



EPSM

Chemin de Chaintrelongue – LES SABLES D'OLONNE (85)



Dossier 240083G2AVP

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION - PHASE AVP



SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| SOMMAIRE | 2 |
| PRÉSENTATION..... | 3 |
| 1. Intervenants KORN OG géotechnique | 3 |
| 2. Projet..... | 3 |
| 3. Intervenants | 3 |
| 4. Mission..... | 3 |
| 5. Documents reçus..... | 4 |
| 6. Investigations géotechniques | 4 |
| MISSION G1 - phase ES Étude de Site | 6 |
| 7. Caractéristiques du site | 6 |
| 8. Synthèse des résultats | 8 |
| 9. Récapitulatif des données principales du site | 11 |
| MISSION G1 - phase PGC Orientation du projet..... | 12 |
| 10. Description du projet..... | 12 |
| 11. Risque radon | 12 |
| 12. Risque sismique | 13 |
| 13. Adaptations générales du projet..... | 14 |
| MISSION G2 - phase AVP Ébauche dimensionnelle | 15 |
| 14. Hypothèses de calculs..... | 15 |
| 15. Dallages..... | 16 |
| 16. Fondations superficielles | 16 |
| 17. Protection des ouvrages enterrés vis-à-vis de l'eau..... | 18 |
| 18. Terrassements – Assise des dallages..... | 19 |
| 19. Dispositions constructives et précautions particulières | 22 |
| 20. Aléas géotechniques et conditions contractuelles..... | 23 |
| ANNEXES : | |
| ↗ Annexe 1 : Classification des missions géotechniques selon la norme NF P 94-500 | |
| ↗ Annexe 2 : Sondages et essais in situ | |
| ↗ Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages | |
| ↗ Annexe 4 : Essais en laboratoire | |

PRÉSENTATION

1. Intervenants KORNOG géotechnique

| Agence en charge du dossier : LES SABLES D'OLONNE (85) 85@kornog-geo.fr | | | |
|--|-----------------|------------------|--------------------|
| Version | Date | Chargé d'affaire | Contrôleur externe |
| 1 | 15 juillet 2024 | François VILAIN | Florian LE BAQUER |

Ce document est une copie conforme de l'exemplaire original détenu par **KORNOG géotechnique** qui en reste propriétaire. La conformité de cette copie est authentifiée par le visa original d'un des signataires en fin de rapport.

2. Projet

Adresse : Rue de Chaintrelongue - LES SABLES D'OLONNE (85)

Nom de l'opération : EPSM

3. Intervenants

Client et maître d'ouvrage : C.H. Georges MAZURELLE

Assistant M.O. : A2MO

Architecte : NOMADE

B.E.T. Ingénierie : BERIM

4. Mission

La mission de **KORNOG géotechnique** est conforme à la proposition DE02195 du 5 mars 2024 et à la commande N° A475139 du même jour. Elle fait suite à l'étude préalable 220241G1PGC du 26 juillet 2022 et consiste, dans un premier temps (phase AVP), à :

- procéder à une campagne complémentaire de reconnaissance des sols,
- établir un rapport donnant :
 - le modèle géologique du site ainsi que les hypothèses géotechniques des sols à prendre en compte pour le projet,
 - les recommandations vis-à-vis des règles parasismiques,
 - une étude des ouvrages géotechniques nécessaires à la réalisation du projet comprenant leur définition et une ébauche dimensionnelle,
 - les dispositions générales à prendre vis-à-vis des nappes et des avoisinants,
 - les principales sujétions de conception et d'exécution.

Il s'agit de la phase AVP d'une mission d'ingénierie de type G2, selon la norme NF P 94-500.

5. Documents reçus

| Document | Format | Origine / Référence | Date de réception |
|---|--------|---------------------------------------|--|
| Cahier des charges | pdf | C.H. Mazurelle / A2MO Février 2024 | 1 ^{er} mars 2024 |
| Plan du rez-de-chaussée et R+1, coupes, façades | dwg | C.H. Mazurelle / NOMADE | |
| Plan de toiture et sous-sol | | | 26 mars 2024 |
| Plans des planchers | | | BERIM / APD BM15230110 Juillet 2024 |

6. Investigations géotechniques

6.1. Sondages et essais in situ

Les sondages et essais réalisés in situ au cours des différentes campagnes sont présentés dans les tableaux suivants et leurs résultats sont joints en annexe 2. Les sondages de même numéro ont été couplés pour étalonnage.

6.1.1. Sondages de reconnaissance

| Type de sondage | Sondage | Profondeur (m) |
|--|---------|----------------|
| Sondage à la pelle mécanique | PM1 | 1.5 |
| | PM2 | 1.8 |
| | PM3 | 1.7 |
| | PM4 | 1.5 |
| | PM5 | 1.1 |
| Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue | SP101 | 8.0 |
| | SP102 | 8.0 |
| | SP103 | 8.0 |
| | SP104 | 8.0 |
| | SP105 | 8.0 |
| | T106 | 1.0 |
| | T107 | 1.0 |
| | T108 | 1.0 |
| | T109 | 1.0 |

6.1.2. Essais mécaniques in situ

| Type d'essai mécanique in situ | Sondage | Profondeur (m) |
|---|---------|----------------|
| Sondage au pénétromètre dynamique mené au refus d'un mouton de 63.5 kg | PDB1 | 3.1 |
| | PDB2 | 3.2 |
| | PDB3 | 3.6 |
| | PDB4 | 3.2 |
| | PDB5 | 3.2 |

| Type d'essai mécanique in situ | Sondage | Nombre |
|--------------------------------|---------|--------|
| Essai pressiométrique | SP101 | 5 |
| | SP102 | 5 |
| | SP103 | 5 |
| | SP104 | 6 |
| | SP105 | 6 |

6.1.3. Perméabilité in situ

| Type d'essai de perméabilité in situ | Sondage | Profondeur (m) |
|--------------------------------------|---------|----------------|
| Essai Porchet | PO106 | 0.8-1.0 |
| | PO107 | 0.8-1.0 |
| | PO108 | 0.8-1.0 |
| | PO109 | 0.8-1.0 |

6.1.4. Piézométrie

| Piezométrie | Référence | Profondeur (m) |
|---|-----------|----------------|
| Tube piézométrique Ø 34/40 mm avec capot métallique scellé | PZ101 | 7.5 |
| | PZ105 | 6.0 |

6.1.5. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan joint en annexe 3. Celle des sondages de l'étude G2 a été définie par A2MO et réalisée par **KORNOG géotechnique**.

Les altitudes des têtes de sondages ont été relevées par **KORNOG géotechnique** et rattachées au plan topographique communiqué dans le cadre de l'étude préalable. Ces altitudes sont approximatives.

6.2. Essais en laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire sur les échantillons prélevés sont présentés dans le tableau suivant. Les résultats partiels sont présentés en annexe 4.

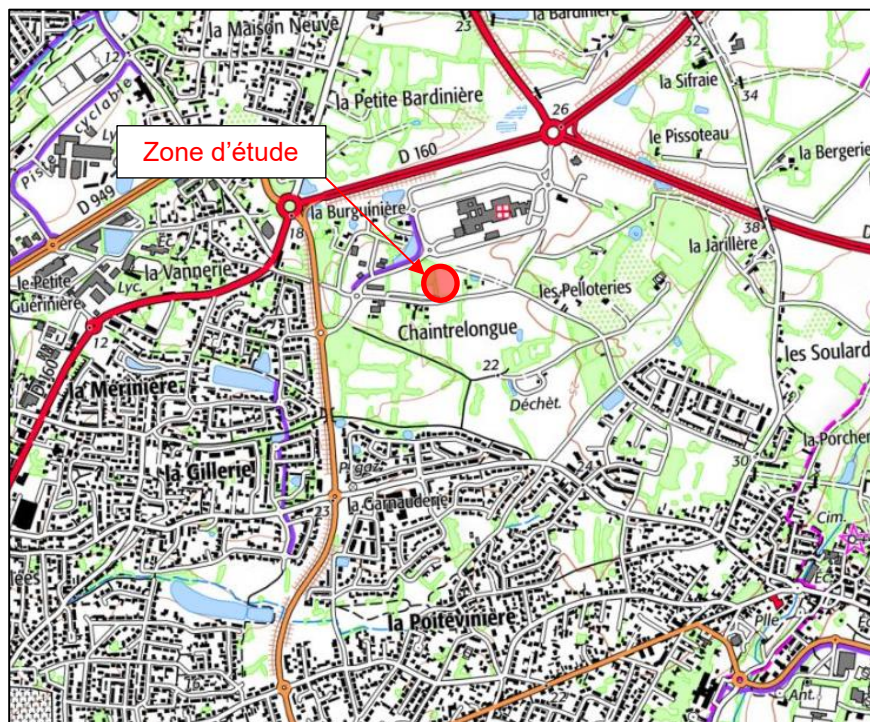
| Type d'essai : identification des sols | Nombre | Norme |
|---|--------|-------------|
| Teneur en eau pondérale w | 1 | NF P 94-050 |
| Analyse granulométrique par tamisage | 1 | NF P 94-056 |
| Valeur au bleu VBS du sol | 1 | NF P 94-068 |
| Classification des sols (GTR) | 1 | NF P 11-300 |
| Type d'essai : analyse chimique | Nombre | Norme |
| Agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons | 1 | FD P 18-011 |
| Agressivité des sols vis-à-vis des bétons | 1 | FD P 18-011 |

MISSION G1 - phase ES

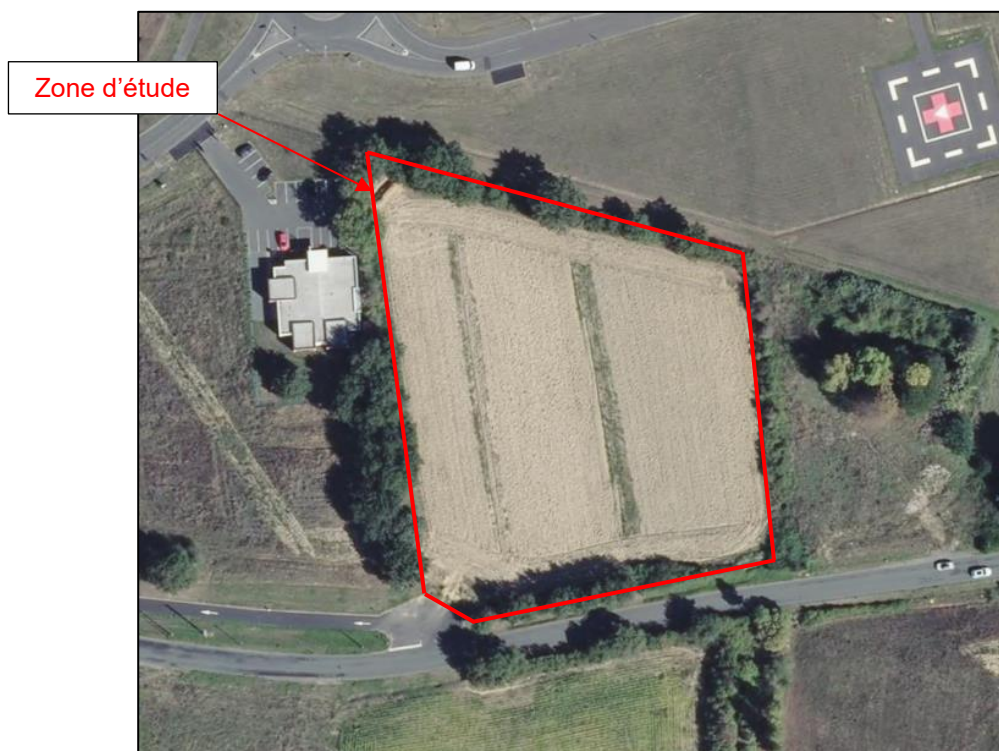
Étude de Site

7. Caractéristiques du site

7.1. Localisation et occupation du site



Extrait de la carte IGN



Vue aérienne du site

Lors de l'intervention en juin et juillet 2024, le terrain correspondait à une prairie en friches, située au sud-ouest du centre hospitalier, délimitée par une haie arborée et traversée par des fossés et des ornières. Des allées ont été aménagées à l'aide d'une pelle mécanique à travers la végétation et pour reboucher les ornières et les fossés, afin de permettre l'accès de l'atelier de sondage.

7.2. Zone d'influence géotechnique

L'emprise étudiée est libre de toute mitoyenneté.

7.3. Topographie

Le site présente une faible pente descendant vers le nord-ouest, son altitude variant de 23.2 à 21.9 N.G.F.

7.4. Données géologiques

D'après la carte géologique LES SABLES D'OLONNE au 1/50000 et notre expérience locale, les formations devant être rencontrées sont en principe les suivantes, de haut en bas :

- ↳ Formations limono-végétales de couverture,
- ↳ Limons des plateaux,
- ↳ Substratum (micaschistes et/ou rhyolites) plus ou moins altéré en tête.

7.5. Risque « argile »

D'après le site www.georisques.gouv.fr, le terrain présente une exposition faible au retrait-gonflement des argiles.

7.6. Inondabilité

D'après le site www.georisques.gouv.fr, le terrain n'est pas situé dans une zone potentiellement sujette aux débordements de nappe ou aux inondations de cave.

Des informations précises sur le risque d'inondabilité peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude.

7.7. Risque sismique

7.7.1. Réglementation

- ↳ Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique.
- ↳ Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français.
- ↳ Arrêté du 22 octobre 2010, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- ↳ EUROCODE 8 (NF EN 1998) : calcul des structures pour leur résistance aux séismes.

7.7.2. Zonage

Selon le décret précité, le site est en zone 3 de sismicité modérée.

7.8. Risque « radon »

Le projet est situé dans un département prioritaire pour la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants (présence potentielle de radon), il conviendra de se référer au décret n° 2002-460 du 4 avril 2002. La commune des SABLES D'OLONNE est classée en catégorie 3 (risque fort).

8. Synthèse des résultats

8.1. Structure géologique

Les sondages de reconnaissance ont permis d'observer successivement les faciès suivants :

- TV- **Terre végétale** silteuse marron clair, avec quartz et racines, sur une épaisseur de 0.15/0.2 m, absente dans la plupart des sondages SP et T après le léger défrichage du site.
- L- **Limon** plus ou moins **silteux à sableux**, brun grisâtre à marron jaunâtre, avec quartz roulés à anguleux, jusqu'à une profondeur variant de 0.2 à 0.7 m suivant les sondages.
- LA- **Limon argileux à argile limoneuse**, micacé marron roux jaunâtre gris, avec quartz, jusqu'à 0.6 à 1.3 m de profondeur dans les sondages PM2 à PM4, SP101 à SP104, T106 et T107.
- A- **Limon** micacé marron jaunâtre gris beige, avec plaquettes décomposées à dures, jusqu'à 1.3 et 2.5 m de profondeur en PM2 à PM4, SP101, SP103 à SP105 et plus de 1.0 m en PM5 et T109.

Cet horizon correspond aux altérites micaschisteuses, plus ou moins décomposées.

- MA- **Micaschiste** gris, **altéré** en plaquettes et plaques friables à dures, jusqu'à la base des
- MC- fouilles à la pelle mécanique, devenant **compact** à partir de 2.8 à 7.0 m.

Les limites de ces faciès au droit des différents sondages sont estimées dans le tableau suivant :

| N° de sondage (cote N.G.F. de la tête) | | 1 (22.7) | 2 (23.1) | 3 (22.8) | 4 (22.1) | 5 (22.7) | 101 (22.3) | 102 (22.6) | 103 (22.7) | 104 (23.1) | 105 (22.9) | 106 (22.1) | 107 (22.8) | 108 (22.7) | 109 (23.1) |
|---|-----------------------------|---|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Faciès supposé | | Profondeur de la base (m) (cote N.G.F. correspondante) | | | | | | | | | | | | | |
| TV / L | Recouvrement | 0.6 (22.1) | 0.6 (22.5) | 0.6 (22.2) | 0.5 (21.6) | 0.45 (22.2) | 0.3 (22.0) | 0.6 (22.0) | 0.5 (22.2) | 0.4 (22.7) | 0.2 (22.7) | 0.7 (21.4) | 0.2 (22.6) | 0.7 (22.0) | 0.4 (22.7) |
| LA / A | Limon argileux Altérites | - | 1.6 (21.5) | 1.5 (21.3) | 1.3 (20.8) | 1.4 (21.3) | 1.6 (20.7) | 1.1 (21.5) | 1.5 (21.2) | 2.5 (20.6) | 1.5 (21.4) | > 1.0 | | - | > 1.0 |
| MA/MC | Micaschiste | Au-delà | | | | | | | | | | Non atteint | | Au-delà | Non atteint |

On rappellera que les sondages pénétrométriques sont de type « aveugle » car ne permettant pas une identification visuelle des sols traversés. Pour les sondages, la nature et/ou l'épaisseur des faciès ne sont donc qu'une supposition établie par analyse des diagraphies pénétrométriques et des données géologiques du site.

8.2. Données pressiométriques

Les caractéristiques mesurées des couches ou faciès décrits sont synthétisées dans le tableau suivant à partir des résultats obtenus.

| Faciès géologique | | Pressiomètre Ménard | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------------|-------|--------------------|-------------------------------|-------|------|------------|
| | | Nombre d'essais | Module pressiométrique E_M (MPa) | | | Pression limite p_i^* (MPa) | | | |
| n° | Nature | | min | max | moyenne harmonique | min | max | moy | écart type |
| LA A | Limon argileux Altérites | 6 | 4.3 | 18.6 | 8.0 | 0.41 | 1.67 | 0.89 | 0.47 |
| MA | Micaschiste altéré | 12 | 22.4 | 90.8 | 48.8 | 2.79 | > 4.3 | - | - |
| MC | Micaschiste compact | 9 | 156.0 | 256.6 | 210.9 | > 4.8 | | - | - |

8.3. Essais en laboratoire

Les caractéristiques mesurées sur l'échantillon sont synthétisées dans le tableau suivant :

| Nature | Sondage | Profondeur (m) | w (%) | VBS | Passant à 80 μ (%) | Dmax (mm) | Classe GTR |
|----------------------------|---------|----------------|----------|-----|------------------------|-----------|------------|
| Limon argileux micacé (LA) | SP104 | 0.4 à 1.3 | En cours | | | | |

Légende :

w : Teneur en eau pondérale naturelle
 VBS : Valeur de bleu du sol
 Dmax : Diamètre du tamis laissant passer 100 % du matériau
 Classe GTR : Classe du sol selon la norme NF P11-300 et applicable dans le cadre du GTR

Les caractéristiques mesurées sur l'échantillon d'eau sont synthétisées dans le tableau suivant :

| Piézomètre | pH | CO ₂ agressif (mg/l) | NH ₄ ⁺ (mg/l) | SO ₄ ²⁻ (mg/l) | Mg ²⁺ (mg/l) | TAC (mé/l) |
|------------|----------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------|
| PZ101 | En cours | | | | | |

Légende :

NH₄⁺ : Ammonium
 SO₄²⁻ : Sulfates
 Mg²⁺ : Magnésium
 TAC : Titre alcalimétrique complet (1 mé/l = 5 °F)

Les caractéristiques mesurées sur un des échantillons de sol sont synthétisées dans le tableau suivant :

| Nature | Sondage | Profondeur (m) | Degré d'acidité selon Baumann (ml/kg) | Sulfates (% SO ₄) |
|----------------------------|---------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Limon argileux micacé (LA) | T107 | 0.2 à 1.0 | 10.0 | 74 |

D'après ces résultats, les sols analysés ne constituent pas un environnement chimiquement agressif au sens de la norme FD P 18-011.

8.4. Synthèse hydrogéologique

8.4.1. Perméabilité

Les essais d'eau réalisés permettent d'estimer la perméabilité des faciès ci-dessous.

| Faciès | Sondage | Profondeur (m) | Nature de l'essai | Coefficients de perméabilité k (m/s) |
|---------------------|---------|----------------|-------------------|--------------------------------------|
| Limon argileux (LA) | T106 | 0.8 à 1.0 | Porchet | 4 10 ⁻⁷ |
| | T107 | 0.8 à 1.0 | | 1.1 10 ⁻⁶ |
| Micaschiste (M) | T108 | 0.8 à 1.0 | | < 1 10 ⁻⁷ |
| Altérites (A) | T109 | 0.8 à 1.0 | | 7.5 10 ⁻⁷ |

Il est rappelé qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité en petit. Ces tests reflètent néanmoins des horizons superficiels peu perméables.

8.4.2. Piézométrie

Il n'a pas été observé d'arrivée d'eau dans les sondages au moment des reconnaissances en juillet 2022, période consécutive à un déficit pluviométrique important.

En juin et juillet 2024, période consécutive à une pluviométrie élevée, les relevés de niveaux d'eau s'établissent comme suit au droit des sondages, ceux non cités étant restés secs :

| Sondage | SP101 +PZ101 | | SP102 | | SP103 | | SP104 | | SP105 +PZ105 | |
|---------------------------------|--------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------------|------|
| Altitude N.G.F. de la tête | 22.3 | | 22.6 | | 22.7 | | 23.1 | | 22.9 | |
| Relevés | Prof. (m) | Cote | Prof. (m) | Cote | Prof. (m) | Cote | Prof. (m) | Cote | Prof. (m) | Cote |
| en fin de forage ⁽¹⁾ | 2.0 | 20.3 | 3.2 | 19.4 | 2.9 | 19.8 | 2.2 | 20.9 | 0.4 | 22.5 |
| 4 juillet 2024 | 2.1 | 20.2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 juillet 2024 | 2.1 | 20.2 | - | - | - | - | - | - | 2.4 | 20.5 |

⁽¹⁾ Ces niveaux non stabilisés peuvent ne pas correspondre à ceux existant réellement.

Les relevés, ponctuels dans le temps, ne permettent pas de préciser les variations à long terme. Le régime hydrogéologique (débit et niveau) peut varier en fonction de la saison et de la pluviosité.

Pour plus de précision et pour prendre en compte ce risque, il est prévu le suivi des piézomètres jusqu'au mois de novembre à minima.

9. Récapitulatif des données principales du site

L'enquête documentaire, la visite du site et l'analyse des résultats des sondages et essais, font ressortir les points essentiels suivants à prendre en compte pour conduire les choix d'adaptation :

- ↗ Le site présente une faible pente descendant vers le nord-ouest.
- ↗ L'emprise étudiée est libre de toute mitoyenneté.
- ↗ Les horizons de recouvrement (terre végétale, limon silteux), impropres à recevoir toute fondation de structure ou dallage, ont des épaisseurs comprises entre 0.2 et 0.7 m au droit des sondages.
- ↗ On rencontre ensuite un limon micacé argileux à graveleux avec plaquettes, marron roux à gris marron, présentant des caractéristiques variables, faibles à moyennes, jusqu'à 1.1 à 2.5 m de profondeur. Ses propriétés mécaniques sont susceptibles d'évoluer rapidement et de manière défavorable pour des teneurs en eau plus élevées.
- ↗ A partir de 0.6 à 2.5 m de profondeur, il s'agit du substratum micaschisteux altéré puis compact, avec de bonnes caractéristiques mécaniques. La présence de filons de rhyolites, non rencontrés au droit des sondages mais recensés sur la carte géologique, n'est pas exclue sur le reste du site.
- ↗ Des niveaux d'eau stabilisés ont été observés à partir de 2.1 m de profondeur dans les sondages et piézomètres, dans une zone qui n'est pas réputée sujette aux débordements de nappe ou aux inondations de cave.

MISSION G1 - phase PGC

Orientation du projet

10. Description du projet

10.1. Caractéristiques des constructions

D'après les documents communiqués et les informations fournies, le projet se présente comme suit :

Type d'ouvrage : EPSM (hôpital de jour)

Structure : béton armé

Nombre de niveaux : 2 à 3 (rez-de-chaussée sur sous-sol, avec étage partiel)

Cote altimétrique du rez-de-chaussée : 22.60 N.G.F.

Cote altimétrique du sous-sol : 19.60 N.G.F.

D'après les informations et plans communiqués, le sous-sol sera partiel et constitué de locaux techniques. Le rez-de-chaussée sera conçu en dallage sur terre-plein et dalle portée, suivant les secteurs.

Il est également envisagé la construction de locaux de rangement extérieurs en structure bois et/ou parpaings qui seront fondés sur radier, ainsi que des murets et divers aménagements (bancs, aires de jeux, ...).

10.2. Voiries

Il est prévu une voirie de desserte et des aires de stationnement au nord-ouest, au sud-ouest et au sud-est du futur bâtiment.

Les trafics envisagés ne nous ont pas été communiqués.

11. Risque radon

Nous rappelons que la commune est classée en catégorie 3 vis-à-vis de la concentration en radon. Des solutions existent pour réduire significativement la concentration en radon dans les bâtiments. Elles reposent sur deux types d'actions :

- ✎ Éliminer le radon présent dans le bâtiment en améliorant le renouvellement de l'air intérieur (renforcement de l'aération naturelle ou mise en place d'une ventilation mécanique adaptée).
- ✎ Limiter l'entrée du radon en renforçant l'étanchéité entre le sol et le bâtiment (colmatage des fissures et des passages de canalisations à l'aide de colles silicone ou de ciment, pose d'une membrane sur une couche de gravillons recouverte d'une dalle en béton, etc.). L'efficacité de ces mesures peut être renforcée par la mise en surpression de l'espace exploité ou la mise en dépression des parties basses du bâtiment (sous-sol ou vide sanitaire lorsqu'ils existent), voire du sol lui-même.

12. Risque sismique

12.1. Données parasismiques réglementaires

Le tableau ci-dessous reprend les principales données parasismiques déduites des reconnaissances effectuées, présentées dans les paragraphes précédents, et des éléments du projet :

| | |
|---|-------------|
| Zone de sismicité cantonale - décret octobre 2010 | 3 |
| Accélération maximale de référence pour le sol de classe A : a_{gR} (m/s ²) | 1.1 |
| Classe de sol | A |
| Paramètre de sol : S | 1.0 |
| Coefficient d'amplification topographique : S_T | 1.0 |
| Catégorie d'importance du bâtiment - arrêté du 22 octobre 2010 | III |
| Coefficient d'importance : γ_I | 1.2 |
| Risque de liquéfaction | Négligeable |

12.2. Incidence du risque sismique

Compte-tenu de la zone sismique concernée et de la catégorie d'importance du bâtiment envisagé, la réglementation parasismique doit être prise en compte dans le dimensionnement des structures.

L'application des règles parasismiques amène à prendre en compte les principes généraux suivants :

- ↳ Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des parties par des joints parasismiques.
- ↳ Dans le cas d'un sol de catégorie A au sens de l'aléa sismique, celui-ci peut être considéré comme assurant la liaison entre des fondations isolées.
- ↳ Ne pas fonder les constructions "à cheval" sur deux ou plusieurs types de sol de caractéristiques géotechniques très différentes, ou sur des discontinuités naturelles du sol : fractures, ressauts, brusques changements de pente, etc.
- ↳ Pour un même corps d'ouvrage avoir un niveau identique de fondation. En cas de niveaux enterrés ou de vide sanitaire, les prévoir sur toute l'emprise de la construction ou, à défaut, sur une partie séparée par un joint parasismique. Si la stratification des couches géologiques est inclinée, la totalité des fondations doit descendre dans un niveau de sols identiques, éventuellement avec décrochements de niveaux bas.
- ↳ Éviter toute accumulation d'eau de ruissellement autour des constructions (drainage périphérique efficace avec des regards de visite à prévoir) ou tenir compte des poussées hydrodynamiques dans la conception des murs enterrés.

13. Adaptations générales du projet

13.1. Niveaux bas

La présence de venues d'eau à faible profondeur nécessite de concevoir le niveau sous-sol en **dalle portée** par les fondations et non en dallage sur terre-plein, dont la structure sera dimensionnée pour reprendre les sous-pressions.

Pour le rez-de-chaussée, la réalisation de **dallages sur terre-plein** est envisageable sous réserve de purger les horizons de recouvrement (terre végétale, limon silteux) et de mettre en place une couche de forme dont l'épaisseur et les modalités de mise en œuvre (préparation, drainage, ...) sont précisées au § 18.

Les zones de transition du rez-de-chaussée situées en périphérie du sous-sol seront conçues de préférence en **dalle portée** par les fondations.

13.2. Fondation des structures

Compte tenu des éléments précédents, les solutions de fondation suivantes sont envisageables :

Bâtiment :

- ↳ **Semelles** superficielles isolées ou filantes, sur **rattrapage en gros béton**, ancrées dans le **micaschiste altéré (MA) à compact (MC)**, dont le toit a été rencontré dans les sondages n°5 et 101 à 105 entre 1.1 et 2.5 m de profondeur par rapport au terrain actuel.

Locaux de rangement :

- ↳ **Radier** fondé dans le **limon argileux micacé (LA)**, dont le toit a été rencontré dans les sondages n°101 et 104 à 0.3 et 0.4 m de profondeur par rapport au terrain actuel.

MISSION G2 - phase AVP

Ébauche dimensionnelle

14. Hypothèses de calculs

14.1. Sollicitations appliquées aux fondations

Les sollicitations considérées par A2MO, vis-à-vis des E.L.S., sont les suivantes :

Charge verticale sur appuis isolés du bâtiment : 600 kN

Charge verticale sur appuis continus du bâtiment : 80 kN/ml

Les surcharges d'exploitation sur dallage ont été estimées par KORNOG géotechniques ≤ 5 kPa.

14.2. Terrassements prévus

Dans l'emprise du futur sous-sol, le projet prévoit la réalisation d'une plate-forme entièrement en déblai de 3.0 à 3.5 m de profondeur environ par rapport au terrain actuel.

Pour le reste du bâtiment et les locaux de rangement, les terrassements se limiteront à des déblais compris entre 0 et 1.0 m par rapport au terrain actuel.

14.3. Synthèse géomécanique

Les caractéristiques retenues pour les calculs dans chacune des couches sont données dans le tableau ci-après.

Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. **De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.**

| N° | Faciès | Profondeur de la base (m) | Catégorie de sol | Pénétromètre d (MPa) | Pressiomètre | | | |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|
| | | | | | P^* (MPa) | E_M (MPa) | α | E_s (MPa) |
| R/L | Recouvrement | 0.5 | Sol intermédiaire : Argiles et limons | Hétérogène | - | - | - | - |
| LA/A | Limon argileux Altérites | 1.1 à 2.5 | Sol intermédiaire : Argiles et limons | 5 | 0.5 | 6 | 1/2 | 12 |
| MA | Micaschiste altéré | 2.8 à 7.0 | Roche altérée | 15 | 2.5 ⁽²⁾ | 40 ⁽²⁾ | 1/2 | 80 |
| MC | Micaschiste compact | Au-delà | Roche fragmentée | 50 | 5.0 ⁽²⁾ | 200 ⁽²⁾ | 1/2 | 400 |

⁽²⁾ Ces valeurs retenues pour les calculs ne doivent pas faire oublier les valeurs plus élevées mesurées, dans le choix d'engins de terrassement.

15. Dallages

Dans le cadre du dimensionnement des dallages et pour répondre au DTU 13.3, on retiendra les modules E_s fournis dans le tableau du § 14.3.

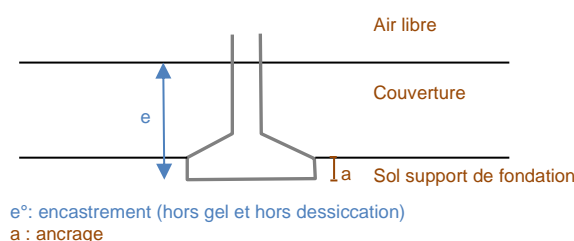
Les tassements seront acceptables (≤ 0.2 cm) pour la cote de rez-de-chaussée retenue, des surcharges d'exploitation faibles (≤ 5 kPa) et si l'exécution est conforme aux Règles de l'Art et aux préconisations du présent rapport, notamment les recommandations du § 18.

16. Fondations superficielles à semi-profondes

16.1. Géométrie

La profondeur sera adaptée au cas par cas pour respecter à la fois :

- une hauteur minimale d'**encastrement de 0.5 m dans le micaschiste**.
- un ancrage d'au moins **0.3 m dans le micaschiste** pour le bâtiment.



A titre indicatif, pour respecter ces paramètres en considérant les niveaux bas projetés, il faut s'attendre aux profondeurs suivantes (ancrage compris) au droit de chaque sondage :

| Sondage (Altitude N.G.F. de la tête) | 5 (22.7) | 103 (22.7) | 101 (22.3) | 102 (22.6) | 104 (23.1) | 105 (22.9) |
|--|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Profondeur (m) par rapport au niveau du terrain actuel | 3.6 | 3.6 | 1.9 | 1.4 | 2.8 | 1.8 |
| Cote N.G.F. d'assise de la fondation | 19.1 | 19.1 | 20.4 | 21.2 | 20.3 | 21.1 |
| Cote N.G.F. du niveau bas concerné | 19.6 | | 22.6 | | | |
| Profondeur (m) par rapport au niveau bas projeté | 0.5 | 0.5 | 2.2 | 1.4 | 2.3 | 1.5 |

La largeur ne sera pas inférieure à 0.4 m pour des semelles filantes et 0.7 m pour des fondations ponctuelles (semelles, massifs), ou 0.6 m pour des puits circulaires, même si la contrainte admissible n'est pas atteinte dans ce cas, ceci pour des raisons de bonne exécution.

16.2. Limitation de la charge aux États Limites de Services (méthode pressiométrique)

A l'E.L.S. caractéristique et quasi-permanent, conformément à la norme NF P 94-261 de juin 2013, le critère de limitation de la charge transmise au terrain nécessite de satisfaire la relation suivante :

$$\frac{V_d}{A'} \leq q'a = \frac{kp \cdot ple^* \cdot i\beta \cdot i\delta}{2.76} + \frac{A \cdot q_0}{A'}$$

Avec :

- ✓ $q'a$: contrainte admissible
- ✓ V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain
- ✓ A' : surface effective de la fondation ($A' = A$ sous charge verticale centrée)
- ✓ q_0 : contrainte totale verticale que l'on obtiendrait à la fin des travaux à la base de la fondation superficielle en l'absence de celle-ci
- ✓ k_p : facteur de portance pressiométrique
- ✓ p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- ✓ i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement δ
- ✓ i_β : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus de pente β

16.3. État limite de service vis-à-vis des déformations

Les tassements (S) sous semelles sont calculés à l'E.L.S. quasi-permanent, selon les formules pressiométriques classiques, avec les caractéristiques précédemment citées conformément à la norme NF P 94-261 de juin 2013.

Les tassements (S) sous radier sont calculés à l'E.L.S. quasi-permanent, selon la formule :

$$s = \sum \frac{\alpha_i \cdot H_i}{E_{Mi}} \cdot p$$

Avec, p : pression verticale due aux surcharges,
 α_i : coefficient de structure du sol de la couche i ,
 H_i : épaisseur de la couche i ,
 E_{Mi} : module pressiométrique de la couche i .

16.4. Résultats récapitulatifs

Les principaux résultats du calcul des contraintes admissibles et des tassements sous fondations sont rassemblés dans le tableau suivant. Les résultats sont obtenus en considérant des charges verticales centrées (coefficient i_δ ici pris égal à 1). Ils devront être complétés par des notes de calcul en phase Projet (PRO).

| Largeur (m) | V_d (kN ou kN/ml) | p_{le}^* (kPa) | k_p | q_0 (kPa) | Contrainte admissible $q'a$ E.L.S. (kPa) | Contrainte admissible retenue $q'a$ E.L.S. (kPa) | $\frac{V_d}{A'}$ (kPa) | $\frac{V_d}{A'} \leq q'a$ | S (cm) |
|---|--------------------------------|------------------|-------|-------------|--|--|------------------------|---------------------------|-----------|
| Semelle carrée ancrée dans le micaschiste altéré (MA) à 0.5 m de profondeur | | | | | | | | | |
| 1.1 | 600 ⁽³⁾ | 2500 | 0.96 | 9 | 878 | 500 | 496 | vérifié | 0.3 |
| Semelle filante ancrée dans le micaschiste altéré (MA) à 0.5 m de profondeur | | | | | | | | | |
| 0.4 | 80 ⁽³⁾ | 2500 | 1.1 | 9 | 1014 | 500 | 200 | vérifié | 0.1 |
| Radier fondé dans le limon argileux micacé (LA) ou les altérites (A) | | | | | | | | | |
| 8.2x3.6 | 885 ⁽⁴⁾ (30 kPa) | 500 | 0.8 | - | 145 | 50 | 30 | vérifié | 0.4 à 0.8 |

Pour les fondations du bâtiment, la contrainte admissible retenue a été limitée à 500 kPa aux E.L.S. pour tenir compte des risques d'hétérogénéité ponctuelle au sein du micaschiste et des conditions de réalisation des fondations. Pour les radiers, cette valeur se limitera à 50 kPa afin de maîtriser l'amplitude des tassements.

⁽³⁾ : Cette valeur ne tient pas compte du poids du béton de la fondation, qui devra être intégré dans les charges de structure V_d définies en phase Projet.

⁽⁴⁾ : Cette valeur a été estimée en considérant une surcharge de 30 kPa aux E.L.S. appliquée par le radier.

16.5. Tassements totaux

Considérant la somme des tassements estimés aux § 15 et 16.4, on obtient des tassements totaux sous la structure du bâtiment de 0.1 à 0.5 cm, entraînant des tassements différentiels de l'ordre du demi-centimètre.

17. Protection des ouvrages enterrés vis-à-vis de l'eau

Il a été dit précédemment que des **niveaux d'eau** stabilisés avaient été repérés dans les piézomètres PZ101 et PZ105 entre 20.2 et 20.5 N.G.F., pour un niveau de sous-sol à 19.6 N.G.F.

Le risque d'inondation par remontée intermittente de la nappe est donc certain sans précautions particulières.

En première approche, compte tenu de la destination présumée du sous-sol (murs de catégorie 2) et sous réserve d'autorisation par les services compétents concernés d'un rejet des eaux collectées (nappe, exhaure, drainage, ...) dans le réseau Eaux Pluviales, les **solutions suivantes sont envisageables** pour se prémunir contre l'action de l'eau :

- ↳ si un léger passage d'eau est admis : **structure relativement étanche** (sous-type E du DTU 14.1), associée à des cunettes périphériques avec forme de pente et évacuation par pompage des eaux de suintement recueillies.

Les drainages seront raccordés à une évacuation adaptée (gravitaire ou pompe de relevage), et rejetés dans les réseaux sous réserve de l'acceptation par les services compétents concernés. Le maître d'ouvrage devra accepter les sujétions d'entretien et de maintenance associées à ces dispositifs.

- ↳ si aucun passage d'eau n'est admis mais que des traces d'humidité sont acceptées sur les parois : **cuvelage avec revêtement d'imperméabilisation** intrados (sous-types A à D du DTU 14.1).

Les **sous-pressions** dues à la présence d'eau seront prises en compte par le B.E.T. structure dans le dimensionnement de la dalle basse du sous-sol.

Dans l'hypothèse où la destination des locaux enterrés ne tolère aucune venue d'eau (murs de catégorie 1 : locaux nobles) ou en l'absence d'autorisation d'un rejet des eaux collectées dans le réseau Eaux Pluviales, la solution suivante devra être envisagée :

- ↳ **Cuvelage avec revêtement d'étanchéité** extrados (sous-types F et H du DTU 14.1) jusqu'à +15 cm au-dessus du niveau du terrain fini extérieur.

18. Terrassements – Assise des dallages

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

18.1. Traficabilité

Les formations limoneuses rencontrées sont sensibles aux variations de teneur en eau et donc aux intempéries. Des précipitations même peu importantes produiront une diminution très nette de la portance pouvant conduire à l'interruption du chantier.

18.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais ne présentera pas de difficultés particulières d'extraction jusqu'au toit du micaschiste, rencontré entre 20.6 et 21.5 N.G.F. Au-delà, l'emploi d'engins ou de procédés spéciaux (pelle puissante, brise-roche, ...) pourra s'avérer nécessaire.

Le toit rocheux est le plus souvent irrégulier et présente le risque de variations brutales en très peu de distance, entraînant des sujétions d'exécution.

18.3. Drainage en phase chantier

Les venues d'eau pouvant apparaître en cours de terrassement seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

En période hivernale ou de forte pluviosité, les terrassements en déblai pourraient nécessiter un rabattement préalable.

Les plateformes devront être protégées contre les arrivées d'eau locales, dressées de manière à éviter toute stagnation et permettre l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire.

18.4. Talus provisoires

En l'absence de venues d'eau, les talus provisoires de la fouille du sous-sol, hors charges en crête et jusqu'à 3.5 m de hauteur, pourront être dressés avec une pente de :

- 3 de base / 2 de hauteur (3H/2V) au sein des horizons de recouvrement,
- 3H/2V à 1H/1V dans les limons argileux et les altérites,
- 1H/1V à 1H/2V dans le micaschiste, en fonction du pendage et de la fracturation de la roche,

à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

A noter que des hétérogénéités, même de quelques mètres, peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane soigneusement fixées.

En présence d'eau et/ou pour des hauteurs de déblai plus importantes, ces pentes devront être adoucies.

Pour des talus plus raides ou chargés en crête, un blindage provisoire est à prévoir, suivant un prédimensionnement et un suivi géotechniques (mission spécifique dans ces cas).

18.5. Purges et préparation du fond de forme

Dans l'emprise des dallages et des voiries, les **horizons de recouvrement**, correspondant à des épaisseurs de 0.2 à 0.7 m au droit des sondages, **devront être entièrement décapés**.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique, si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

Selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module E_{v2} de l'ordre de 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

A cet effet, les travaux préparatoires consisteront à :

- 1°) Purger les éventuelles poches médiocres et les sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie.
- 2°) Compacter la plate-forme à 95% de l'Optimum Proctor Normal (O.P.N.).

Cette opération ne sera réalisable dans les sols en place que si ces derniers présentent une teneur en eau voisine de l'O.P.N.

Dans le cas contraire (à la suite d'intempéries par exemple) et s'il est impossible d'attendre que le terrain s'assainisse, on devra envisager successivement :

- a) un *cloutage* par incorporation jusqu'à refus d'éléments roulés ou concassés type 100/300 mm,
- b) la mise en place d'un *géotextile non-tissé* et d'une *sous-couche* de 25 cm minimum en matériaux d'apports granulaires insensibles à l'eau.

18.6. Couche de forme sous dallage

Une fois les terrassements précédents réalisés, la mise en œuvre des dallages sera précédée :

- de la réalisation d'une couche de forme en matériaux d'apport sains (D_2 , D_3 , R_{61} , ... selon le GTR), résistants (LA et $MDE < 45$) et insensibles à l'eau ($VBS \leq 0.1$), dont l'épaisseur dépendra des hypothèses considérées par le B.E. structure et de la qualité du fond de forme au moment du chantier ; au stade des données disponibles, on peut retenir pour un dallage faiblement chargé (≤ 5 kPa) un minimum de 50 à 60 cm.
- du contrôle de la qualité de la plate-forme ainsi obtenue ; on retiendra à titre indicatif pour un dallage faiblement chargé :
 - $E_{v2} \geq 50$ MPa
 - $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$

KORNOG géotechnique peut réaliser ces essais de contrôle dans le cadre d'une mission spécifique.

Les épaisseurs ne sont données qu'à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition pour en vérifier la définition et contrôler les possibilités.

En cas de conditions météorologiques défavorables, les valeurs intrinsèques des modules précédents ne seront retrouvées qu'après essorage et purges éventuelles des matériaux saturés ou décomprimés.

18.7. Assise de voiries

Une fois les déblais et drainages exécutés, selon les indications des paragraphes précédents, la pose des voiries sera précédée de la finition de la plate-forme.

Texte de référence : « Guide Technique : Réalisation des remblais et couches de forme (GTR) Juillet 2000 ».

18.7.1. Partie Supérieure des terrassements (P.S.T.)

Compte tenu des reconnaissances réalisées et en l'absence de mesures de drainage à long terme, la P.S.T. (Partie Supérieure des Terrassements) au niveau des voiries sera P.S.T. n°1 AR1 ou P.S.T. n°2 AR1, suivant l'état hydrique (h ou m) du fond de forme au moment du chantier.

Dans le cas, d'une P.S.T. n°0 AR0, l'amélioration du fond de forme nécessitera des purges et substitutions et/ou un drainage (fossés drainants, ...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support au minimum en classe d'arase AR1.

18.7.2. Couche de forme

A titre d'exemple, pour l'obtention d'une classe de portance PF2, l'**épaisseur minimale** d'une couche de forme constituée de matériaux R₆₁, résistants (LA et MDE < 45) et insensibles à l'eau (VBS ≤ 0.1), pourra être de :

| Classe de portance PF2 | |
|------------------------|----------------|
| P.S.T. n°1 AR1 | P.S.T. n°2 AR1 |
| 0.6 m | 0.5 m |

Ces épaisseurs sont seulement indicatives et doivent être impérativement confirmées par une planche d'essai au démarrage des travaux.

Les **critères de réception** de la couche de forme par essais de plaque peuvent être : $E_{v2} \geq 50$ MPa avec $E_{v2} / E_{v1} < 2$

KORNOG géotechnique est en mesure d'effectuer les planches d'essais et les contrôles de compactage, en contrôle intérieur pour le compte de l'entreprise, ou en contrôle extérieur pour le compte du maître d'ouvrage.

L'épaisseur de la couche de forme peut éventuellement être réduite si un géotextile est placé directement au-dessous (cf. Emploi des géotextiles en couche de forme- C.F.G.G.).

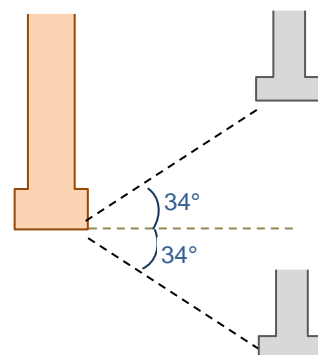
Nota : Ceci n'est donné qu'à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition pour en vérifier la définition et les possibilités.

19. Dispositions constructives et précautions particulières

La mise hors gel des fondations sera à assurer par un encastrement suffisant (ici, 0.5 m au minimum) par rapport au terrain fini intérieur et extérieur.

La reconnaissance ayant mis en évidence des variations importantes de niveau du toit du sol de fondation, il faut s'attendre à des adaptations locales (surprofondeurs).

Des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations, à moins de dispositions particulières.



La présence d'eau pourra entraîner des sujétions de blindage de parois et de pompage pour épuisement des fouilles lors des travaux de fondation.

Les fondations doivent être coulées à pleine fouille impérativement et non coffrées sur une plateforme préterrassée ou reconstituée.

Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, ce dernier devra être protégé immédiatement et au minimum par un béton de propreté. Tout sol mou ou décomprimé localement sera purgé et remplacé par un béton maigre ou similaire.

Le gros béton devra être coulé immédiatement à l'ouverture et à l'avancement des terrassements.

Lors du bétonnage, il pourra être nécessaire en présence d'eau de prévoir un tube plongeur pour le coulage.

20. Aléas géotechniques et conditions contractuelles

Le présent rapport et ses annexes constituent un **tout indissociable**. La mauvaise utilisation qui pourrait en être faite suite à une communication ou une reproduction partielle ne saurait engager **KORNOG géotechnique**.

Les reconnaissances de sol procédant par sondages ponctuels, les résultats nécessairement extrapolés à l'ensemble du site laissent forcément des aléas (exemple : hétérogénéité locale), qui peuvent entraîner des **adaptations à l'exécution** qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.

Toutes **modifications** dans l'implantation, la conception, l'importance des constructions, les hypothèses prises en compte (voir chapitre « Présentation » du présent rapport) peuvent conduire à des remises en cause de nos prescriptions et conclusions. Une nouvelle mission devra alors être demandée à **KORNOG géotechnique**, pour réadapter ou valider par écrit le nouveau projet.

Tout **élément nouveau** mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détecté au cours des reconnaissances de sol (exemples : dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau, instabilité locale, etc.) doit nous être signalé, car pouvant rendre caduques certaines de nos recommandations.

Ce rapport vient terminer la phase AVP de la mission G2, confiée à **KORNOG géotechnique**. L'attention du Maître d'Ouvrage est attirée sur l'**enchaînement prévu ensuite par la norme NF P 94-500** : les phases PRO et DCE/ACT de la mission G2 puis les missions G3 (à charge de l'entreprise) et G4.

KORNOG géotechnique reste à l'entière disposition du Maître d'Ouvrage pour la réalisation de ces missions en phase de conception puis d'exécution.

Fait aux SABLES D'OLONNE

Le chargé d'affaire,

François VILAIN

ANNEXE 1 : MISSIONS GÉOTECHNIQUES

DE LA NORME NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

| Enchaînement des mission G1 à G4 | Phase de la maîtrise d'œuvre | Missions 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) | | Premières adaptations 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 justification 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 : Étude géotechnique de réalisation (G3/G4) | | A la charge de l'entreprise | A la charge du maître d'ouvrage | | | |
| | EXE / VISA | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi) | Étude d'exécution conforme aux exigences du projet avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût | Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience) | Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent |
| | DET / AOR | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision de l'étude) | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage | | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux |
| A 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 types d'ingénierie géotechnique

| |
|---|
| <p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p> |
| <p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou de son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase étude de site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant, pour le site étudié, un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase principes généraux de construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sol). |
| <p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou de son mandataire et réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, fondations, pentes des talus, fondations, assises des dallages et voiries, amélioration de sol, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes des talus, fondations, assises des dallages et voiries, amélioration de sol, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE/ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux. |

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

ANNEXE 2 : SONDAGES ET ESSAIS

IN SITU

5 sondages de reconnaissance géologique à la pelle mécanique :

- ↗ coupe détaillée des sols
- ↗ venue d'eau éventuelle

5 sondages au pénétromètre dynamique lourd :

- ↗ diagramme donnant, en fonction de la profondeur, la résistance dynamique q_d calculée selon la formule des Hollandais
- ↗ présence d'eau éventuelle (niveau non stabilisé)

5 forages semi-destructifs à la tarière continue pour essais pressiométriques :

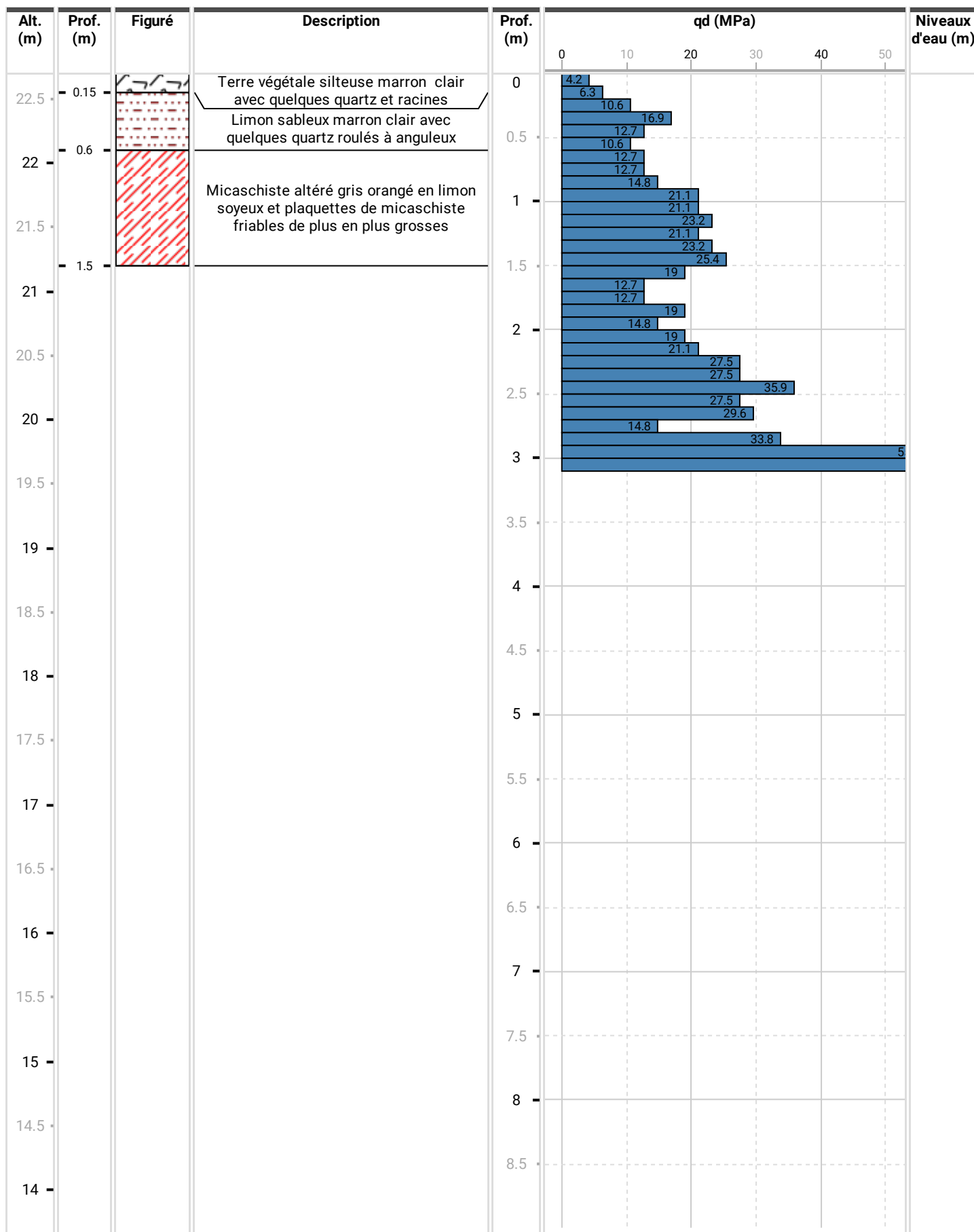
- ↗ coupe approximative des sols
- ↗ schéma du piézomètre mis en place
- ↗ présence d'eau éventuelle

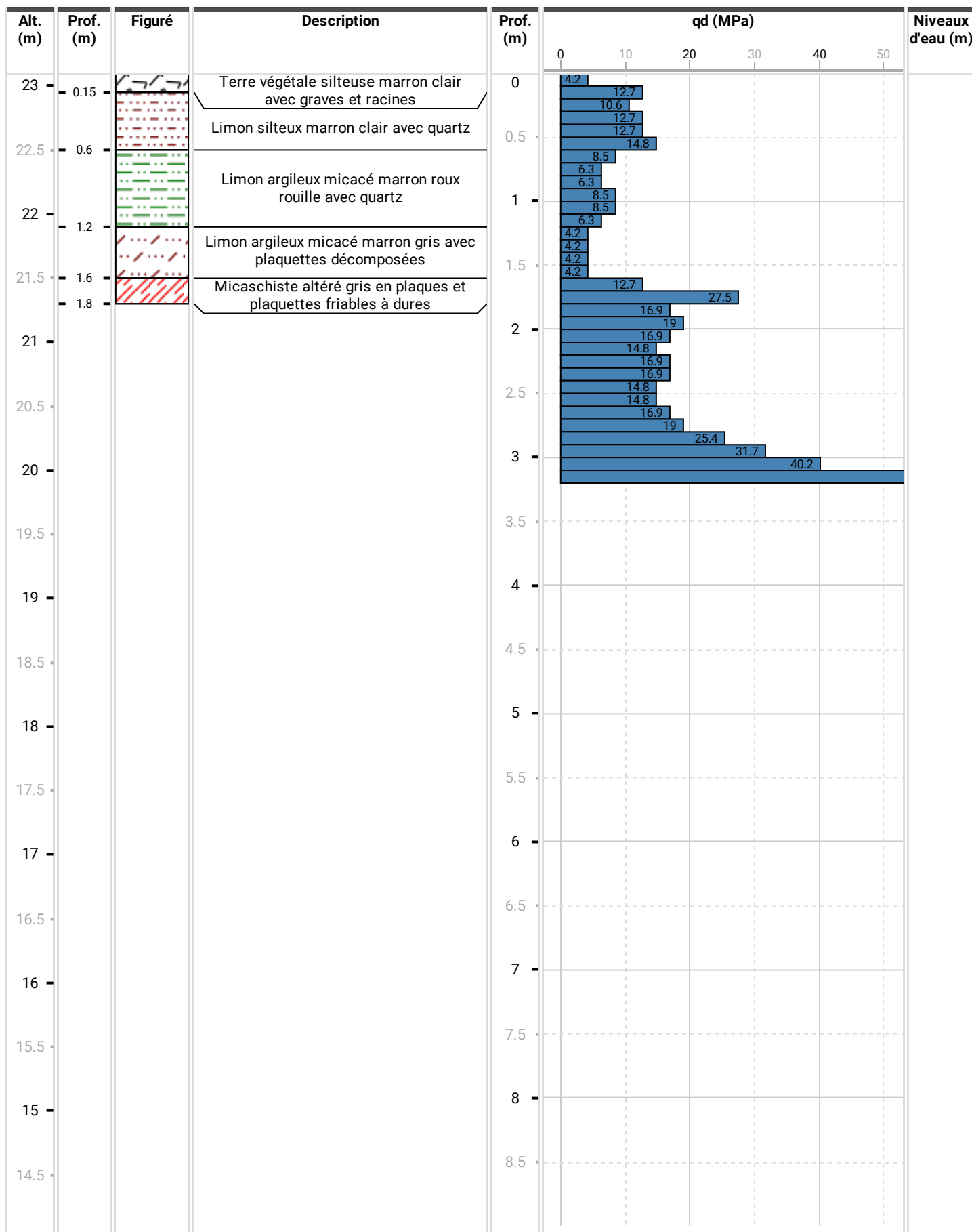
et, pour chaque **essai pressiométrique** :

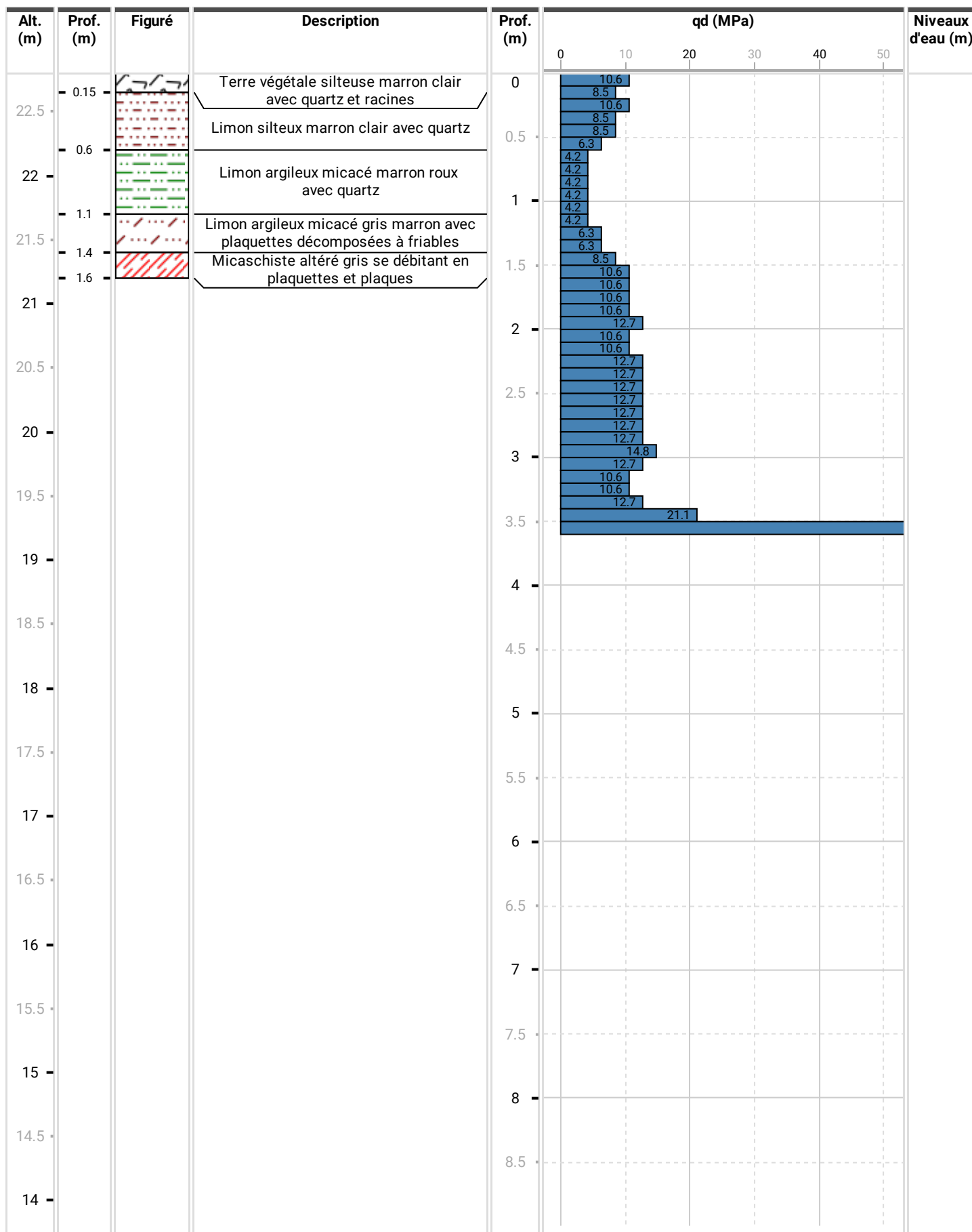
- | | |
|----------------------------|---------------|
| ↗ module pressiométrique | E_M (MPa) |
| ↗ pression limite nette | p_l^* (MPa) |
| ↗ pression de fluage nette | p_f^* (MPa) |
| ↗ rapport | E_M / p_l^* |

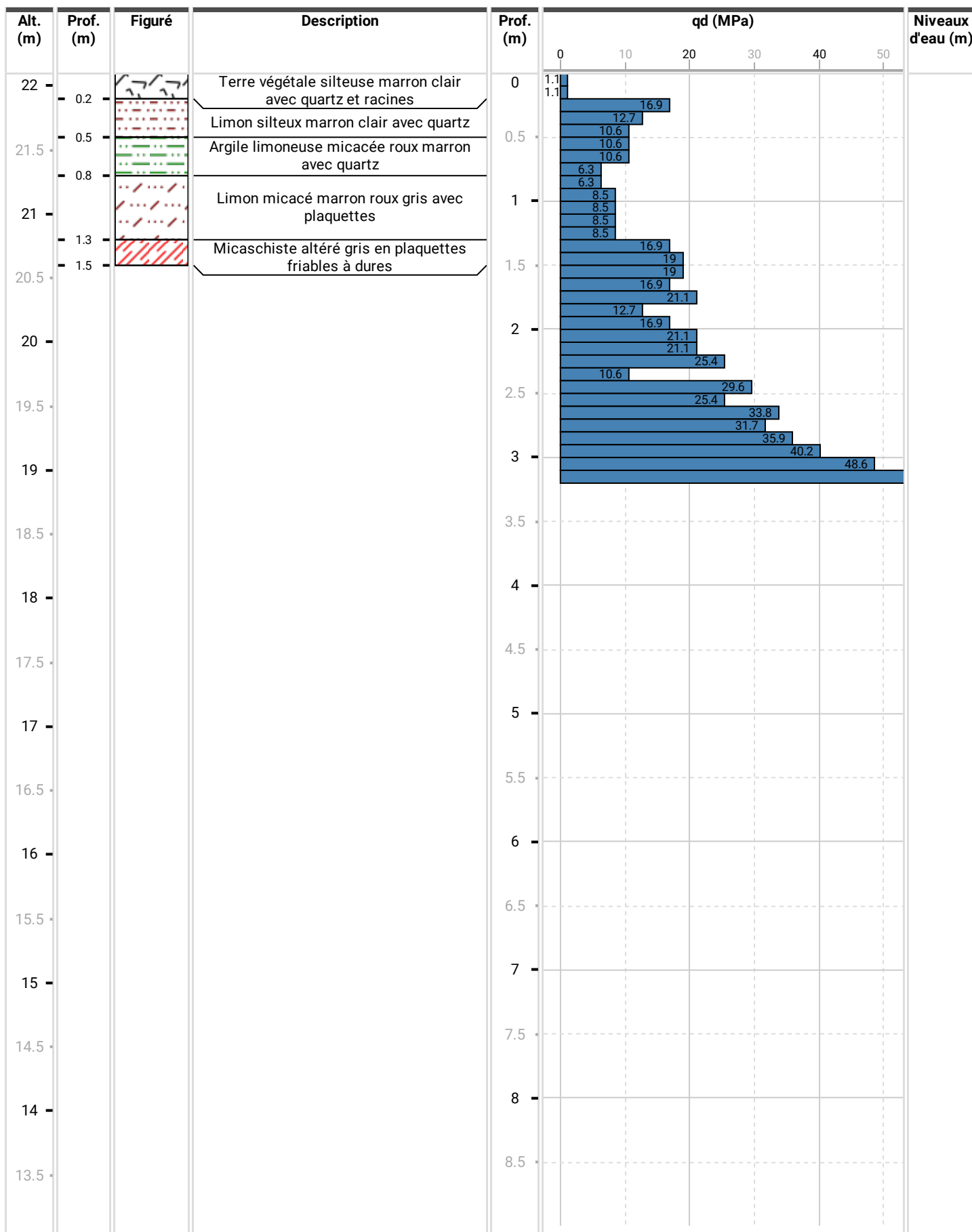
4 forages de reconnaissance géologique à la tarière continue hélicoïdale :

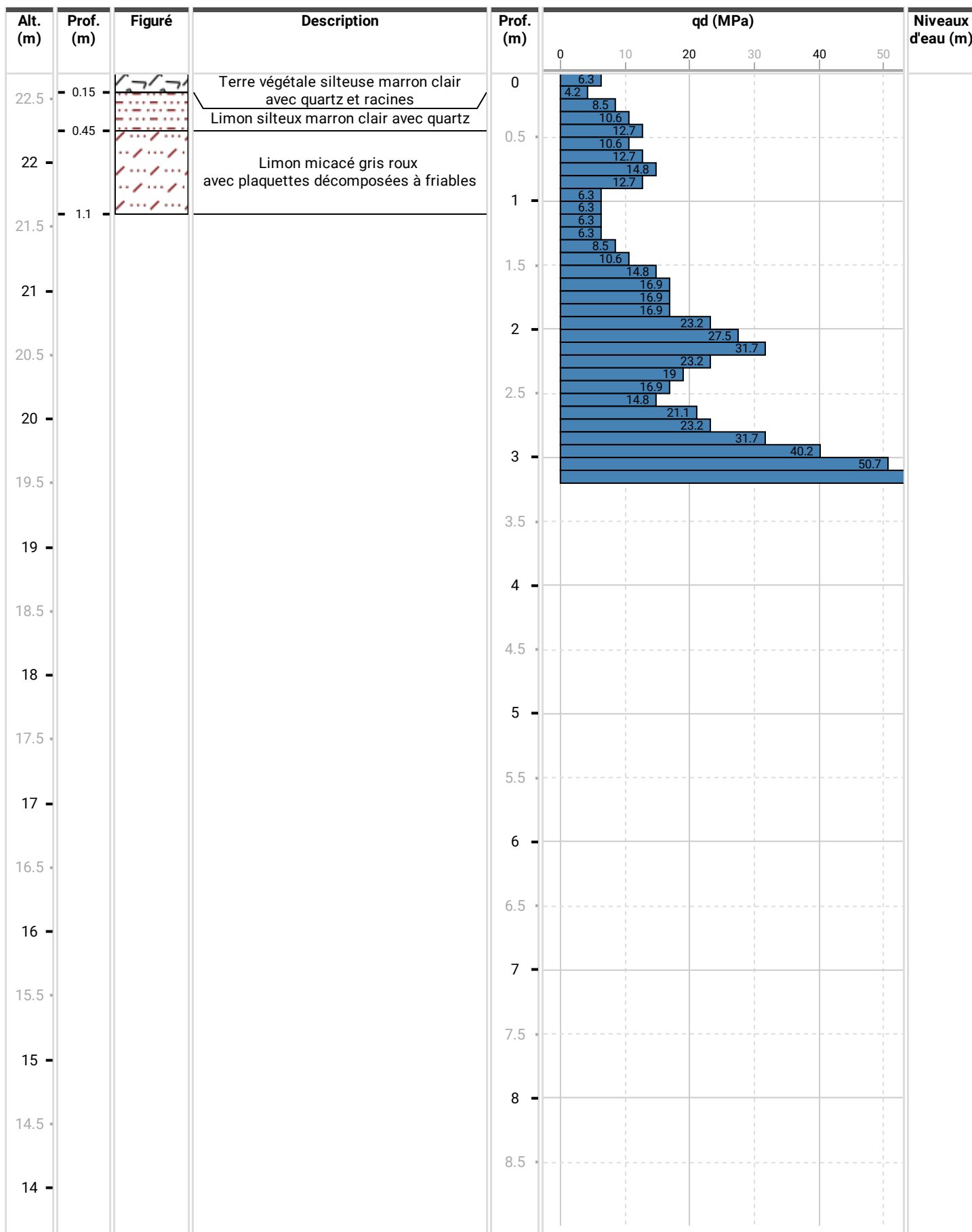
- ↗ coupe approximative des sols
- ↗ présence d'eau éventuelle (niveau non stabilisé)

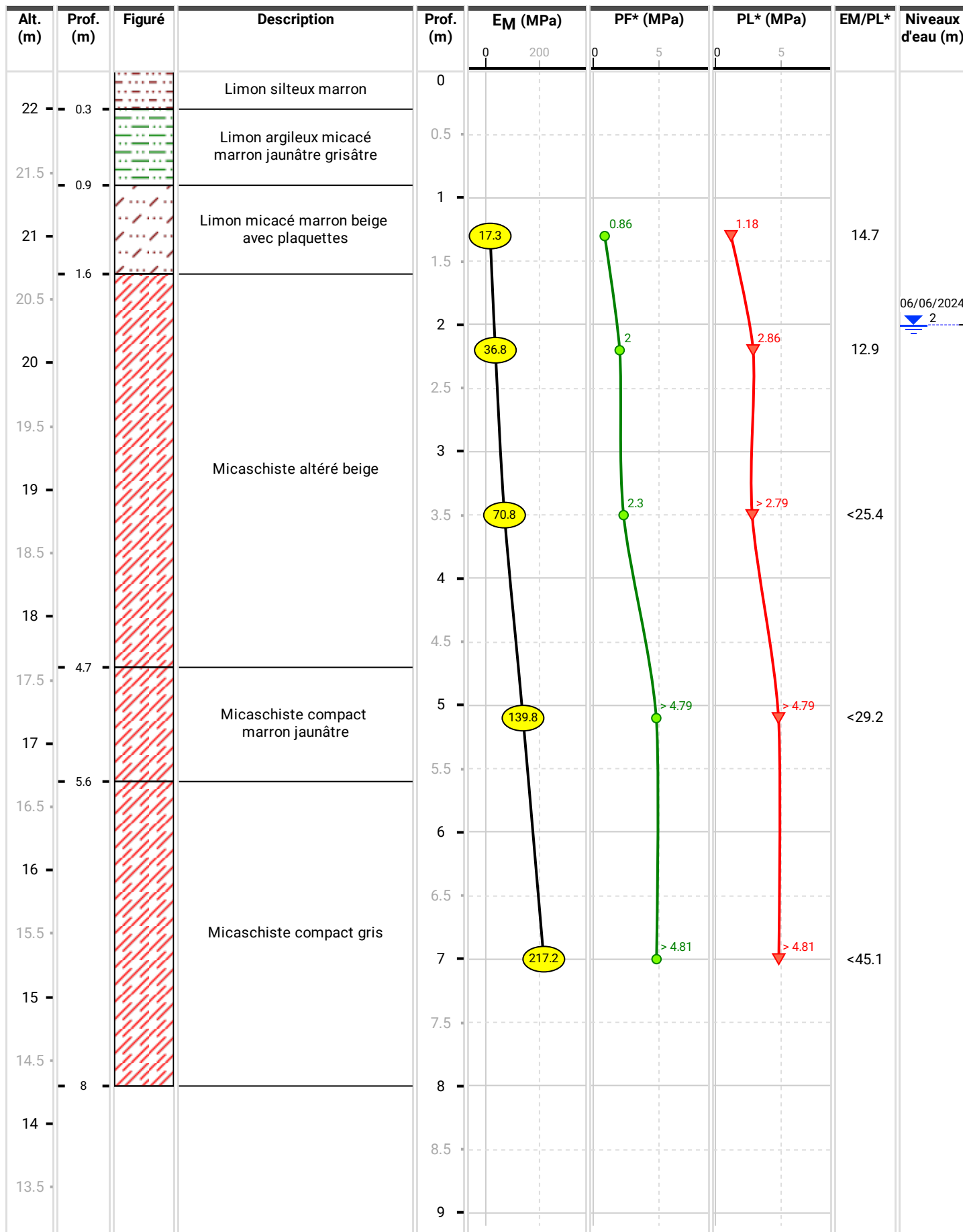


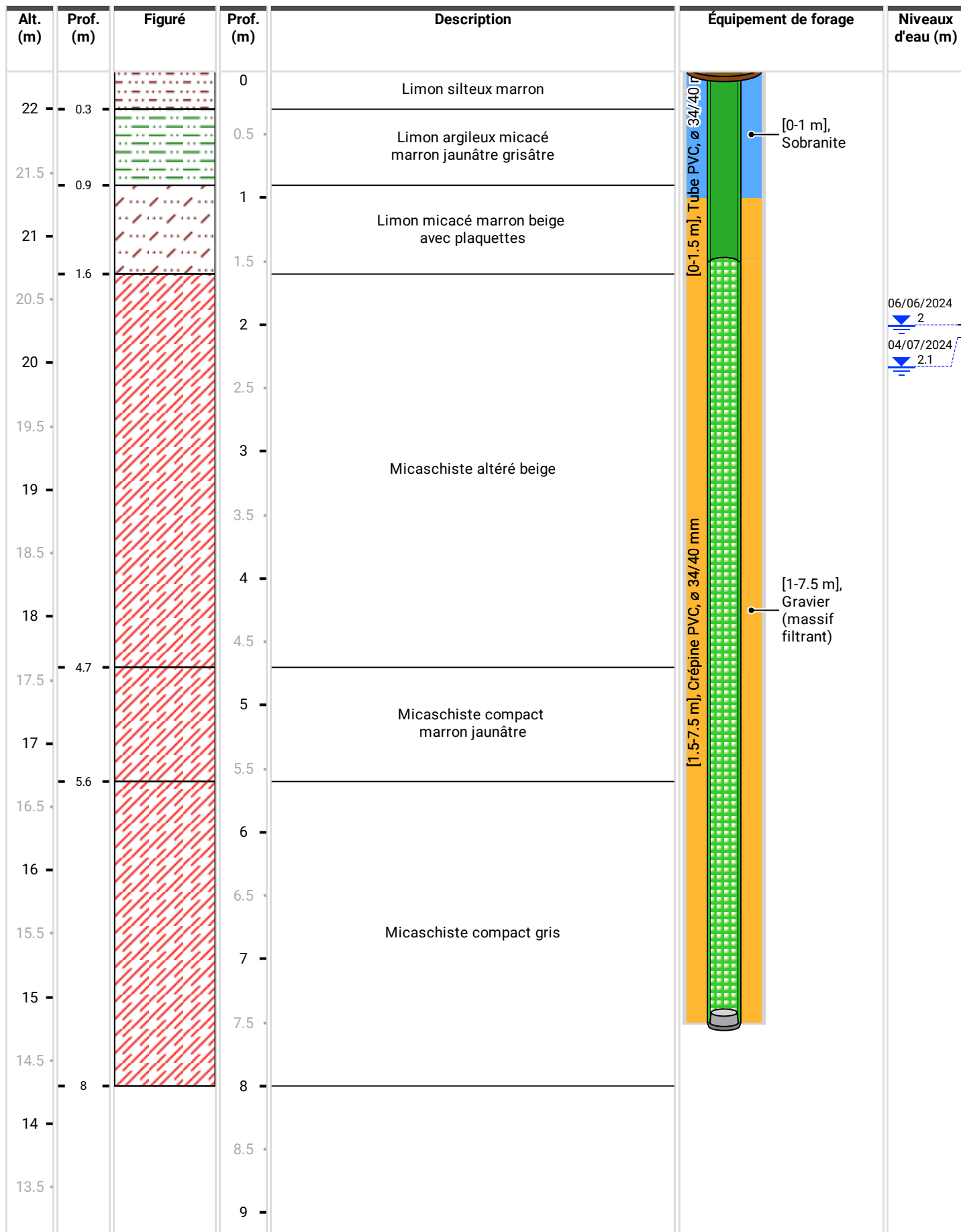


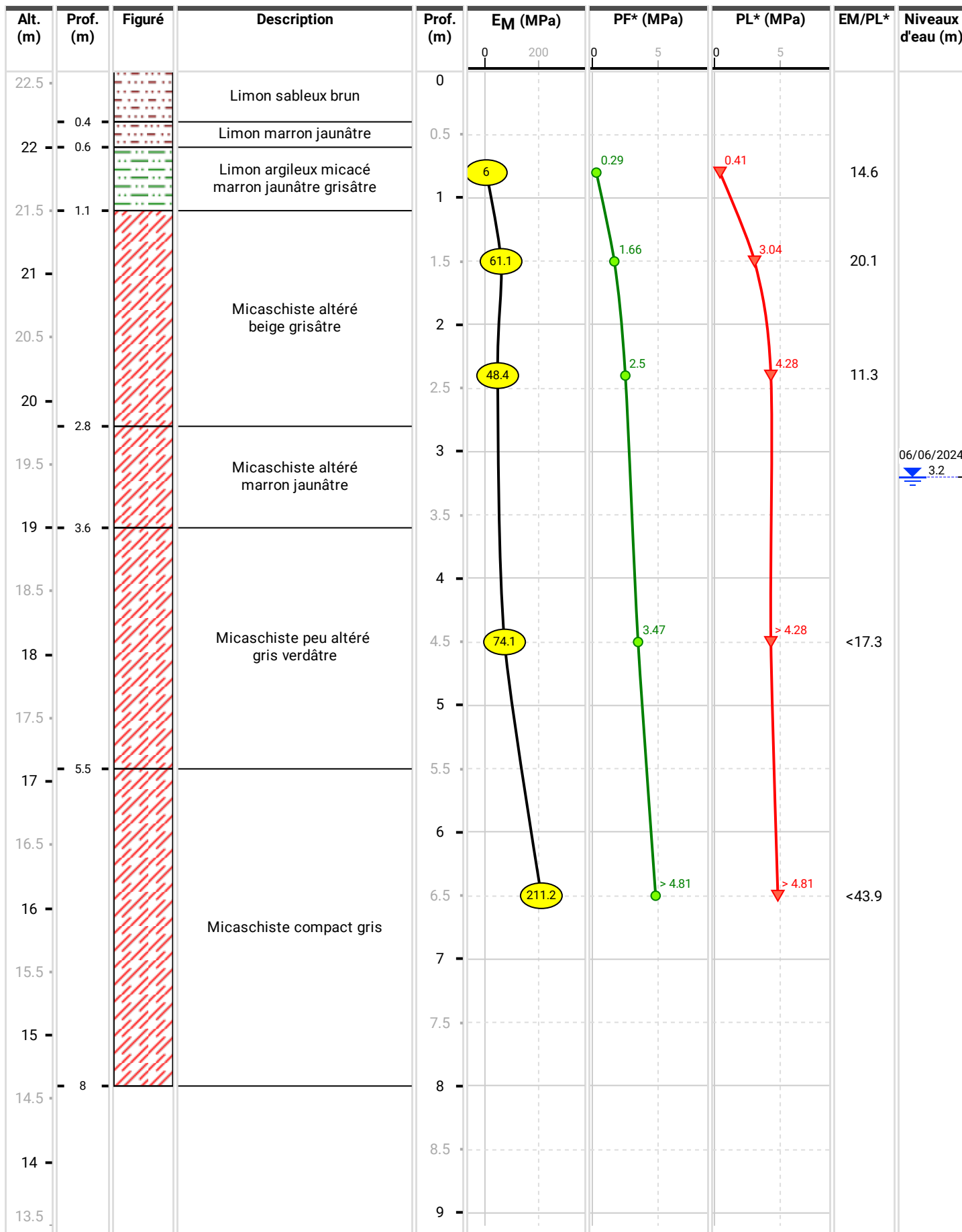


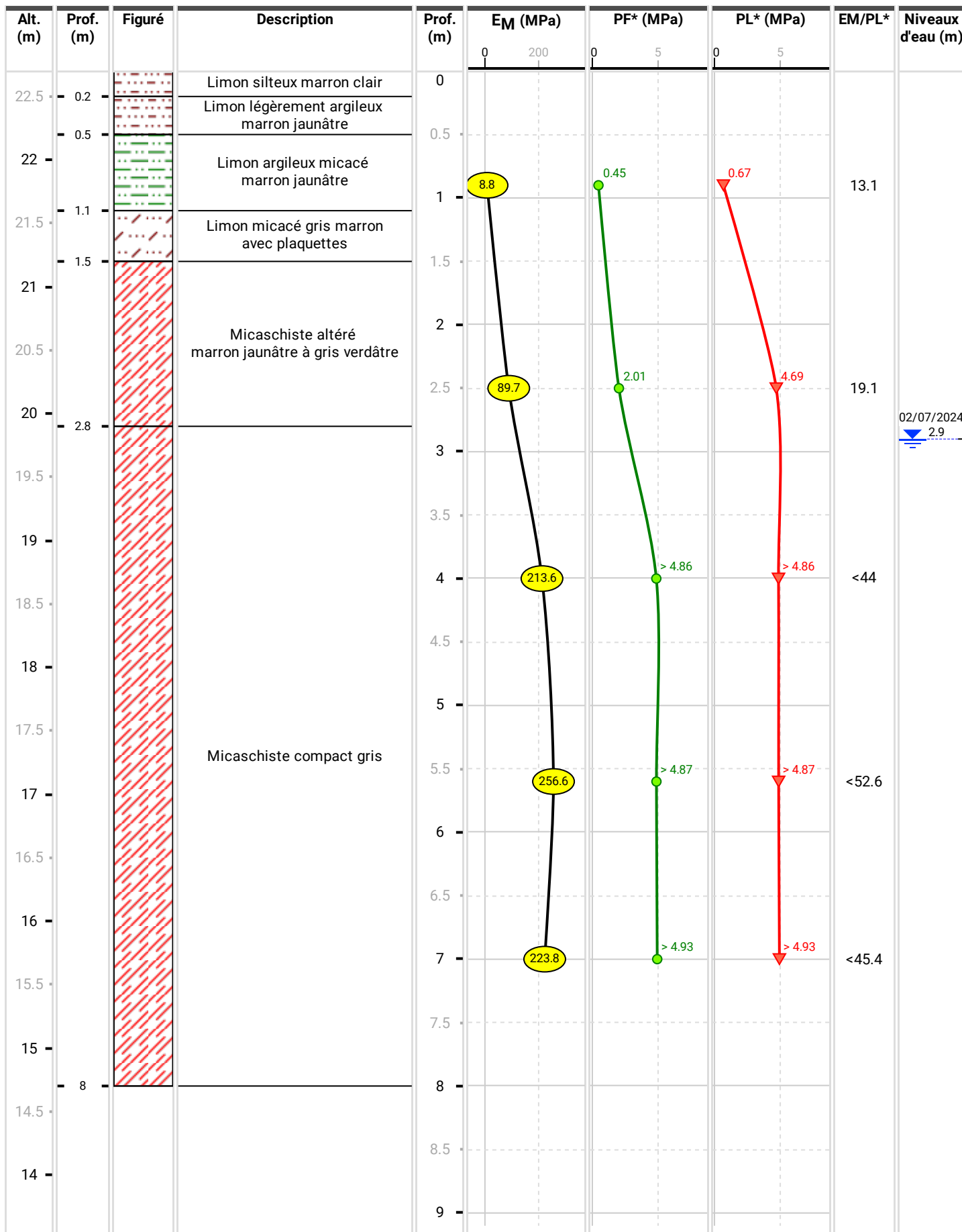


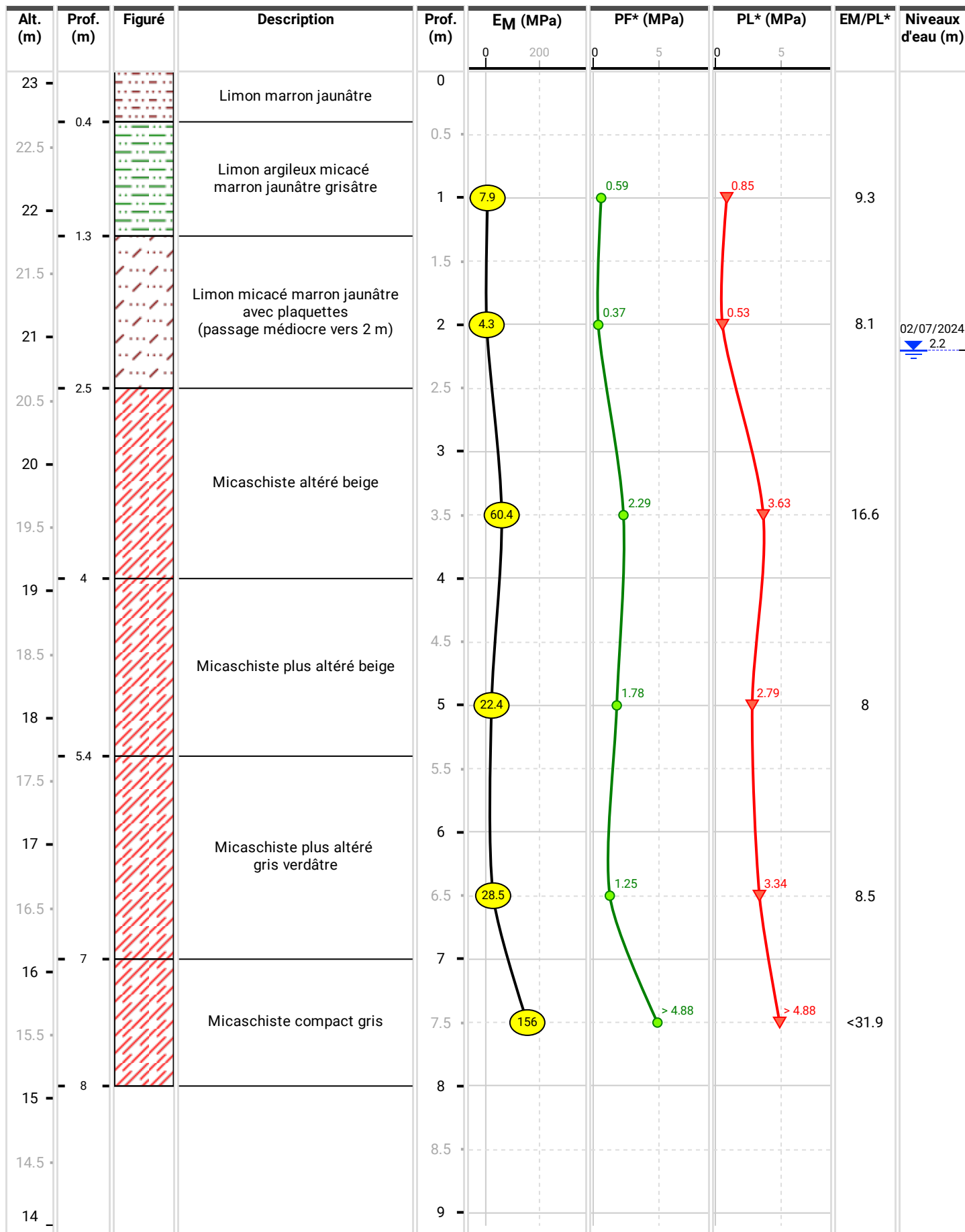


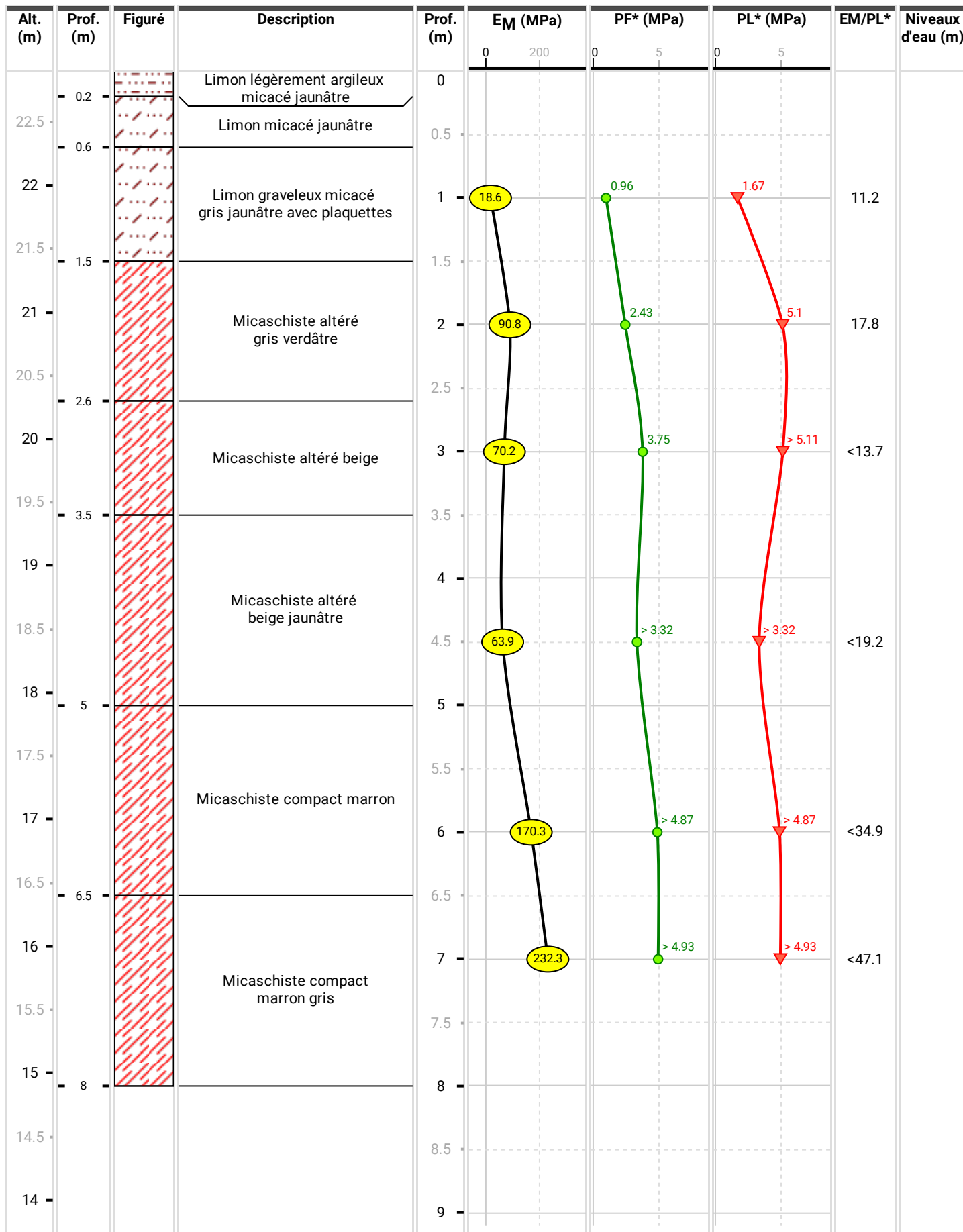


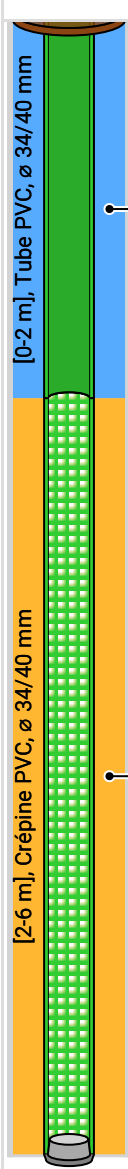


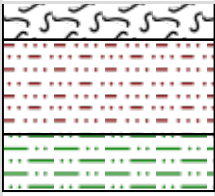



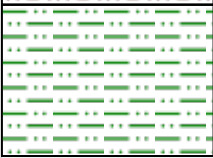


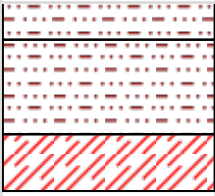





| Alt. (m) | Prof. (m) | Figuré | Prof. (m) | Description | Équipement de forage | Niveaux d'eau (m) |
|----------|-----------|--------|-----------|--|---|-------------------|
| 22.5 | 0.2 | | 0 | Limon légèrement argileux micacé jaunâtre |  <p>[0-2 m], Tube PVC, ø 34/40 mm</p> <p>[2-6 m], Crépine PVC, ø 34/40 mm</p> <p>[0-2 m], Sobranite</p> <p>[2-6 m], Gravier (massif filtrant)</p> | 01/07/2024 0.4 |
| | 0.6 | | 0.5 | Limon micacé jaunâtre | | |
| 22 | | | 1 | Limon graveleux micacé gris jaunâtre avec plaquettes | | |
| 21.5 | 1.5 | | 1.5 | | | |
| 21 | | | 2 | Micaschiste altéré gris verdâtre | | 10/07/2024 2.4 |
| 20.5 | 2.6 | | 2.5 | | | |
| 20 | | | 3 | Micaschiste altéré beige | | |
| 19.5 | 3.5 | | 3.5 | | | |
| 19 | | | 4 | Micaschiste altéré beige jaunâtre | | |
| 18.5 | | | 4.5 | | | |
| 18 | 5 | | 5 | | | |
| 17.5 | | | 5.5 | Micaschiste compact marron | | |
| 17 | | | 6 | | | |
| 16.5 | 6.5 | | 6.5 | | | |
| 16 | | | 7 | Micaschiste compact marron gris | | |
| 15.5 | | | 7.5 | | | |
| 15 | 8 | | 8 | | | |
| 14.5 | | | 8.5 | | | |
| 14 | | | 9 | | | |

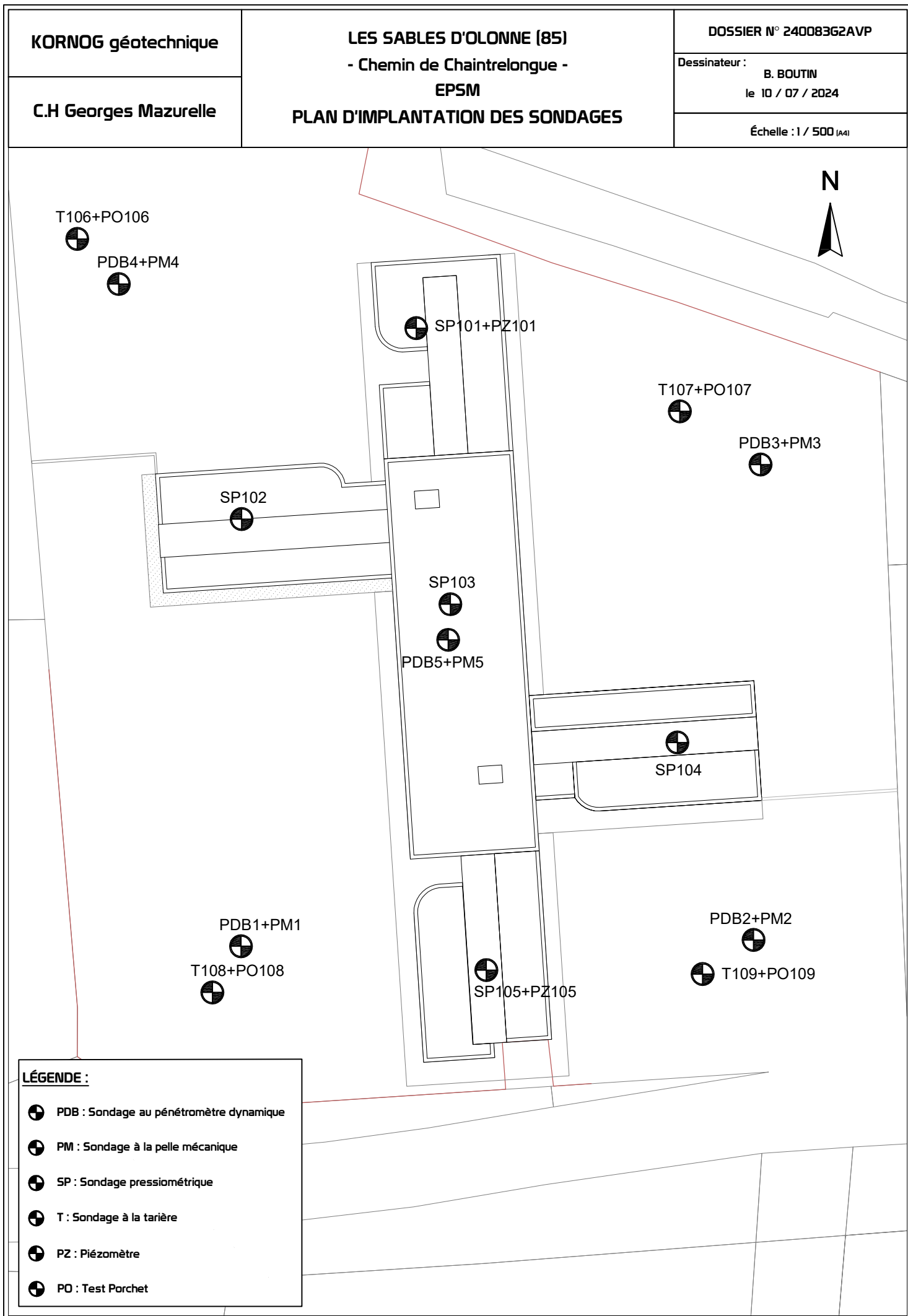
| Alt. (m) | Prof. (m) | Figuré | Prof. (m) | Description | Niveaux d'eau (m) |
|----------|-----------|---|-----------|--|-------------------|
| 22 | 0.2 |  | 0 | Terre végétale marron | |
| 21.5 | 0.7 | | 0.5 | Limon marron brun avec quelques cailloux de quartz | |
| 21 | 1 | | 1 | Limon argileux micacé marron jaunâtre | |
| 20.5 | | | 1.5 | | |
| 20 | | | 2 | | |
| 19.5 | | | 2.5 | | |
| 19 | | | 3 | | |
| 18.5 | | | 3.5 | | |
| 18 | | | 4 | | |
| 17.5 | | | 4.5 | | |
| 17 | | | 5 | | |
| 16.5 | | | 5.5 | | |
| 16 | | | 6 | | |
| 15.5 | | | 6.5 | | |
| 15 | | | 7 | | |
| 14.5 | | | 7.5 | | |
| 14 | | | 8 | | |
| 13.5 | | | 8.5 | | |
| 13 | | | 9 | | |

| Alt. (m) | Prof. (m) | Figuré | Prof. (m) | Description | Niveaux d'eau (m) |
|-------------|--------------|---|--------------|---------------------------------------|----------------------|
| 22.5 | 0.2 |  | 0 | Limon sableux brun grisâtre | |
| 22 | 1 |  | 0.5 | Limon argileux micacé marron jaunâtre | |
| 21.5 | | | 1 | | |
| 21 | | | 1.5 | | |
| 20.5 | | | 2 | | |
| 20 | | | 2.5 | | |
| 19.5 | | | 3 | | |
| 19 | | | 3.5 | | |
| 18.5 | | | 4 | | |
| 18 | | | 4.5 | | |
| 17.5 | | | 5 | | |
| 17 | | | 5.5 | | |
| 16.5 | | | 6 | | |
| 16 | | | 6.5 | | |
| 15.5 | | | 7 | | |
| 15 | | | 7.5 | | |
| 14.5 | | | 8 | | |
| 14 | | | 8.5 | | |
| | | | 9 | | |

| Alt. (m) | Prof. (m) | Figuré | Prof. (m) | Description | Niveaux d'eau (m) |
|-------------|--------------|---|--------------|------------------------------------|----------------------|
| 22.5 | 0.2 |  | 0 | Limon sableux brun | |
| | | | 0.5 | Limon marron jaunâtre | |
| 22 | 0.7 | | | | |
| | 1 |  | 1 | Micaschiste altéré marron grisâtre | |
| 21.5 | | | | | |
| | | | 1.5 | | |
| 21 | | | | | |
| | | | 2 | | |
| 20.5 | | | | | |
| | | | 2.5 | | |
| 20 | | | | | |
| | | | 3 | | |
| 19.5 | | | | | |
| | | | 3.5 | | |
| 19 | | | | | |
| | | | 4 | | |
| 18.5 | | | | | |
| | | | 4.5 | | |
| 18 | | | | | |
| | | | 5 | | |
| 17.5 | | | | | |
| | | | 5.5 | | |
| 17 | | | | | |
| | | | 6 | | |
| 16.5 | | | | | |
| | | | 6.5 | | |
| 16 | | | | | |
| | | | 7 | | |
| 15.5 | | | | | |
| | | | 7.5 | | |
| 15 | | | | | |
| | | | 8 | | |
| 14.5 | | | | | |
| | | | 8.5 | | |
| 14 | | | | | |
| | | | 9 | | |

| Alt. (m) | Prof. (m) | Figuré | Prof. (m) | Description | Niveaux d'eau (m) |
|-------------|--------------|--------|--------------|---|----------------------|
| 23 | | | 0 | | |
| | 0.4 | | 0.5 | Limon argilo-sableux brun grisâtre | |
| 22.5 | | | | | |
| | 1 | | 1 | Limon argileux micacé marron grisâtre avec plaquettes décomposées | |
| 22 | | | | | |
| | | | 1.5 | | |
| 21.5 | | | | | |
| | | | 2 | | |
| 21 | | | | | |
| | | | 2.5 | | |
| 20.5 | | | | | |
| | | | 3 | | |
| 20 | | | | | |
| | | | 3.5 | | |
| 19.5 | | | | | |
| | | | 4 | | |
| 19 | | | | | |
| | | | 4.5 | | |
| 18.5 | | | | | |
| | | | 5 | | |
| 18 | | | | | |
| | | | 5.5 | | |
| 17.5 | | | | | |
| | | | 6 | | |
| 17 | | | | | |
| | | | 6.5 | | |
| 16.5 | | | | | |
| | | | 7 | | |
| 16 | | | | | |
| | | | 7.5 | | |
| 15.5 | | | | | |
| | | | 8 | | |
| 15 | | | | | |
| | | | 8.5 | | |
| 14.5 | | | | | |
| | | | 9 | | |
| 14 | | | | | |

ANNEXE 3 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



ANNEXE 4 : ESSAIS EN LABORATOIRE

1 procès-verbal d'identification des sols :

- ↳ courbe granulométrique
- ↳ teneur en eau naturelle w (%)
- ↳ valeur au bleu VBS
- ↳ classification GTR

1 analyse d'agressivité des sols et des eaux sur les bétons

Inovalys site de Vannes

5 Rue Denis Papin - CS 20080 / 56892 ST AVE CEDEX
Tel : 02.51.85.44.44 / contact@inovalys.fr / www.inovalys.fr

N° Devis : DE240400495

Enregistré le :

18/06/2024

Edité le :

26/06/2024
17:03

KORNOG GEOTECHNIQUE Agence du Morbihan

26 RUE JEAN GUYOMARC'H
ZA DE PENTAPARC
56000 VANNES

Tél. 02 97 68 92 10

Objet : ANALYSES SUR SOL POUR AGRESSIVITE SUR BETON - LES SABLE D'OLONNE 240083

RÉCAPITULATIF

Échantillons analysés :

| Références Inovalys des échantillons | Références client des échantillons |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| E2406038572 | T7 (0.50m-1m) |

Echantillon N° : E2406038572 (Sols divers (hors Sites et Sols Pollués - SSP))

Descriptif client : T7 (0.50m-1m)

Prélevé le : 14/06/2024 12:00

Par : CLIENT

Le prélèvement n'est pas réalisé par le laboratoire, les caractéristiques associées à l'échantillon ne sont pas de sa responsabilité. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Date de réception : 18/06/2024 11:00

| Paramètres | | Résultats | | Spécifications | Méthode | Date analyse |
|--|--|-----------|----------------|----------------|--|--------------|
| | | brut | sec | | | |
| Agressivité des sols sur les bétons (FD P18-011) | | | | | | |
| N | Sulfates extractibles par HCl | | 74 LQ=60 | mg(SO4)/kg | FD P18-011 Extraction à l'acide chlorhydrique | 24/06/24 |
| N | Degré d'acidité des sols selon BAUMANN-GULLY | | 10,0 LQ=1.0 | mL/kg | FD P18-011 Titrimétrie | 24/06/24 |

Approuvé le 26/06/2024 par Aurelien FERCHAUD ,
Responsable Labo. Micropolluants Organiques

[Signature]