. Tél. 06 19 08 82 99

p.coste@technosol-gengis.fr

SIÈGE SOCIAL
13, route de la Grange aux
Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
contact@technosol-gengis.fr
technosol-gengis.fr



| | |
|--|-----------|
| 1. PRESENTATION GENERALE..... | 5 |
| 1.1. DEFINITION DE LA MISSION | 5 |
| 1.2. OBJECTIFS DE LA MISSION..... | 5 |
| 1.3. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE..... | 6 |
| 1.4. DOCUMENTS DE REFERENCE | 7 |
| 2. SITUATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE | 8 |
| 3. CARACTERISTIQUES DU PROJET | 9 |
| 4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET RISQUES NATURELS | 10 |
| 4.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE PREVISIBLE | 10 |
| 4.2. HYDROLOGIE..... | 11 |
| 4.3. RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES | 12 |
| 4.4. SISMICITE..... | 12 |
| 4.5. DIVERS | 13 |
| 5. RESULTATS OBTENUS..... | 14 |
| 5.1. NATURE DES SOLS RECONNUS | 14 |
| 5.2. HYDROGEOLOGIE | 18 |
| 5.3. CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES..... | 18 |
| 5.4. ESSAIS AU PENETROMETRE STATIQUE..... | 22 |
| 5.5. ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE | 23 |
| 5.6. ESSAIS DE LABORATOIRE | 24 |
| 6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS | 27 |
| 6.1. SYNTHESE GEOTECHNIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE..... | 27 |
| 6.1. TERRASSEMENTS | 30 |
| 6.2. SOLUTION DE FONDATION..... | 31 |
| 6.3. NIVEAU BAS..... | 35 |
| 6.4. ETUDE DE LA VOIRIE | 36 |
| 6.5. MITOYENS ET AVOISINANTS..... | 37 |
| 6.6. CLASSE SISMIQUE DE SOL | 37 |
| 7. ALEAS RESIDUELS ET ETUDES COMPLEMENTAIRES..... | 39 |



ANNEXES

- 1 Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 de novembre 2013
- 2 Plan de situation
- 3 Plan d'implantation des sondages
- 4 Coupes des sondages
- 5 Résultats des essais en laboratoire



1. Présentation générale

1.1. Définition de la mission

A la demande et pour le compte du C.H.U de Clermont-Ferrand, et sur conseil du cabinet ITC, nous avons procédé à une reconnaissance de sols et à une étude géotechnique dans le cadre du projet de création d'un parking en superstructure au sein du Centre Hospitalier Montpied situé au 58 rue Montalembert à CLERMONT-FERRAND (63).

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une mission d'exécution de sondages et d'essais in situ et en laboratoire, et d'une étude géotechnique préalable en phase étude de site et principes généraux de construction (mission d'ingénierie géotechnique classée G1 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1).

La mission G1 constitue la première phase d'étude géotechnique (mission d'ingénierie géotechnique classée G1 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1). L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique devra être respecté dans les développements futurs de cette opération, avec notamment la réalisation d'une mission de conception G2.

1.2. Objectifs de la mission

Les objectifs de la mission sont :

- l'analyse géologique, hydrologique et géotechnique du site,
- d'établir une synthèse du modèle géologique (formations, caractéristiques géomécaniques...) du site,
- de définir la nature des sols en place, ses caractéristiques pressiométriques et ses paramètres intrinsèques,
- d'identifier les aléas géotechniques majeurs au droit du site et les adaptations à prévoir au niveau du site pour en réduire les conséquences sur le futur projet,
- de définir un modèle géotechnique et paramétrique,
- l'étude des éventuels terrassements dans le cadre de la réalisation du parking,
- de préciser la position de la nappe notamment vis-à-vis des problématiques de terrassement,
- de confirmer le type de fondations envisageables (superficielles ou profondes) pour le future ouvrage, par un calcul de portance et des tassements,
- de définir la classe du sol, suivant l'Eurocode 8,
- les sujétions de réalisation des fondations,
- l'examen sur la conception des niveaux bas du projet (dallages, planchers portés, radiers...),
- de définir les modalités pour la réalisation des corps de chaussée de desserte pour véhicules, voies pour pompiers, et pour la réalisation des aires de stationnement pour les véhicules légers,
- les aléas géotechniques majeurs subsistant et qui seront à affiner dans les missions ultérieures (G2) afin d'en réduire les conséquences et impacts sur le projet et permettre d'aboutir à des aléas résiduels acceptables.





1.3. Campagne de reconnaissance

Dans le cadre de notre mission, afin de préciser la nature des sols et de déterminer leurs caractéristiques mécaniques, leur classification GTR selon la norme NF P 11-300 et l'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton, et de relever la géométrie des fondations du bâtiment existant, nous avons procédé à la réalisation des investigations géotechniques suivantes :

- 3 sondages de reconnaissance géologique pour essais pressiométriques, notés SP201 à SP203, descendus entre 10 et 10.73 m de profondeur,
- 18 essais pressiométriques réalisés dans les forages précédents à raison d'un essai tous les 1.5 m. Ces sondages et essais ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des différentes formations présentes au droit du projet et ainsi de fournir les paramètres nécessaires au dimensionnement des fondations,
- 4 sondages au pénétromètre statique notés respectivement CPT201 à CPT204 préalablement prévus à 10 m/TN ont tous connu des refus prématurés entre 3.25 et 5.0 m de profondeur par rapport au terrain actuel. Ces sondages ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des terrains superficiels,
- 14 sondages au pénétromètre dynamiques notés respectivement PD202 à PD214 préalablement prévu à 6 m/TN ont tous connu des refus prématurés entre 1.0 et 4.40 m de profondeur par rapport au terrain actuel. Ces sondages ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des terrains superficiels,
- 24 sondages à la tarière mécaniques notés respectivement ST201 à ST214 préalablement prévus à 5 m/TN et descendus entre 0.6 et 5 m de profondeur par rapport au terrain actuel. Ces sondages ont permis d'identifier la nature des terrains traversés et la réalisation d'essais d'identification en laboratoire,
- 1 sondage destructif en 63 mm de diamètre, noté SD201 en remplacement du PD201, descendu à 10 m de profondeur. Ce sondage a permis d'identifier le toit du rocher basaltique et sa compacité.

Pour rappel, Le CCTP découpe l'emprise de 22 000 m² en 24 zones de 900 m² maximum chacune. Pour chaque zone, il était demandé de réaliser :

- 1 sondage à la tarière,
- 1 essai au pénétromètre statique (PS) ou 1 essai au pénétromètre dynamique (PD) en alternant les types d'essais.

Les sondages ont été implantés conformément au CCTP et en fonction de l'occupation du site au moment de notre intervention et le plan schématique est joint en annexe.

Notre intervention sur le site s'est déroulée du 18 au 29 juillet 2022.

Dans la suite de notre rapport, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages qui correspond au niveau du terrain au moment de notre intervention.





Par ailleurs, nous avons procédé à leur nivellement en prenant comme référence altimétrique le plan de nivellement [5.].

1.4. Documents de référence

Les pièces afférentes à cette étude sont :

- [1.] l'avis d'appel public à la concurrence référencé 22-GHTA-0036 du 30/03/2022,
- [2.] le cahier des charges d'étude géotechnique référencé CLF8-PRO-ITC-NOT-GEOTECHNIQUE – C et son complément non daté,
- [3.] notre devis référencé TED220438-000 du 02/05/2022,
- [4.] la commande de DTES/ES/RP/FC/2022/152 du 28/06/2022,
- [5.] Plan topographique dernière mise-à-jour 13/01/2016,
- [6.] Réalisation du bâtiment GM3 et restructuration du bâtiment HC _Mission G2-PRO_TECHNOSOL_ référencé TEA220292_P001_VA du 21/09/2022.



2. Situation et caractéristiques du site

Le terrain étudié est situé sur le site du parking public du CHU de Clermont-Ferrand Gabriel-Montpied de la commune de CLERMONT-FERRAND sur la rue de la Garde-Haute (cf. plan de situation joint en annexe). Il correspond à la parcelle figurant au cadastre sous le n° 167 de la section BD (cf. extrait du plan cadastral ci-dessous).

D'un point de vue topographique, le terrain présente une faible pente d'environ 5 % orientée du Sud vers le Nord avec des cotes variant entre 418.5 et 426.5 m NGF environ.

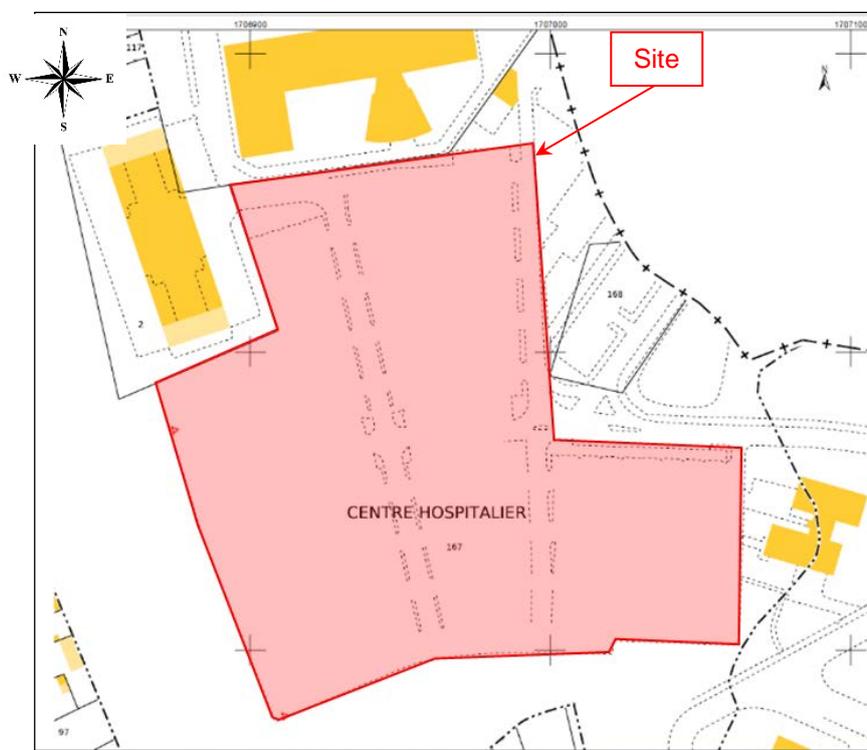


Figure 1 - Extrait du plan cadastral du site (cadastre.gouv.fr)

Actuellement, la zone d'emprise du projet est un parking aérien sans superstructure d'environ 22 000 m² de superficie avec 956 places de stationnement (cf. photographie aérienne ci-après).



Figure 2 - Photographie aérienne du site

3. Caractéristiques du projet

Le projet sur le lot 2 consiste en la construction d'un parking aérien en superstructure afin d'augmenter le nombre de places de stationnement et d'installer d'éventuelles ombrières photovoltaïques. Les données mises à notre disposition ne précisent pas le nombre d'étages de ce parking mais on peut supposer qu'il sera réalisé sur 2 niveaux (RdC et R + 1) compte tenu du nombre de places supplémentaires visées (+ 1000). Il est également supposé que la structure occupe toute l'emprise du lot 2 telle que présentée sur la Figure 1.

Pour l'établissement de la présente étude, les données suivantes ne sont pas connues : le calage altimétrique de la superstructure, les descentes de charges sur ses fondations et les surcharges d'exploitation sur son dallage.

Les hypothèses devront être précisées par le Maître d'Ouvrage dans le cadre de l'étude géotechnique de conception (mission d'ingénierie géotechnique classée G2 selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 ; cf. pièces jointes en annexe n° 1).



4. Contexte géologique et risques naturels

4.1. Contexte géologique prévisible

Du point de vue géologique, nous étions susceptibles de mettre en évidence dans ce secteur, des sols constitués successivement (cf. extrait de carte ci-après) :

- de remblais liés à l'aménagement du site,
- Basalte (b), formations volcaniques quaternaires,
- formations argilo-calcaires des bas-versants (CRg) dérivées du substrat marneux et calcaires, et de RCg (épaisseur supérieure à 1 m). Formations dérivées de l'Oligocène.

Les formations basaltiques peuvent présenter des niveaux de compacité variables y compris au sein du massif sain avec des passées scoriacées présentant des caractéristiques mécaniques nettement plus faibles. Cet aléa présente un risque pour les ouvrages et bâtiments fondés dans ces formations.



Figure 3 - Extrait de la carte géologique de CLERMONT-FERRAND au 1/50 000

Les sondages réalisés dans le cadre de l'étude du Lot 1 [6.] et ceux réalisés dans le cadre d'études antérieures à proximité du site confirment que les sols d'assise sont constitués essentiellement de formations basaltiques avec une couverture de remblais des aménagements antérieurs, d'horizons d'altération et de produits de coulées volcaniques explosives (cendre volcaniques, pouzzolane, scories,...). Les limites de couches peuvent être résumées comme suit :

- des **remblais** des aménagements antérieurs, sur une épaisseur moyenne de l'ordre du mètre avec des surprofondeurs ponctuelles pouvant atteindre 2.8 m/TN,
- sous les remblais, on rencontre généralement un horizon de **Pouzzolane** dont la compacité varie en fonction de la nature des matériaux : Pouzzolane limoneuse, sableuse ou à blocs, jusqu'à une profondeur moyenne d'environ de 2.5 m/TN mais pouvant atteindre 5.5 m/TN,



- la couche suivante se compose de **basalte scoriacé** avec une **couche d'altération basaltique**. Il est rencontré jusqu'au toit du **basalte massif** à des profondeurs variant de 2.6 à 7,0 m/TN mais généralement de l'ordre de 4 m/TN.

Nota : la différenciation de l'horizon pouzzolanique et celui des basaltes scoriacés ou altérés n'est pas évidente du fait de leur nature proche (présence de blocs sur les deux) et de l'absence de sondage carotté permettant de visualiser l'interface des différentes formations en continu et de manière précise.

Au droit du Lot 2, en plus des horizons mentionnés ci-dessus, la base de données du sous-sol indique la présence d'argile marno-calcaire dans la partie Sud de la zone d'emprise du projet.

4.2. Hydrologie

Nous avons consulté le site internet du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (<http://www.georisques.gouv.fr>) concernant la sensibilité aux remontées de nappes et il s'en dégage que la commune de Clermont-Ferrand est un territoire à risque important d'inondation, néanmoins d'après la cartographie des zones inondables, le site d'étude est hors zone d'aléa.

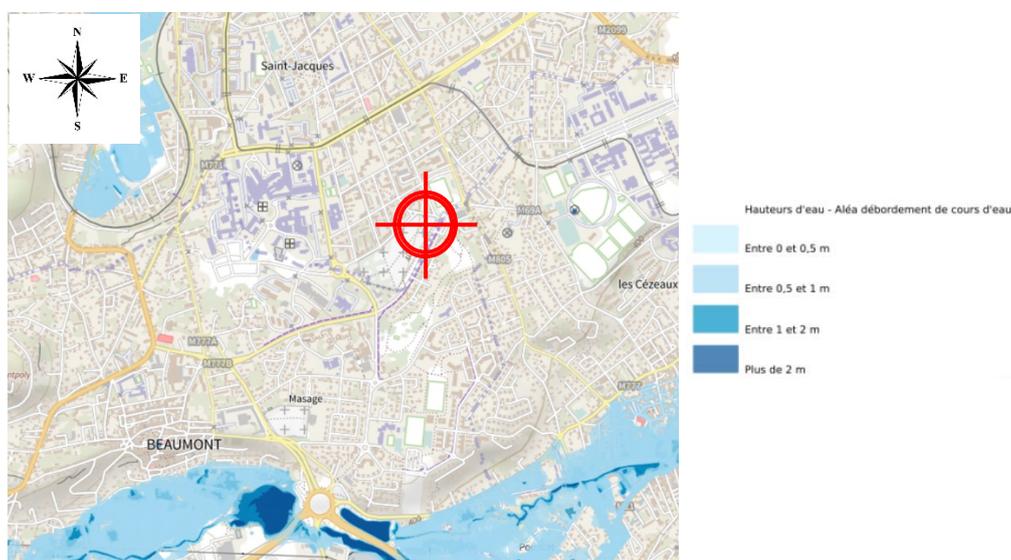


Figure 4 - Carte des territoires à risque important d'inondation (Source : Ministère en charge de l'environnement)



4.3. Retrait-gonflement des argiles

Nous avons consulté le site internet du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (<http://www.georisques.gouv.fr>) concernant l'exposition au retrait-gonflement des argiles et il s'en dégage que le terrain est dans une zone d'exposition nulle, néanmoins à proximité d'une zone d'exposition forte (cf. extrait de carte ci-dessous).



Figure 5 Extrait de la cartographie de l'exposition au retrait-gonflement des argiles (Source : BRGM)

Le niveau d'exposition forte est affecté à des zones pour lesquelles la probabilité de survenance d'un sinistre est plus élevée et/ou l'intensité des phénomènes attendus est plus forte.

4.4. Sismicité

Le zonage sismique français en vigueur depuis le 1er mai 2011 est défini dans les décrets n°2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, codifiés dans les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement. Ce zonage, reposant sur une analyse probabiliste de l'aléa, divise la France en 5 zones de sismicité, de 1 (sismicité très faible) à 5 (sismicité forte).

La commune de CLERMONT-FERRAND se trouve en zone de sismicité 3 (niveau d'aléa modéré), nécessitant une adaptation spécifique du projet vis-à-vis du risque sismique.

Par conséquent, les règles de construction parasismique ne concerneront le projet que si le bâtiment s'avère être de catégorie d'importance II à IV ($agr=1.1 \text{ m/s}^2$ selon l'Eurocode 8). **La catégorie d'importance du bâtiment devra être précisée par le Maître d'Ouvrage.**

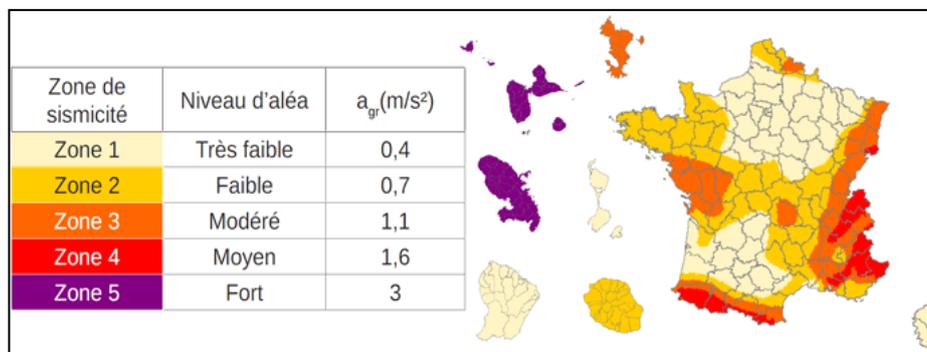


Figure 6 - Cartographie de la sismicité en France

4.5. Divers

En plus des aléas ci-dessus, la commune de CLERMONT-FERRAND est classée en zone d'aléa fort vis-à-vis du potentiel radon. Le radon est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium.



5. Résultats obtenus

5.1. Nature des sols reconnus

Les sondages pressiométriques SP201 à SP203 et le sondage destructif SD201 ont été réalisés au tricône de diamètre 64 mm avec injection d'eau claire et/ou GSP. Ce type de sondage ne permet pas de visualiser les sols dans leur état naturel ou peu remanié.

Les coupes lithologiques définies à partir des cuttings de forage remaniés et déstructurés et des enregistrements des paramètres de forage (vitesse d'avancement, couple de rotation, pression sur l'outil et pression d'injection) sont donc interprétatives.

Seule la réalisation de sondage carotté permet de visualiser la nature des terrains du site et l'interface des différentes formations en continu de manière précise par des prélèvements d'échantillons intacts ou remaniés. Dans le cadre de ce chantier aucun sondage de ce type n'a été réalisé.

L'examen des matériaux extraits au droit des sondages, complété par l'analyse des diagraphies instantanées, a permis d'établir la succession lithologique suivante :

Couche 0 – Remblais (R)

Cette formation apparaît sur tous les sondages jusqu'à une profondeur comprise entre 0.3 m/TA et 1.4 m/TA (421.85 m NGF et 415.75 m NGF). Il s'agit d'une couche hétérogène, constituée de terrains sablo-graveleux marron avec éventuellement des blocs. Ce terrain est recouvert d'une structure de chaussée bitumineuse ou de terre végétale en fonction de la position du sondage (voirie ou espace vert).

Ces matériaux anthropiques peuvent tout aussi bien renfermer des blocs de toutes dimensions ou des niveaux indurés que des passages complètement décomprimés.

De plus, à la suite des aménagements antérieurs du site, il n'est pas non plus exclu de rencontrer des surépaisseurs localisées de remblais entre sondages.

Couche 1 – couche d'altération du rocher basaltique ou produits pyroclastiques (A)

Cette formation est rencontrée dans tous les sondages notamment profonds en-dessous de la couche de remblai, respectivement à des profondeurs comprises entre 0.30 m/TA et 4.4 m/TA (424.7 m NGF et 415.75 m NGF). Elle apparaît sous la forme de produit volcanique « explosif » dont la compacité varie en fonction de la nature des matériaux : Pouzzolane limoneuse, argileuse ou sableuse à blocs ou d'horizon altération du rocher basaltique.

Cet horizon présente une importante hétérogénéité en fonction de la position du sondage avec des caractéristiques mécaniques variables. Cette couche peut être probablement être assimilée à une formation de produits pyroclastiques ou d'altération du rocher basaltique.





Couche 2 – Coulée basaltique

Cette formation est rencontrée sur la moitié Nord du site, les limites d'extension de la coulée basaltique au droit de la zone restent encore non précises à ce stade du projet du fait d'un nombre limité de sondages la traversant. Néanmoins, on peut retenir un biseautement de la formation du Sud vers le Nord, avec les observations suivantes :

- dans la partie Nord du site (zone 1 à 3), le rocher basaltique est rencontré à partir de 3.25 m/TN de profondeur (soit à une cote inférieure 417.8 m NGF) jusqu'à la base des sondages profonds,
- dans la partie centrale du site (Z13), elle est rencontrée entre 4.4 à 6.3 m/TN soit à des côtes comprises entre 417.8 et 415.9 m NGF,
- dans la partie Sud du site, nous n'avons pas observé la formation du rocher basaltique dans les sondages profonds mais plutôt l'apparition d'une formation argilo-calcaire.

Les sondages destructifs n'ont révélé aucun passage décomprimé au sein du massif basaltique dans la partie Nord. Ces résultats sont plutôt rassurants sur la qualité du substratum rocheux au niveau des fondations du projet. Toutefois, la géométrie de la formation et la nature nécessairement ponctuelle des sondages ne permettent pas de garantir l'absence totale de passages décomprimés au sein du massif basaltique.

Couche 3 – Argilo-calcaire

Cette formation est observée en-dessous du rocher basaltique dans la partie centrale du site (SP202) et en-dessous des remblais et d'une potentielle **formation pyroclastique (couche 1)** (Z7 à Z24) jusqu'à la base des sondages profonds. Elle apparaît sous la forme d'une argile calcaire. Cette couche peut être assimilée à la **formation argilo-calcaire des bas-versants dérivée du substrat marneux et calcaires**. En effet, on observe dans cette formation une chute des paramètres mécaniques et une augmentation des vitesses d'avancement par rapport à celles enregistrées dans le rocher basaltique.

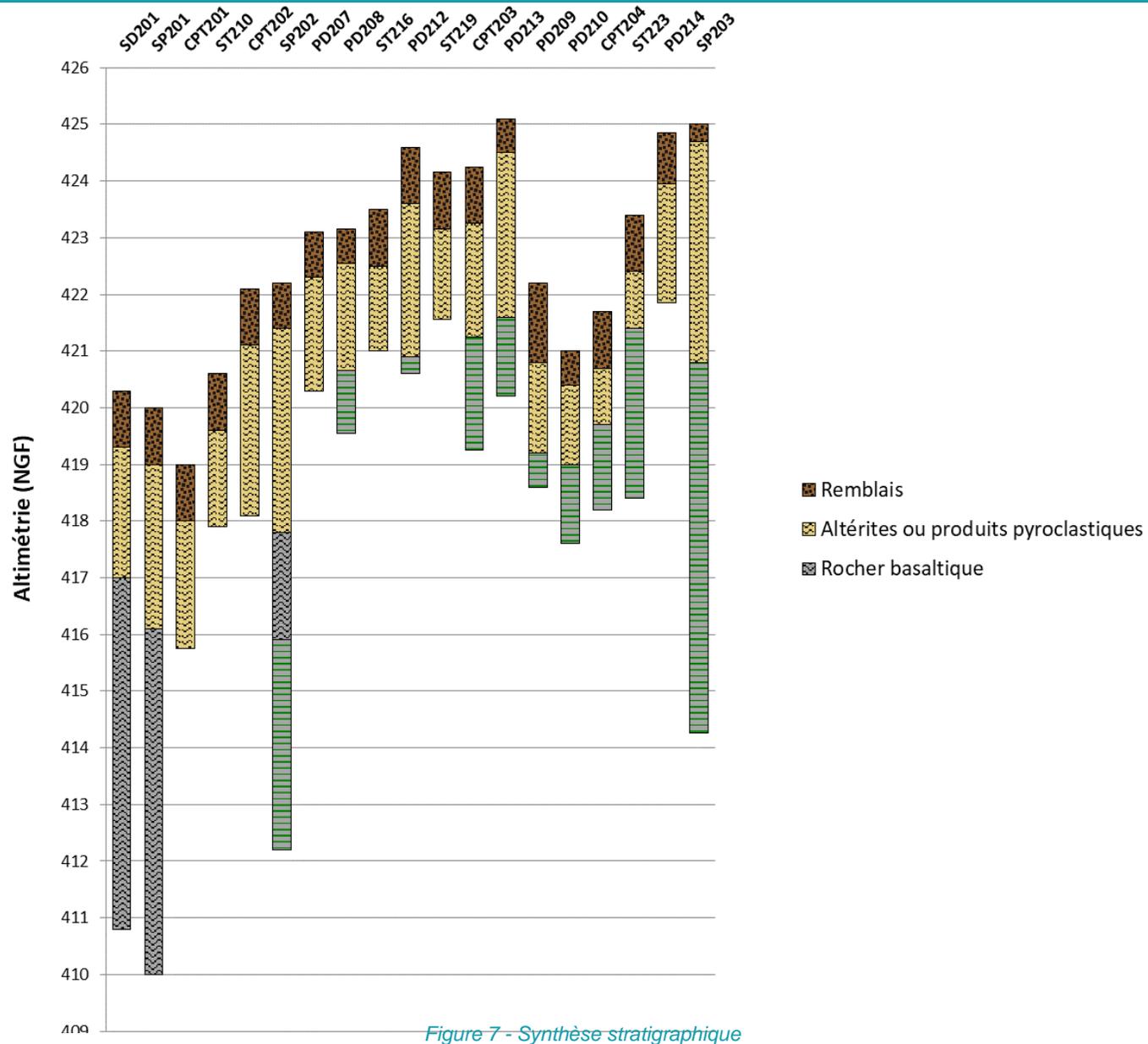
Les caractéristiques mécaniques (pression limite, pression de fluage et module pressiométrique) montrent des valeurs faibles voire très faibles dans cette couche. Les paramètres mécaniques et les vitesses d'avancement enregistrées dans la couche sont assimilables à ceux d'une formation colluvionnaire ou résiduelle.

Le tableau suivant permet de récapituler les profondeurs et cotes de la base des horizons rencontrés au niveau des sondages réalisés :



| Formation présumée | Site | CHU Clermont-Ferrand_Lot 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sondage | SD201 | SP201 | CPT201 | ST210 | CPT202 | SP202 | PD207 | PD208 | ST216 | PD212 | ST219 | CPT203 | PD213 | PD209 | PD210 | CPT204 | ST223 | PD214 | SP203 |
| Cote NGF forage | 420,30 | 420,0 | 419,0 | 420,60 | 422,10 | 422,20 | 423,10 | 423,15 | 423,50 | 424,60 | 424,15 | 424,25 | 425,10 | 422,20 | 421,00 | 421,70 | 423,40 | 424,85 | 425,00 | |
| Couche 0 Remblais | Epaisseur (m) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1,4 | 0,6 | 1 | 1 | 0,9 | 0,3 |
| | Profondeur de la base (m) | 3,3 | 3,9 | 3* | 2,7* | 4* | 4,4 | 2,8* | 2,5 | 2,5* | 3,7 | 2,6* | 3 | 3,5 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4,2 |
| Couche 1 Altérites ou produits pyroclastiques | Cote NGF de la base | 417 | 416,1 | 416* | 417,9* | 418,1* | 417,8 | 420,3* | 420,65 | 421* | 420,9 | 421,55* | 421,25 | 421,6 | 419,2 | 419 | 419,7 | 421,4 | 421,85 | 420,8 |
| | Epaisseur (m) | 2,3 | 2,9 | 2 | 1,7 | 3 | 3,6 | 2 | 1,9 | 1,5 | 2,7 | 1,6 | 2 | 2,9 | 1,6 | 1,4 | 1 | 1 | 2,1 | 3,9 |
| Couche 2 Rocher basaltique | Profondeur de la base (m) | 9,5 | 10 | - | - | - | 6,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Cote NGF de la base | 410,8 | 410 | - | - | - | 415,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Epaisseur (m) | 6,2 | 6,1 | - | - | - | 1,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Couche 3 Formations dérivées | Profondeur de la base (m) | - | - | - | - | - | >10 | - | >3,6 | - | >4 | - | >5 | >4,4 | >3,6 | >3,4 | >3,5 | >5 | - | >10,73 |
| | Cote NGF de la base | - | - | - | - | - | <412,2 | - | <419,55 | - | <420,6 | - | <419,25 | <420,7 | <418,6 | <417,6 | <418,2 | <418,4 | - | <414,3 |
| | Epaisseur (m) | - | - | - | - | - | >3,7 | - | 1,1 | - | 0,3 | - | 2 | 1,4 | 0,6 | 1,4 | 1,5 | >3 | - | >6,53 |

(*): refus du forage (-): formation non identifiée ou non atteinte par le forage





5.2. Hydrogéologie

Lors de notre intervention, mi-juillet 2022, nous n'avons observé aucune arrivée d'eau pour l'ensemble des sondages, néanmoins des zones humides sont observées dans la couche 3.

Nous rappelons que la méthodologie de foration employée avec injection d'eau pour la réalisation des sondages destructifs ne permet pas de définir un niveau d'eau stabilisé et que les sondages au pénétromètre dynamique ne sont pas indiqués pour les observations de niveau d'eau.

Dans le cadre de cette étude, aucune installation piézométrique visant à observer la variation de la nappe au droit du site n'était prévue. Nous rappelons que seul un suivi du niveau d'eau dans un piézométrique sur une durée significative permettra de statuer sur la présence d'un niveau d'eau et ses fluctuations au droit du site.

5.3. Caractéristiques pressiométriques

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (EM : module pressiométrique, PI* : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués au droit des sondages pressiométriques.

L'analyse des valeurs obtenues par formation et en fonction de la zone d'étude est présentée ci-après.

Couche 0 – Remblais (R)

Cet horizon sablo-limoneux à graveleux avec plus ou moins d'éléments anthropiques (Remblais) a fait l'objet d'un seul essai pressiométrique du fait de sa faible épaisseur au droit du site.

$$PI^* = 1,8 \text{ MPa} \quad \text{et} \quad Em = 19,4 \text{ MPa}$$

Cet essai donne une valeur ponctuelle, néanmoins pour rappel, les remblais se caractérisent par une très grande hétérogénéité pouvant renfermer en son sein aussi bien des passages très décomprimés que des blocs divers (vestiges...).

Ces matériaux, s'ils ne sont pas nobles et/ou n'ont pas fait l'objet d'une amélioration de sols ou traitement dans la masse ou de procédure de compactage spécifique sont, par leur nature, impropres à recevoir des fondations.



Couche 1 - couche d'altération du rocher basaltique ou produit pyroclastiques (A)

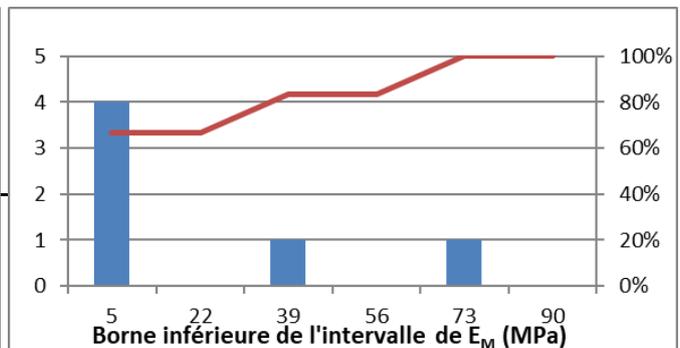
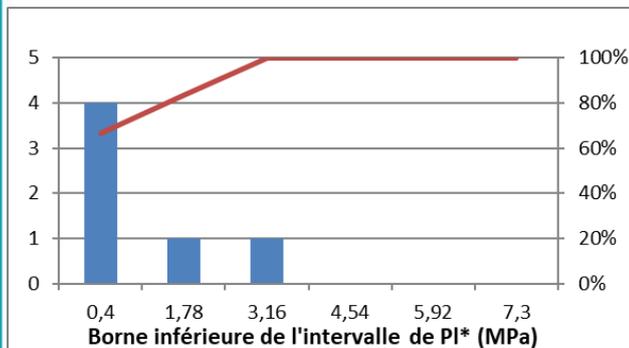
Les terrains au-dessus du rocher basaltique (couche 2) ou de la formation dérivée (couche 3) ont fait l'objet de 6 essais pressiométriques, respectivement à des profondeurs comprises entre 1,5 et 4,5 m/TA. Ces essais indiquent d'après les données pressiométriques (tableaux ci-dessous) un mélange de matériaux pyroclastiques et d'altération du rocher basaltique avec des compacités très variables, notamment dû à leur nature (limon sableux ou argile limoneuse à blocs ou des scories).

PRESSIION LIMITE PI*

| PI* min | PI* max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne géométrique |
|---------|---------|----------------------|------------|------------|---------------------|
| 0,18 | 3,25 | 1,11 | 1,05 | 0,95 | 0,69 |

MODULE PRESSIOMETRIQUE E_M

| E _M min | E _M max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne harmonique |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------|------------|--------------------|
| 1,60 | 73,90 | 25,1 | 28,3 | 1,13 | 4,4 |





Couche 2 – Rocher basaltique

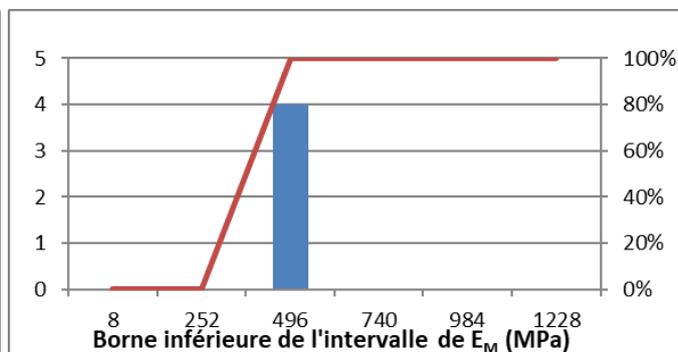
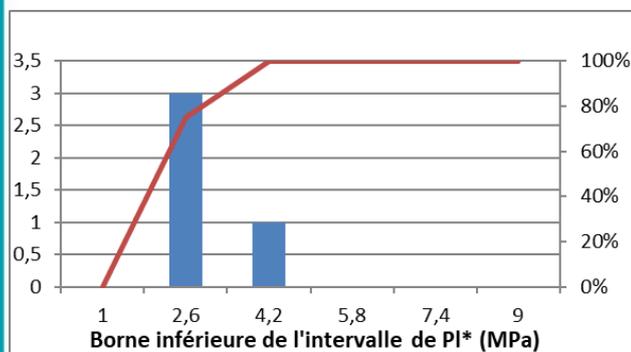
Le rocher basaltique identifié sur la partie nord et le centre du site a fait l'objet de 4 essais pressiométriques essentiellement au droit du SP201 à des profondeurs supérieures ou égales à 4.5 m/TA. Ces essais indiquent d'après les données pressiométriques (tableaux ci-dessous) un rocher basaltique sain.

PRESSIION LIMITE PI*

| PI* min | PI* max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne géométrique |
|---------|---------|----------------------|------------|------------|---------------------|
| 3,83 | 4,83 | 4,08 | 0,43 | 0,11 | 4,06 |

MODULE PRESSIOMETRIQUE E_M

| E _M min | E _M max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne harmonique |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------|------------|--------------------|
| 500,00 | 500,00 | 500,0 | 0,0 | 0,00 | 500,0 |





Couche 3 – Argilo-calcaire

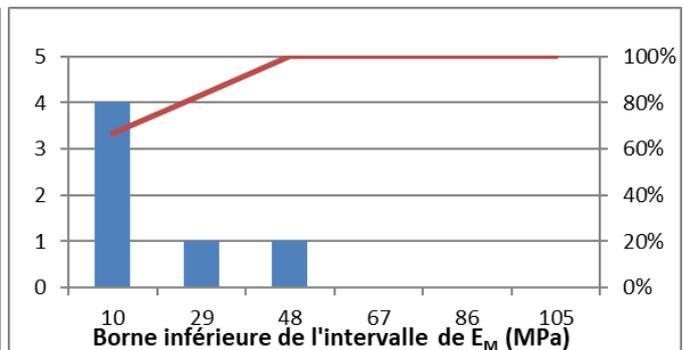
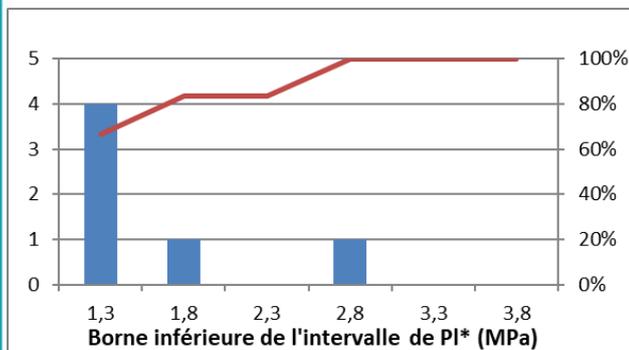
La formation identifiée dans la partie centrale en-dessous du rocher basaltique (couche 2) et en-dessous de l'horizon pyroclastique (couche 1) dans la partie Sud du site a fait l'objet de 6 essais pressiométriques à des profondeurs supérieures ou égales à 4.5 m/TA. Ces essais indiquent d'après les données pressiométriques (tableaux ci-dessous) une formation résiduelle argileuse molle à ferme avec de minces passages indurés donnant des pics de valeur.

PRESSIION LIMITE PI*

| PI* min | PI* max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne géométrique |
|---------|---------|----------------------|------------|------------|---------------------|
| 0,14 | 3,26 | 1,35 | 1,11 | 0,82 | 0,84 |

MODULE PRESSIOMETRIQUE E_M

| E _M min | E _M max | Moyenne arithmétique | Ecart-type | Dispersion | Moyenne harmonique |
|--------------------|--------------------|----------------------|------------|------------|--------------------|
| 1,60 | 52,60 | 19,9 | 17,5 | 0,88 | 5,7 |





5.4. Essais au pénétromètre statique

4 essais au pénétromètre statique ont été réalisés jusqu' au refus.

Les valeurs de résistance de pointe (q_c), peuvent être interprétées de la façon suivante :

- <1.5 MPa : résistance très faible à faible,
- 1.5 à 4 MPa : résistance moyenne,
- 4 à 10 MPa : résistance bonne,
- 10 à 20 MPa : résistance élevée,
- > 20 MPa : résistance élevée.

L'analyse des diagrammes, correspondant aux différents essais pénétrométriques réalisés, est commentée comme suit :

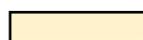
| CPT201 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | q_c (MPa) |
| 0,0 - 0,5 | 4 - 9 |
| 0,5 - 1,7 | 28 - 47 |
| 1,7 - 3,25 | >50 |

| CPT202 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | q_c (MPa) |
| 0,0 - 1,25 | 15 |
| 1,25 - 2,7 | >20 |
| 2,7 - 4,0 | >70 |

| CPT203 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | q_c (MPa) |
| 0,0 - 1,8 | 11 |
| 1,8 - 3,5 | 10 (15) |
| 3,5 - 4,2 | 5 |
| 4,2 - 5,0 | >30 |

| CPT204 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | q_c (MPa) |
| 0,0 - 1,3 | 8 |
| 1,3 - 2,0 | 25 |
| 2,0 - 3,5 | >80 |

Formation présumée :

-  Remblais (couche 0)
-  Altérites ou produits pyroclastiques (couche 1) voire formation dérivée (Couche 3)

Nota : l'interface entre la couche 1 et la couche 3 est difficile à observer à partir de ce type de sondage du fait de son comportement mécaniquement assez similaire.



5.5. Essais au pénétromètre dynamique

14 essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés sur le site jusqu'au refus du sondage.

Les valeurs de résistance dynamique apparente (Rd) mesurées au droit des sondages peuvent être interprétées de la façon suivante :

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

L'analyse des diagrammes de pénétration dynamique au droit du lot 1 est présentée dans les tableaux ci-dessous.

| PD202 | |
|-------------------|----------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 – 1,0 | Bonne à élevée |
| 1,0 - 1,4 | Très élevée |

| PD203 | |
|-------------------|----------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 1,4 | Bonne à élevée |
| 1,4 - 2,6 | Elevée à Très élevée |

| PD204 | |
|-------------------|----------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 – 1,2 | Bonne à élevée |
| 1,2 – 2,4 | Elevée à Très élevée |

| PD205 | |
|-------------------|---------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 2,0 | Bonne à très élevée |
| 2,0 - 3,0 | Très élevée |

| PD206 | |
|-------------------|----------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 0,6 | Elevée à Très élevée |
| 0,6 – 1,0 | Très élevée |

| PD206 bis | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 – 1,0 | Très élevée |
| 1,0 – 1,4 | Très élevée |

| PD207 | |
|-------------------|----------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 1,6 | Elevée à Très élevée |
| 1,6 - 2,8 | Très élevée |

| PD208 | |
|-------------------|---------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 1,0 | Bonne à très élevée |
| 1,0 - 1,6 | Bonne |
| 1,6 – 3,6 | Très élevée |

| PD209 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 – 1,2 | Très élevée |
| 1,2 – 2,0 | Elevée |
| 2,0 – 3,6 | Très élevée |

| PD210 | |
|-------------------|----------------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 0,6 | Bonne à élevée |
| 0,6 - 2,0 | Elevée à Très élevée |
| 2,0 - 2,6 | Bonne |
| 2,6 - 3,4 | Très élevée |

| PD211 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 1,0 | Très élevée |
| 1,0 - 2,0 | Bonne |
| 2,0 – 3,4 | Très élevée |

| PD212 | |
|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 – 1,0 | Très élevée |
| 1,0 – 2,2 | Bonne |
| 2,2 – 3,6 | Moyenne |
| 3,6 – 4,0 | Très élevée |



| PD213 | | PD214 | |
|-------------------|----------------------|-------------------|-------------|
| Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) | Profondeur (m/TN) | Rd (MPa) |
| 0,0 - 0,6 | Très élevée | 0,0 – 0,8 | Très élevée |
| 0,6 - 1,8 | Bonne | 0,8 - 2,4 | Bonne |
| 1,8 - 3,0 | Très élevée | 2,4 – 3,0 | Très élevée |
| 3,0 - 4,4 | Elevée à très élevée | | |

Formation présumée :

-  Remblais (couche 0)
-  Altérites ou produits pyroclastiques (couche 1) voire formation dérivée (Couche 3)

Nota : l'interface entre la couche 1 et la couche 3 est difficile à observer à partir de ce type de sondage du fait de leur comportement mécaniquement assez similaire.

Ces sondages nous indiquent que :

- la couche 0 est formée de remblais hétérogènes avec une compacité bonne à très élevée, notamment due à l'aménagement antérieur du site et au compactage pour la mise en place de la structure de chaussée,
- la couche 1 ou 3 présente une compacité variable de bonne à très élevée et des refus des sondages au pénétromètre dynamique majoritairement au toit de la couche 2 dans la partie Nord et centrale et dans la couche 3 dans la partie Sud.

5.6. Essais de laboratoire

Les résultats des différents essais d'identification et d'agressivité menés en laboratoire sur les échantillons prélevés sont présentés en annexe. Ils peuvent être commentés comme suit.

5.6.1. Essais d'identification GTR

| Sondage | Profondeur (m) | Formation | Description visuelle | Teneur en eau | Granulométrie | | | Indice de plasticité IP | Valeur au bleu VBS (g/100g) | Sous classe GTR |
|---------|----------------|-----------|----------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | | | (%) | <50 mm (%) | <2 mm (%) | <0.08 mm (%) | | | |
| ST206 | 1,0 – 2,0 | Couche 1 | Sable graveleux | 6,35 | 100 | 32,8 | 6,1 | - | 0,37 | B4 |
| ST218 | 1,0 – 2,0 | Couche 1 | Argiles | 20,2 | 100 | 82,3 | 48,6 | 17 | - | A2m |



L'essai d'identification, notamment les limites d'Atterberg (report de ces couples de valeurs sur le diagramme de Casagrande ci-dessous) nous indique que la formation argileuse de la couche A2 est moyennement plastique avec un potentiel gonflant faible.

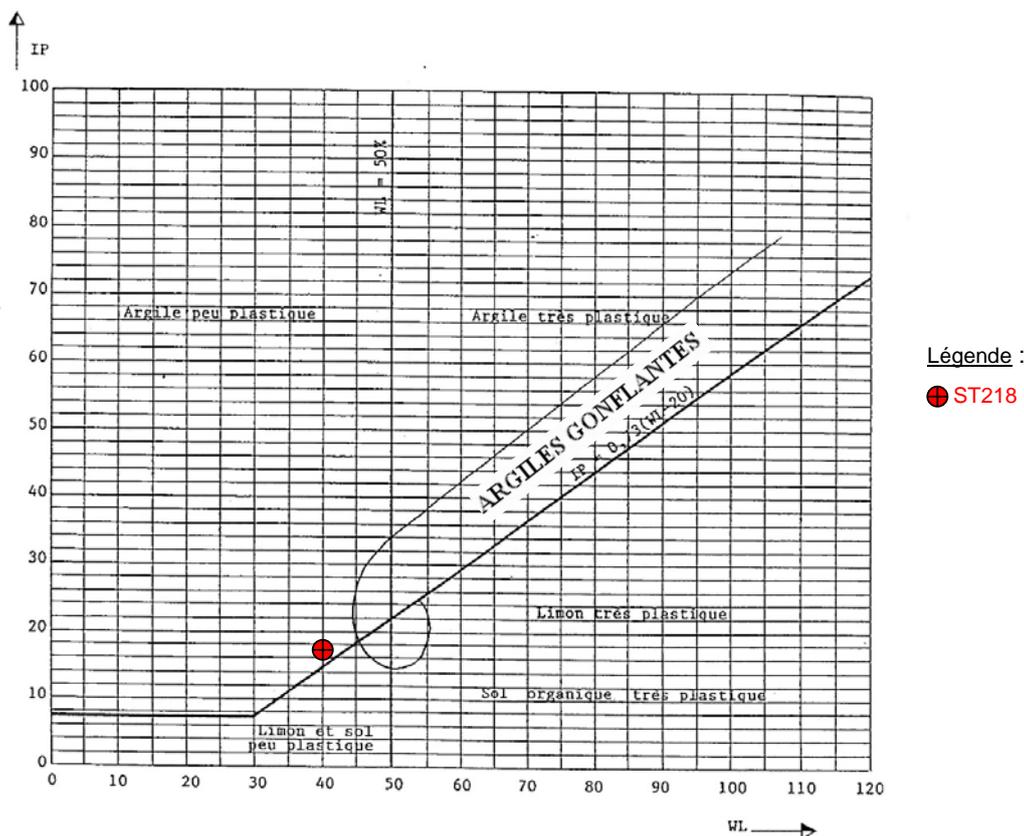


Figure 8 - Diagramme de Casagrande

5.6.2. Agressivités des sols vis-à-vis des bétons

Lors de notre campagne d'investigations sur site, les échantillons prélevés nous ont permis de réaliser 3 mesures d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons. Les résultats de ces 3 mesures sont présentés dans le tableau ci-dessous :

| Nature du sol | Sondage | Profondeur (m) | SO ₄ ²⁻ (mg/kg) | Acidité (ml/kg) |
|-----------------------------|---------|----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Remblai graves sableuses | ST203 | 0,00 à 1,00 | <450 | 21 |
| Graves argileuses | ST214 | 1,00 à 2,00 | <450 | 21 |
| Sable fin à quelques graves | ST222 | 0,00 à 1,00 | <450 | <5 |



En conséquence, selon la norme NF EN 206/CN de décembre 2014 (cf. extrait du tableau 2 ci-dessous), les échantillons de sols ne présentent pas d'agressivité chimique significative vis-à-vis du béton ($\text{SO}_4^{2-} < 2\,000$ mg/kg et acidité ≤ 200 ml/kg).

| Caractéristique chimique | Méthode d'essai de référence | XA1 | XA2 | XA3 |
|---|------------------------------|---|---|-------------------------------|
| Sols | | | | |
| SO_4^{2-} total, en mg/kg ^a | EN 196-2 ^b | $\geq 2\,000$ et $\leq 3\,000$ ^c | $> 3\,000$ ^c et $\leq 12\,000$ | $> 12\,000$ et $\leq 24\,000$ |
| Acidité selon Baumann-Gully, en ml/kg | prEN 16502 | > 200 | N'est pas rencontrée dans la pratique | |
| ^a Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10^{-5} m/s peuvent être affectés à une classe inférieure. ^b La méthode d'essai prescrit l'extraction du SO_4^{2-} à l'acide chlorhydrique ; il est également possible de procéder à cette extraction à l'eau, si l'on dispose d'une expérience en la matière sur le lieu d'utilisation du béton. ^c La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton en raison de l'alternance de périodes sèches et de périodes humides ou d'absorption capillaire. | | | | |

Extrait du tableau 2 de la norme NF EN 206/CN de décembre 2014



6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

6.1. Synthèse géotechnique et hydrogéologique

Les résultats des différents sondages réalisés au droit du Lot 2 dans le cadre de cette étude et la topographie variable du site ont permis d'établir plusieurs modèles géotechniques en subdivisant le site en 3 grandes zones dont les limites géographiques restent approximatives.

La partie Nord du site pouvant regrouper les zones Z1 à Z6

| Couche (Formation présumée) | Profondeur de la base (m/TA) | Cote de la base (m NGF) | Epaisseur (m) | Données pressio. Moyennes (MPa) | Commentaires |
|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------|--|--|
| Couche 0 (Remblais) Graves sableuses à argiles graveleuses | 1,0 | 419,0* | 1,0 | PI* = 0,7 MPa E _M = 7 MPa $\alpha = 1/3$ (*) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature très hétérogène• Passages compressibles ou indurés• Blocs ou vestiges possibles• Epaisseur variable (surprofondeurs possibles)• Impropre à recevoir des fondations |
| Couche 1 (Altérite ou produits pyroclastiques) Pouzzolane, scories dans une matrice limoneuse à sableuse voire blocs de basalte dans une matrice argileuse | 4,0* | 416 | 3,0 | PI* = 1,5 MPa E _M = 12 MPa $\alpha = 1/3$ (**) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature hétérogène• Présence possible de passage limoneux lâche, de scories ou blocs de basaltes• Passages compressibles ou indurés |
| Couche 2 (Coulée basaltique) Rocher sain | >10,0 | <410,0 | >6,0 | PI* = 4 MPa E _M = 400 MPa $\alpha = 2/3$ | <ul style="list-style-type: none">• Rocher sain ou peu fracturé |

(*) : le nombre d'essais étant limité dans la couche 0 du Lot 2 et les valeurs d'essai n'étant pas très représentatives d'une couche de remblais, nous proposons de retenir les caractéristiques mécaniques de la couche 0 du Lot 1 [6.].

(**) : ces valeurs tiennent compte des essais aux pénétromètres statique et dynamique qui présentent une couche avec une résistance globalement élevée à très élevée.

Nota : le TA (Terrain Actuel) est considéré au droit de cette partie Nord en moyenne à 420,0 m NGF.



La partie centrale du site pouvant regrouper les zones Z7 à Z13

| Couche (Formation présumée) | Profondeur de la base (m/TA) | Cote de la base (m NGF) | Epaisseur (m) | Données pressio. Moyennes (MPa) | Commentaires |
|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------|---|--|
| Couche 0 (Remblais) Graves sableuses à argiles graveleuses | 1,0 | 421,2 | 1,0 | PI* = 0,7 MPa E _M = 7 MPa α = 1/3 (*) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature très hétérogène• Passages compressibles ou indurés• Blocs ou vestiges possibles• Epaisseur variable (surprofondeurs possibles)• Impropre à recevoir des fondations |
| Couche 1 (Altérite ou produits pyroclastiques) Pouzzolane, scories dans une matrice limoneuse à sableuse voire blocs de basalte dans une matrice argileuse | 4,5 | 417,8 | 3,4 | PI* = 1,5 MPa E _M = 12 MPa α = 1/3 (**) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature hétérogène• Présence possible de passage limoneux lâche, de scories ou blocs de basaltes• Passages compressibles ou indurés |
| Couche 2 (Coulée basaltique) Rocher sain | 6,3 | 415,9 | 1,9 | PI* = 4 MPa E _M = 400 MPa α = 2/3 | <ul style="list-style-type: none">• Rocher sain ou peu fracturé |
| Couche 3 (Argilo-calcaire) Formation dérivée | >10,0 | <412,2 | >3,7 | PI* = 0,5 MPa E _M = 6 MPa α = 2/3 | <ul style="list-style-type: none">• Formation dérivée du substratum marno-calcaire• Passages compressibles ou indurés• Présence possible de blocs de calcaire |

(*) : le nombre d'essai étant limité dans la couche 0 du Lot 2 et les valeurs d'essai n'étant pas très représentative d'une couche de remblai, nous proposons de retenir les caractéristiques mécaniques de la couche 0 du Lot 1 [6.].

(**) : ces valeurs tiennent compte des essais au pénétromètres statique et dynamique qui présentent une couche avec une résistance globalement élevée à très élevée.

Nota : le TA (Terrain Actuel) est considéré en moyenne à 422,2 m NGF.



La partie Sud du site pouvant regrouper les zones Z7 à Z13

| Couche (Formation présumée) | Profondeur de la base (m/TA) | Cote de la base (m NGF) | Epaisseur (m) | Données pressio. Moyennes (MPa) | Commentaires |
|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------|---|--|
| Couche 0 (Remblais) Graves sableuses à argiles graveleuses | 1,5 | 422,5 | 1,5 | PI* = 0,7 MPa E _M = 7 MPa α = 1/3 (*) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature très hétérogène• Passages compressibles ou indurés• Blocs ou vestiges possibles• Epaisseur variable (surprofondeurs possibles)• Impropre à recevoir des fondations |
| Couche 1 (Altérite ou produits pyroclastiques) Pouzzolane, scories dans une matrice limoneuse à sableuse voire blocs de basalte dans une matrice argileuse | 3,5 | 420,5 | 2,0 | PI* = 1,5 MPa E _M = 12 MPa α = 1/3 (**) | <ul style="list-style-type: none">• Matériaux de nature hétérogène• Présence possible de passage limoneux lâche, de scories ou blocs de basaltes• Passages compressibles ou indurés |
| Couche 3 (Argilo-calcaire) Formation dérivée | >10 | <414,0 | >6,5 | PI* = 0,5 MPa E _M = 6 MPa α = 2/3 | <ul style="list-style-type: none">• Formation dérivée du substratum marno-calcaire• Passages compressibles ou indurés• Présence possible de blocs de calcaire |

(*) : le nombre d'essai étant limité dans la couche 0 du Lot 2 et les valeurs d'essai n'étant pas très représentative d'une couche de remblai, nous proposons de retenir les caractéristiques mécaniques de la couche 0 du Lot 1 [6.].

(**) : ces valeurs tiennent compte des essais au pénétromètres statique et dynamique qui présentent une couche avec une résistance globalement élevée à très élevée.

Nota : le TA (Terrain Actuel) est considéré en moyenne à 424,0 m NGF.

Dans la suite du rapport, nous retiendrons une absence de nappe souterraine à faible profondeur dans la zone d'influence du projet.



6.1. Terrassements

Le projet de réalisation du parking aérien GM (cf. § 3) implique des problématiques de terrassement notamment pour la réalisation des fondations de la superstructure.

Les terrassements seront réalisés en déblai et devraient concerner essentiellement les formations 0 et 1 (couche de remblais et la couche d'altération du rocher basaltique ou produits pyroclastiques). Ces matériaux pourront être extraits avec des engins classiques à godet de bonne puissance et d'un matériel désagrégateur (BRH par exemple) pour les passages indurés.

Dans le cas où les terrassements atteindraient le substratum rocheux (couche 2), ils nécessiteront du matériel désagrégateur (dent de déroctage, BRH par exemple) ou d'autres moyens permettant le terrassement du substratum rocheux sain et dur. Compte tenu du contexte urbain et de la proximité des installations du CHU, le recours à des explosifs paraît exclu. L'utilisation du BRH est envisageable mais il conviendra de s'assurer que le matériel employé ne génère pas des nuisances sonores ou vibratoires incompatibles avec les activités des bâtiments du CHU à proximité. Dans l'hypothèse où ces nuisances apparaîtraient inacceptables, l'entreprise pourra proposer des méthodes de terrassement alternatives (fraisage, pré-fracturation du massif rocheux...).

Sur la base des observations des niveaux de nappe en cours de forage, on peut estimer qu'en dehors des périodes défavorables, les terrassements se feront hors nappe dans la zone d'influence du projet.

Compte tenu de la profondeur des ouvrages à environ 2.0 m/TN (ancrage des fondations), des formations impactées, de la géométrie des ouvrages et des emprises disponibles, on s'orientera vers des terrassements par talutage ou réalisés à l'abri d'un soutènement par blindage.

A ce stade, aucun système de rabattement de la nappe ne sera à prévoir pour la réalisation des travaux d'infrastructures. Toutefois, nous rappelons que seul le suivi piézométrique en cours permettrait de statuer sur les fluctuations de la nappe au droit du site.

Cependant, des circulations d'eau erratiques peuvent avoir lieu au sein des formations 0 et 1, en période pluvieuse prolongée, qui pourraient nécessiter pour les travaux de terrassement en déblai, une collecte de ces venues d'eaux en fond de fouille raccordés à une pompe de relevage reliées à un exécutoire efficace.

Dans la nécessité de limiter les arrivées d'eau de ruissellement et de percolation à travers les talus généraux des fouilles, liées à l'impluvium et palier à la pluviométrie directe sur le fond de fouille arasé, il conviendra de réaliser ces travaux en conditions climatiques favorables.



6.2. Solution de fondation

6.2.1. Principe de fondation

Le parking est supposé être en aérien avec 2 niveaux (RDC et R+1), dans ce cas, on pourra s'orienter vers une solution de fondations superficielles de type **massifs isolés et semelles filantes** descendues dans les altérites et produits pyroclastiques (couche 1), avec un ancrage minimum de 0.3 m dans cette couche.

On prévoira d'ancrer les fondations à une profondeur minimale de 0,80 m (cf.6.1.4) par rapport au terrain fini afin d'assurer une protection contre les effets du gel.

6.2.2. Méthodologie de calcul

La **capacité portante** des fondations $R_{v,d}$ est calculée conformément à la norme NFP 94-261, par application des relations suivantes :

$$R_{v,d} = \frac{q_{net}}{\gamma_{R;d;v} \times \gamma_{R;v}}$$

et

$$q_{net} = k_p \times ple^* \times i_\delta \times i_\beta$$

Cette capacité portante doit être comparée à la descente de charge V_d tel que : $R_{v,d} \geq V_d - R_0$

Les différents paramètres utilisés sont indiqués dans le tableau ci-après.



| Param. | Signification | Valeur particulière |
|------------------|--|--|
| i_{δ} | Coefficient minorateur tenant compte de l'inclinaison de la résultante du chargement | = 1 pour une charge verticale < 1 pour résultante de charge inclinée |
| i_{β} | Coefficient minorateur tenant compte de la présence d'un talus à proximité de la fondation | = 1 pour un site plan |
| pl_e^* | Pression limite nette équivalente | - |
| k_p | Facteur de portance pressiométrique | = 1.0 dans les sables et graves en négligeant l'encastrement = 0.8 dans les autres cas en négligeant l'encastrement |
| A' | Surface effective de la fondation tenant compte de l'excentrement de la charge | = A (surface réelle de la fondation) dans le cas d'une charge centrée |
| $\gamma_{R;d;v}$ | Coefficient de modèle | = 1.2 pour un calcul en méthode pressiométrique |
| $\gamma_{R;v}$ | Coefficient partiel | = 2.3 à l'ELS quasi-permanent et caractéristique = 1.4 à l'ELU durable et transitoire |
| R_0 | Poids du volume de sol au-dessus de la fondation après travaux | = 0 en négligeant l'encastrement |

Tableau 1 - Définition des différents paramètres de calcul des fondations superficielles

Les **tassements** des semelles superficielles ont été estimés à partir de la norme NF P94-261. Ils sont calculés à partir de la formule suivante :

$$s = s_c + s_d = \frac{\alpha \cdot q \cdot \lambda_c \cdot B}{9E_c} + \frac{2q \cdot B_0}{9E_d} \left(\frac{\lambda_d \cdot B}{B_0} \right)^\alpha$$

Avec :

- E le module pressiométrique Ménard,
- q la contrainte moyenne effective appliquée au sol par la fondation,
- B_0 la largeur de référence égale à 0.6 m,
- B la largeur de la fondation,
- α le coefficient rhéologique,
- λ_c, λ_d coefficients de forme, fonction du rapport L/B.

Cette estimation considère l'amortissement des contraintes avec la profondeur au droit de la fondation et en additionnant le tassement du terrain dû aux déformations de cisaillement s_d avec les déformations volumiques sous la fondation s_c . Ces calculs sont menés à l'aide du logiciel FOXTA v4 module FONDSUP.



6.2.3. Exemples d'ébauches dimensionnelles

A titre d'exemple, pour des fondations ancrées au minimum de 0,50 m au sein de la formation 1, on pourra retenir en première approche pour une charge verticale centrée le « taux de travail apparent » suivant :

$$q_{ELS} = R_{v;d}/A' = 430 \text{ kPa}$$

$$q_{ELU} = R_{v;d}/A' = 710 \text{ kPa}$$

Les descentes de charge des ouvrages de la superstructure ne nous ont pas été fournis pour la réalisation de la présente étude, elles sont donc estimées sous la forme d'ordres de grandeur de contrainte ou de résultante en base de l'ouvrage, comme suit :

- 500 kN appuis (poteau),
- 100 kN/ml (murs porteurs si présent).

| | Massif isolé | Semelle filante |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
| V_d à l'ELS estimée | 500 kN | 100 kN/ml |
| Dimensions de fondation | 1,10 m x 1,10 m | 0,50 m |
| Capacité portante à l'ELS $R_{v;d}$ | 520 kN | 215 kN/ml |

- Estimation des tassements

En partant sur l'hypothèse de fondations ancrées au minimum de 0,50 m dans la couche 1, à titre d'exemple, nous avons procédé à des calculs exploratoires de tassement sur les deux parties extrêmes du site sur la base des modèles géotechnique respectifs (cf. §6.1).

On retient que :

- les tassements dans la partie Nord seront de l'ordre du demi-centimètre,
- et ceux de la partie Sud seront de l'ordre du centimètre.

Ces valeurs de tassement engendreront des tassements différentiels entre les différents points d'appui de la superstructure qui devraient être inférieurs au demi-centimètre.

Les chiffres ci-dessus ne sont pas à considérer dans toute leur rigueur mathématique, mais plutôt comme un ordre de grandeur des phénomènes. Ils pourront être vérifiés en fonction du niveau retenu pour l'assise des fondations, avec le plan de fondations et de descentes de charges réelles avec les autres états limites du projet dans le cadre d'une mission de conception afin de valider ces hypothèses.





6.2.4. Sujétions d'exécution des fondations

La réalisation d'un système de fondation par **semelles superficielles** impliquera de respecter les préconisations suivantes :

- les fondations devront impérativement être ancrées au sein des terrains au minimum de 0,80 m en respectant la mise hors-gel conformément à la norme NF P 94-261/A1, par application de la relation suivante :

$$H = H_0 + \frac{A - 150}{4000}$$

Avec :

- H : la profondeur de mise hors gel
- A : l'altitude (fixé à 424 m NGF, moyenne sur la base du plan de nivellement fourni)
- H0 une valeur lue sur la carte ci-dessous :



Figure 9 - Carte indicative de gel

- les fondations devront impérativement être ancrées dans les altérites et produits pyroclastiques de la couche 1 au minimum de 0,50 m,
- l'homogénéité des fonds de fouille sera soigneusement contrôlée et il faudra purger toute épaisseur de sols remaniés/remblais (couche 0) identifiée en fond de fouille,
- la rencontre de blocs ou de niveaux indurés de toute nature pourra gêner les terrassements et nécessiter l'utilisation de moyens adaptés (BRH...),
- on ne descendra pas en-dessous d'une largeur de 0,50 m pour des semelles filantes et de 0,70 m pour des semelles isolées,



- le coulage du béton devra suivre immédiatement l'ouverture des fouilles afin d'éviter tout risque d'altération de leurs parois. Toute ouverture prolongée des fouilles devra conduire à un curage avant bétonnage,
- dans des conditions hydrogéologiques équivalentes à celles de notre intervention, la nappe phréatique ne devrait pas être recoupée lors de l'ouverture des fouilles. Toutefois, un système d'épuisement en fond de fouilles devra être prévu pour la collecte et l'exhaure des eaux de ruissellement au sein des remblais pouvant s'accumuler en fond de fouille dans les Graves limono-sableuses (couche 0) et des altérites ou produits volcaniques (couche 1) avant infiltration, afin de couler les fondations à sec,
- pour le positionnement des fondations dans l'espace, il conviendra de respecter la règle des redans, conformément à la figure 8.1 de la norme NF P 94-261 sur les fondations superficielles (Figure 9), entre les fondations du projet et également avec celles existantes en mitoyenneté.

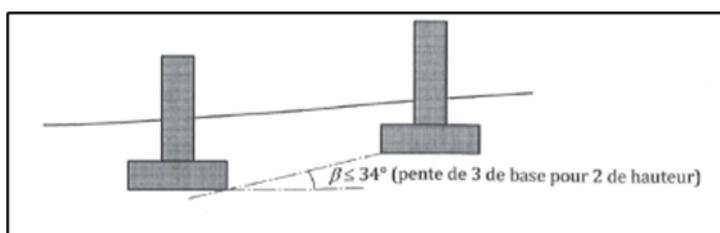


Figure 10. - Règle des redans pour les fondations superficielles

- Pour les ouvrages du projet concernés par la conception parasismique, il conviendra de respecter les préconisations de l'Eurocode 8 en respectant une pente de 3H/1V entre les arrêtes de fondations voisines.

6.3. Niveau bas

A ce stade du projet, nous n'envisageons pas de niveau bas proprement dit mais plutôt un corps de chaussée étudié dans le paragraphe ci-dessous.



6.4. Etude de la voirie

6.4.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et arase terrassement et couche de forme

L'intégralité de la terre végétale et de l'enrobé reconnus sur des épaisseurs maximales de 10 cm au droit des sondages devra être purgée et ne servira jamais de support de plate-forme.

On notera que des purges plus importantes pourront s'avérer nécessaires en cas de surépaisseurs de terre végétale ou d'enrobé, ou encore d'horizon décomprimé.

Après purge, selon les sondages que nous avons réalisés, la PST sera constituée de remblai divers majoritairement graveleux dans une matrice sableuse, limoneuse ou argileuse et plus ou moins caillouteux. En l'absence d'essai d'identification en laboratoire de cet horizon et selon les observations visuelles du matériau, nous les assimilons à la classe B voir CnBi à l'état « m » à « s » selon la classification GTR.

Compte tenu de ces résultats et des essais aux pénétromètres dynamique et statique, on prévoira un décapage des terrains en place décomprimés afin d'obtenir une PST2/AR1.

Afin d'obtenir une plate-forme de classe PF2, on prévoira la réalisation d'une couche de forme en matériaux granulaires (type D3) de 40 cm d'épaisseur au minimum avec intercalation d'un géotextile à l'interface entre la PST et la couche de forme qui permettra l'amélioration de la portance à long terme en évitant la contamination de la couche de forme.

Des essais à la plaque devront être réalisés après mise en place de la couche de forme afin de contrôler la classe de plateforme obtenue ($EV2 \geq 50\text{MPa}$).

6.4.2. Préconisations d'exécution de la voirie

- Nous conseillons vivement de prévoir la réalisation des travaux de voirie en période de météorologie favorable afin d'éviter la dégradation de la plate-forme aux intempéries. En période de météorologie défavorable, la plate-forme pourra s'avérer rapidement impraticable. Dans tous les cas, il sera nécessaire de créer de légères pentes pour l'écoulement des eaux pluviales permettant leur évacuation vers les fossés (cf. § suivant).
- Nous préconisons de prévoir un drainage autour de la voirie (fossés) de manière à évacuer les eaux pluviales et éviter qu'elles ne stagnent dans le corps de chaussée. Les fossés devront être entretenus, notamment nettoyés régulièrement pour enlever les boues et les dépôts argileux qui auront pu s'y être décantés.



- La plate-forme devra être fermée avant tout épisode pluvieux pour limiter les risques d'infiltration d'eau.
- Les matériaux mis en œuvre devront être soigneusement compactés et la qualité du compactage des couches mises en œuvre devra être vérifiée par essais à la plaque. De plus, on prévoira un compactage du fond de forme avant mise en œuvre de la couche de forme. Il serait ainsi préférable de compacter le fond de forme aussitôt après son terrassement afin de réduire les possibilités de percolation des eaux pluviales. Il conviendra de vérifier la tenue au gel de la structure de chaussée retenue (corps de chaussée + couche de forme).

6.5. Mitoyens et avoisinants

A ce stade du projet, nous ne connaissons pas la géométrie de la superstructure et son emprise sur le site. En conséquence, Il conviendra de vérifier l'incidence des travaux de terrassement sur les avoisinants et les mitoyens situés aux alentours du site. Néanmoins, il conviendra de :

- veiller à dimensionner les fondations (ferraillage ...) selon les éventuels reports de charges des avoisinants,
- évaluer et considérer tout éventuel impact du projet, notamment lié au terrassement de pleine masse, sur les ouvrages voisins (domaine public, réseaux enterrés...) en phase provisoire comme en phase définitive. On veillera en particulier à limiter les nuisances vibratoires et sonores induites par les terrassements.

Dans le cas présent, les mitoyens les plus notables sont a priori les bâtiments au Nord du parking (Centre d'évaluation et de traitement de la douleur et Centre de Recherche Bio Clinique) et celui au Sud-Est (Centre pathologies professionnelles).

En tout état de cause, il est exclu de réaliser des terrassements ou des fondations sans assurer la stabilité des ouvrages et réseaux voisins par un dispositif adapté pour interdire tout mouvement, en phase provisoire comme en phase définitive.

6.6. Classe sismique de sol

Le site est classé zone de sismicité 3 (niveau modéré).

Sur la base du tableau 3.1 de la norme NF P 1998-1 et de la nature du sol d'ancrage des fondations, nous pouvons classer le sol en **classe C** avec $V_{s,30} > 180$ m/s pour un ancrage des fondations du projet dans la couche 1.



| Classe de sol | Description du profil stratigraphique | Paramètres | | |
|---------------|--|---------------------|----------------------------|----------------|
| | | $v_{s,30}$ (m/s) | N_{SPT} (coups/30 cm) | c_u (kPa) |
| A | Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m 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 |

| Classe de sol | Description du profil stratigraphique | Paramètres | | |
|----------------|--|------------------------------|----------------------------|----------------|
| | | $v_{s,30}$ (m/s) | N_{SPT} (coups/30 cm) | c_u (kPa) |
| E | Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s | | | |
| S ₁ | Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m 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 |
| S ₂ | Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁ . | | | |

Tableau 2 - Classes de sol sismiques (extrait NF P 1998-1 – Tableau 3.1)



7. ALEAS RESIDUELS ET ETUDES COMPLEMENTAIRES

Une étude géotechnique de niveau G2 devra être menée afin de préciser la conception de l'ensemble des ouvrages à un niveau conception. Cette étude G2 devra se faire sur la base :

- de l'implantation définitive du parking GM,
- sa typologie définitive,
- de combinaisons des descentes de charges détaillées au sens de l'Eurocode y compris les efforts horizontaux et les moments notamment sous séisme.

D'autre part, l'étude menée au stade préalable ont mis en évidence certains aléas d'ordre géotechnique, identifiés dans ce rapport, qu'il convient de lever au stade ultérieur d'étude, afin de confirmer les solutions techniques avancées et en proposer des optimisations.

- les surépaisseurs possibles des remblais (couche 0), la variation de la position des interfaces des différentes couches identifiées et leurs caractéristiques mécaniques sur l'emprise du projet. Cette incertitude porte notamment sur la transition entre le substratum basaltique (couche 2) et la couche argilo calcaire (couche 3),
- les caractéristiques mécaniques de la couche 1 (couche d'ancrage des fondations) et son extension,
- la présence de passages décomprimés au sein de la couche d'altérites ou produit pyroclastiques (couche 1) sous la base des fondations, et dans le substratum rocheux bien qu'aucun des sondages réalisés à ce stade n'ait permis d'identifier ce type d'anomalie,
- les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables.

Ces besoins complémentaires sont listés dans les tableaux ci-dessous.

| PROBLEMATIQUE | ALEA | RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRE RECOMMANDEES |
|-----------------------------|---|---|
| Modèle géologique | Variation d'épaisseur et de propriétés mécaniques des couches | Sondages carottés, Sondages destructifs, Sondages pressiométriques complémentaires répartis selon l'implantation des ouvrages |
| Optimisation des fondations | Caractéristiques mécaniques des terrains sous les fondations | Sondages pressiométriques |
| | Nature et variation d'épaisseur des couches 0 et 1 | |



| PROBLEMATIQUE | ALEA | RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRE RECOMMANDEES |
|------------------------------|---------------------------|--|
| Dimensionnement de la voirie | Portance de la plateforme | Essais d'identification GTR hydriques |

De plus, s'il est envisagé la réutilisation des matériaux du site en remblai, il sera nécessaire de prévoir la réalisation de sondages à la pelle avec prélèvements d'échantillons de sols pour essais en laboratoire, notamment des identifications GTR complètes afin de classer les matériaux du site selon la norme NF P 11-300 pour définir les conditions de leur réutilisation éventuelle en remblai.

Nous rappelons qu'il est impératif de réaliser les missions d'ingénierie géotechnique selon l'avancement du projet, et notamment les missions G2 au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. pièces jointes en annexe n° 1).

TECHNOSOL reste à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions.

La description des missions normées et obligatoires ainsi que leur enchaînement sont présentés en annexe de ce rapport.



EXPLOITATION DU RAPPORT D'ETUDE

I - Le présent rapport d'étude a été établi à partir de la connaissance d'un projet au moment de cette étude. Il constitue un document indissociable dans lequel figurent les conclusions propres à ce projet. Toute exploitation partielle du rapport peut conduire à des erreurs d'interprétation et ne pourrait engager notre responsabilité.

II - En cas d'évolution de projet (par exemple changement d'implantation, changement de nature de construction, etc.), il importe de consulter le bureau d'étude géotechnique pour vérifier la bonne adaptation du projet en fonction du sol reconnu. Cette étape peut conduire à la réalisation d'une étude complémentaire si les informations du rapport d'étude s'avèrent insuffisantes.

III - L'étude géotechnique est basée sur la réalisation d'un nombre réduit de sondages donnant des informations ponctuelles. Les variations de caractéristiques géologiques et géotechniques peuvent intervenir entre les sondages (anomalies naturelles ou anthropiques). Ces variations ne peuvent être imputables au bureau d'étude géotechnique mais devront être signalées de manière systématique au bureau d'étude géotechnique afin de vérifier la bonne adaptation des fondations au contexte nouveau.

IV - Les profondeurs des différentes couches de sols rencontrés sont données par rapport à une référence qui peut être locale ou rattachée à une référence officielle (NGF, IGN, CM). Dans tous les cas, il appartient au Maître d'Ouvrage de faire relier notre référence de nivellement à celle qui constituera la base du futur projet.

V - Notre société ne pourra être responsable de toute adaptation de fondations qui aura été apportée sur le chantier sans qu'elle ne lui ait été soumise.





Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013

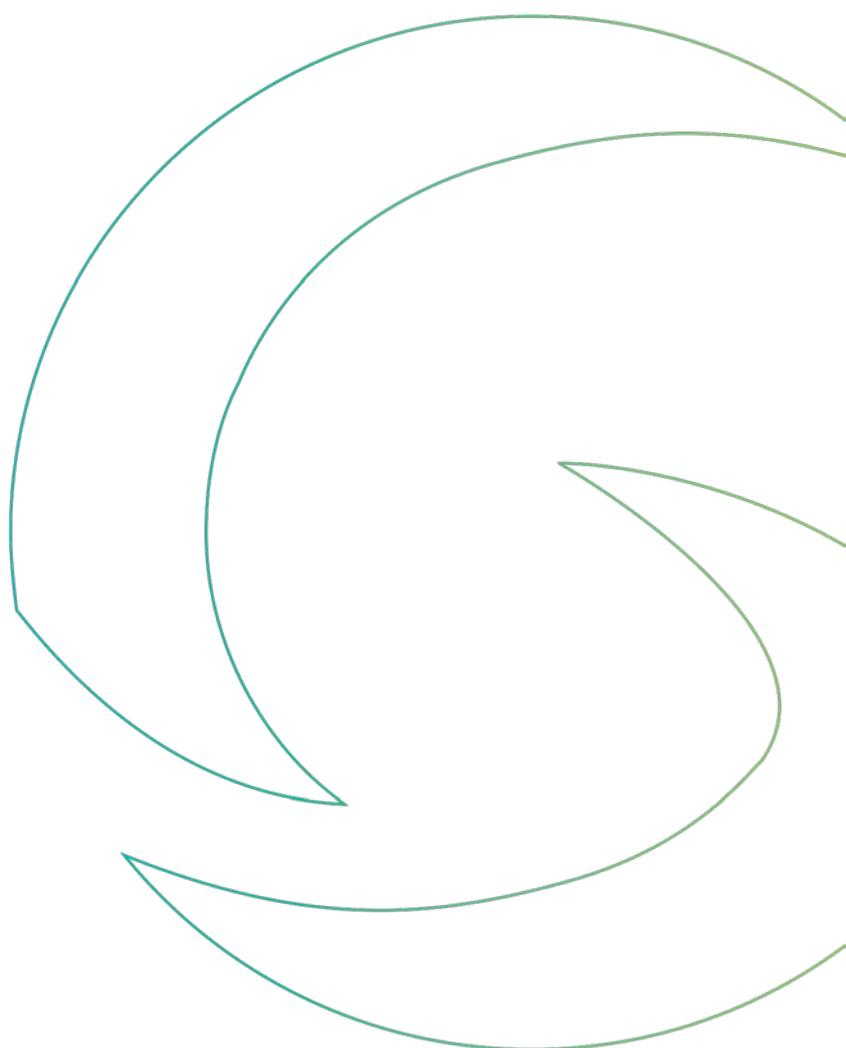


Tableau 1 - Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

| 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) | | <u>À la charge de l'entreprise</u> | <u>À la charge du maître d'ouvrage</u> | | | |
| | EXE/VISA | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi) | Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût | Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience) | Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent |
| DET/AOR | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude) | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux | | |
| À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant | Diagnostic | Diagnostic géotechnique (G5) | | Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant | Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés | Fonction de l'élément géotechnique étudié |

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE IACT

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

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

NF P94-500 – Novembre 2013

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

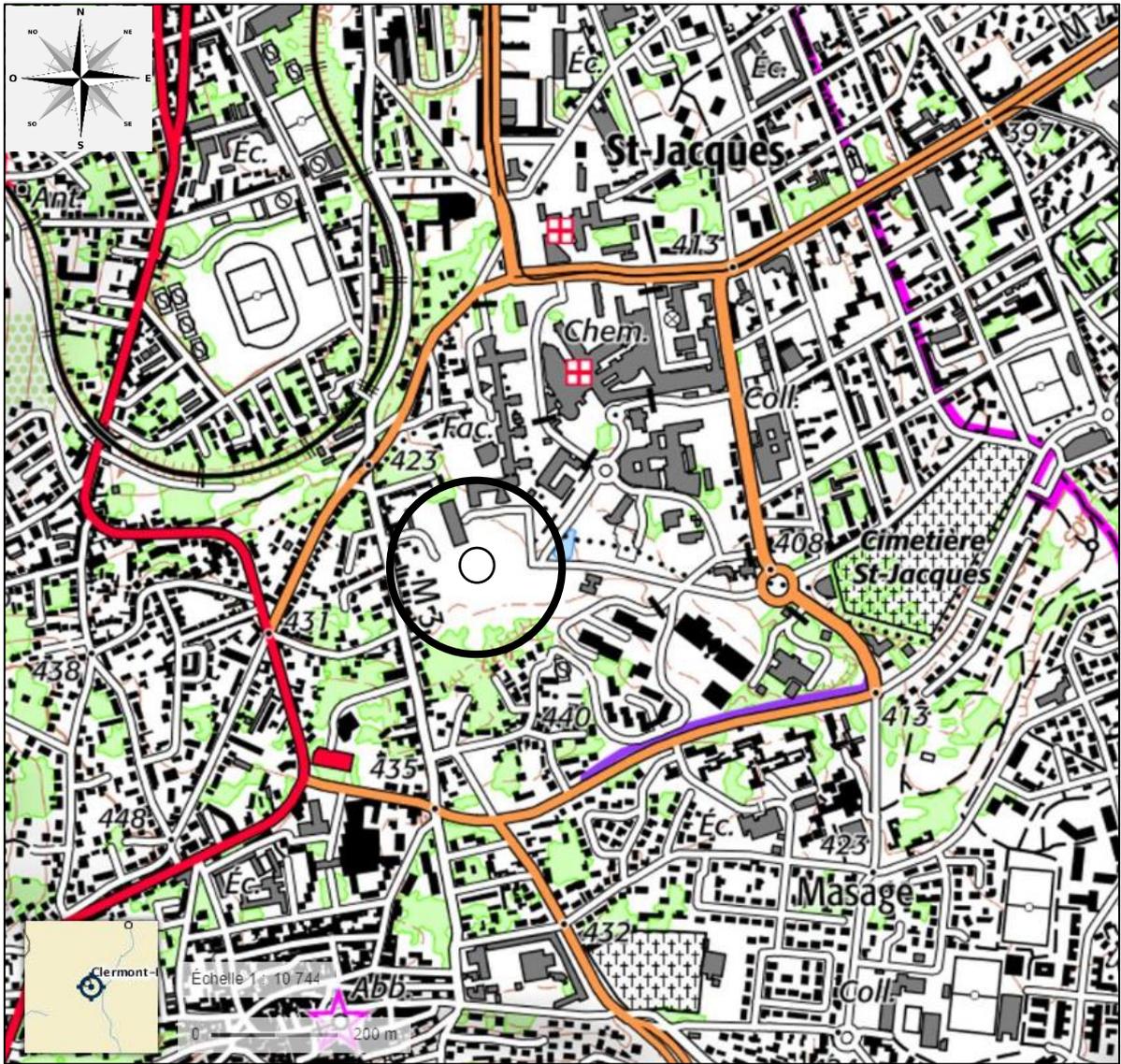
| |
|---|
| <p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p>Phase Étude</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. • 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. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). |
| <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>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 :</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. |
| <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). |



Plan de situation



PLAN DE SITUATION



| Indice | Libellé | Date | Dessin | Chargé d'affaire | Approuvé |
|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------|------------------|----------|
| A | PLAN DE SITUATION | 08/08/2022 | JMA | BSO | PCO |
| N° d'affaire : TEA220292 | | Format du fichier : word | | | |

Chantier : 63 – CLERMONT FERRAND

Adresse : 58, rue Montalembert





Plan d'implantation des sondages



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES – Lot 2



LEGENDE :

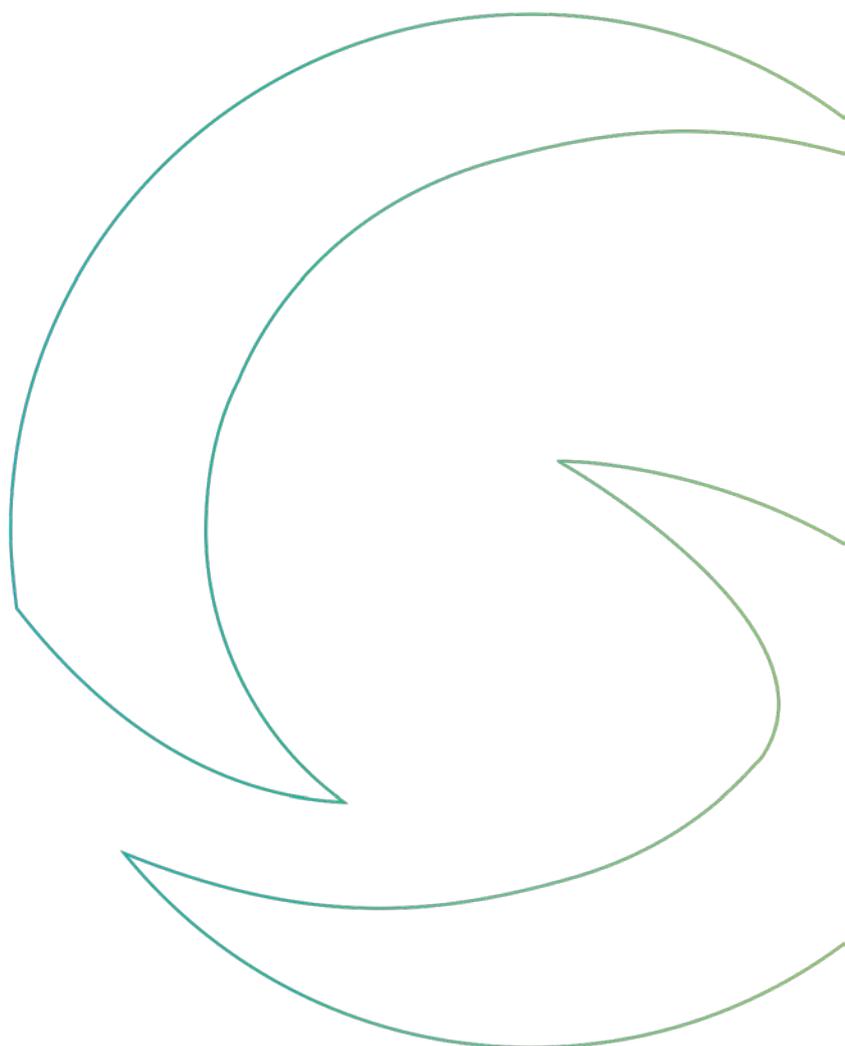
- SONDAGE PRESSIOMETRIQUE
- PENETROMETRE DYNAMIQUE
- SONDAGE A LA TARIERE
- PENETROMETRE STATIQUE
- RECONNAISSANCE DE FONDATION
- SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENT DES PARAMETRES DE FORAGE

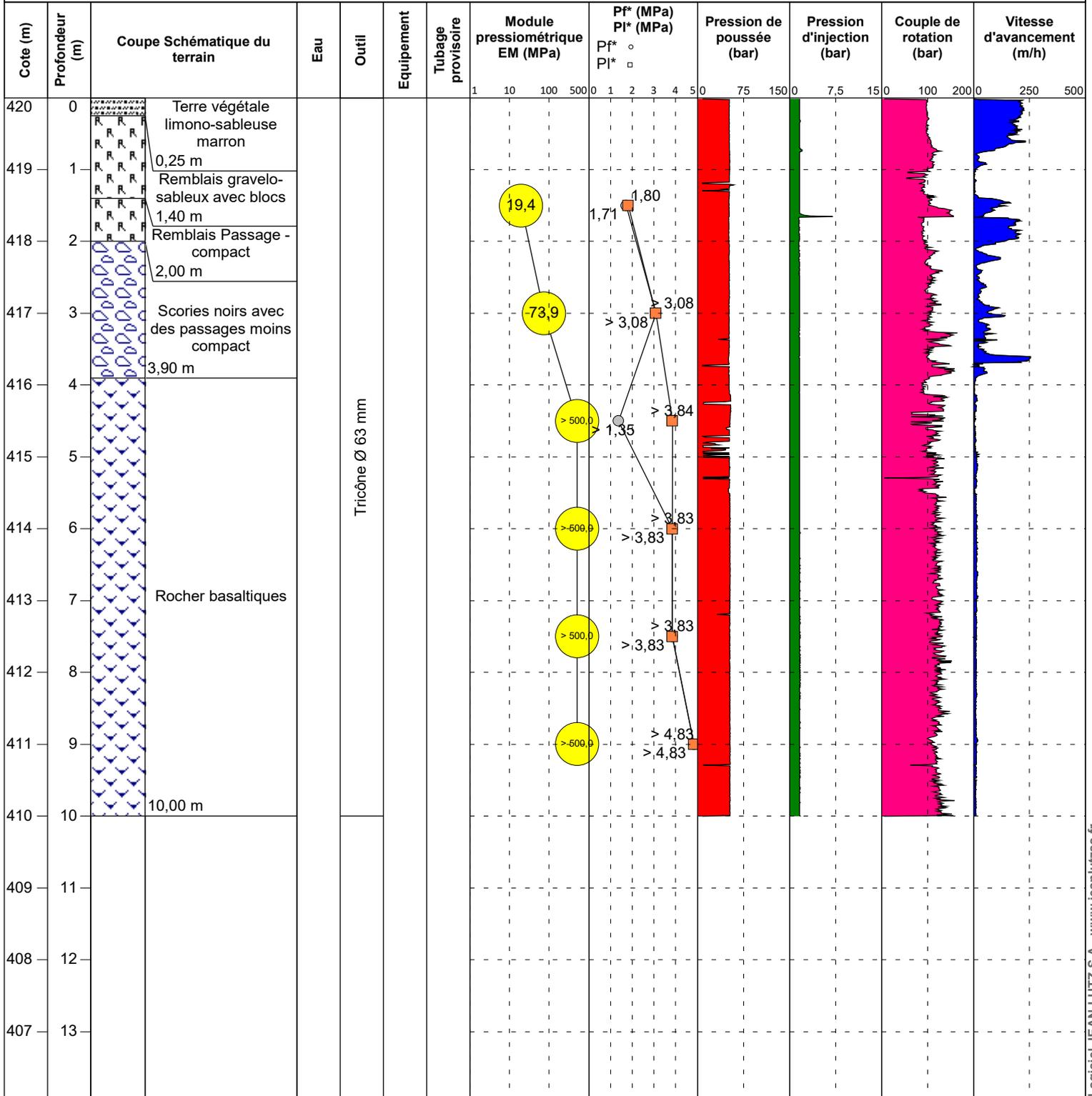
| Indice | Libellé | Date | Dessin | Chargé d'affaire | Approuvé |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------|--------|------------------|----------|
| A | PLAN D'IMPLANTATION | 08/08/2022 | JMA | BSO | PCO |
| N° d'affaire : TEA200296 | | Format du fichier : word | | Page 2/2 | |
| Chantier : 63 – CLERMONT-FERRAND | | | | Echelle : sans | |
| Adresse : 58, rue Montalembert | | | | | |





Coupes des sondages

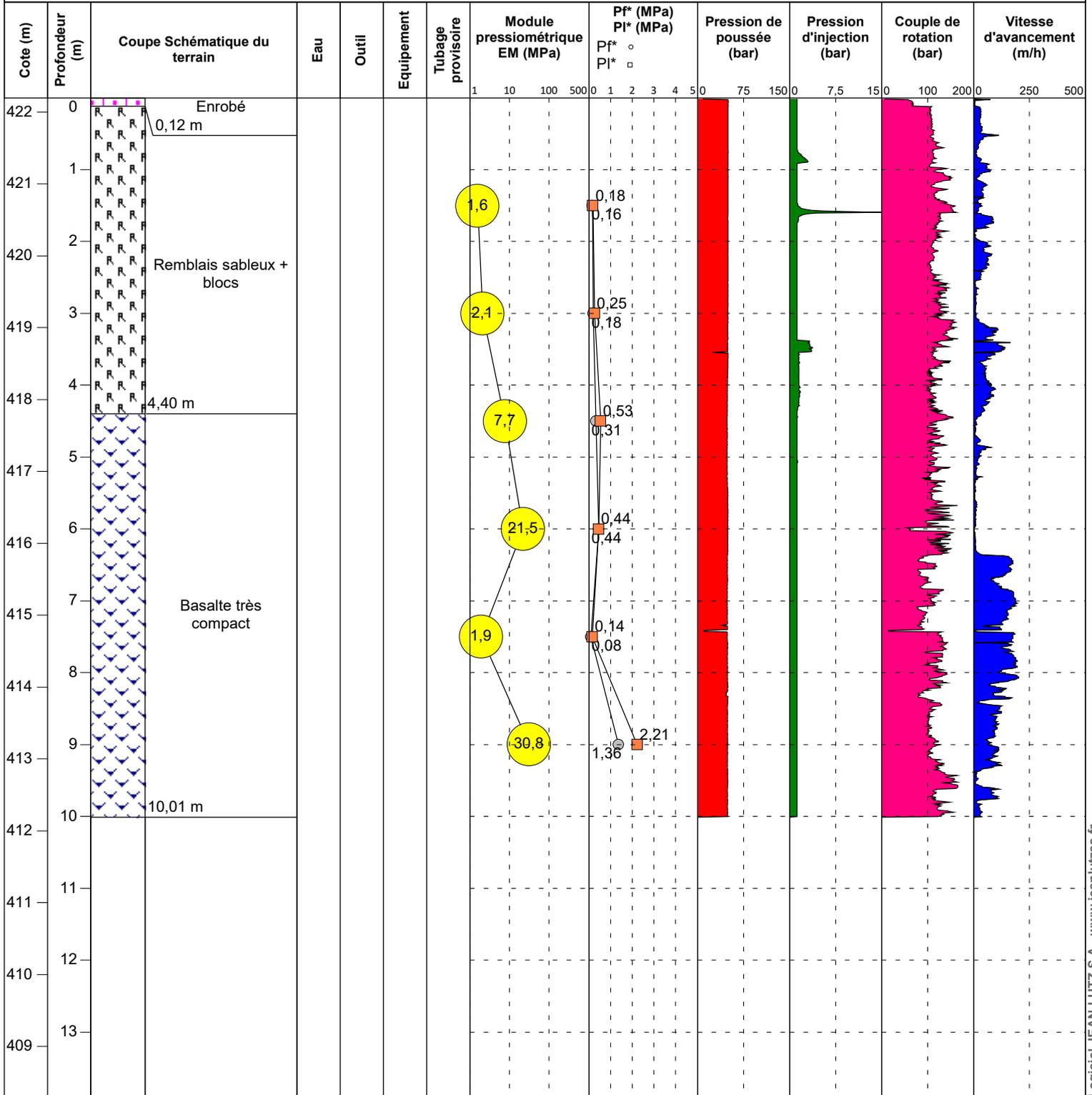




NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO

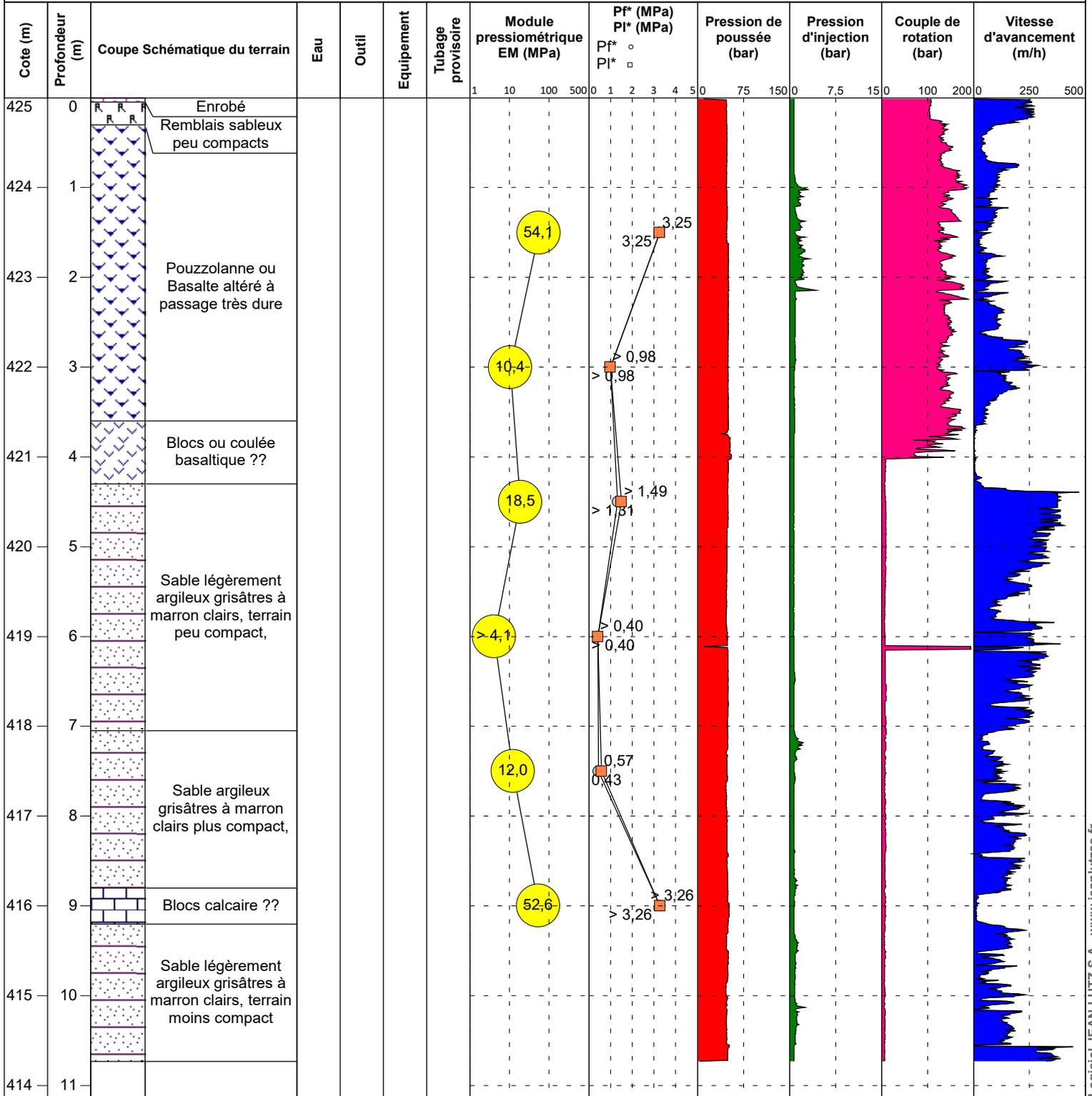
EXGTE 3.22/LB2EPF582FR



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO

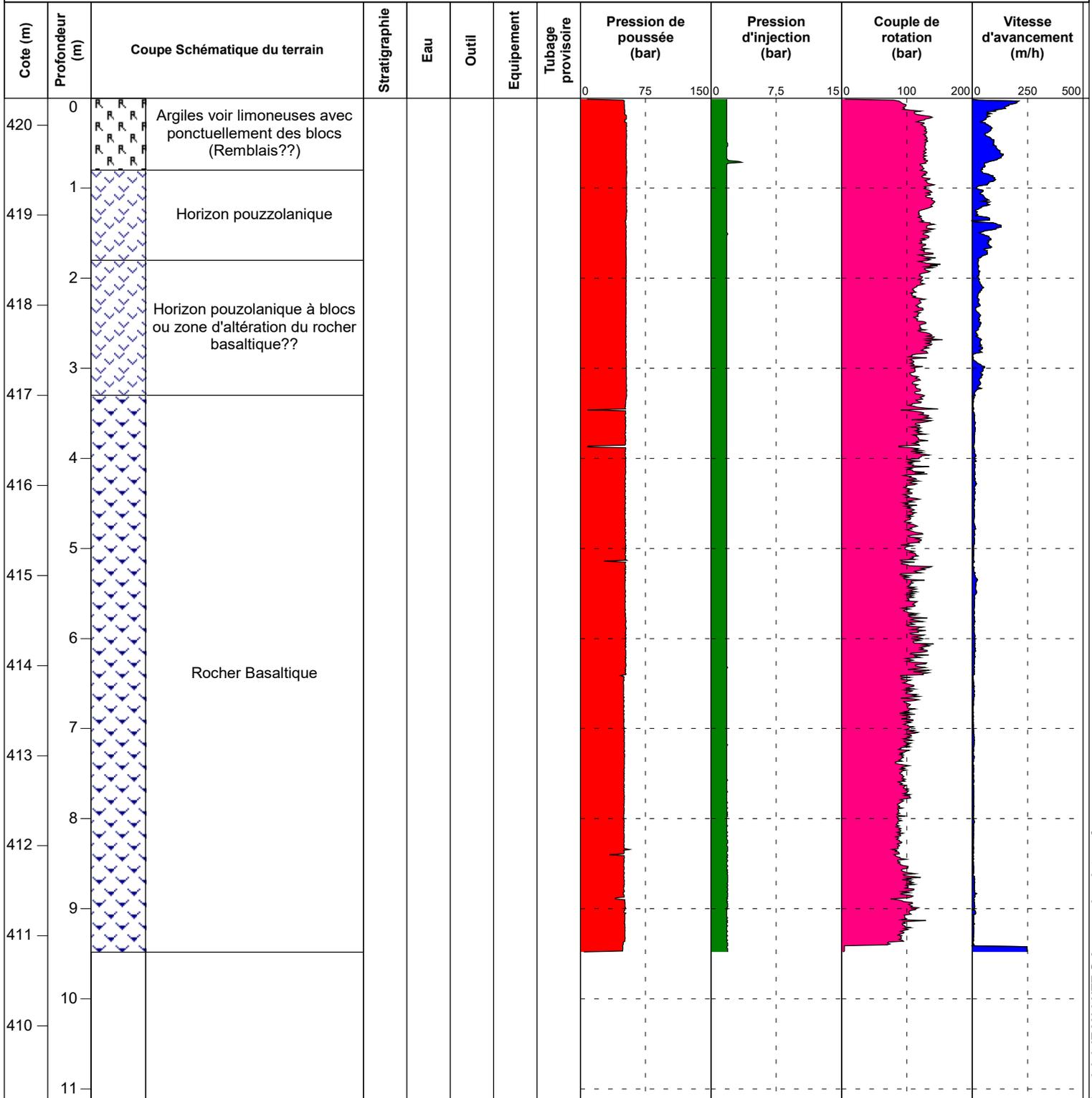
EXGTE 3.22/LB2EPP582FR



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO

EXGTE 3.22/LB2EPF582FR



NOTA :

MODELE PRESENTATION : T PRESSIO

EXGTE 3.22/LB2EPPF582FR

Forage : PD202

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706949.03**

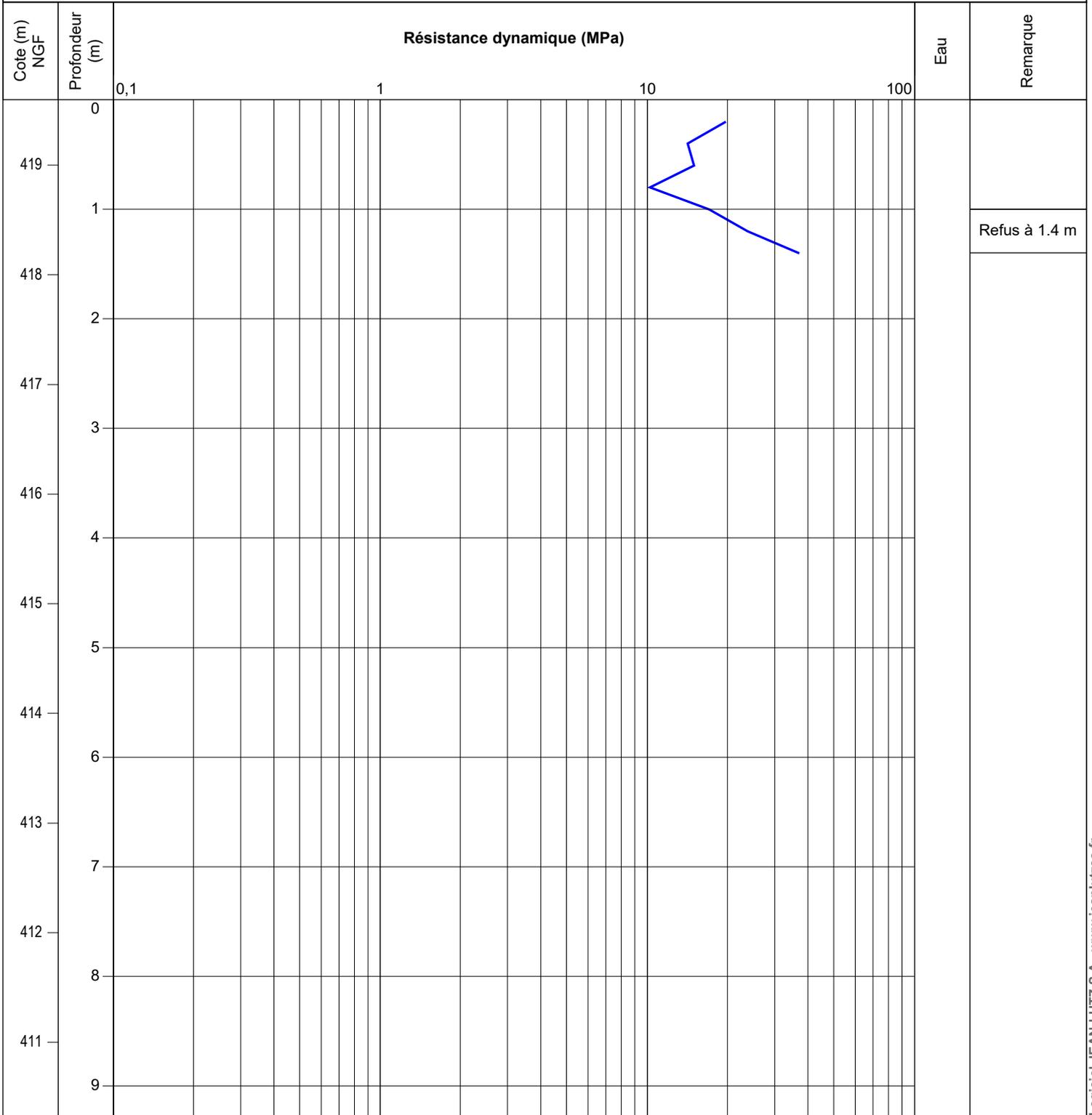
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5173045.81**

Z : **419.6**

Longueur : **1,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD203

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706950.47**

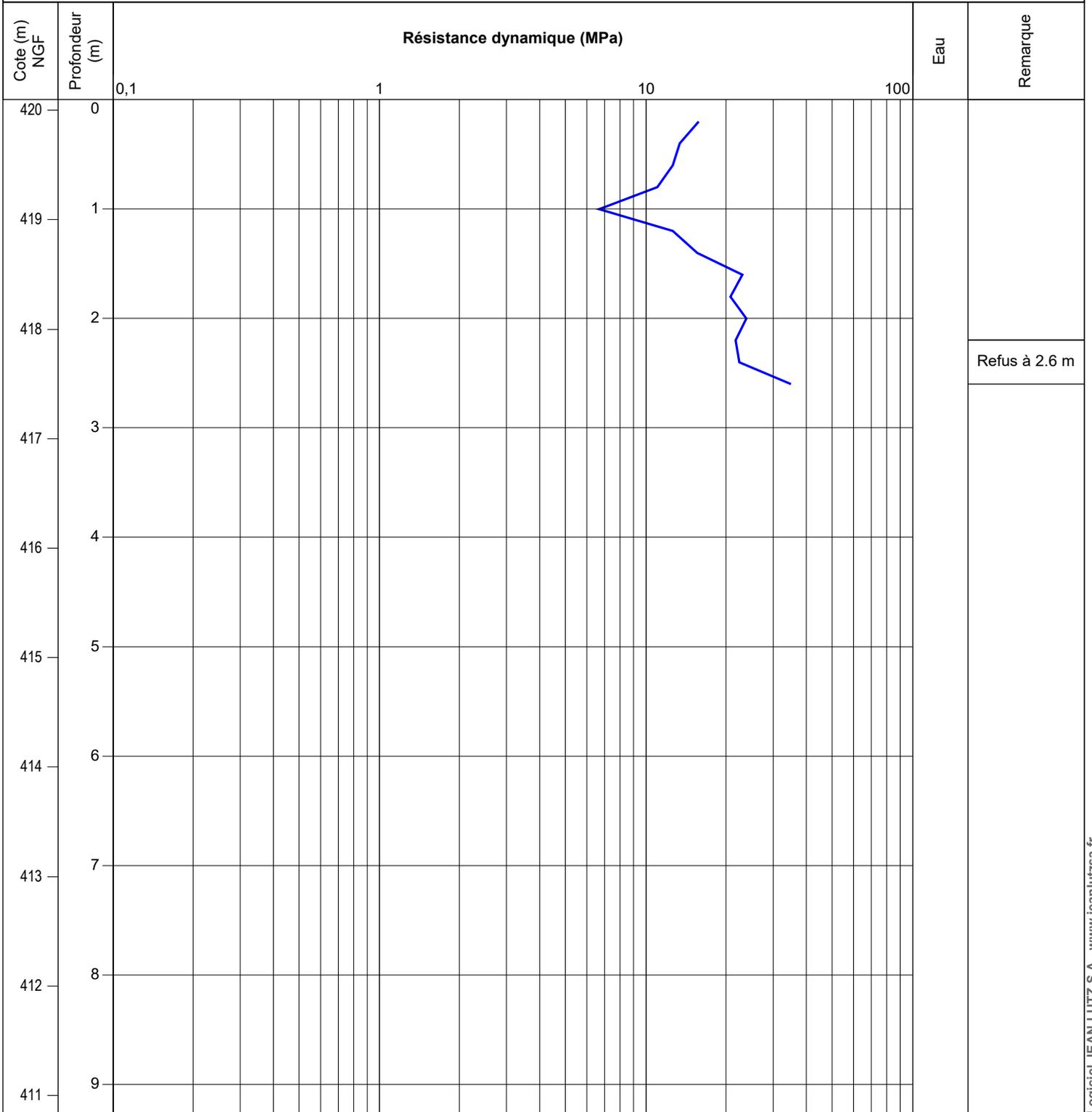
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5173020.82**

Z : **420.1**

Longueur : **2,60m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD204

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706983.11**

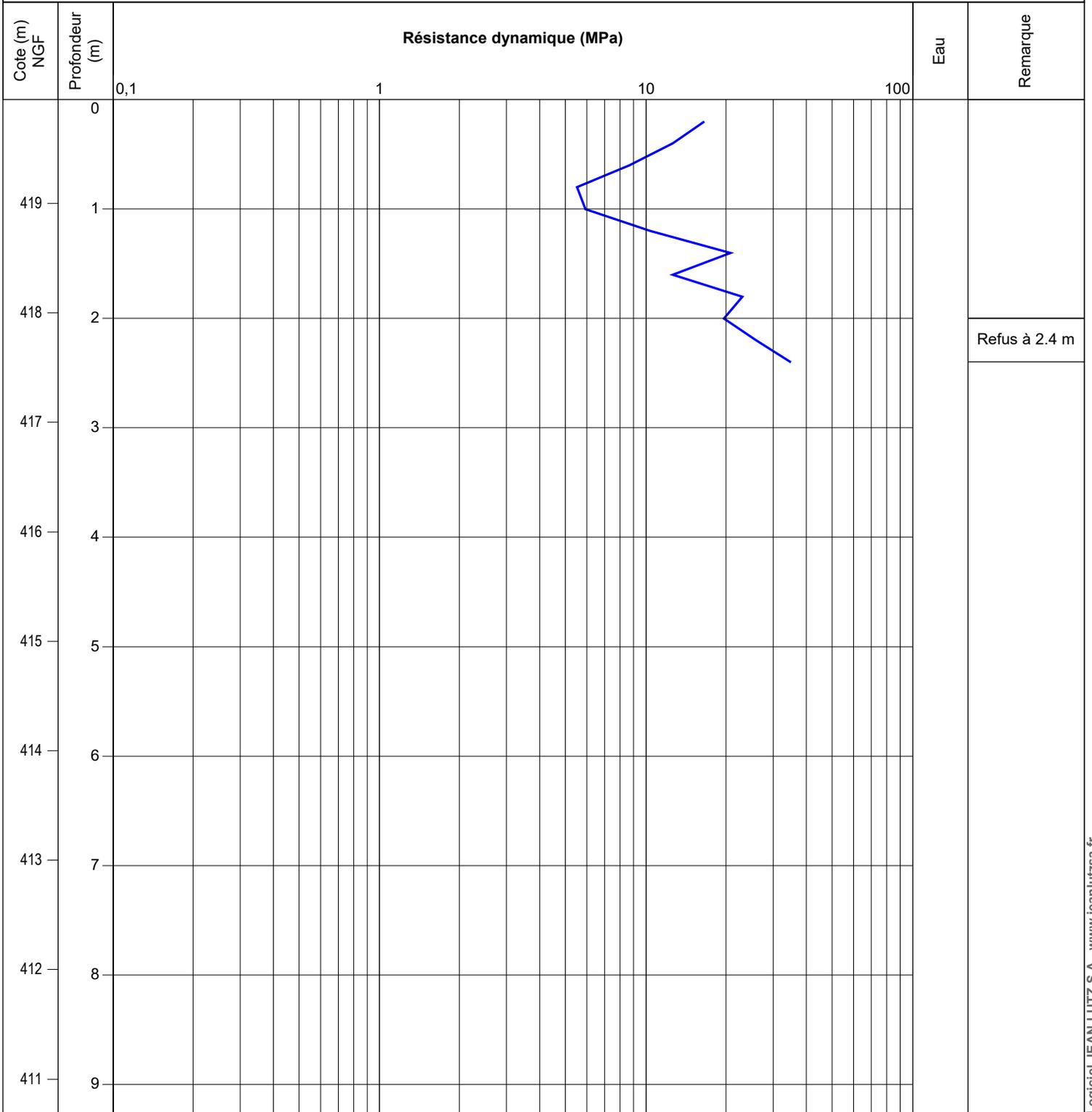
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5173005.41**

Z : **419.95**

Longueur : **2,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD205

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706928.30**

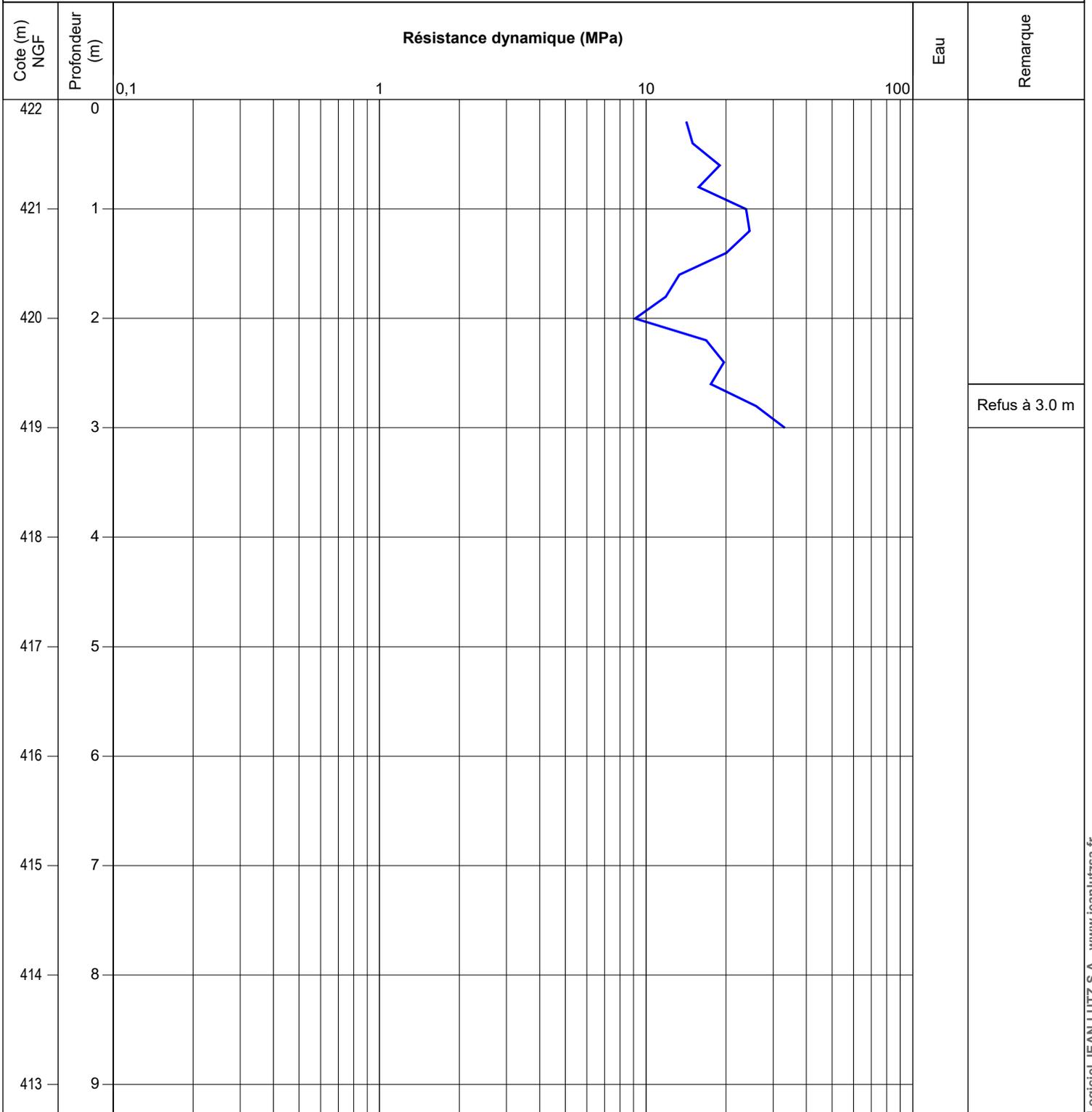
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172980.65**

Z : **422**

Longueur : **3,00m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD206 bis

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706957.72**

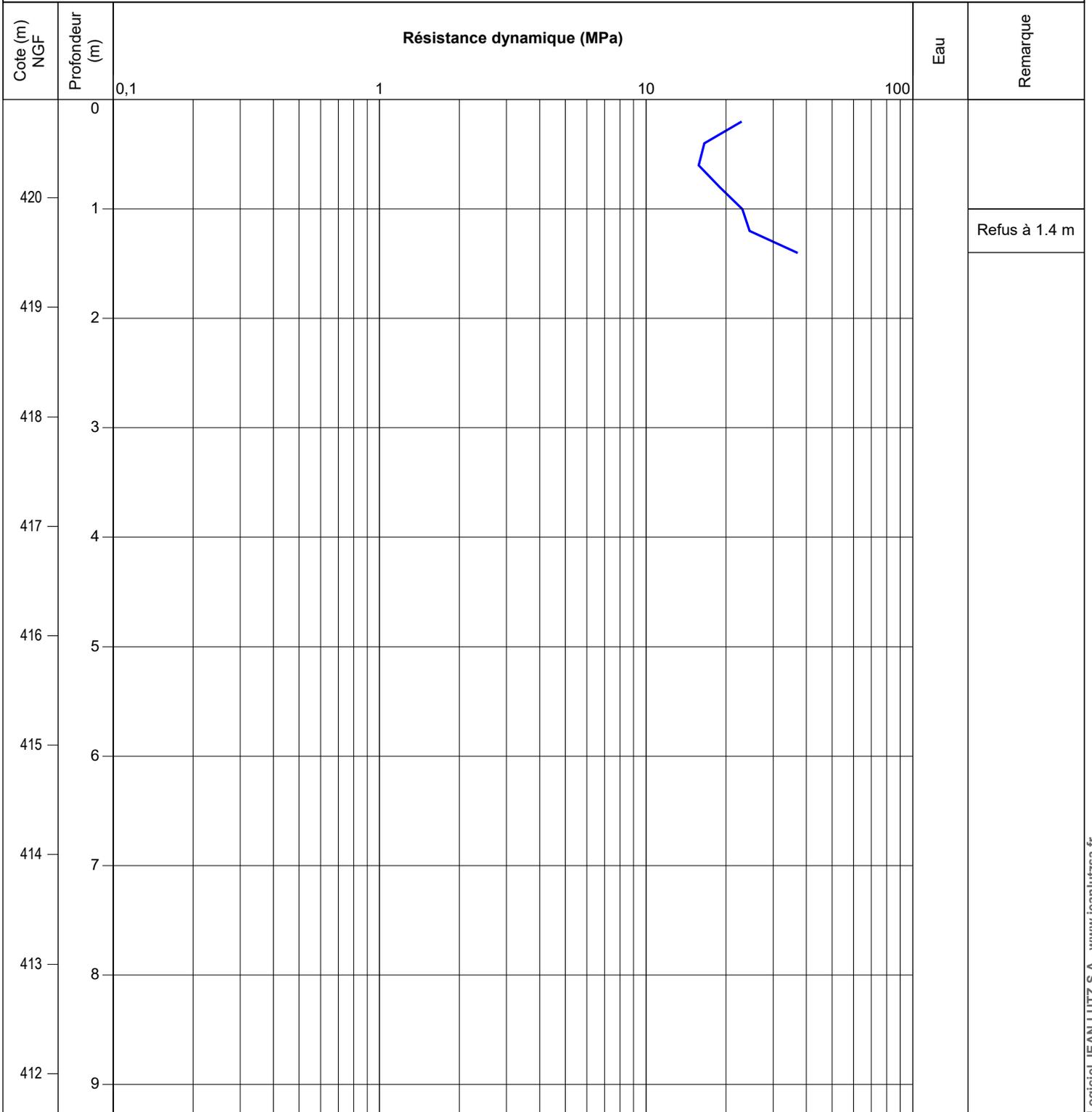
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172996.37**

Z : **420.9**

Longueur : **1,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD206

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706957.72**

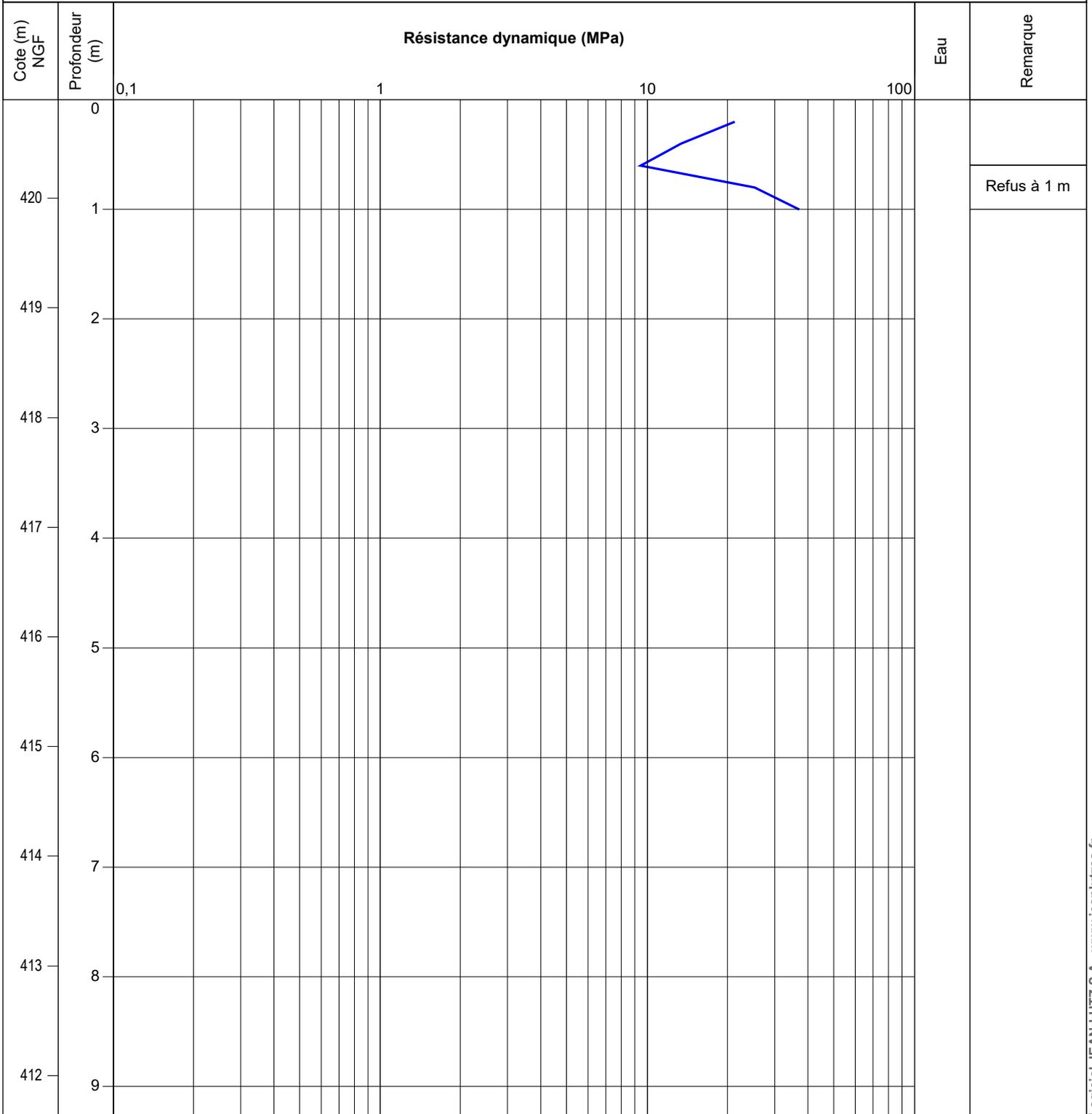
Date fin de forage : **18/07/2022**

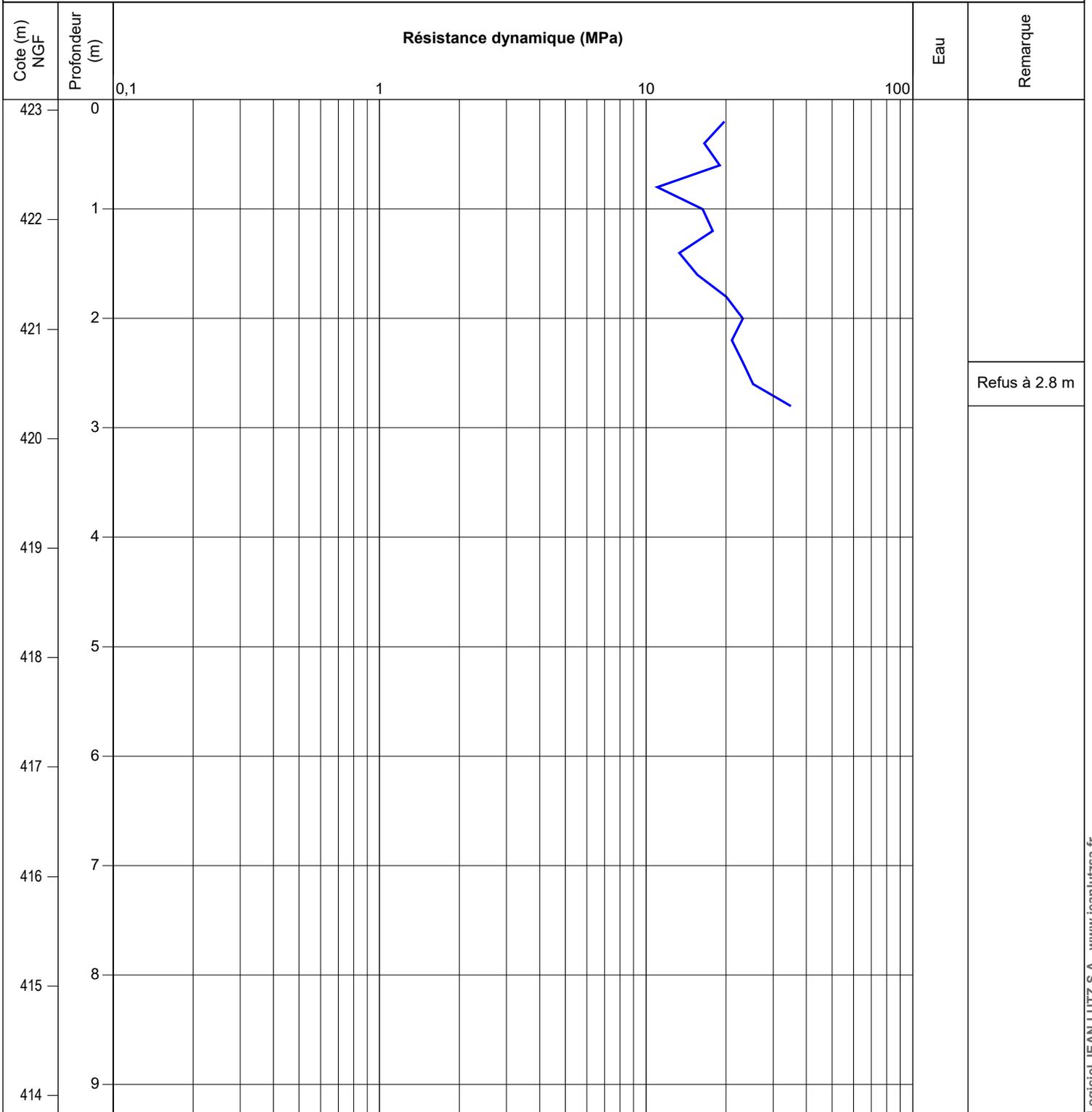
Y : **5172996.37**

Z : **420.9**

Longueur : **1,00m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**





Forage : PD208

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706929.68**

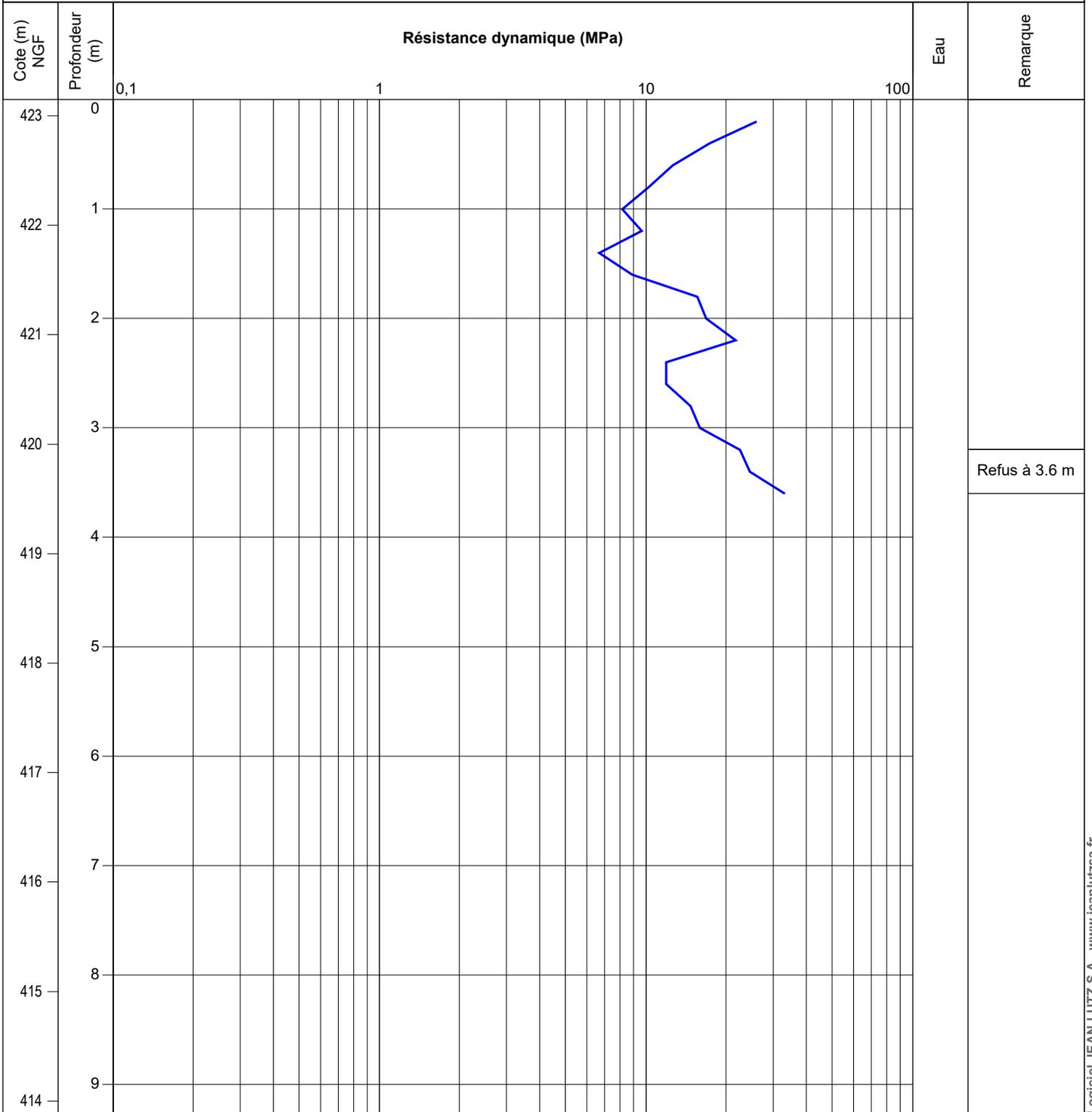
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172940.97**

Z : **423.15**

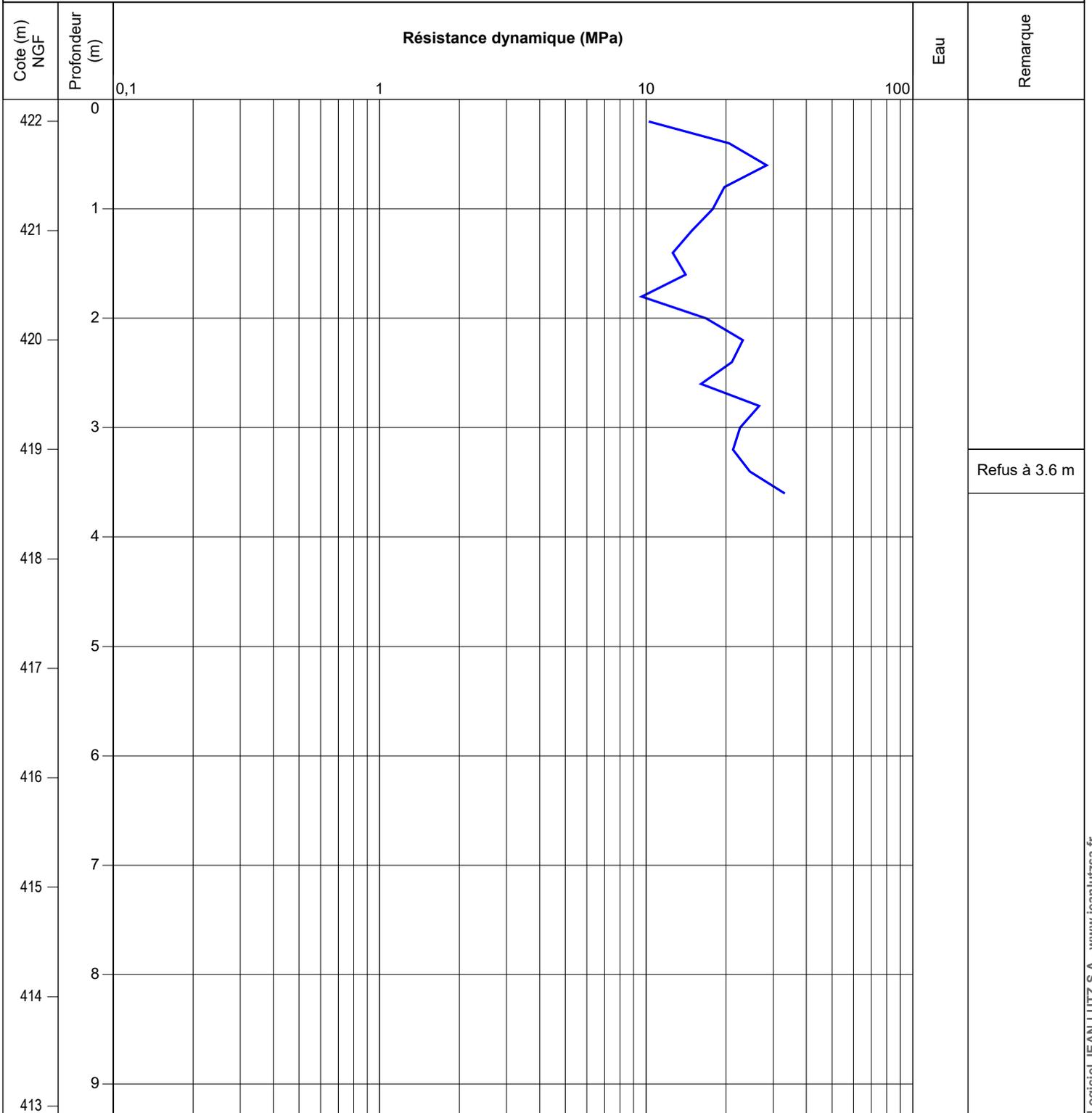
Longueur : **3,60m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22



Refus à 3.6 m

NOTA :

MODELE PRESENTATION :

SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD210

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1707047.59**

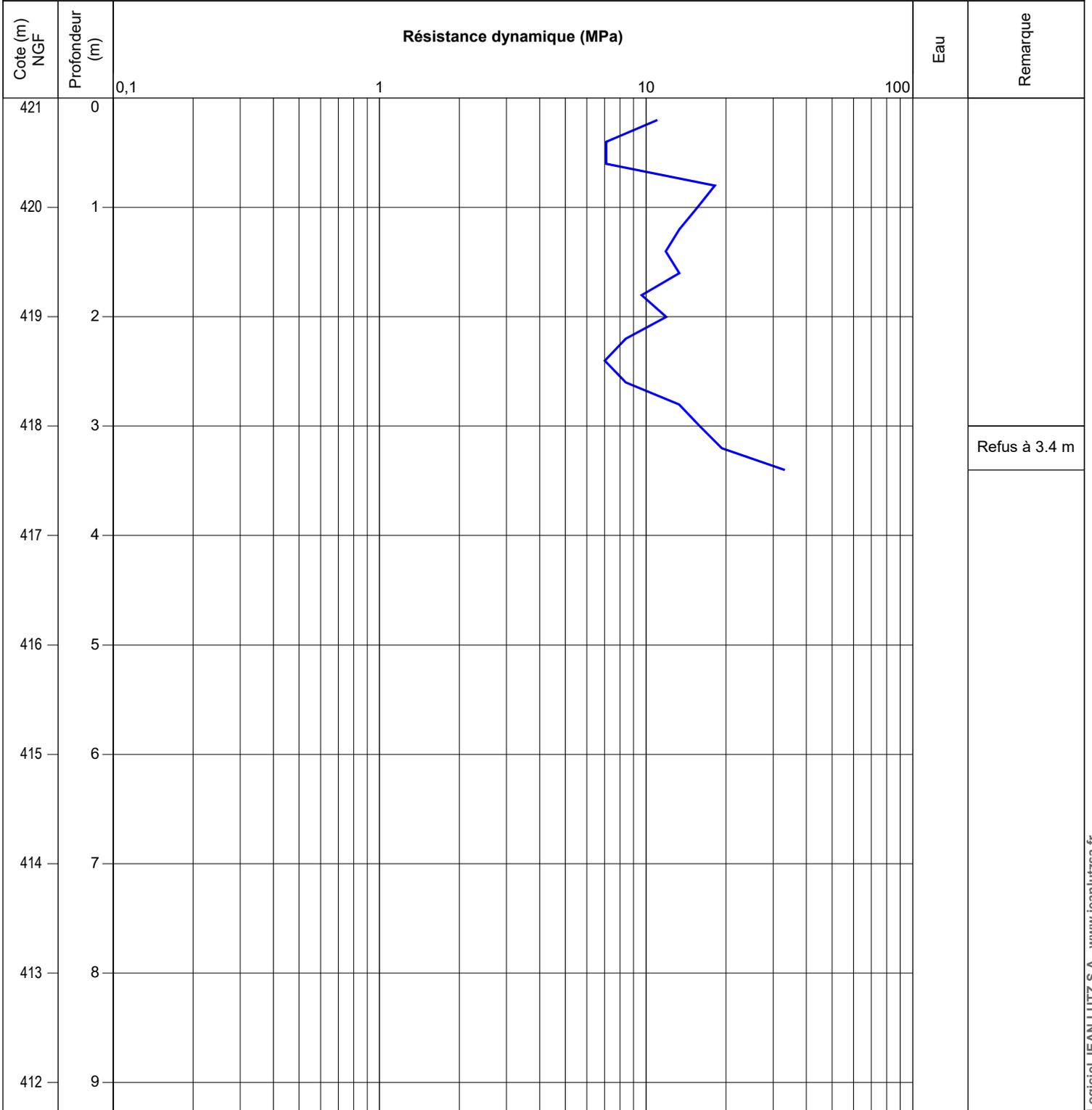
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172961.35**

Z : **421**

Longueur : **3,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD211

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706971.31**

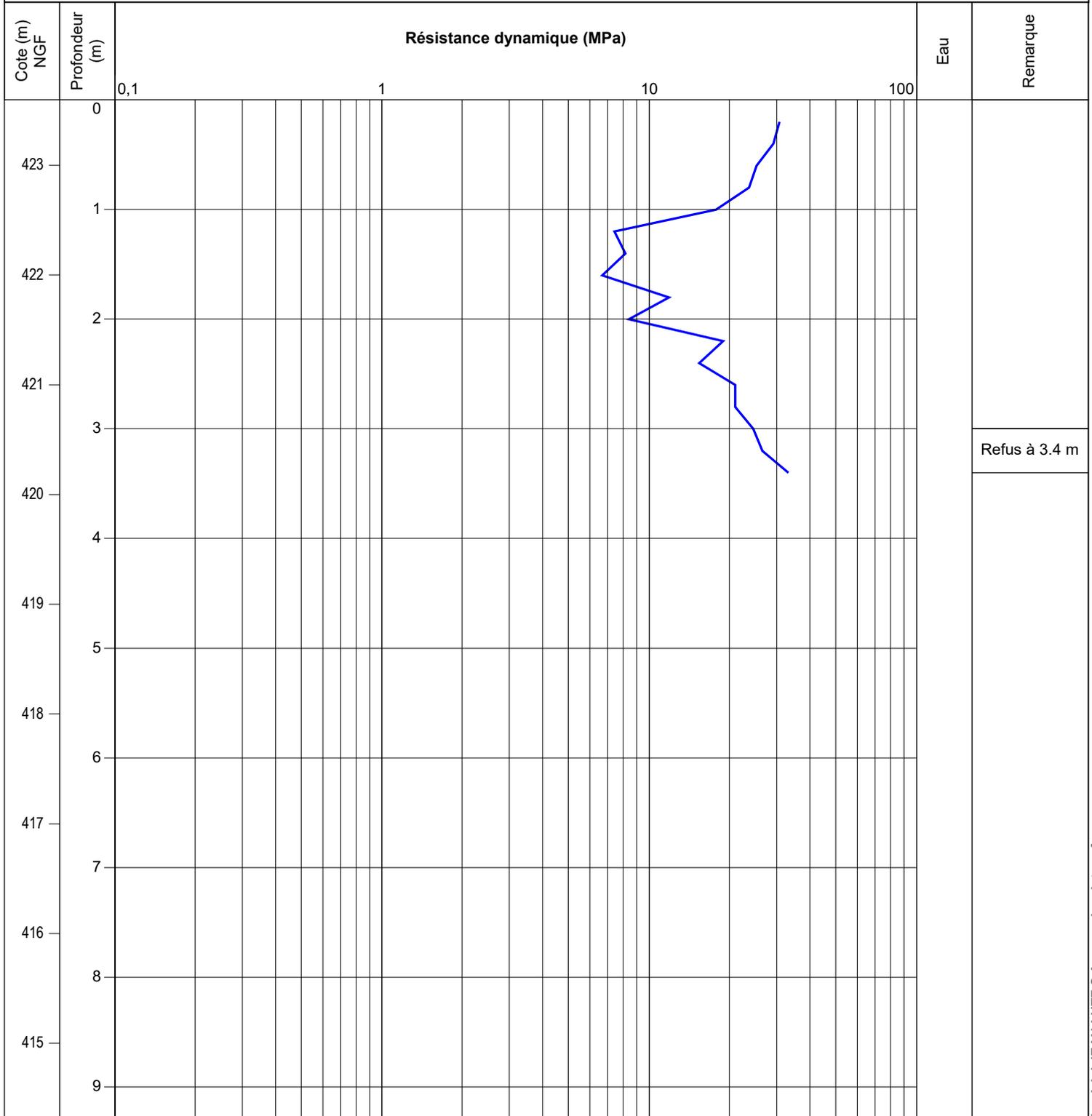
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172926.34**

Z : **423,6**

Longueur : **3,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD212

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Dossier : **TEA220335**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706916.67**

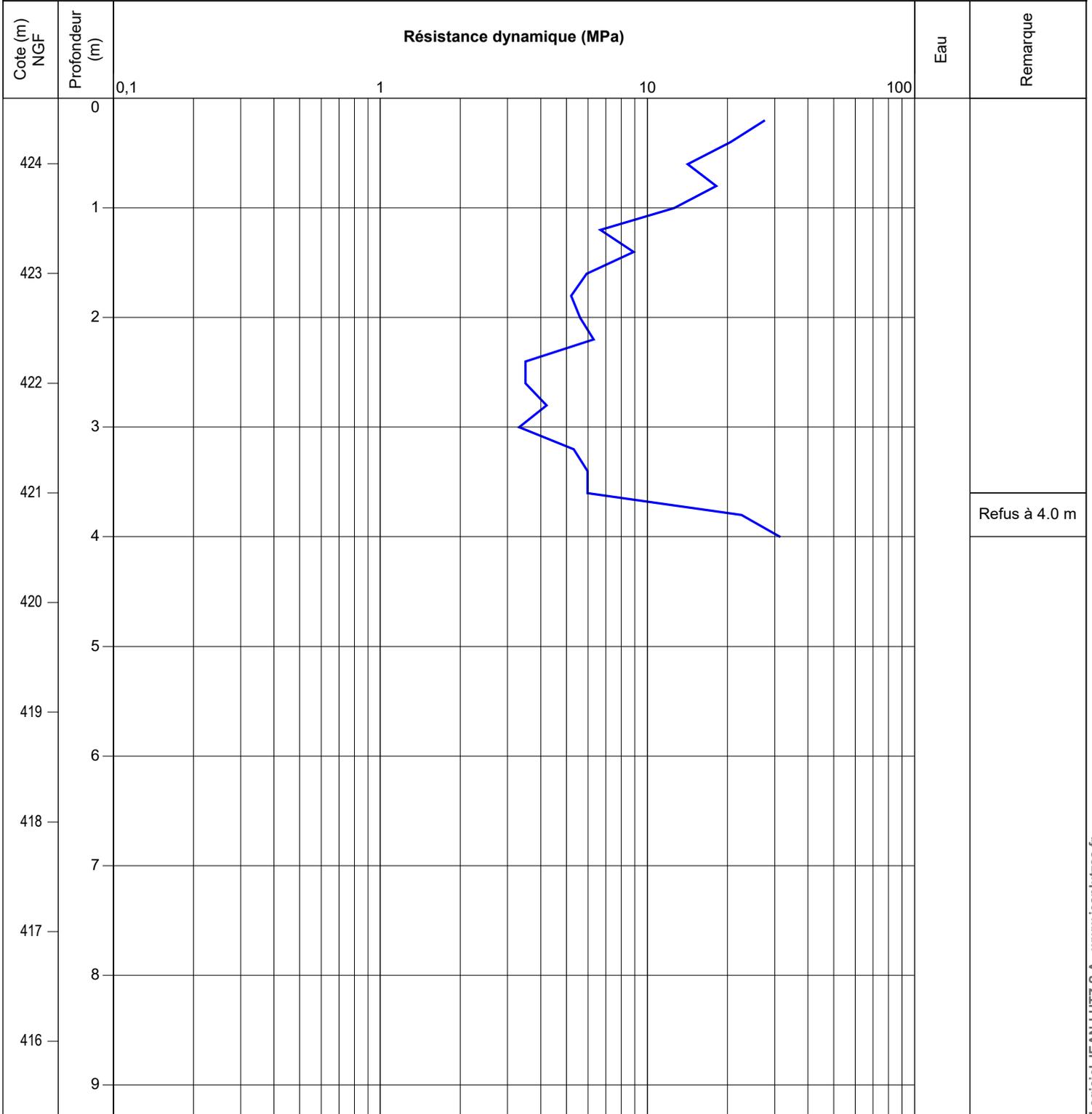
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172890.77**

Z : **424.6**

Longueur : **4,00m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



Refus à 4.0 m

NOTA :

MODELE PRESENTATION :

SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD213

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1706951.67**

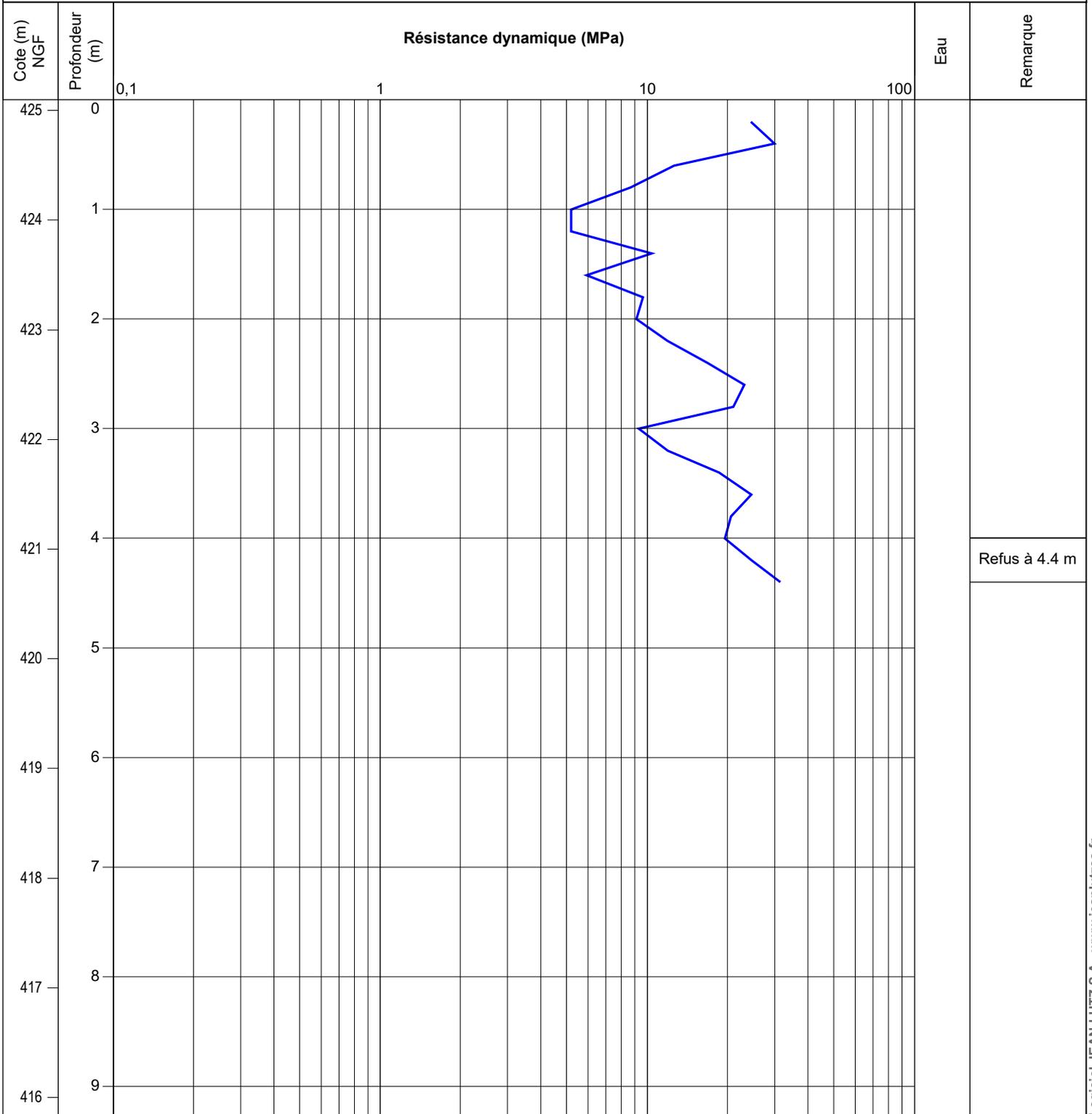
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172895.53**

Z : **425.1**

Longueur : **4,40m**

Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

Forage : PD214

Dossier : **TEA220335**

Type : **PENETROMETRE DYNAMIQUE**

Client : **CHU de Clermont-Ferrand**

Echelle : **1/50**

Date début de forage : **18/07/2022**

Etude : **Mission géotechnique G1-PGC**

X : **1707024.70**

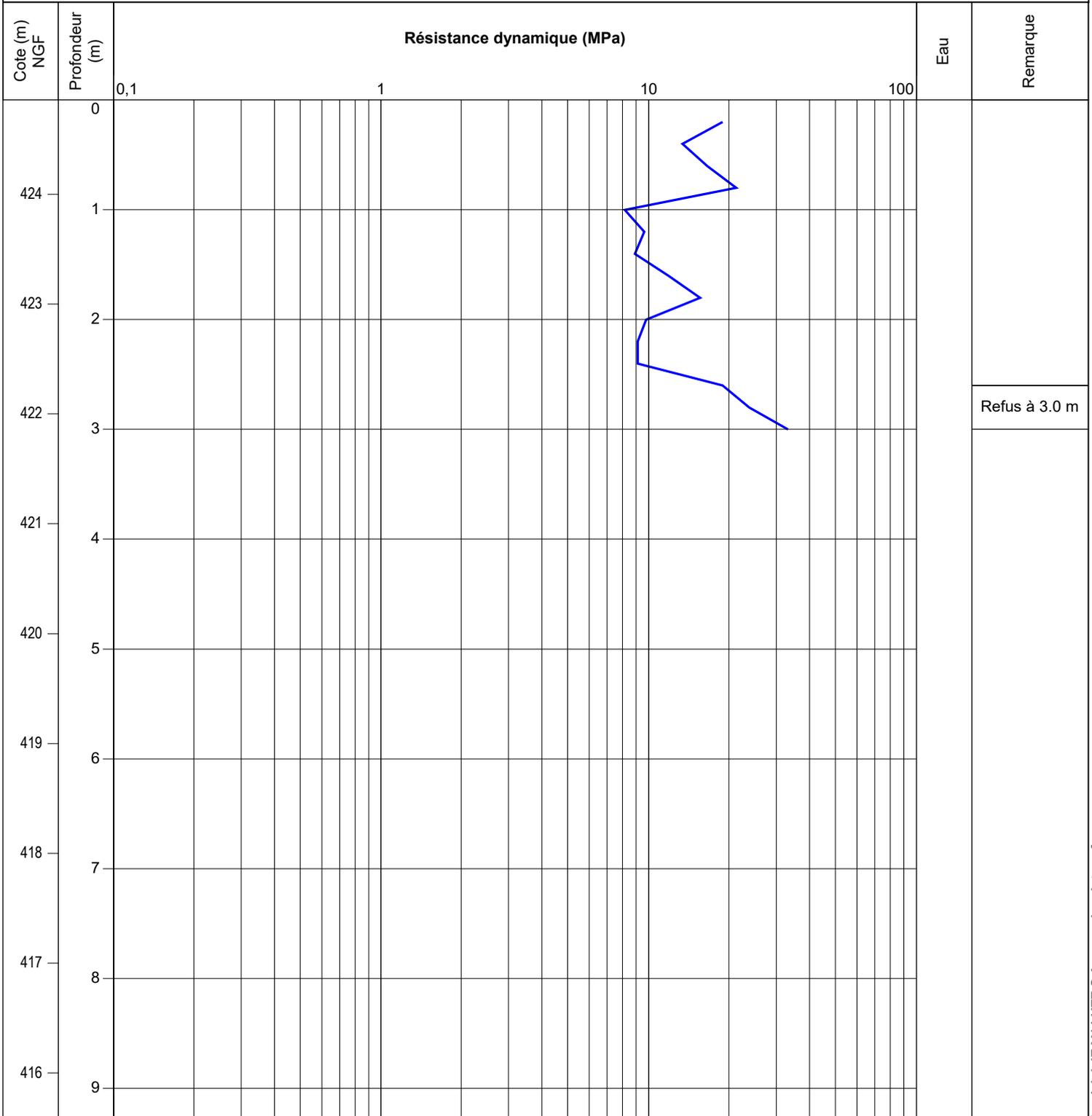
Date fin de forage : **18/07/2022**

Y : **5172909.90**

Z : **424.86**

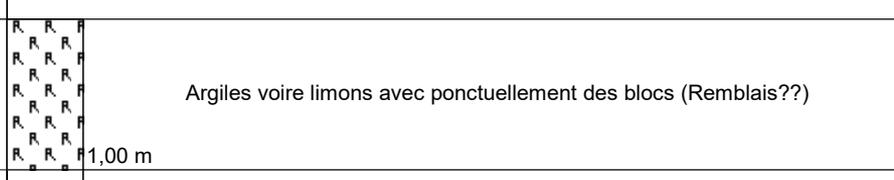
Longueur : **3,00m**

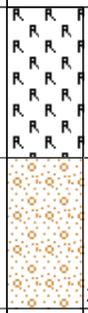
Machine : **SOCOMAFOR 10**



NOTA : MODELE PRESENTATION : SOCOMAFOR 10 1/100

EXGTE 3.22

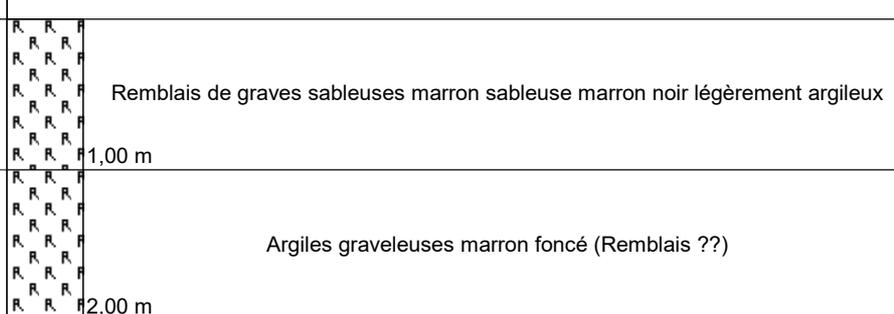
| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|---|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 420 | 0 |  <p>Argiles voire limons avec ponctuellement des blocs (Remblais??)</p> | | | Tarière | | |
| 419 | 1 | | | | | | |
| 418 | 2 | | | | | | |
| 417 | 3 | | | | | | |
| 416 | 4 | | | | | | |
| 415 | 5 | | | | | | |
| 414 | 6 | | | | | | |
| 413 | 7 | | | | | | |
| 412 | 8 | | | | | | |
| 411 | 9 | | | | | | |

| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|---|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 0 | |  | | | Tarière | | |
| 419 | 1 | | | | | | |
| 418 | 2 | | | | | | |
| 417 | 3 | | | | | | |
| 416 | 4 | | | | | | |
| 415 | 5 | | | | | | |
| 414 | 6 | | | | | | |
| 413 | 7 | | | | | | |
| 412 | 8 | | | | | | |
| 411 | 9 | | | | | | |

EXGTE 3.22/LUT3EPF511FR

NOTA :

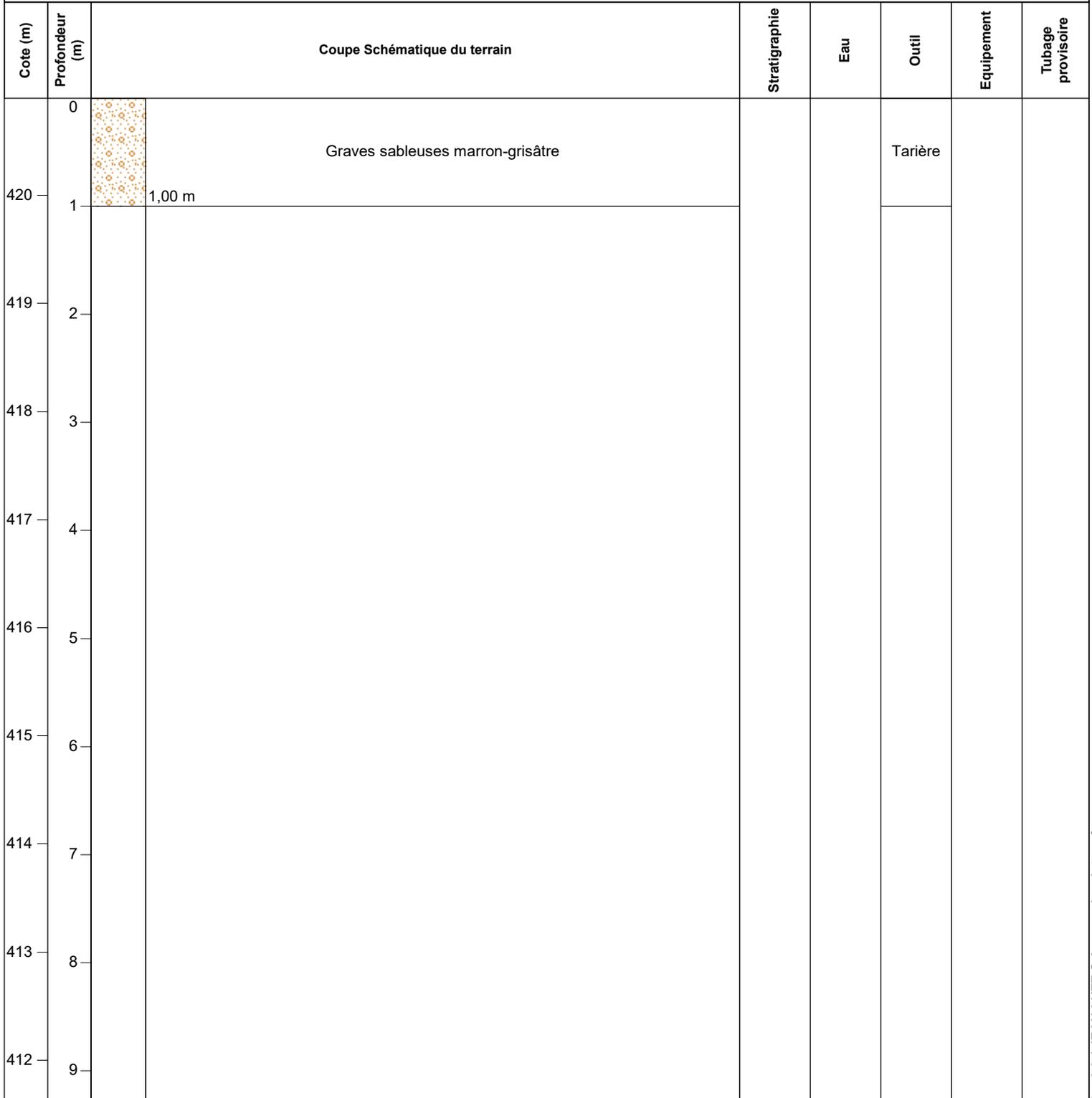
MODELE PRESENTATION : TARIERE

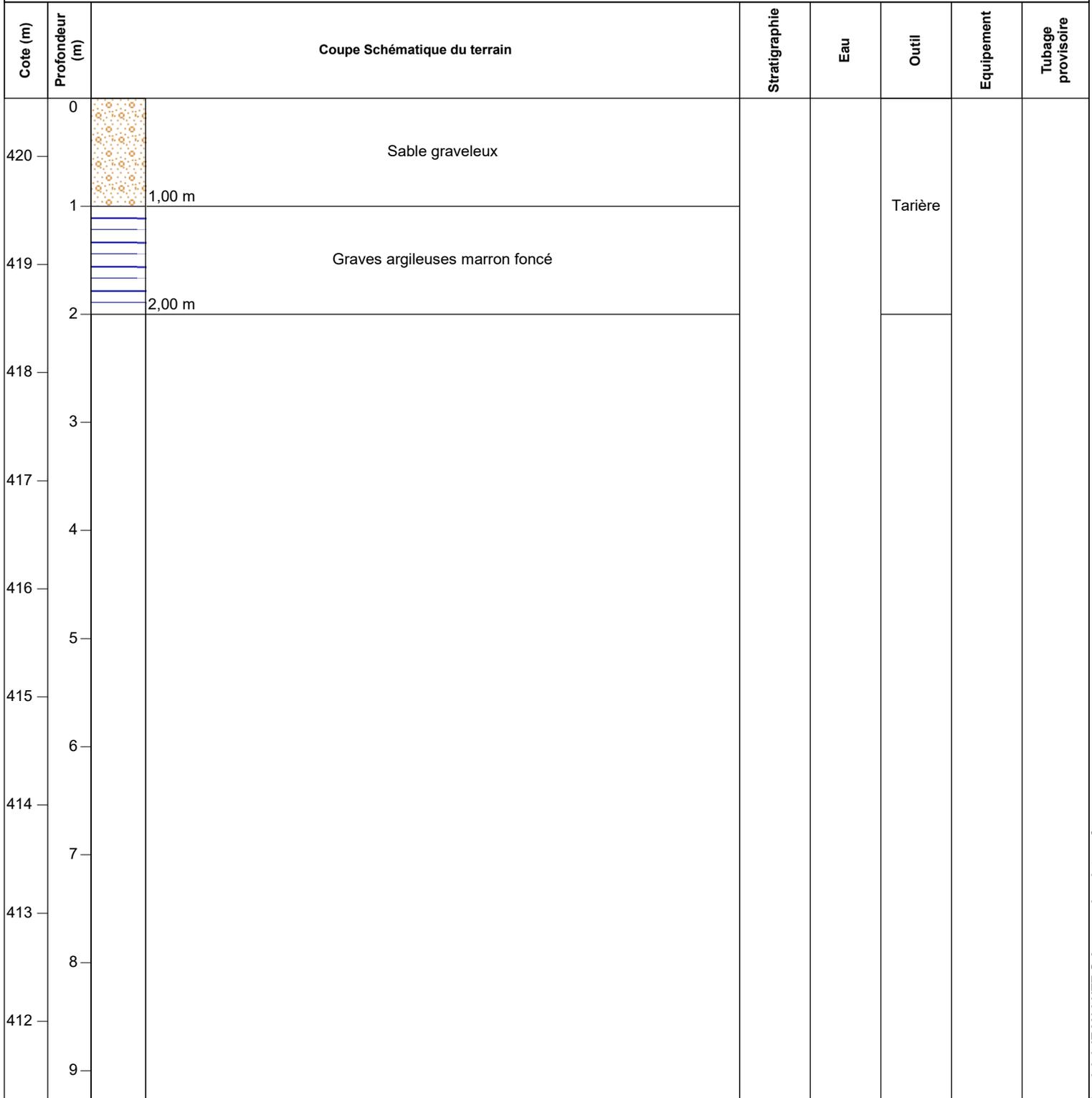
| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|--|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 419 | 0 |  | | | Tarière | | |
| 418 | 1 | | | | | | |
| 417 | 2 | | | | | | |
| 416 | 3 | | | | | | |
| 415 | 4 | | | | | | |
| 414 | 5 | | | | | | |
| 413 | 6 | | | | | | |
| 412 | 7 | | | | | | |
| 411 | 8 | | | | | | |
| 410 | 9 | | | | | | |

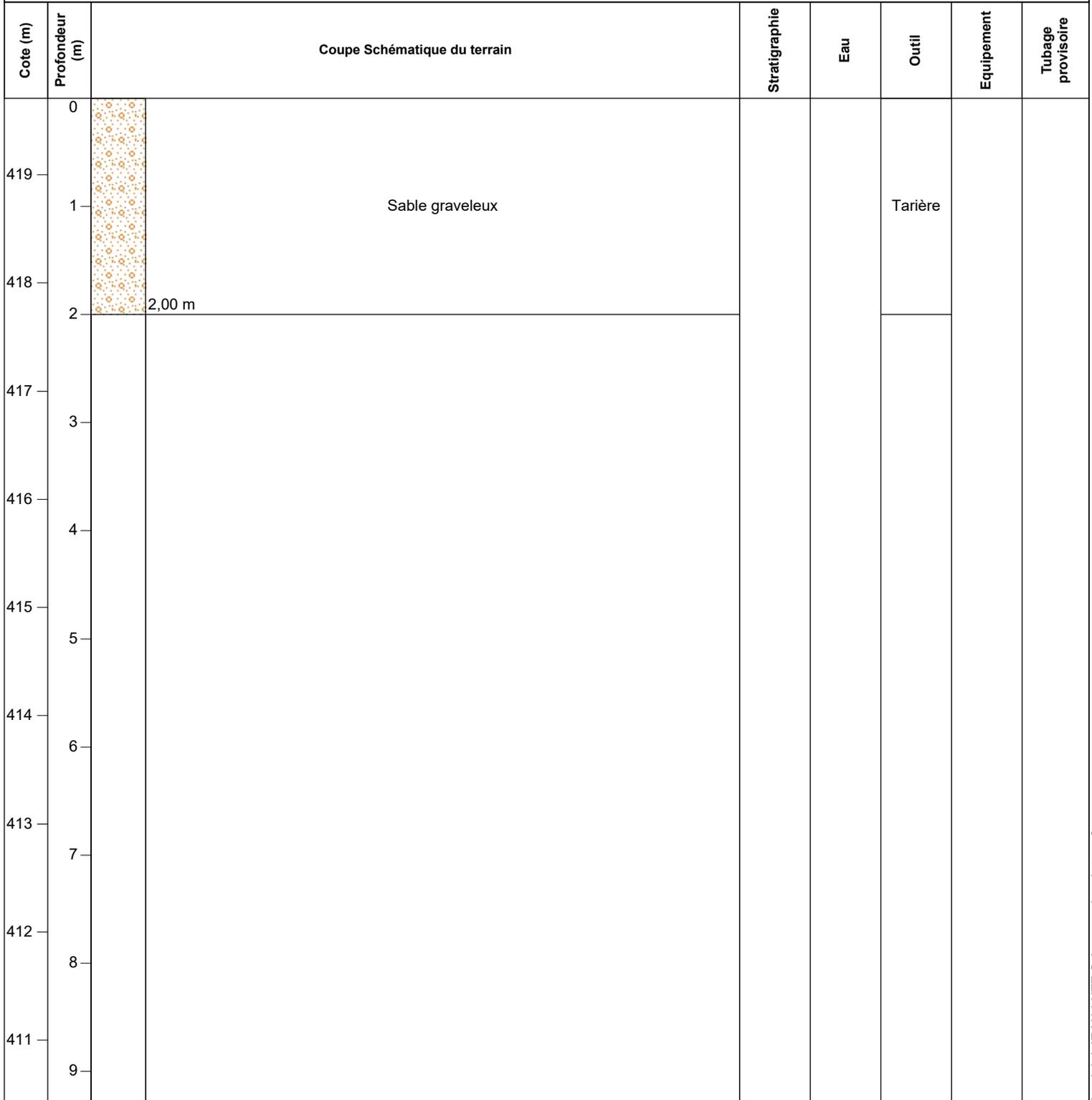
EXGTE 3.22/LUT3EPF511FR

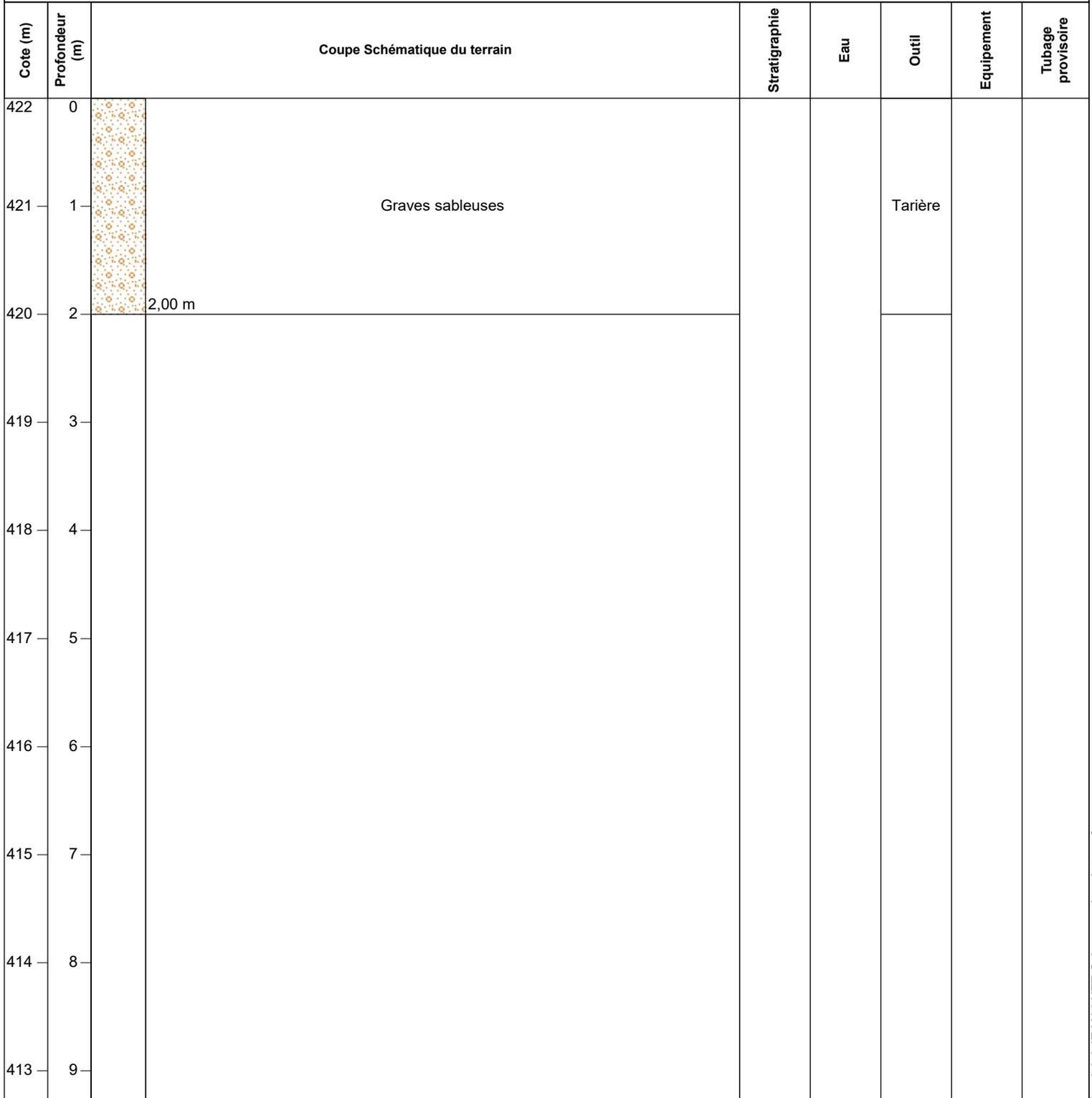
NOTA :

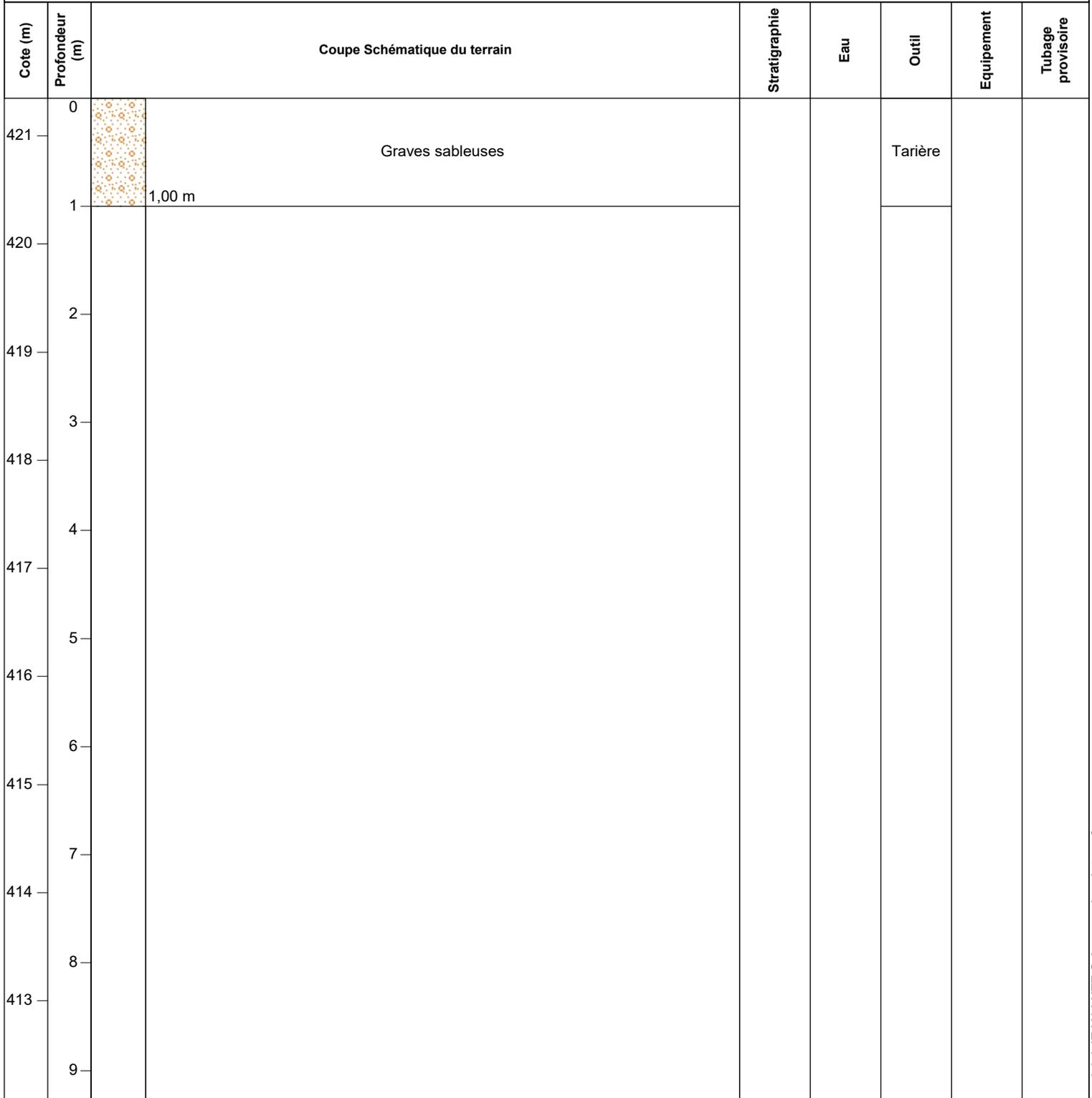
MODELE PRESENTATION : TARIERE

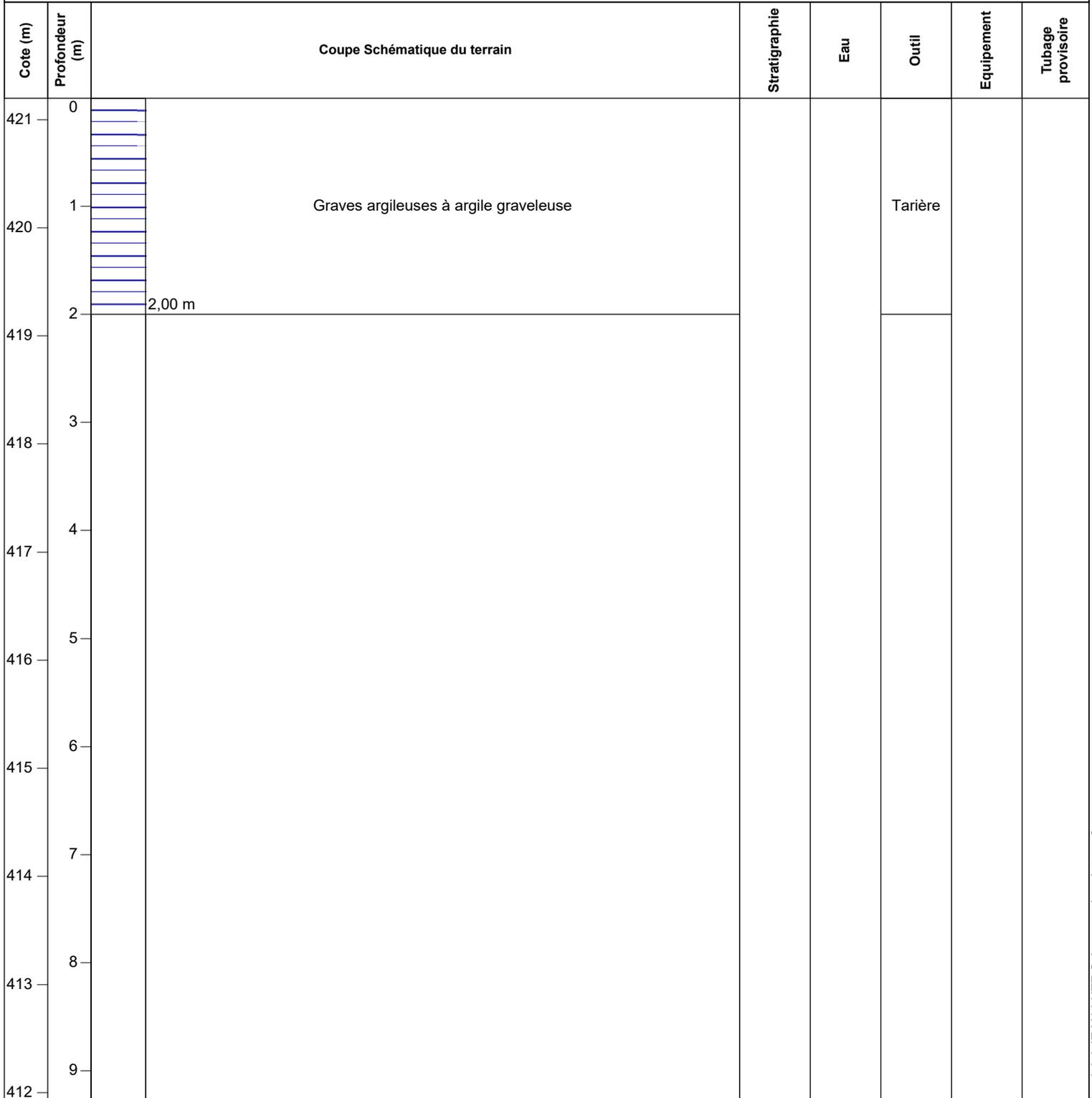


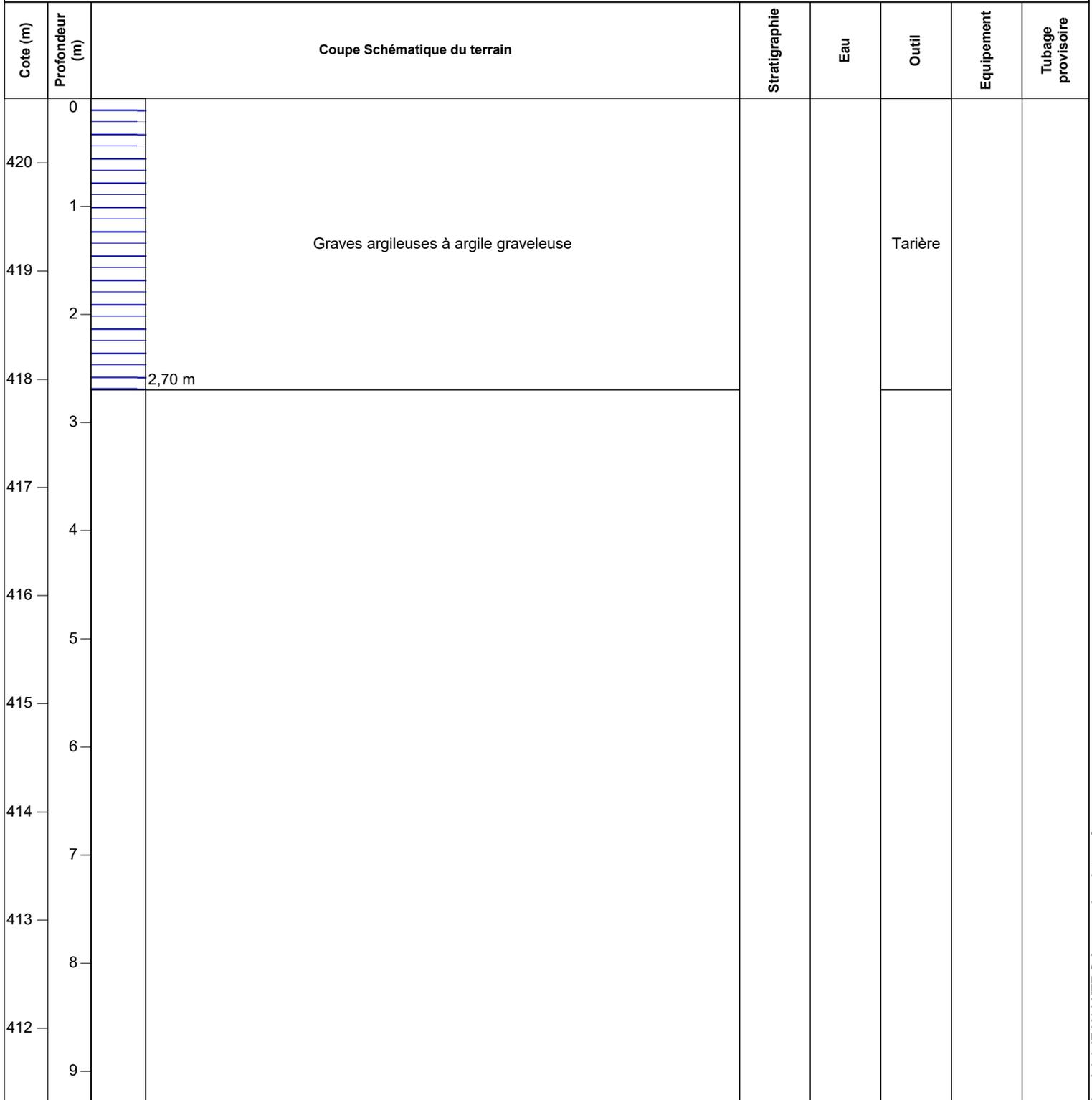


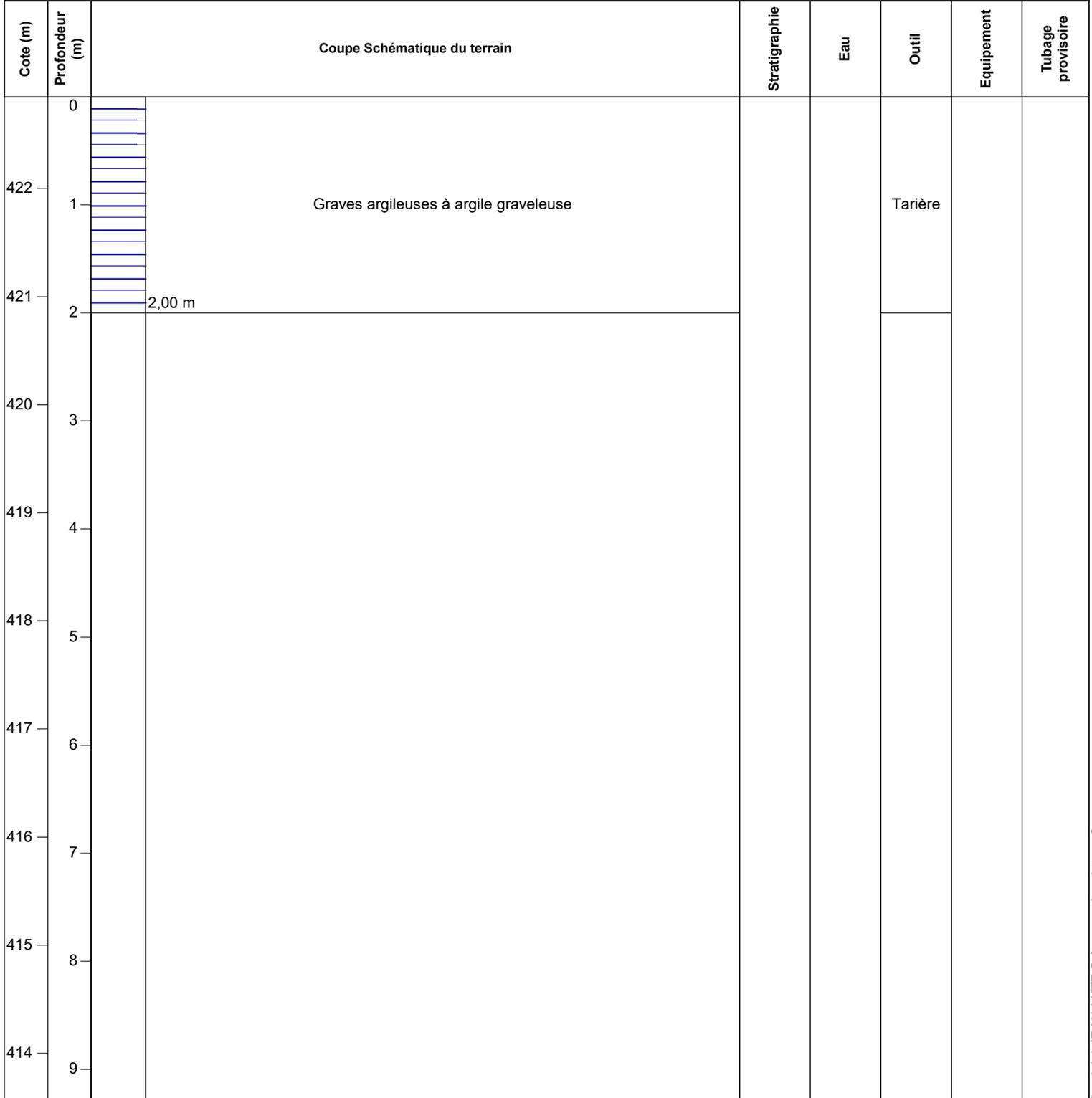


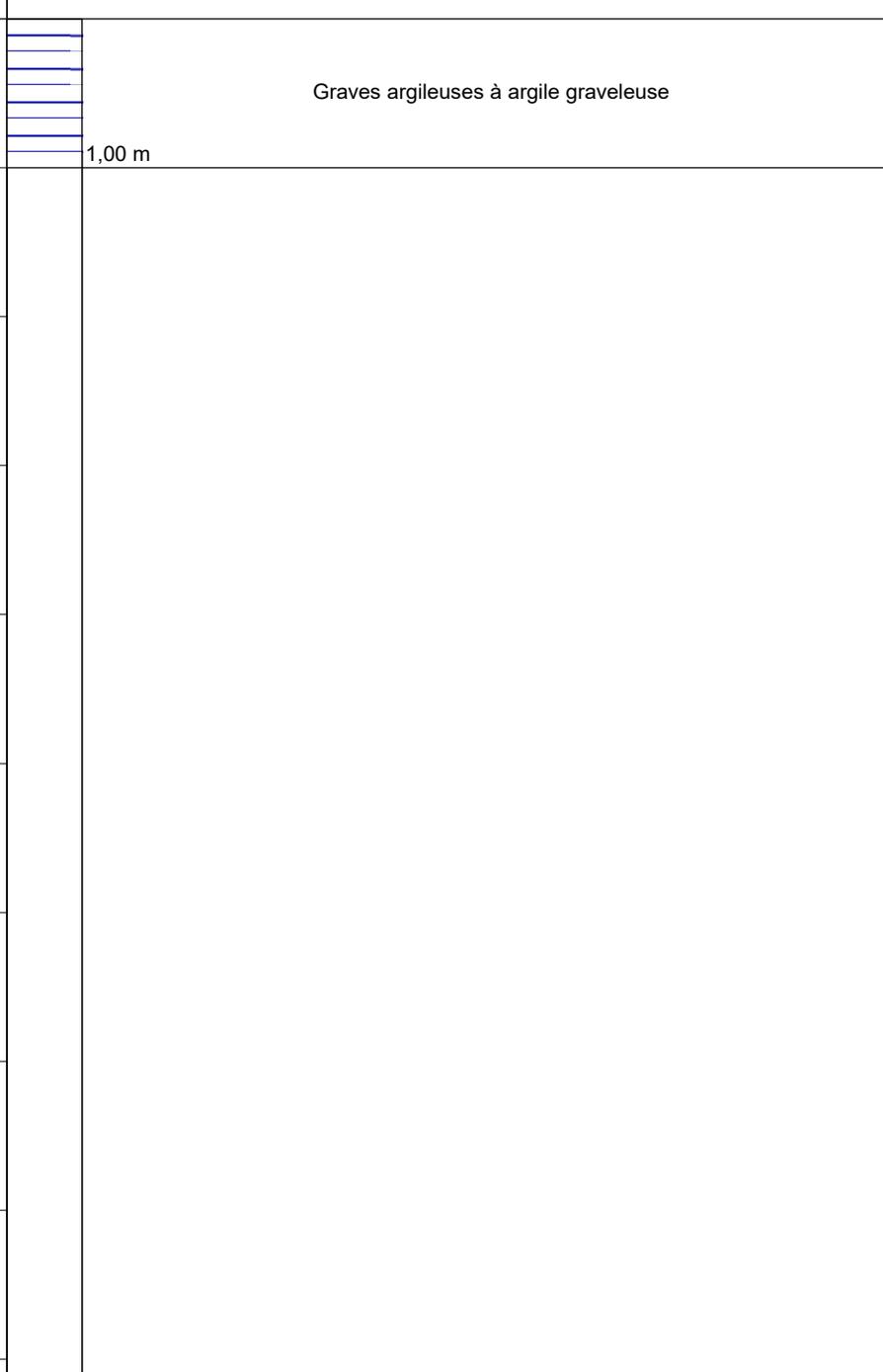


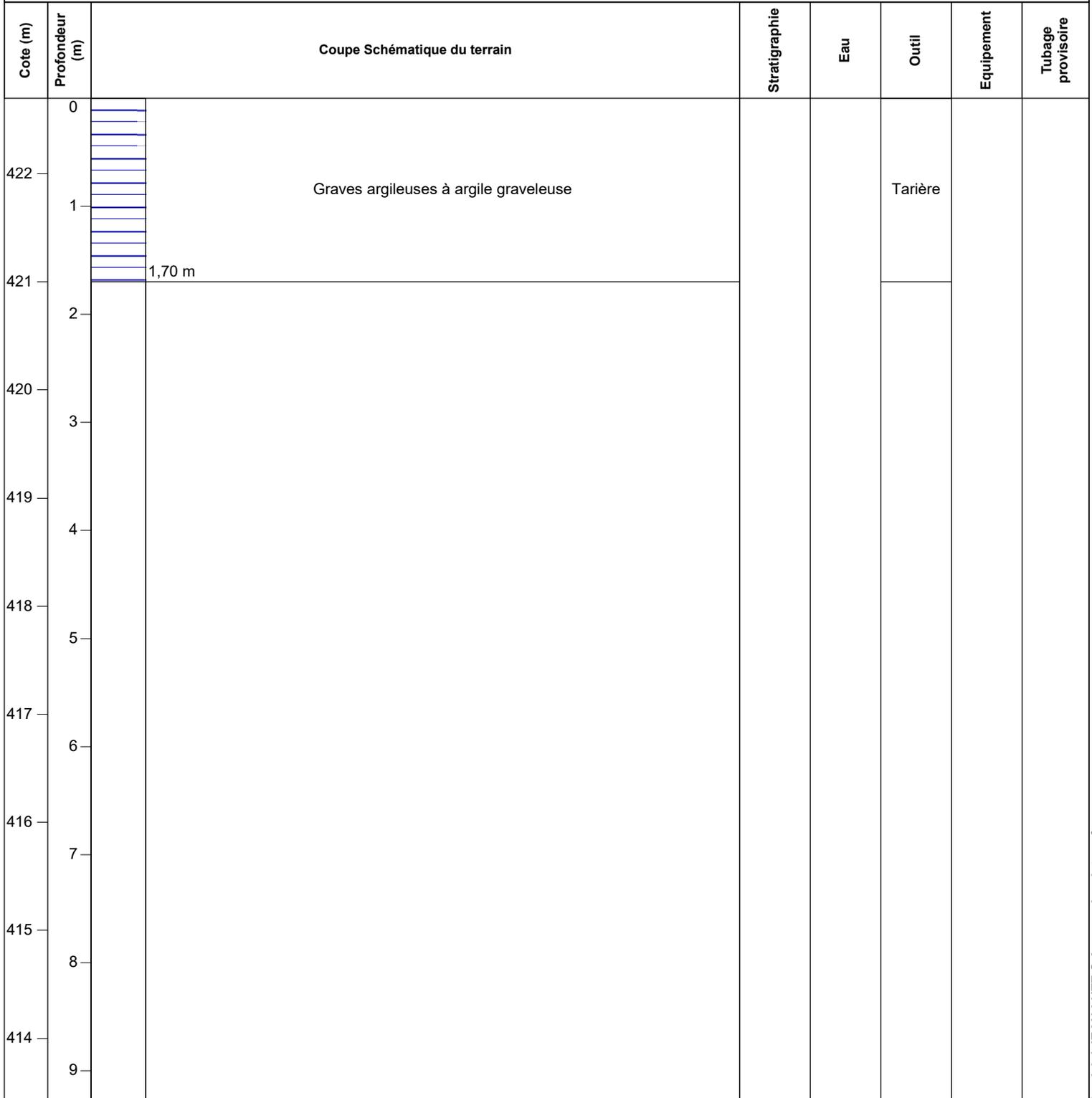


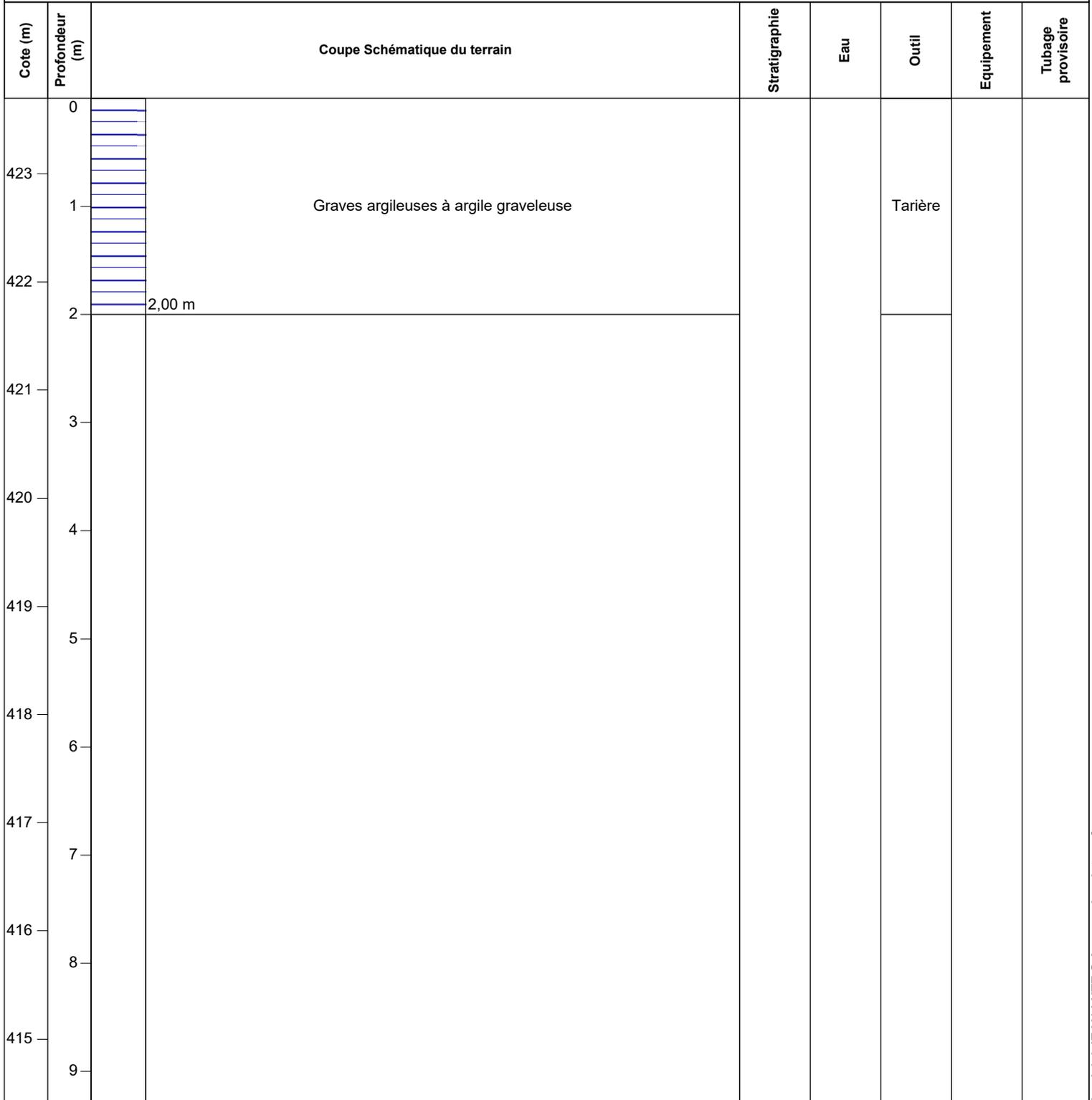




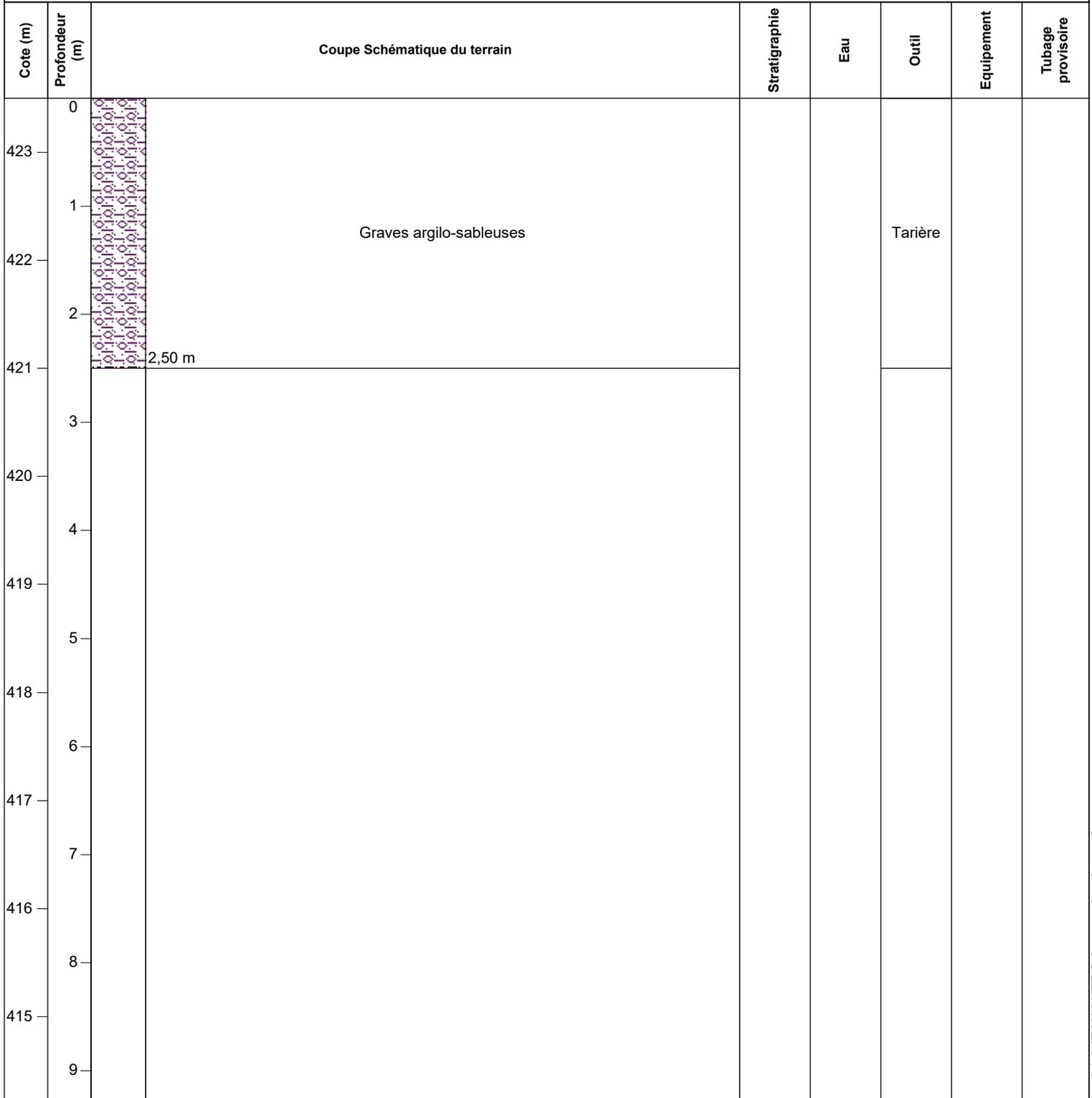


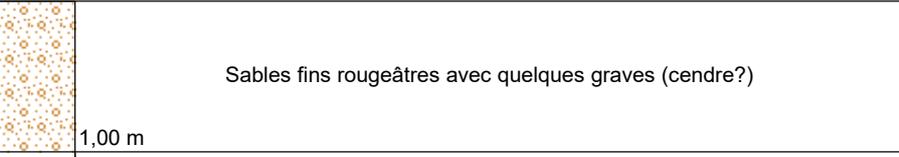
| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|--|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 422 | 0 |  <p>Graves argileuses à argile graveleuse</p> | | | Tarière | | |
| | 1 | | | | | | |
| 421 | 2 | | | | | | |
| 420 | 3 | | | | | | |
| 419 | 4 | | | | | | |
| 418 | 5 | | | | | | |
| 417 | 6 | | | | | | |
| 416 | 7 | | | | | | |
| 415 | 8 | | | | | | |
| 414 | 9 | | | | | | |





| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|---|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 424 | 0 |  <p>Graves argilo-sableuses</p> <p>1,50 m</p> | | | Tarière | | |
| 423 | 1 | | | | | | |
| 422 | 2 | | | | | | |
| 421 | 3 | | | | | | |
| 420 | 4 | | | | | | |
| 419 | 5 | | | | | | |
| 418 | 6 | | | | | | |
| 417 | 7 | | | | | | |
| 416 | 8 | | | | | | |
| 415 | 9 | | | | | | |

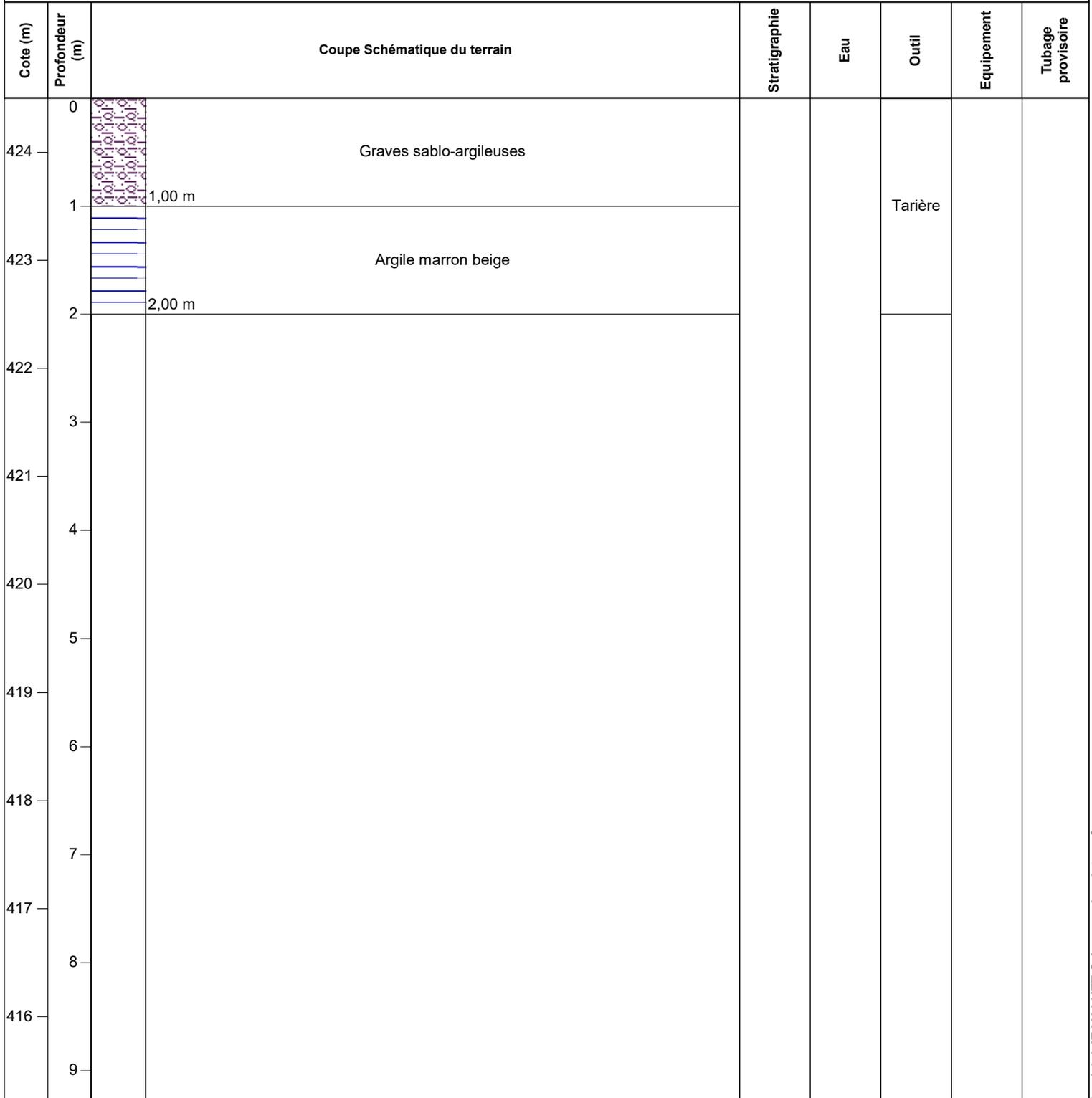


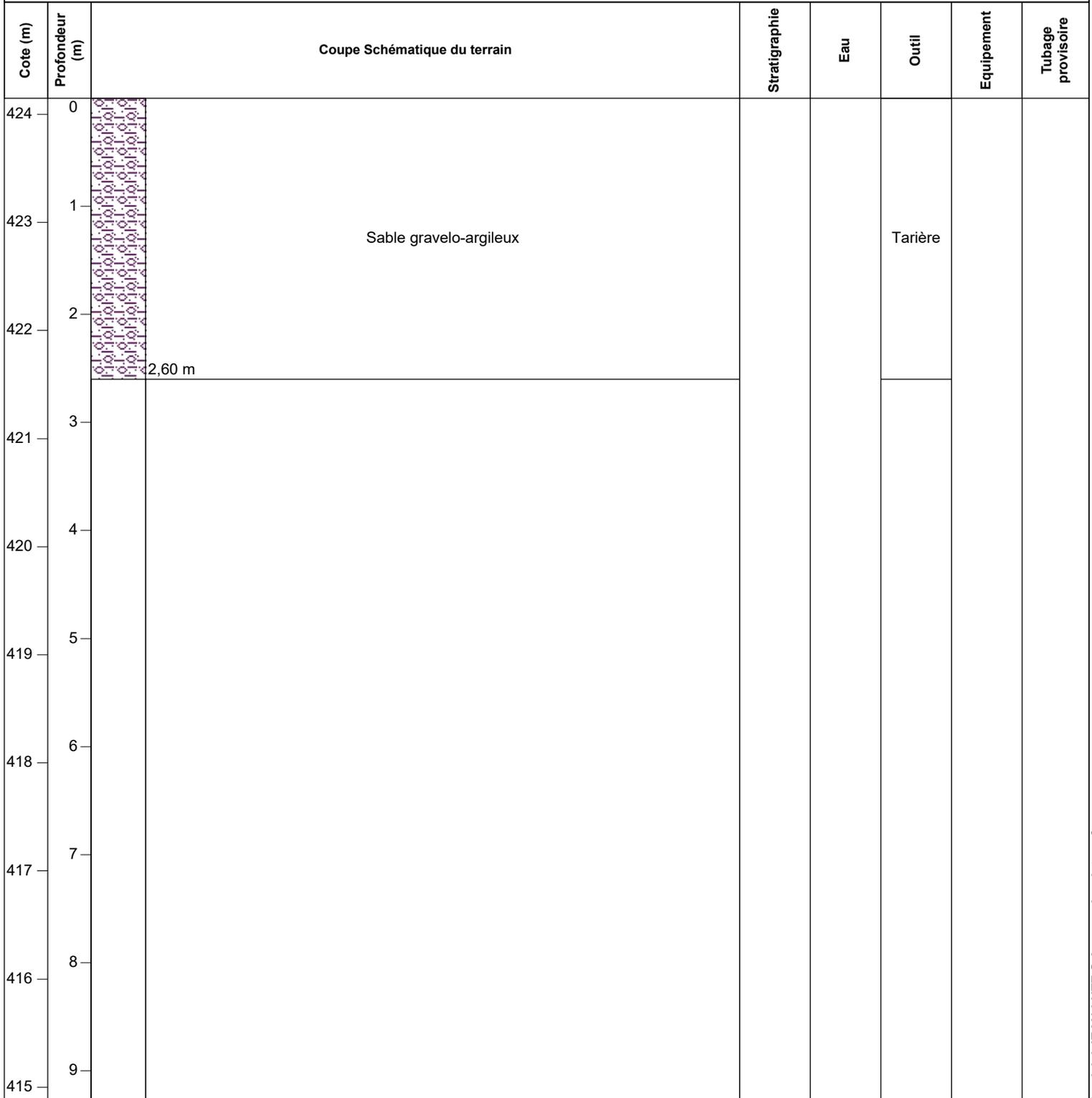
| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|---|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 423 | 0 |  <p>Sables fins rougeâtres avec quelques graves (cendre?)</p> | | | Tarière | | |
| 422 | 1 | | | | | | |
| 421 | 2 | | | | | | |
| 420 | 3 | | | | | | |
| 419 | 4 | | | | | | |
| 418 | 5 | | | | | | |
| 417 | 6 | | | | | | |
| 416 | 7 | | | | | | |
| 415 | 8 | | | | | | |
| 414 | 9 | | | | | | |

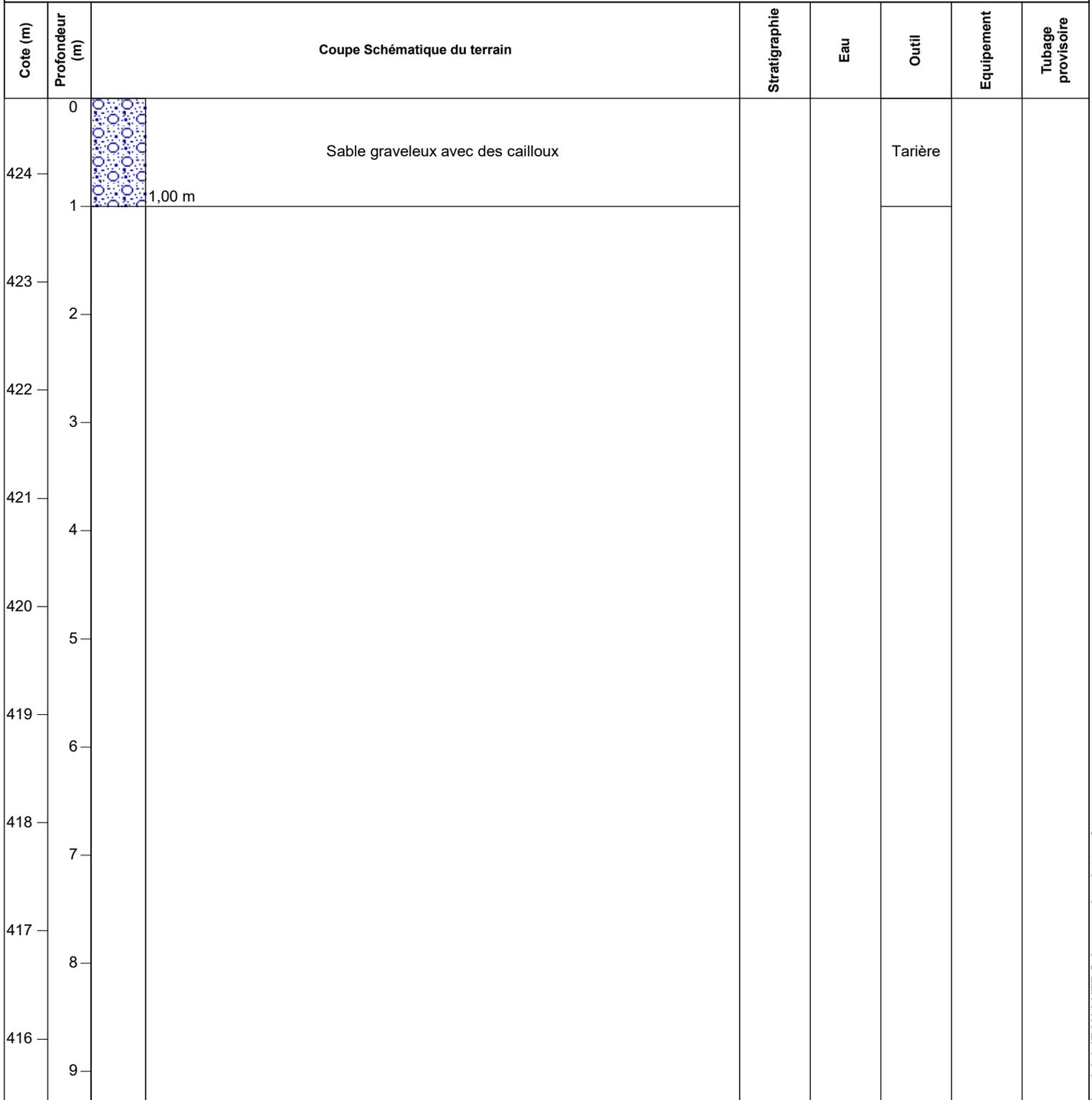
EXGTE 3.22/LUT3EPF511FR

NOTA :

MODELE PRESENTATION : TARIERE

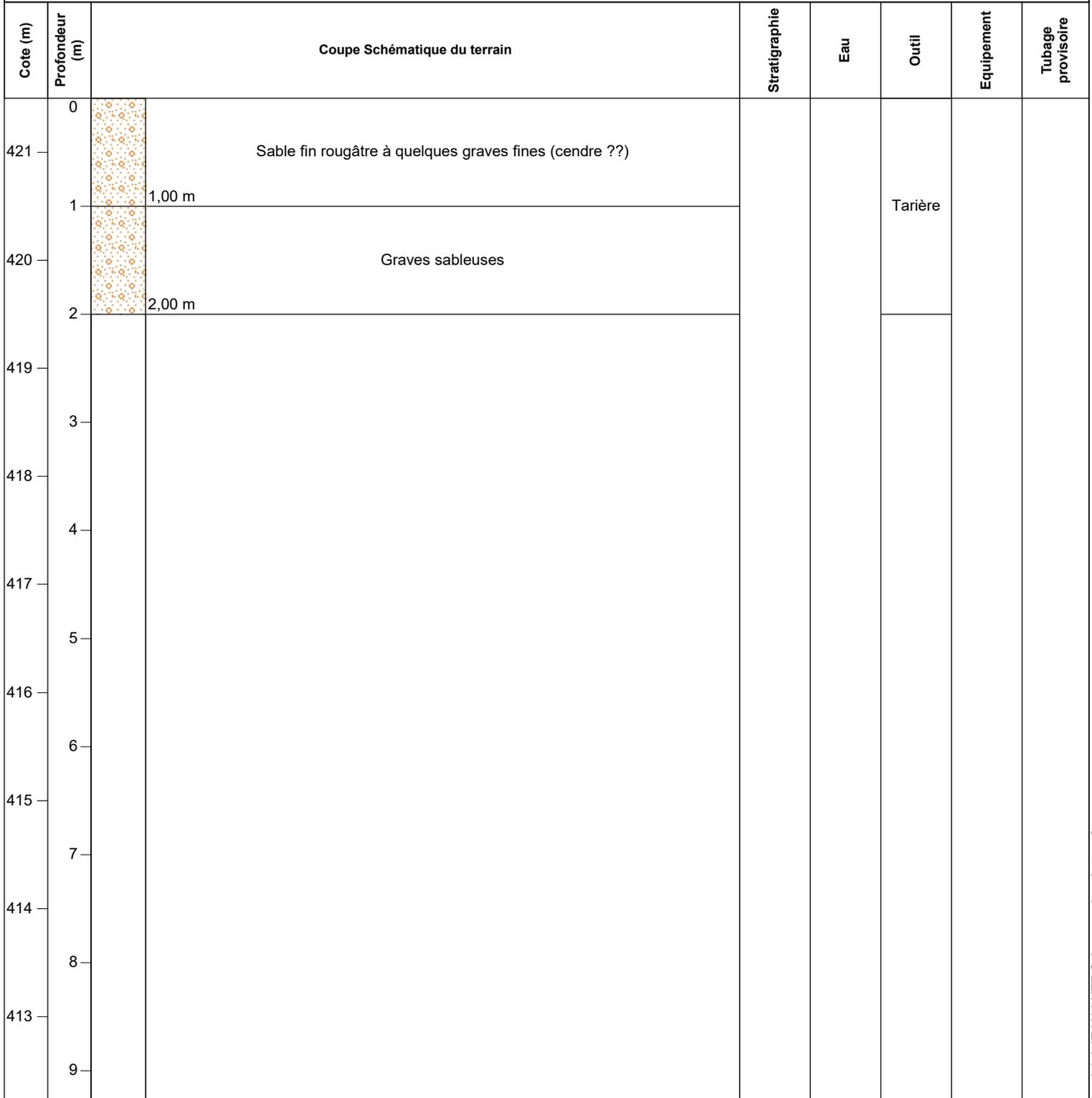


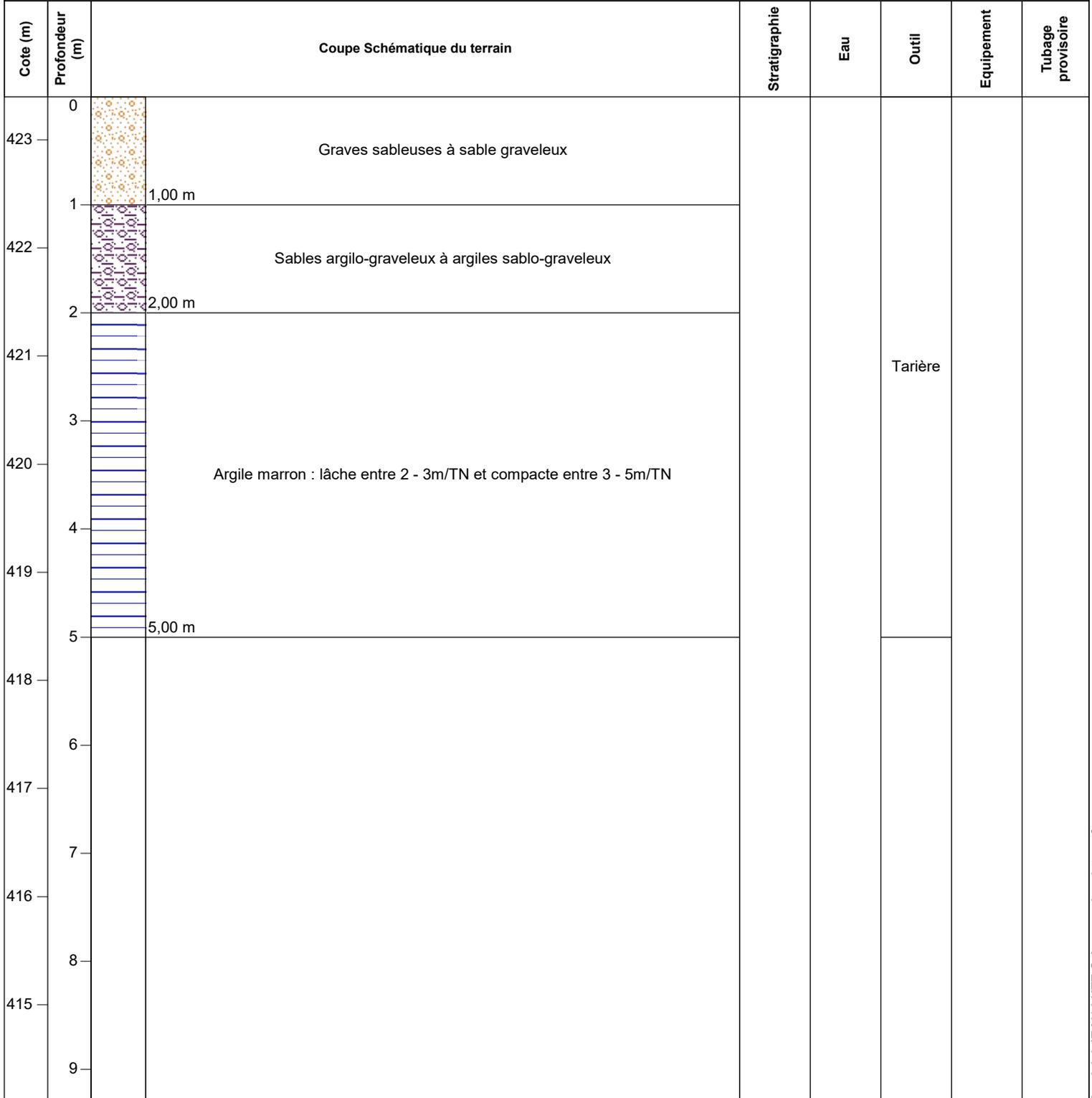


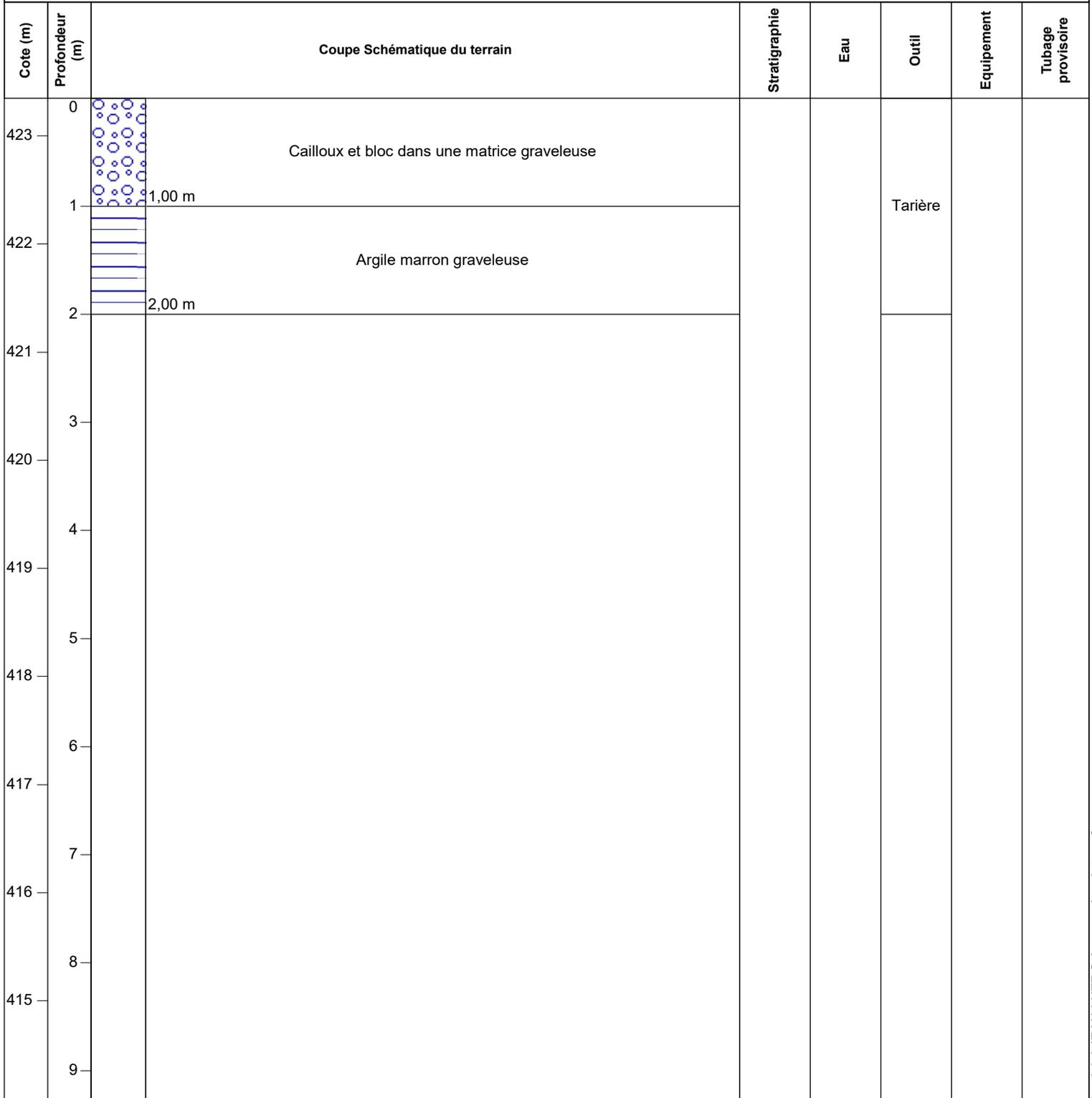




| Cote (m) | Profondeur (m) | Coupe Schématique du terrain | Stratigraphie | Eau | Outil | Equipement | Tubage provisoire |
|----------|----------------|---|---------------|-----|---------|------------|-------------------|
| 421 | 0 |  <p>Sable limono-graveleux avec des cailloux</p> | | | Tarière | | |
| | 1 | | | | | | |
| 420 | 2 | | | | | | |
| 419 | 3 | | | | | | |
| 418 | 4 | | | | | | |
| 417 | 5 | | | | | | |
| 416 | 6 | | | | | | |
| 415 | 7 | | | | | | |
| 414 | 8 | | | | | | |
| 413 | 9 | | | | | | |









Résultats des essais en laboratoire



Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
 Nom commercial: L.A.C.S
 T: 06 73 24 60 70
 j.colovray@labolacs.com
 5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE |
| Chantier : | CLERMONT | Date de prélèvement: | - |
| | FERRAND | Mode de conservation : | SAC |
| client : | TECHNOSOL | N° d'identification : | 924 |
| Ouvrage : | - | Date de réception : | 29/07/2022 |
| | | Sondage n° : | ST206 |
| | | Profondeur : | 1-2m |
| | | Date d'essai : | 01/08/2022 |
| | | Description : | visuelle |
| | | | Sable graveleux |

CLERMONT FERRAND

01/08/2022

Dossier n° TEA220292



Le responsable des essais

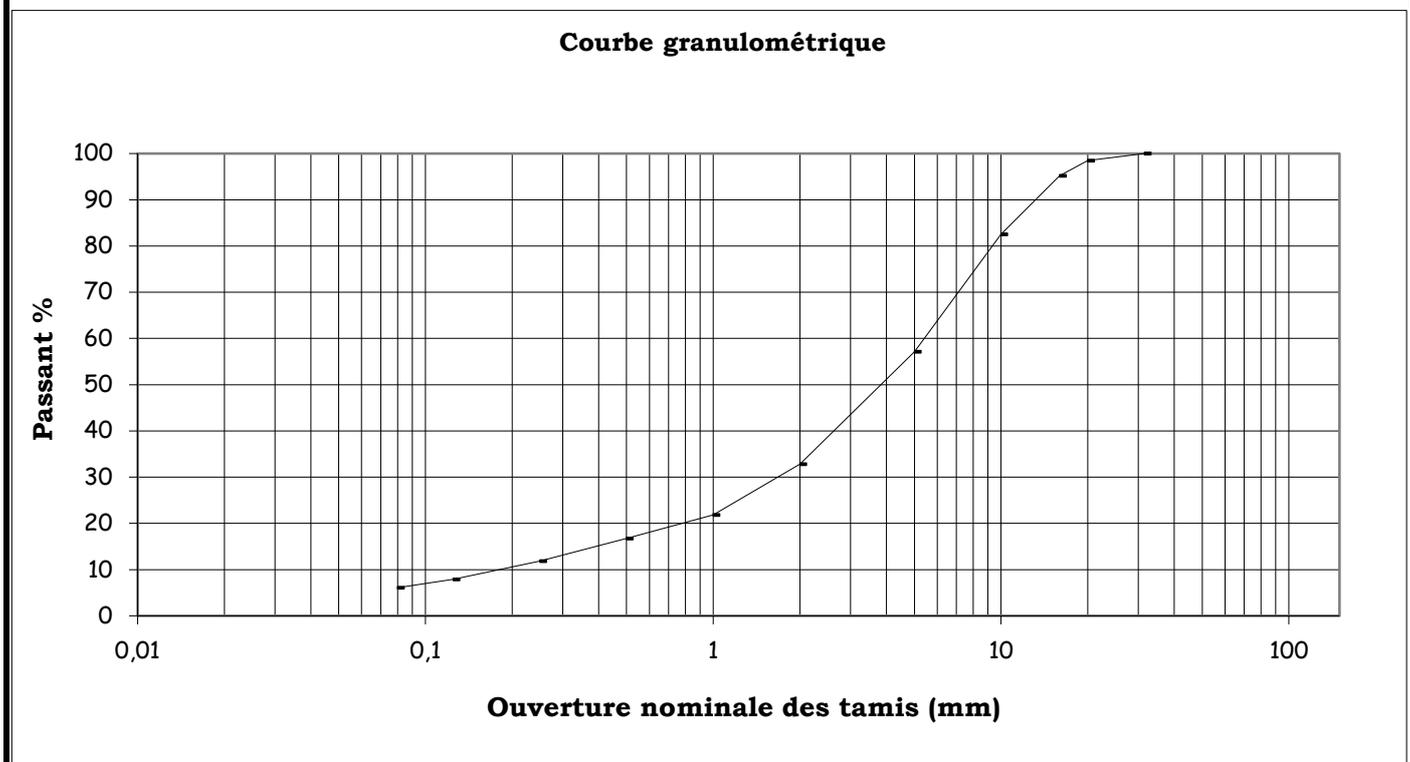
M.ARRIVAT

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------|---------------|-----------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE | Sondage n°: | ST206 |
| Chantier: | CLERMONT | Date de prélèvement: | - | Profondeur: | 1-2m |
| | FERRAND | Mode de conservation: | SAC | Date d'essai: | 01/08/2022 |
| client: | TECHNOSOL | N° d'identification: | 924 | Description: | |
| Ouvrage: | - | Date de réception: | 29/07/2022 | visuelle | Sable graveleux |

| Résultats de l'essai | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|----|----|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|--|
| Ouverture tamis mm | 120 | 100 | 80 | 63 | 50 | 31,5 | 20 | 16 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,08 | |
| %passant sur 0/D | | | | | | 100,0 | 98,5 | 95,2 | 82,5 | 57,2 | 32,8 | 21,8 | 16,7 | 11,9 | 7,9 | 6,1 | |
| %passant sur 0/50mm | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ms (en g): 1720,6



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE |
| Chantier : | CLERMONT FERRAND | Date de prélèvement: | - |
| client : | TECHNOSOL | Mode de conservation : | SAC |
| Ouvrage : | - | N° d'identification : | 924 |
| | | Date de réception : | 29/07/2022 |
| | | Sondage n° : | ST206 |
| | | Profondeur : | 1-2m |
| | | Date d'essai : | 01/08/2022 |
| | | Description : | visuelle |
| | | | Sable graveleux |

| Informations sur l'échantillon | | |
|--|-------------|-----------------|
| Masse humide soumise à l'essai : | mh = 33,4 | g |
| Proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du sol sec : | C = 57,2 | % |
| Teneur en eau de la fraction 0/5 mm* : | W0/5 = 8,02 | % |
| Masse sèche soumise à l'essai : | ms = 30,9 | g |
| Volume de solution de bleu injecté : | Vb = 20 | cm ³ |

| Résultat obtenu suivant NF EN ISO 17542-3 | |
|---|------------|
| Valeur au bleu de la fraction 0/50 du sol : | VBS = 0,37 |
| <small>g de bleu pour 100g de sol sec</small> | |

Observations

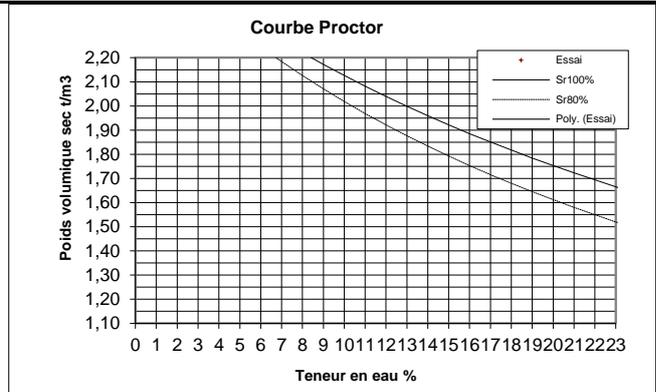
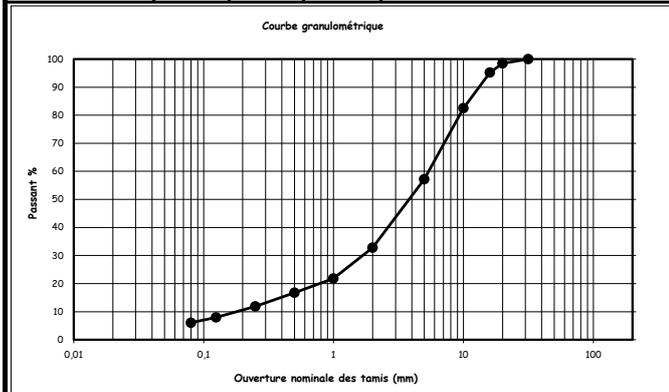
| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------|----------------|-----------------|
| Dossier n° : | TEA220292 | Mode de prélèvement : | TARIERE | Sondage n° : | ST206 |
| Chantier : | CLERMONT | Date de prélèvement : | - | Profondeur : | 1-2m |
| client : | FERRAND | Mode de conservation : | SAC | Date d'essai : | 01/08/2022 |
| Ouvrage : | TECHNOSOL | N° d'identification : | 924 | Description : | Sable graveleux |
| | - | Date de réception : | 29/07/2022 | visuelle | |

| 1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|----|----|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ouverture tamis mm | 120 | 100 | 80 | 63 | 50 | 31,5 | 20 | 16 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,08 |
| % passant sur 0/D | | | | | | 100,0 | 98,5 | 95,2 | 82,5 | 57,2 | 32,8 | 21,8 | 16,7 | 11,9 | 7,9 | 6,1 |
| % passant sur 0/50mm | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1 | | 3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3 | | 4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12 | | | | | | | |
|---|--------|--|-------------------------|--|--|-------|--|------|--|------|--|
| W = | 6,35 % | VBS = | 0,37 g de bleu/100g sol | WI% = | | Wp% = | | IP = | | Ic = | |

| 5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048 | | 6 - Friabilité des sables suivant P 18-576 | | 7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2 | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|--|---|-----|---|
| CaCO3 | % | FS | % | LA = | % | MDE | % |

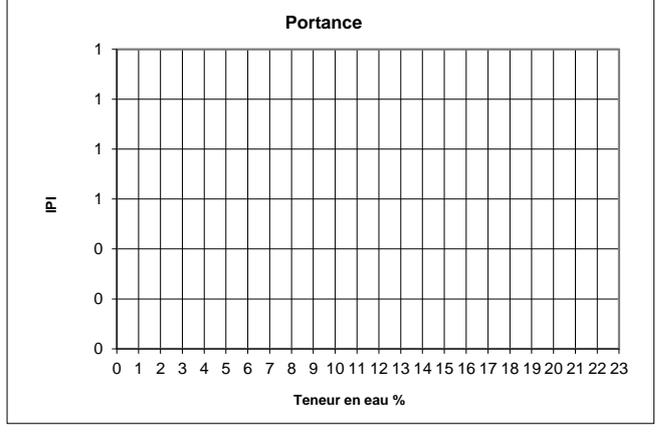
| 8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20 | | | | | | 9- Portances suivant NF P 94-078 | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|----------|---------------------------------|---------|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Teneur en eau | W% | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 | | | | | | | | | |
| Poids vol sec | ρ_d (t/m ³) | | | | | | | | | | | | | | |
| Résultats | | Brut | Corrigé* | proportion 20/D= | | | | | | | | | | | |
| | | W% | | Masse vol des particules du sol | | | | | | | | | | | |
| | | ρ_d (t/m ³) | | $\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé) | | | | | | | | | | | |



Observations :

Le responsable des essais
M. Arrivat

Classe du matériau
B4



Raison sociale: Laboratoire d'Analyse et de Contrôle des Sols
 Nom commercial: L.A.C.S
 T: 06 73 24 60 70
 j.colovray@labolacs.com
 5378 rue du Pou du ciel_01600_Reyrieux- France

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE |
| Chantier : | CLERMONT | Date de prélèvement: | - |
| | FERRAND | Mode de conservation : | SAC |
| client : | TECHNOSOL | N° d'identification : | 925 |
| Ouvrage : | - | Date de réception : | 29/07/2022 |
| | | Sondage n° : | ST218 |
| | | Profondeur : | 1-2m |
| | | Date d'essai : | 01/08/2022 |
| | | Description : | visuelle |
| | | | Argile |

CLERMONT FERRAND

01/08/2022

Dossier n° TEA220292



Le responsable des essais

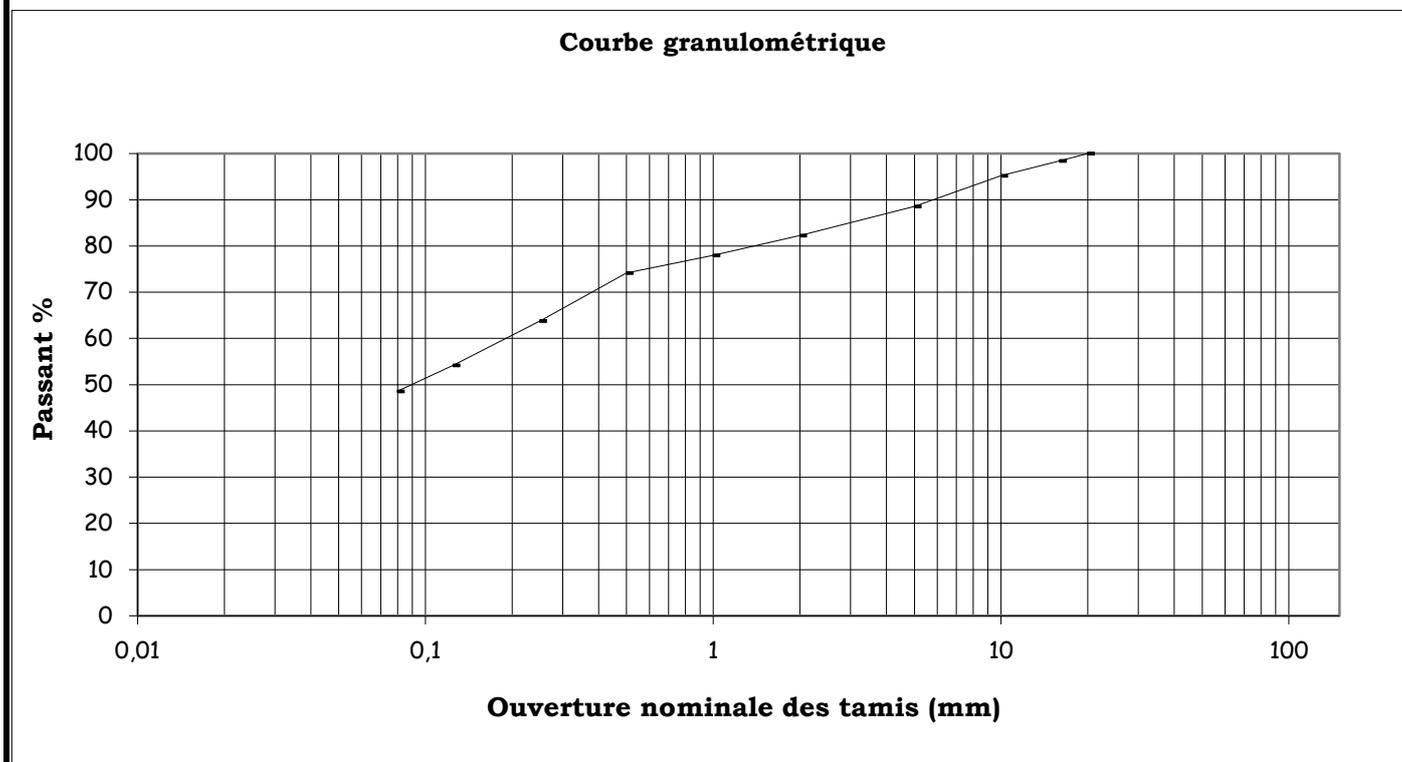
M.ARRIVAT

La reproduction intégrale de ce procès verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent procès verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle d'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée. En conséquence, le présent procès verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------|---------------|------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE | Sondage n°: | ST218 |
| Chantier: | CLERMONT | Date de prélèvement: | - | Profondeur: | 1-2m |
| | FERRAND | Mode de conservation: | SAC | Date d'essai: | 01/08/2022 |
| client: | TECHNOSOL | N° d'identification: | 925 | Description: | |
| Ouvrage: | - | Date de réception: | 29/07/2022 | visuelle | Argile |

| Résultats de l'essai | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|----|----|----|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|--|
| Ouverture tamis mm | 120 | 100 | 80 | 63 | 50 | 31,5 | 20 | 16 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,08 | |
| %passant sur 0/D | | | | | | | 100,0 | 98,4 | 95,2 | 88,6 | 82,3 | 78,0 | 74,2 | 63,8 | 54,2 | 48,6 | |
| %passant sur 0/50mm | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Ms (en g): 464



Mode de séchage des matériaux : étuve à 105 °C

Observations

DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

Limite de liquidité au cône de pénétration - NF P 94-051-1

Limite de plasticité au rouleau - NF P 94-057

| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | | | |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|------------|---------------|-----------------|
| Dossier n°: | TEA220292 | Mode de prélèvement: | TARIERE | Sondage n°: | ST218 |
| Chantier: | CLERMONT FERRAND | Date de prélèvement: | - | Profondeur: | 1-2m |
| client: | TECHNOSOL | Mode de conservation: | SAC | Date d'essai: | 01/08/2022 |
| Ouvrage: | - | N° d'identification: | 925 | Description: | visuelle Argile |
| | | Date de réception: | 29/07/2022 | | |

Limite de liquidité au cône de pénétration - NF EN ISO 17892-12

| | Mesure N° | Enfoncement mm | Teneur en eau % |
|------------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | 1 | 18,43 | 40,16 |
| | 2 | 21,18 | 39,83 |
| | 3 | 24,52 | 40,51 |
| | 4 | 22,89 | 40,34 |
| Résultat : WL = | | | 40 |

Limite de plasticité au rouleau - NF P 94-051 (03/93)

| Mesure | 1 | 2 | Résultat Wp = |
|-----------------|-------|-------|---------------|
| Teneur en eau % | 26,10 | 18,91 | 23 |

Observation

Séchage des matériaux à l'étuve à 105°C

Synthèse des résultats

| | | | |
|-----------------------|--------|-------|---|
| Teneur en eau | Wnat = | 20,02 | % |
| Limite de liquidité | WL = | 40 | % |
| Limite de plasticité | WP = | 23 | % |
| Indice de plasticité | IP = | 17 | |
| Indice de consistance | IC = | 1,1 | |

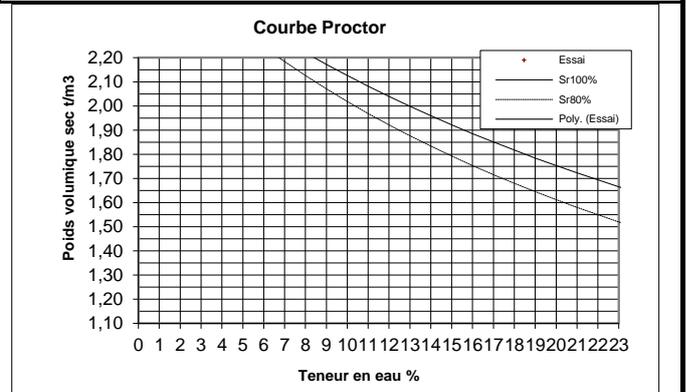
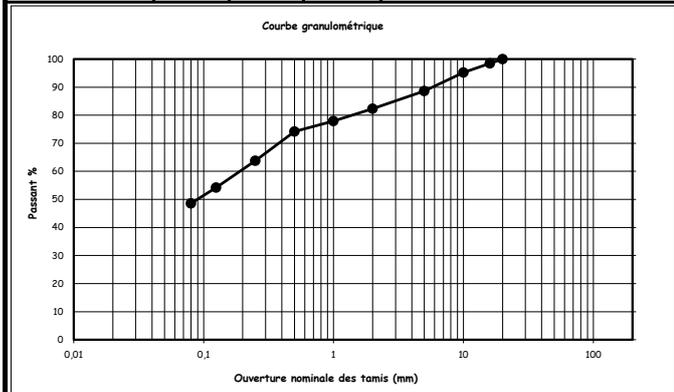
| Informations générales | | Informations sur l'échantillon | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------------|------------|----------------|------------|
| Dossier n° : | TEA220292 | Mode de prélèvement : | TARIERE | Sondage n° : | ST218 |
| Chantier : | CLERMONT | Date de prélèvement : | - | Profondeur : | 1-2m |
| client : | FERRAND | Mode de conservation : | SAC | Date d'essai : | 01/08/2022 |
| Ouvrage : | TECHNOSOL | N° d'identification : | 925 | Description : | Argile |
| | - | Date de réception : | 29/07/2022 | visuelle | |

| 1 - Granulométrie suivant NF EN ISO 17892-4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|----|----|----|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Ouverture tamis mm | 120 | 100 | 80 | 63 | 50 | 31,5 | 20 | 16 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,08 |
| % passant sur 0/D | | | | | | | 100,0 | 98,4 | 95,2 | 88,6 | 82,3 | 78,0 | 74,2 | 63,8 | 54,2 | 48,6 |
| % passant sur 0/50mm | | | | | | | | | | | | | | | | |

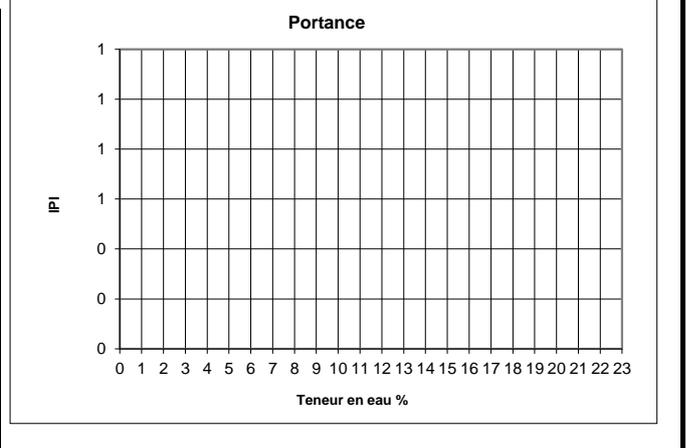
| 2 - Teneur en eau suivant NF EN ISO 17892-1 | | 3 - Valeur au bleu suivant NF EN ISO 17542-3 | | 4 - Limites d'Atterberg suivant NF EN ISO 17892-12 | | | | | | | |
|---|---------|--|--------------------|--|----|-------|----|------|----|------|-----|
| W = | 20,02 % | VBS = | g de bleu/100g sol | WI% = | 40 | Wp% = | 23 | IP = | 17 | Ic = | 1,1 |

| 5 - Teneur CaCO3 suivant NF-P 94-048 | | 6 - Friabilité des sables suivant P 18-576 | | 7 - LA/MDE suivant NF EN ISO 17542-1&2 | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|--|---|-----|---|
| CaCO3 | % | FS | % | LA = | % | MDE | % |

| 8- Essai Proctor normal suivant NF P 94-093 sur fraction 0/20 | | | | | | 9- Portances suivant NF P 94-078 | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|----------|---------------------------------|---------|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Teneur en eau | W% | Point 1 | Point 2 | Point 3 | Point 4 | Point 5 | | | | | | | | | |
| Poids vol sec | ρ_d (t/m ³) | | | | | | | | | | | | | | |
| Résultats | | Brut | Corrigé* | proportion 20/D= | | | | | | | | | | | |
| | | W% | | Masse vol des particules du sol | | | | | | | | | | | |
| | | ρ_d (t/m ³) | | $\rho_s = 2,7$ t/m3 (estimé) | | | | | | | | | | | |



Observations :



Le responsable des essais
M. Arrivat

Classe du matériau
A2

WESSLING France S.A.R.L., 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

TECHNOSOL
Monsieur Pierre COSTE
5 Rue des Essarts
69500 BRON

| | |
|-------------------------|--|
| N° rapport d'essai | ULY22-018524-1 |
| N° commande | ULY-17081-22 |
| Interlocuteur (interne) | M. Pinto |
| Téléphone | +33 474 999 621 |
| Courrier électronique | Magali.Pinto@wessling.fr |
| Date | 10.08.2022 |

Rapport d'essai

CHU CLERMONT-FERRAND



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 10.08.2022

| N° d'échantillon | | 22-117129-01 | 22-117129-02 | 22-117129-03 |
|---------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon | Unité | ST203 | ST214 | ST222 |

Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

| Matière sèche | % masse MB | 85,6 (A) | 96,7 (A) | 100 (A) |
|---------------|------------|----------|----------|---------|
|---------------|------------|----------|----------|---------|

Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

| Degré d'acidité | ml/kg MS | 21 | 21 | <5 |
|-----------------|----------|----|----|----|
|-----------------|----------|----|----|----|

Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

| Minéralisé à l'acide chlorhydrique | | 09/08/2022 | 09/08/2022 | 09/08/2022 |
|------------------------------------|--|------------|------------|------------|
|------------------------------------|--|------------|------------|------------|

Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

| Sulfates (SO4) | mg/kg MS | <450 | <450 | <450 |
|----------------|----------|------|------|------|
|----------------|----------|------|------|------|

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Date de réception : | 03.08.2022 | 03.08.2022 | 03.08.2022 |
| Type d'échantillon : | Sol | Sol | Sol |
| Date de prélèvement : | 28.07.2022 | 28.07.2022 | 28.07.2022 |
| Heure de prélèvement : | 00:00 | 00:00 | 00:00 |
| Récipient : | 250ml VBrun WES002 | 250ml VBrun WES002 | 250ml VBrun WES002 |
| Température à réception (C°) : | 7.9 | 7.9 | 7.9 |
| Début des analyses : | 04.08.2022 | 04.08.2022 | 04.08.2022 |
| Fin des analyses : | 10.08.2022 | 10.08.2022 | 10.08.2022 |

Le 10.08.2022

Informations sur vos résultats d'analyses :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Signataire approbateur :

Sabrina SLIMANI

Responsable Adjointe du Laboratoire Environnement



Synergie
d'expertises

SIÈGE SOCIAL - 01 69 09 14 51 - contact@technosol-gengis.fr
13, route de la Grange aux Cercles - 91160 Ballainvilliers

technosol-gengis.fr

SAS au capital de 120 000 € - APE : 7112B
Siret : 972 200 661 00015 - TVA : FR78 972 200 661

AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE

13, route de la Grange aux Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
paris@technosol-gengis.fr

AGENCE
BASSE-NORMANDIE

1 rue Ampère
14120 Mondeville
02 31 73 63 30
caen@technosol-gengis.fr

AGENCE
HAUTE-NORMANDIE

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@technosol-gengis.fr

AGENCE
AUVERGNE-RHONE-ALPES

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 87 91 55 28
lyon@technosol-gengis.fr

AGENCE
NOUVELLE-AQUITAINE

4, voie Romaine
33610 Canéjan
01 69 09 14 51
bordeaux@technosol-gengis.fr