

Assainissement

Hydrologie

Hydrogéologie



RAPPORT DE MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE NUMERIQUE

**Création d'un centre équestre, de deux centres techniques et d'un parking
souterrain**

**Rue de l'Abreuvoir
BOULOGNE BILLANCOURT (92)**

Maitre d'ouvrage :

GPSO
9, route de Vaugirard
CS90008
92197 MEUDON Cedex



Dossier n°2021-01-726					
Indice	Date	Contenu	Rédigé par	Contrôlé par	Modifications / Observations
A	17/03/2023	17 pages	Florian CATIMEL	Maxime MARTIN	Première diffusion

AGENCE DE S2e
170 Rue du Traité de Rome – CS 80131
84918 AVIGNON Cedex 9
Tel : 04.90.01.39.02
Courriel : contact84@geotechnique-sas.com



Le département environnement du groupe GÉOTECHNIQUE SAS

SOMMAIRE

1.	DEFINITION DE L'OPERATION.....	3
1.1.	Résumé du contexte	3
1.2.	Cadre de l'étude.....	3
2.	SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE	4
3.	MODELE GEOLOGIQUE	5
3.1.	Données géologiques	5
3.2.	Données hydrogéologiques.....	7
3.3.	Simplification du modèle	9
3.4.	Logiciel utilisé	9
4.	CARACTERISTIQUES DU MODELE	10
4.1.	Limite du modèle	10
4.2.	Maillage du modèle	11
5.	CALAGE DU MODELE	12
5.1.	Calage en régime permanent.....	12
5.2.	Calage en régime transitoire.....	14
6.	SIMULATION DU RABATTEMENT DE NAPPE.....	15
6.1.	Détermination des débits d'exhaures	15
6.2.	Détermination de l'impact piézométrique	16
7.	CONCLUSION ET RECOMMANDATION.....	17
	ANNEXE.....	18

Figures

<i>Figure 1 : Données de la Banque de données du Sous-Sol.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure 2 : Localisation des sondages géotechniques</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3 : Coupe de synthèse des différents logs stratigraphiques.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 4 : Schéma piézométrique - Basses Eaux 2015 (Source : M. Maillot 2019).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 5 : Limite du modèle.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 6 : Corrélation entre les valeurs piézométriques de référence et les valeurs piézométriques calculées à l'issue du calage du modèle en régime permanent</i>	<i>12</i>
<i>Figure 7 : Comparaison des cartes piézométriques initiale et simulée</i>	<i>13</i>
<i>Figure 8 : Illustration de la piézométrie modélisée en cours de rabattement</i>	<i>15</i>
<i>Figure 9 : Carte d'iso-rabattement de la nappe à l'issue de la période de rabattement</i>	<i>16</i>

Tableaux

<i>Tableau 1 : Synthèse des données utilisées pour la construction du modèle hydrogéologique.....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau 2 : comparaison des rabattements observés et calculés.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 3 : Paramètres hydrogéologiques retenus</i>	<i>14</i>

1. DEFINITION DE L'OPERATION

1.1. Résumé du contexte

Opération	
Devis	2021-01-726/3
Mission	Modélisation hydrogéologique
Adresse	Rue de l'Abreuvoir – Boulogne Billancourt (92)
Maitre d'ouvrage	GPSO 9, route de Vaugirard CS90008 92197 MEUDON Cedex
Caractéristiques du projet	
Projet	Construction d'un centre équestre, de deux centres techniques et d'un parking souterrain
Profondeur de la nappe	Entre 3,30 et 3,70 mètres de profondeur en partie basse du projet.
Type de projet	Rabattement de nappe sous paroi étanche
Objectif de l'étude	Caractérisation hydrodynamique de l'aquifère, estimation des débits d'exhaure et du rayon d'action

1.2. Cadre de l'étude

La présente étude concerne la réalisation d'un modèle numérique d'écoulement souterrain permettant l'évaluation des débits d'exhaures nécessaires à la mise hors d'eau de la fouille lors des terrassements.

Le modèle a été réalisé à l'aide du logiciel FEFLOW, il a été utilisé en mode saturé libre, tridimensionnel et en régime permanent et transitoire.

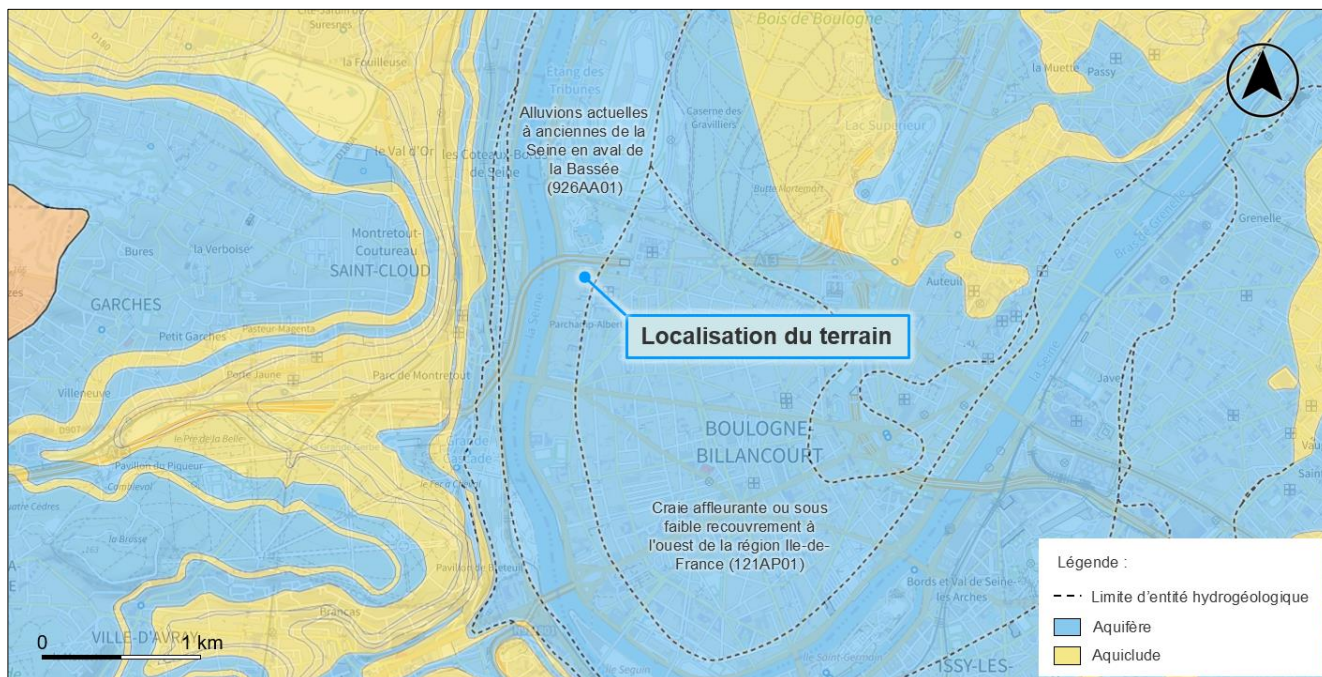
Le logiciel permet la prise en compte des paramètres suivants :

- Géométrie des aquifères : cotes de la base et du toit de l'aquifère ;
- Perméabilité horizontale et verticale, coefficient d'emmagasinement et porosité de chacun des horizons représentés ;
- Les éventuels pompages et rejets recensés dans le secteur étudié ;
- Les conditions imposées aux limites du modèle.

Le projet intègre d'ores et déjà des mesures constructives permettant de réduire le débit d'épuisement. Ces mesures ont été prévues dès lors que le contexte hydrogéologique ne permettait pas d'obtenir des débits d'épuisement modérés en considérant uniquement les profondeurs des ouvrages et des parois moulées imposées par les contraintes mécaniques. La solution complémentaire de réduction du débit résiduel consiste à approfondir des parois moulées jusqu'à un horizon de perméabilité réduite.

2. SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE

Le site d'étude est localisé au droit de la nappe alluviale de la Seine. Cet aquifère est libre, continue au sein des alluvions récentes et anciennes et en équilibre avec l'aquifère de la craie sous-jacente.



Données générales

La nappe d'accompagnement est en liaison hydraulique avec la Seine, et sa piézométrie est étroitement liée au cours d'eau. A l'échelle local la nappe s'écoule selon une direction principale Est Ouest, en direction du cours d'eau (la Seine draine l'aquifère). Les alluvions modernes et anciennes occupent le lit de la Seine et peuvent s'étendre de part et d'autre de celle-ci sur une largeur allant parfois de 100 à 500 mètres. L'épaisseur des formations alluviales est très variable et elles reposent sur un substratum crayeux très irrégulier formant des dépressions ou des dômes qui contribuent à modifier leur puissance.

L'entité 121AP01 de la Craie affleurante ou sous faible recouvrement à l'Ouest de la région Ile-de-France correspond à un secteur où, malgré son recouvrement, la Craie est suffisamment fracturée pour être aquifère et permettre un écoulement souterrain. Dans les boucles de Boulogne et de Croissy (plus précisément de Meulan au confluent de la Seine et de l'Epte) ainsi que dans la plaine de Grenelle (15ème arrondissement), les eaux de la partie supérieure de la Craie, en équilibre avec celles des alluvions, constituent une nappe très plate qui se maintient au niveau de la Seine. La Craie représente le premier aquifère libre du bassin de la Seine en regard de sa surface d'affleurement et de l'importance de son épaisseur. Par contre, sous les formations tertiaires d'Ile-de-France, la nappe devient captive et peu productive.

Il convient de noter que le site est localisé en contexte urbanisé fortement modifié. La mise en place de remblais et d'aménagements divers influe de façon ponctuelle sur le comportement de la nappe.

Niveaux d'eau au droit du site d'étude

Lors de l'étude géotechnique G1 PGC réalisée conjointement avec GEOTECHNIQUE SAS entre novembre 2021 et juin 2022, 4 piézomètres et 1 forage ont été installés au droit du site. En juin 2022, le niveau d'eau stabilisé a été mesuré à une cote moyenne de **26,78 m NGF**.

Une nouvelle campagne piézométrique réalisée en mars 2023 a montré des niveaux piézométriques variant entre 3,33 et 4,03 m de profondeur au droit des piézomètres soit entre les cotes de **26,52 et 26,75 m NGF**.

3. MODELE GEOLOGIQUE

3.1. Données géologiques

Le modèle géologique comprend les unités stratigraphiques suivantes :

- Alluvions Modernes / Remblais ;
- Alluvions anciennes ;
- Craie altérée ;
- Craie fracturée ;
- Craie saine.

Les données spatialisées utilisées pour fixer les épaisseurs des couches du modèle géologique sont issues de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) et des investigations réalisées dans le cadre de l'étude géotechnique. Les données disponibles à la BSS sont présentées dans la figure suivante.

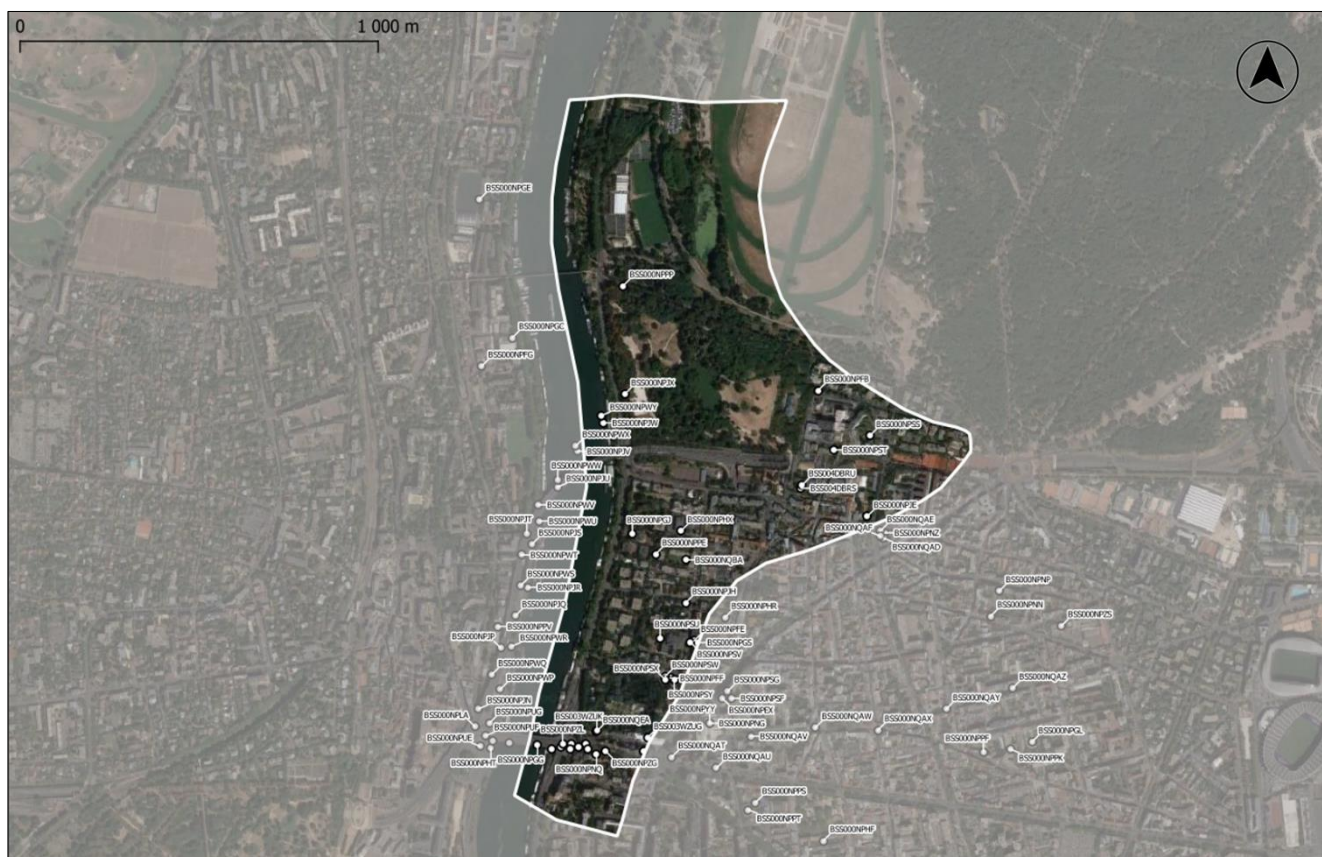


Figure 1 : Données de la Banque de données du Sous-Sol

La grande majorité des données disponibles sont concentrées au Sud de la zone d'étude (ce qui a conditionné la volonté d'étendre le modèle au Nord et au Sud). Ces données ont été utilisées pour fixer l'interface Alluvions/Craie. Les différentes épaisseurs au sein de ces deux complexes ont été discrétisées suivant les épaisseurs identifiées au droit du site. Les données disponibles à la BSS sont synthétisées dans un tableau présenté en **annexe 1**.

Sur ces données on peut remarquer que c'est le toit de la craie qui est le mieux défini. Il a ainsi été numérisé et employé pour définir les cotes des autres interfaces. Ainsi les cotes de mur et de toit de chacune des différents horizons de craies sont déduites de la cote estimée du toit de la craie altérée et de l'épaisseur de chacune des couches géologiques relevées au droit du site.

3.2. Données hydrogéologiques

La description des paramètres hydrogéologiques au droit du site d'étude a été réalisée à partir des campagnes de reconnaissance géotechniques et complétée des documents suivants :

↳ Données bibliographiques :

- De la Banque de données du Sous-Sol (BSS) ;
- De la thèse Mathias Maillot : Étude des remontées de nappe de Paris et de la Petite Couronne lors des épisodes de crue de la Seine et de la Marne (2019) ;
- De l'Étude d'impact de la ligne 15 Sud BURGEAP pour Société du Grand Paris (2015) ;
- De la thèse Aurélie Lamé : Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains (2014).

↳ Archives du bureau d'étude CEREMA :

- Résultats de l'essai de pompage dans la Craie réalisé au droit de l'Issue de secours N°5 – A13 (2010) ;
- Etude géotechnique tunnel Ambroise Paré - A13 (2009) ;
- GEF 1681 - Notice préliminaire Viaduc A13 (1980) ;
- GEF1570 - Etude chambre à sable (1977).

Ces documents ont fournis une carte piézométrique du secteur permettant de préciser les sens d'écoulement et gradient hydraulique au droit du site ainsi que différentes mesures des caractéristiques hydrogéologiques du sous-sol.

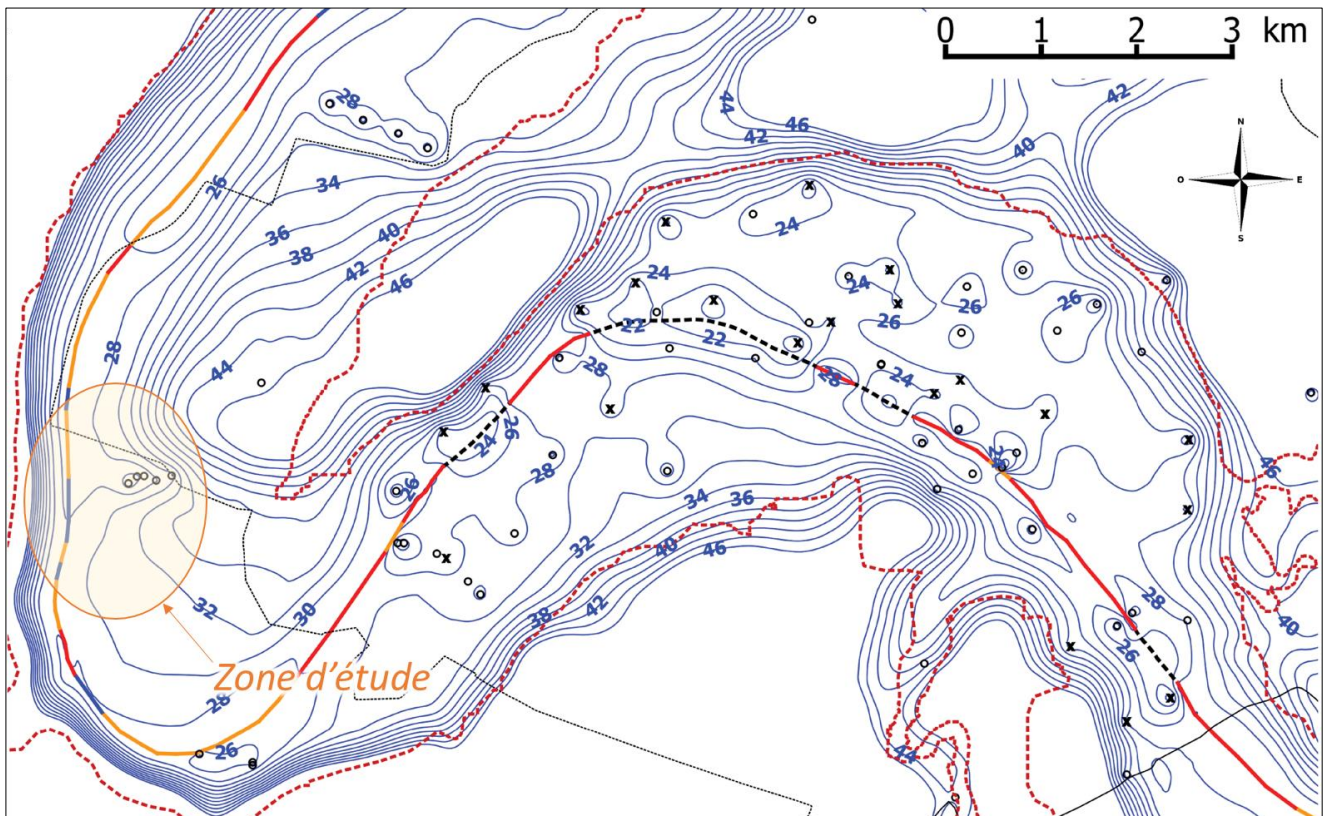


Figure 4 : Schéma piézométrique - Basses Eaux 2015 (Source : M. Maillot 2019)

Les informations sur les caractéristiques hydrodynamiques des différentes couches concernées disponibles dans ces différents documents sont synthétisées dans les tableaux présentés en **annexe 3**. Les différentes caractéristiques hydrogéologiques retenues pour la construction du modèle sont synthétisées dans le tableau en page suivante.

📄 Synthèse des données bibliographiques retenues :

Données constructives					
Cote moyenne du sol	Cote terrassement	Hypothèse de rabattement	Surface excavation	Formation d'ancrage	Cote d'ancrage minimum
31 m NGF	21 m NGF	20 m NGF	11800 m ²	Craie saine	-1 m NGF

Contexte environnemental											
Géologie					Hydrogéologie						
Lithologie	Epaisseur bibliographique (m)	Cote correspondante (m NGF)	Epaisseur moyenne mesurée (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité h (m/s)	Perméabilité v (m/s)	Transmissivité (m ² /s)	Coefficient d'emménagement (%)	Nappe considérée	Niveau de nappe considéré	Rabattement
Remblais	3,5	-	-	27	-	-	-	-	Nappe de la craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine	HE : 28 BE : 26	8 m 6 m
Alluvions modernes	4,5	-	1 à 8	19 à 27	2,00E-05	9,00E-06	9,00E-05	3			
Alluvions anciennes	6	30,5	1 à 8	16 à 19	2,00E-04	1,00E-05	1,20E-03	3,6			
Craie altérée	22	22	8	9	1,00E-04	1,00E-04	2,20E-03	2,1			
Craie fracturée		18	9	0	1,00E-03	1,00E-03	-	-			
Craie saine	-	-	-	-	6,00E-05	6,00E-05	-	0,001			

Tableau 1 : Synthèse des données utilisées pour la construction du modèle hydrogéologique

3.3. Simplification du modèle

La schématisation conceptuelle consiste à analyser le contexte hydrogéologique au regard du projet afin de déterminer, entre autres :

↳ l'étendue du modèle à construire :

Il a été décidé la construction d'un modèle large permettant la prise en compte de possibles effets cumulés entre pompages d'épuisement (entrée tunnel Ambroise Paré), les relations nappe-rivière (drainage), et la présence d'exploitations d'eau souterraine constituant un enjeu vis-à-vis de l'effet piézométrique possible des débits d'épuisement (géothermie, industriel,...).

↳ les couches qui doivent être représentées :

Dans le secteur d'étude, la nappe des alluvions et celle de la Craie sont en communication. Ce secteur est caractérisé par la succession des formations géologiques suivante : remblais, Alluvions et Craie. Le complexe Craie altérée / fissurée a été considéré comme très perméable. Ainsi, afin de limiter les débits de pompage en fond de fouille, ces derniers ont été calculés en considérant une fiche hydraulique des parois de 20 m. Ces parois seront donc ancrées dans la Craie saine, formation pour laquelle la perméabilité retenue est de 6.10^{-5} m/s.

↳ les conditions à appliquer aux bordures du modèle et à l'intérieur :

La carte piézométrique retenue est issue de l'interprétation de S2e, réalisée sur la base de l'analyse croisée des cartes hydrogéologiques régionales (A. Lamé, M. Maillot, ...) et des mesures locales (données disponibles dans la base de données BSS, données issues des campagnes de reconnaissance géotechniques). Cette piézométrie est obtenue en appliquant des limites à charge imposée à l'Est et l'Ouest du modèle ainsi qu'à l'entrée du tunnel Ambroise Paré.

3.4. Logiciel utilisé

Nous avons utilisé le logiciel dédié FEFLOW (version 8.0). Il s'agit un progiciel professionnel pour la modélisation de l'écoulement de fluide utilisé pour simuler les écoulements souterrains en 3 dimensions, développé par la société DHI. Le code de calcul FEFLOW est basé sur la résolution des équations d'écoulement par la méthode des éléments finis. Cette méthode consiste à découper le domaine discrétisé en éléments triangulaires ou rectangulaires et où dans chaque élément est appliqué la formulation de lois de comportement (relations déterministes ou probabilistes) reliant les impulsions ou entrées du système à ses réponses ou sorties.

La résolution de l'équation de Richards est notamment complétée par des modèles empiriques qui décrivent les interactions entre la pression du fluide (ou charge hydraulique) et la saturation réduite du fluide (teneur en eau). La description de ces interactions requière différents paramètres hydrodynamiques et de formes du sol. La définition des paramètres (constants ou variables) entrant dans ces relations est l'objectif du calage du modèle.

FEFLOW peut être utilisé pour de simples études locales aussi bien que sur de larges et complexes cas d'applications. Il offre plusieurs avantages pour la modélisation des phénomènes hydrogéologiques, à savoir :

- Possibilité de modifier localement le maillage sans modifier l'ensemble de la géométrie du modèle ;
- Le maillage triangulaire permet une représentation fine des structures enterrées comme les parois moulées ;
- Capacité de représenter des conditions aux limites complexes ;
- Possibilité d'inclure des changements de propriétés comme par exemple la conductivité hydraulique.

Par ailleurs, les simulations d'écoulement ou de transport peuvent être réalisées en régime transitoire ou permanent.

4. CARACTERISTIQUES DU MODELE

4.1. Limite du modèle

L'emprise du modèle est représentée sur la figure ci-dessous.



Figure 5 : Limite du modèle

Les limites et conditions aux limites suivantes ont servi à définir l'emprise du domaine hydrogéologique considéré pour les travaux de modélisation :

- La limite Ouest correspond à la Seine. Il y a été appliqué un potentiel imposé à une cote entre 28,20 et 27 m NGF associé à un facteur de colmatage (la valeur du colmatage est issu de la bibliographie et pourra constituer un nouveau facteur d'ajustement de calage du modèle) ;
- La limite Est correspond à une courbe isopièze du niveau de référence : piézométrie d'octobre 2015 (M. Maillot 2019 - *Étude des remontées de nappe de Paris et de la Petite Couronne lors des épisodes de crue de la Seine et de la Marne*) ;
- Les limites Nord et Sud correspondent à des lignes de courant (perpendiculaire aux isopièzes). Ces limites sont donc à flux nul ;
- A l'intérieur du domaine il a été représenté un potentiel imposé au droit de l'entrée du tunnel Ambroise Paré afin de représenter le drainage mis en évidence par la piézométrie. Le potentiel imposé correspond à une cote de 26 m NGF.

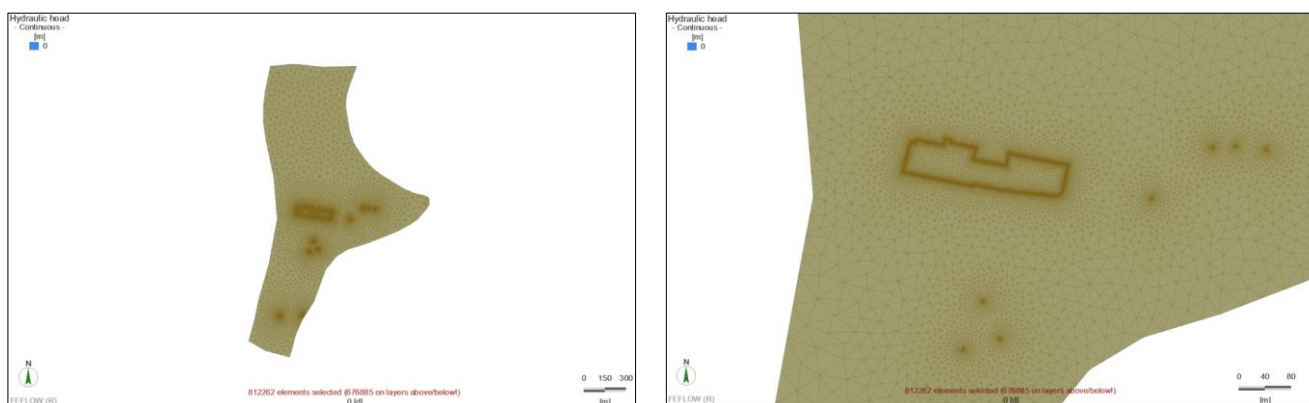
Ce domaine hydrogéologique présente ainsi une surface d'environ 1,2 km².

4.2. Maillage du modèle

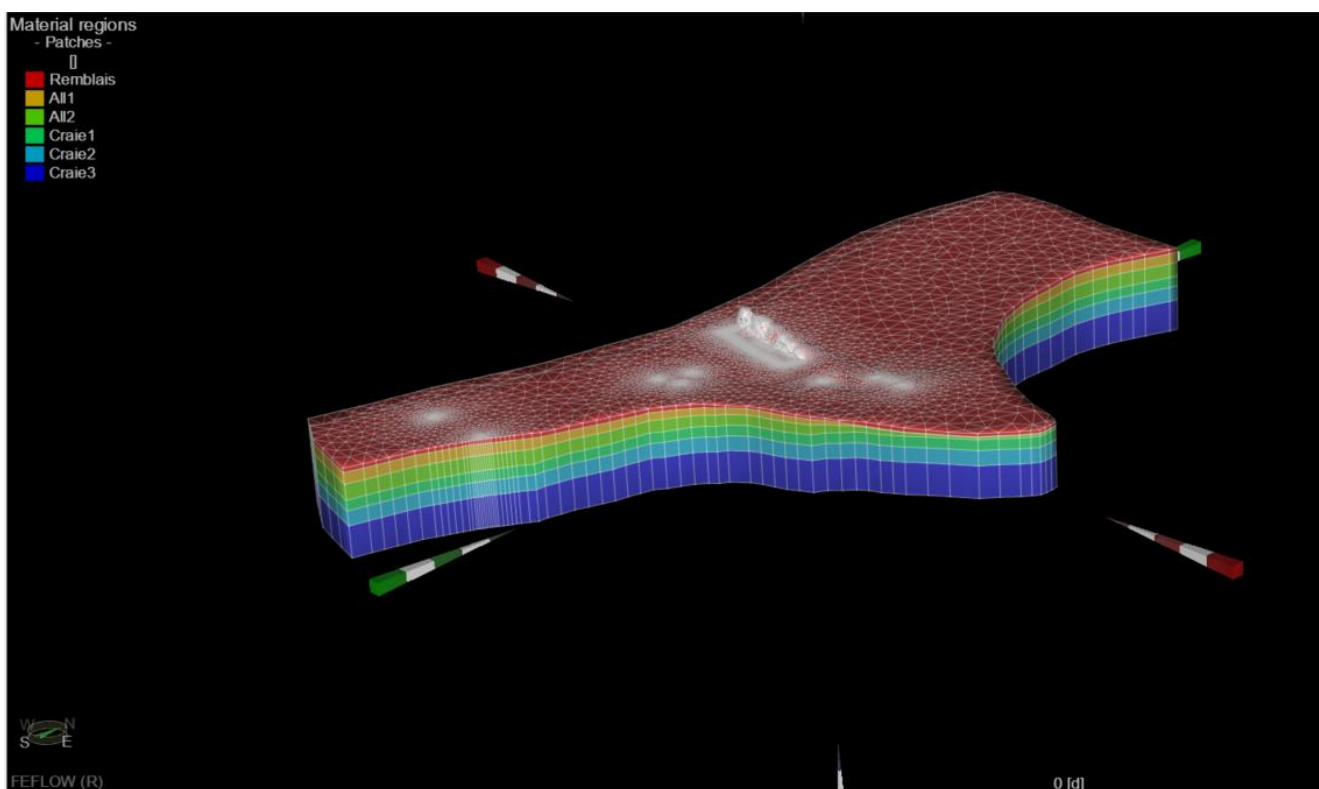
Le maillage du modèle hydrogéologique a été construit en se calant sur les grandes limites d'alimentation du domaine, à savoir le lit mineur de la Seine, ainsi qu'une courbe isopièze jugée suffisamment éloignée pour ne pas être affecté par le rabattement de nappe induit par le projet.

Le maillage prend également en compte, la position des puits et forages recensés exploitant l'aquifère (prélèvements faibles dans la zone considérée) et la structure de l'entrée du tunnel Ambroise Paré représenté par des cote imposées à deux points de part et d'autre.

Le maillage est affiné le long des structures principales du projet et devient progressivement plus grossier en s'éloignant de ces éléments.



Une couche numérique est utilisée pour chaque unité géologique. Afin de représenter les différents faciès lithologiques des alluvions et des formations de Craie Campanienne. Chacun des 5 faciès a été représenté individuellement.



Le modèle numérique initial qui a servi au calage des paramètres hydrodynamiques comporte ainsi 6 couches, pour environ 800 000 éléments triangulaires.

5. CALAGE DU MODELE

5.1. Calage en régime permanent

Dans les conditions en régime permanent, on admet que les termes du bilan en eau de la nappe, exprimés dans les conditions aux limites et dans les débits prélevés, sont invariants dans le temps et l'on recherche ainsi l'état stationnaire correspondant. Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire l'allure de la piézométrie de référence (octobre 2015 – Thèse Maillot) établie pour l'aquifère superficiel considérant les alluvions de la Seine et la craie Campanienne.

Le calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres hydrodynamiques, dont notamment :

- perméabilité des différents horizons d'alluvions et de Craie ;
- le facteur de colmatage des berges de Seine ;
- Rabattement au niveau du tunnel Ambroise Paré.

Par ailleurs nous avons fait l'hypothèse que les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace. Nous avons ensuite adapté localement les paramètres hydrodynamiques et la géométrie des couches au droit du projet sur la base du résultat des reconnaissances géotechniques effectuées sur le site dans le cadre de cette étude.

Le graphique ci-après présente les valeurs piézométriques dont nous disposons sur le domaine comparées aux valeurs calculées par le modèle après calage en régime permanent.

L'écart entre valeurs mesurées et valeurs calculées est convenable étant donné les nombreuses incertitudes des mesures disponibles.

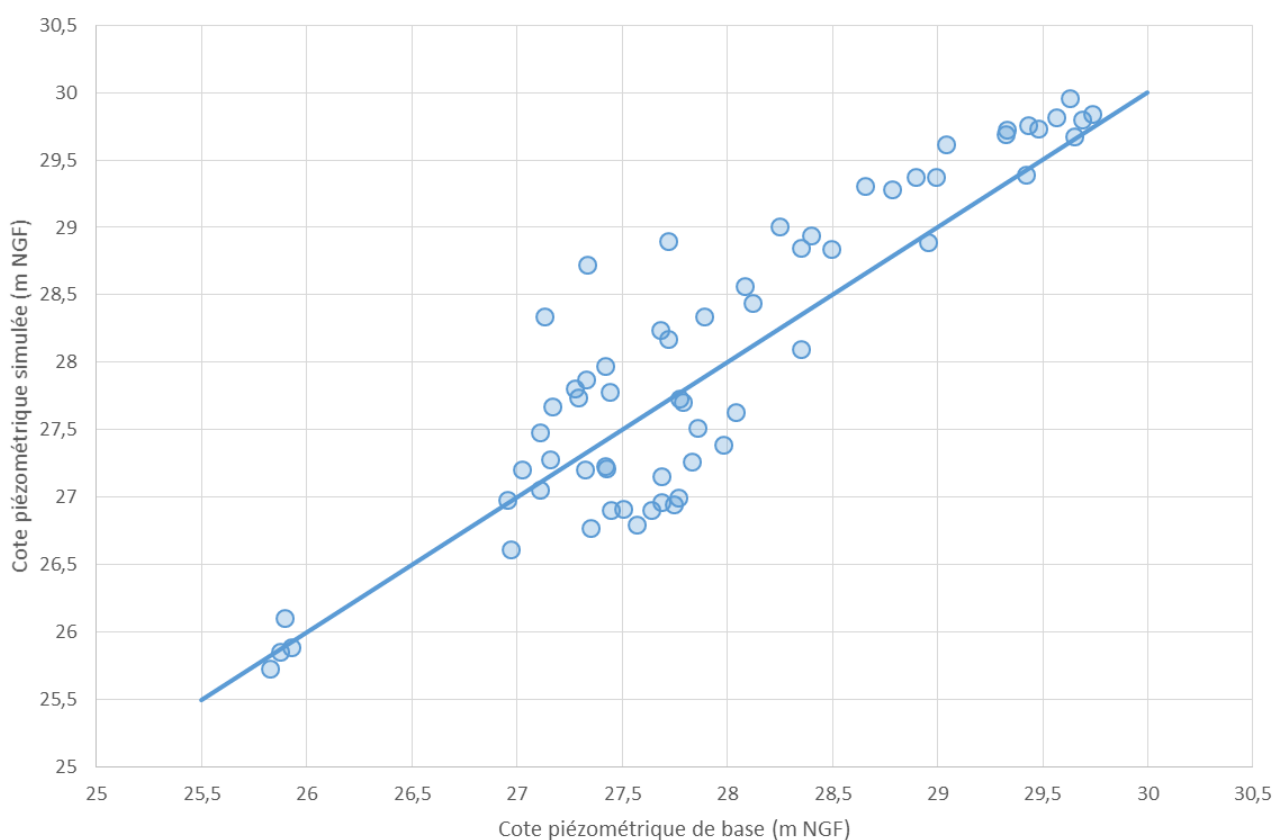


Figure 6 : Corrélation entre les valeurs piézométriques de référence et les valeurs piézométriques calculées à l'issue du calage du modèle en régime permanent



Figure 7 : Comparaison des cartes piézométriques initiale et simulée

La figure 7 présente la carte piézométrique de la nappe des alluvions/craie obtenues après calage du modèle en régime permanent. Les sens et les gradients d'écoulement de cet aquifère sont correctement reproduits, de même que les charges piézométriques.

Suivant les estimations du modèle calé en régime permanent, le bilan des flux sur l'ensemble du domaine se décompose ainsi :

- l'alimentation du modèle hydrogéologique en amont (potentiel imposé) représente un apport total d'environ 447 m³/h ;
- les débits d'eau sortant du modèle en aval représente un débit sortant de 340 m³/h ;
- les débits d'eau sortant du modèle liés au drainage de la nappe de la craie par la Seine représentent un débit sortant de 15 m³/h ;
- l'ensemble des prélèvements anthropiques recensés a été jugé non impactant au droit du site hormis l'infrastructure de l'entrée du tunnel Ambroise Paré dont le système en place n'est pas connu et a été représenté dans le modèle par deux points de prélèvements représentant un débit d'environ 92 m³/h.

A ce stade, le modèle est considéré comme représentatif.

5.2. Calage en régime transitoire

Un calage en régime transitoire consiste à reproduire les effets piézométriques liés à une perturbation du système (pompage d'essai). Dans le cas présent nous avons utilisé l'essai de pompage réalisé dans les alluvions au droit du site.

Les caractéristiques de l'essai sont les suivantes :

- Débit de pompage : 12,2 m³/h ;
- Durée du pompage : 24 h ;
- Impact piézométrique au droit du puits de pompage F1 : 1,85 m ;
- Impact piézométrique au droit du piézomètre de contrôle Pz2 : 0,27m ;
- Impact piézométrique au droit du piézomètre de contrôle Pz5: 0,28 m.

Résultats du calage :

Point d'observation	Pz2	F1	Pz5
Rabatement observé	0,27 m	1,85 m	0,28 m
Rabatement calculée	0,25 m	1,89 m	0,28 m

Tableau 2 : comparaison des rabattements observés et calculés

Afin de reproduire l'impact piézométrique observé lors de l'essai de pompage les perméabilités ont du être ajustées. Les paramètres ainsi retenus à l'issue du calage en régime transitoire sont présentés dans le tableau suivant :

Lithologie	Perméabilité h (m/s)	Perméabilité v (m/s)
Remblais	5,00E-04	5,00E-04
Alluvions modernes	2,00E-05	9,00E-06
Alluvions anciennes	2,00E-04	1,00E-05
Craie altérée	1,00E-04	1,00E-04
Craie fracturée	1,00E-03	1,00E-03
Craie saine	6,00E-05	6,00E-05

Tableau 3 : Paramètres hydrogéologiques retenus

Remarque : La perméabilité des alluvions anciennes a été diminuée par rapport aux résultats de l'essai de pompage pour prendre en compte la plus forte perméabilité de la craie sous-jacente (apport par drainance). Afin, de valider ce calage il est nécessaire d'effectuer un essai de pompage dans la craie fracturée avec une observation directe des rabattements induits dans plusieurs piézomètres d'observation répartis au droit du site et crépinés à différentes profondeurs.

6. SIMULATION DU RABATTEMENT DE NAPPE

Construction d'un modèle maillé

Les modèles spatialisés (maillés) offrent une grande flexibilité et ils sont parfaits pour représenter un système aquifère multicouche. Cependant, s'ils sont bien adaptés aux environnements sédimentaires (milieux poreux et assimilés), ils ne conviennent pas, en général, aux milieux discontinus tels que milieux fissurés et milieux karstiques. Dans notre cas, la craie fracturée est considérée comme suffisamment fracturée pour être assimilée à un milieu poreux.

6.1. Détermination des débits d'exhaures

Nous avons utilisé ce modèle numérique pour simuler le rabattement de la nappe à la cote de 20 m NGF sur la surface du projet. La mise en place de puits de pompage est une technique d'épuisement de fouille particulièrement adaptée aux aquifères perméables et productifs comme la nappe de la Craie et des alluvions. Nous avons simulé un rabattement par 15 puits de pompes réalisés à l'intérieur des enceintes de parois moulées.

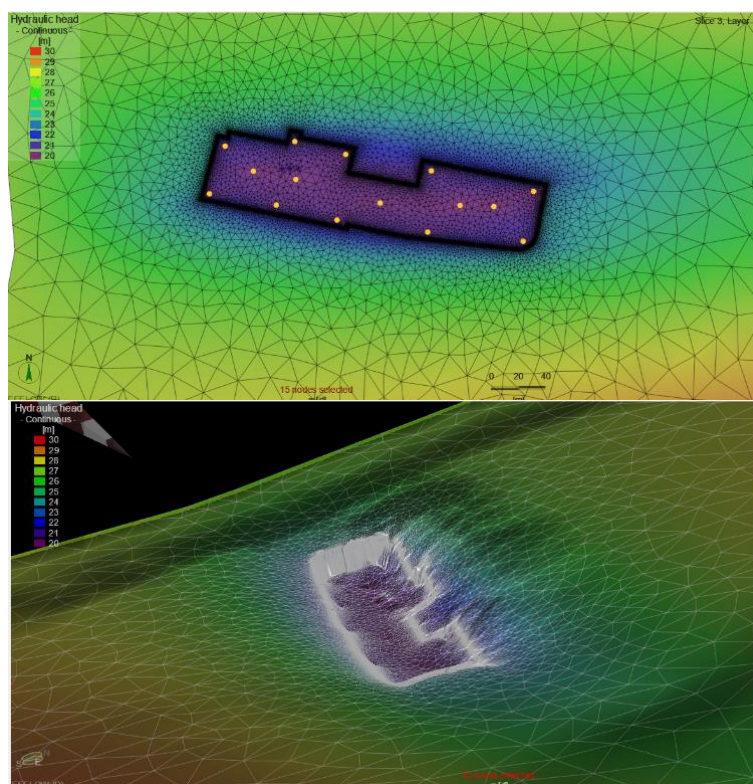


Figure 8 : Illustration de la piézométrie modélisée en cours de rabattement

La simulation a été réalisée sur la base des hypothèses suivantes :

- les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible (selon la qualité de réalisation celles-ci sont pratiquement imperméables). Le débit d'épuisement est restitué en appliquant à l'intérieur des parois moulées une cote d'enclenchement de l'exhaure calé à 20 m NGF ;
- la simulation a été réalisée en régime permanent uniquement compte tenu de la durée du chantier et étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable ;
- Il n'a pas été considéré de variation du niveau de la Seine (niveau de Seine normale).

Le résultat d'une simulation avec 15 puits de pompage amène à considérer un débit d'exhaure de 73 m³/h. Ce débit d'épuisement restitué par le modèle est cohérent avec les estimations réalisées avec des méthodes de calculs simplifiés.

6.2. Détermination de l'impact piézométrique

La figure suivante présente l'effet piézométrique du pompage d'épuisement sur la nappe des alluvions et de la craie. Ce rabattement a été établi par comparaison de l'état initial (piézométrie résultant du calage en régime permanent) et l'état simulé en cours de pompage.

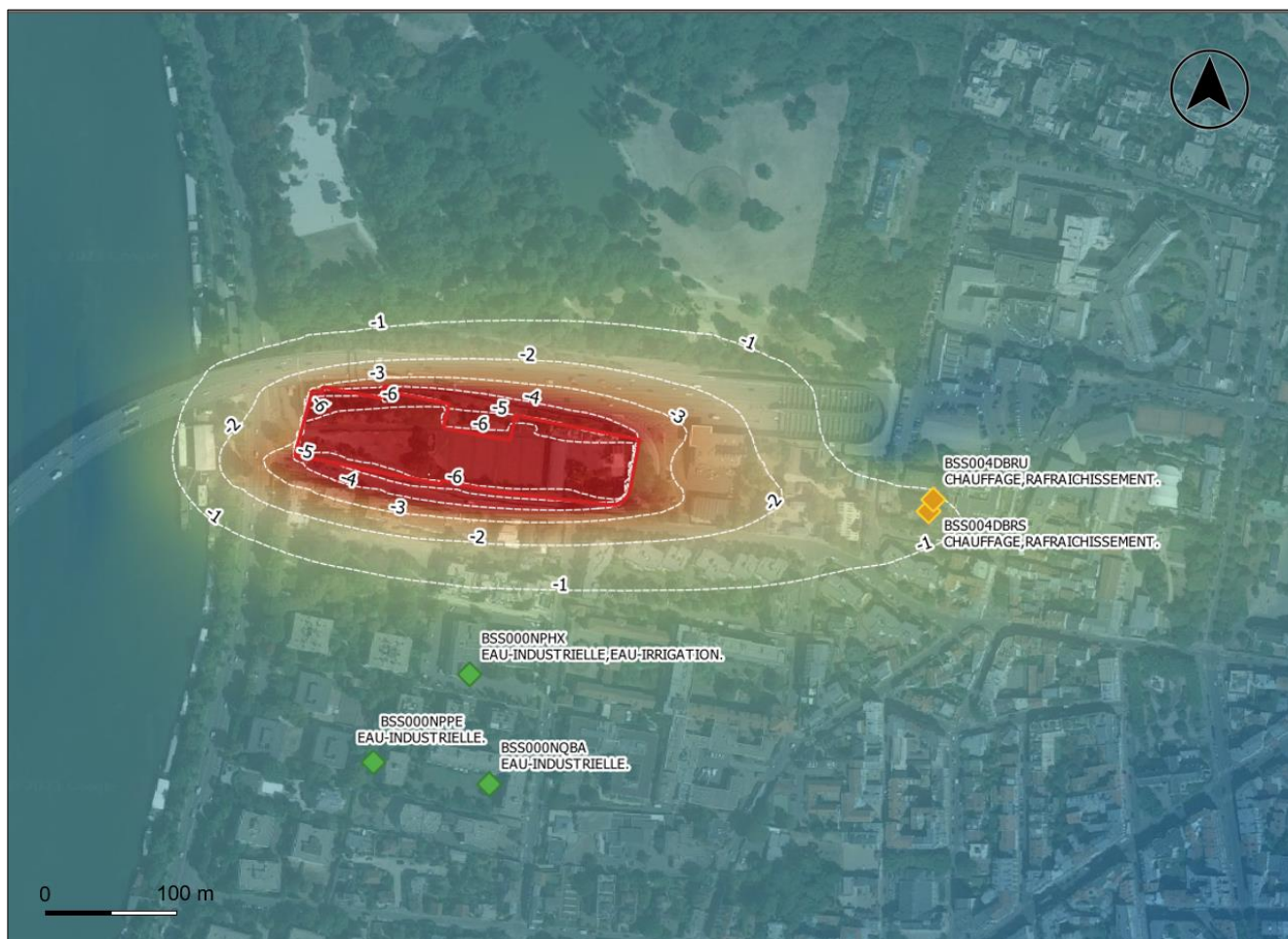


Figure 9 : Carte d'iso-rabattement de la nappe à l'issue de la période de rabattement

Cette figure intègre les courbes d'iso-rabattement induites par le projet ainsi que les exploitations d'eaux souterraines recensées à proximité.

Les rabattements alors obtenus sont de l'ordre de 2 à 4 m au droit du talus de l'A13 (entre 22,60 et 24,60 m NGF) et d'environ 1 m au droit d'un système de géothermie localisé à l'Est du projet.

Les forages de ce système géothermique font 40 m de profondeur avec une colonne captante de 28 m. Le risque de dénoiment est donc à priori nul.

D'après la carte de Delesse, en 1882 la nappe phréatique au droit du site se trouvait à la cote de 24 m NVP (ancien nivellement propre à la Ville de Paris) soit 23,40 m NGF. Ainsi, le niveau de nappe rabattu serait du même ordre de grandeur que les niveaux de nappes observés par le passé.

7. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Les résultats du modèle présentés dans ce rapport ont pour objectif de fournir les éléments quantitatifs hydrogéologiques nécessaires pour évaluer l'impact du rabattement de nappe en phase travaux sur les avoisinants et donner une estimation des débits nécessaire au rabattement sous paroi moulée ancrée dans la craie.

Ce modèle représente toutes les unités géologiques comprises entre les alluvions et la craie saine qui forme le fond du modèle.

Le modèle a été calé en régime permanent sur une carte piézométrique d'avril 2015 coïncidant avec les cotes piézométriques mesurées en juin 2022. Le modèle a également été calé en régime transitoire sur la base d'un pompage d'essai réalisé dans les alluvions au droit du site.

Des dispositions constructives de type parois moulées ancrées d'un mètre dans la craie saine ont été intégré au modèle.

Les simulations réalisées ont mis en évidence une propagation latérale de l'impact piézométrique avec un impact de 2 à 3 m au droit du talus de l'autoroute A13.

Les débits nécessaires au rabattement de nappe ont été estimés à **73 m3/h** en cas d'ancrage de 1 m dans la craie saine (-1 m NGF).

Quelles que soient la rigueur apportée à la modélisation géologique et la qualité du modèle qui en résulte, la structure ainsi créée est indissociable des hypothèses ayant présidé à son élaboration. La structure issue de la modélisation géologique est a priori le meilleur compromis trouvé à la date de sa construction pour représenter le sous-sol au droit du site.

Des améliorations importantes doivent cependant encore être apportées au modèle notamment pour la représentation des couches profondes avant qu'il soit envisageable de simuler différents scénarii d'ancrage et d'évolution transitoire de la piézométrie.

Ainsi il conviendra, au cours des phases d'études ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer ces hypothèses ainsi que :

- ↳ les perméabilités des principales formations géologiques, qui seront déterminées à l'issue des pompages d'essai qui doivent être réalisés au droit de la craie. Pour rappel, les perméabilités retenues dans le modèle sont celles issues de revues bibliographiques dont des résultats d'essais à proximité immédiate et du calage de ces mesures piézométriques.
- ↳ les débits d'épuisement qui seront nécessaires pour la construction des infrastructures. Ces débits dépendent de la perméabilité des terrains en place. En attente des pompages d'essai, les débits d'épuisement retenus, sont jugées réalistes.

ANNEXES



ANNEXE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES ISSU DE LA BSS

Cette annexe contient 2 pages A4.

Référence BSS	Cote sol (m NGF)	Cote du murs				
		Remblais	Alluvions modernes	Alluvions anciennes	Craie altérée	Craie fracturée
01835B0046/F	38.24			25.02		
01835B0193/S1138	37			34.5		
01835B0194/S2138	37			35		
01835B0463/S2	38.45	37,45		30,55		
01835B0494/BB9	37.91		35.88	30.81	28.61	19.61
01835B0040/F	31	37.45		30.55		
01835B0014/S1	30		24.9	18.95		
01835B0018/F	33	27.8		15.7		
01835B0038/F	28			17.5		
01835B0042/S3	26.47	30.5		21		
01835B0044/S1BIS	30.05	26.5				
01835B0052/F	28.95			8.97		
01835B0076/F2	34.5	27.25		18.15		
01835B0078/S11	26.05	27.35				
01835B0082/F	29	33.5		21.5	12.5	
01835B0092/F1	30.05	19.25	16.15			
01835B0097/S1	33.2		19	17.2		
01835B0098/S4	32.48	29.25				
01835B0099/S6	29.74			13.8		
01835B0100/S7	29.57			17.48		
01835B0101/S10	29.62	28.74		16.64	14.24	
01835B0102/S11	29.68	29.47	20.07	16.57		
01835B0103/S14	26.4	26.72	19.82	17.22	16.22	
01835B0104/S16	26.4			14.6		
01835B0105/S18	26.4			15.6		
01835B0106/S20	29.22		23.72	15.72	3.72	
01835B0133/S13	36		19.6	16.6		
01835B0208/BB1	32.97			13.17		
01835B0209/FA	30			13.2	-5	
01835B0219/C117	30			15		
01835B0222/SC1	31.55			18.35		
01835B0223/SC2	31.7			18.6		
01835B0225/SCPD3	29.95	27.05	19.95	16.55		
01835B0298/S3	30			20.20		
01835B0299/S2	30			20.30		
01835B0300/S3	30			15.9		
01835B0301/S4	30			15.5		
01835B0315/S2BIS	26.47			15.5		
01835B0316/S1	27.8			15.9		
01835B0317/S4	27.46			16.8		
01835B0331/S5	35.84			15.97		

Référence BSS	Cote sol (m NGF)	Cote du murs				
		Remblais	Alluvions modernes	Alluvions anciennes	Craie altérée	Craie fracturée
01835B0332/S6	35.93			16.3		
01835B0333/S7	35.27			12.66		
01835B0388/S2	30.9			16.24	13.84	
01835B0389/S3	31.05			15.55		
01835B0391/S8	29.64			16.14	12.44	9.74
01835B0392/S9	29.63		19.83	15.73		
01835B0393/S12	26.4		19.4	14.4	5.8	-6.6
01835B0394/S13	30.26		19.56	16.76		
01835B0395/S15	26.4			15.6		
01835B0396/S17	26.4			14.4	1.4	
01835B0397/S19	26.4			16	3.9	
01835B0487/BB2	30.63			16.93	0.63	
01835B0488/BB3	30.63			16.63	14.13	
01835B0489/BB4	30.86			15.36	8.26	
01835B0490/BB5	30.79			17.79	5.89	2.29
01835B0495/FB	30			14.5		
01835B0567/F2	29.68			16.18		
BSS003WZUG/X	29.57			16.07		
BSS003WZUK/X	32.47			18.97		
01835B0008/S1	31.5			26.9	18.65	11.6
01835B0065/F	33			19.3		
01835B0089/F1	36.65			31.05		
01835B0204/7559F1	36			30.7		
01835B0295/S14	32			28.5	17.25	12
01835B0296/S8	34.6			27.2	22.2	14.6
01835B0474/7559F2	36			29.7		
01835B0475/7559F3	36			30.2		
01835B0476/7559F4	36			30.2		
01835B0491/BB6	31.18			20.68	13.38	3.88
01835B0492/BB7	33.56			19.56	16.56	4.56
01835B0493/BB8	36.43			26.83	24.83	16.31
BSS004DBRS/X	35.33			24.33		
BSS004DBRU/X	34.64			24.3		

ANNEXE 2 : COUPES TECHNIQUES DES OUVRAGES REALISES

Cette annexe contient 63 pages A4.

Date : 17/11/2021

Machine : EMCI 7.50

Cote X :

Profondeur : 0.00 m 9.17 m

Cote Y :

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 30.4 m

Page : 1 / 1

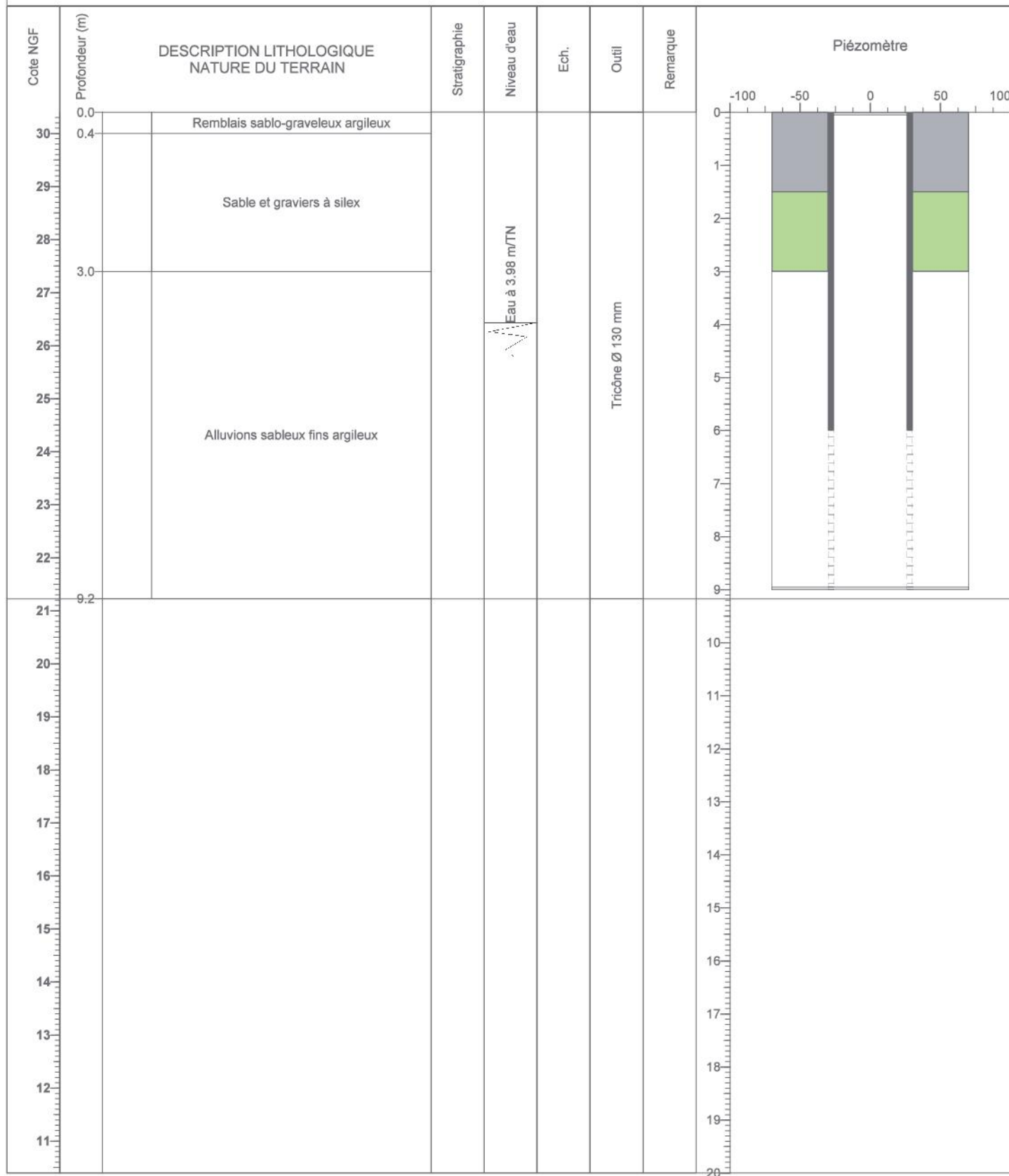
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT :

Remarque : Sondage équipé d'un piézomètre jusqu'à 9 m, crépiné de 6 à 9 m.



Date : 19/11/2021

Machine : EMCI 7.50

Cote X :

Profondeur : 0.00 m 9.32 m

Cote Y :

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 30.6 m

Page : 1 / 1

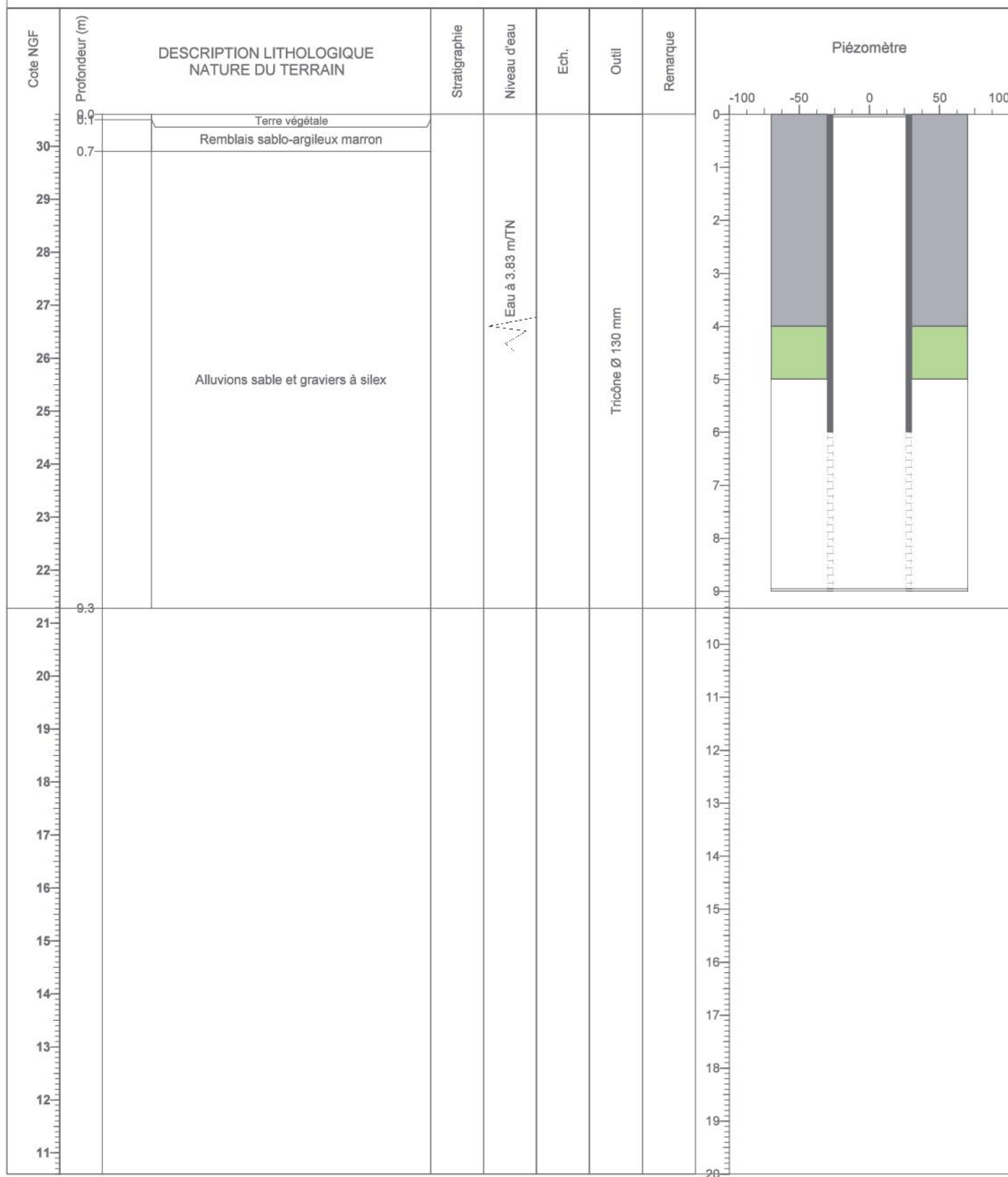
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT :

Remarque : Sondage équipé d'un piézomètre jusqu'à 9 m, crépiné de 6 à 9 m.



Date : 09/11/2021

Machine : EMCI 7.50

Cote X :

Profondeur : 0.00 m 9.10 m

Cote Y :

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 29.5 m

Page : 1 / 1

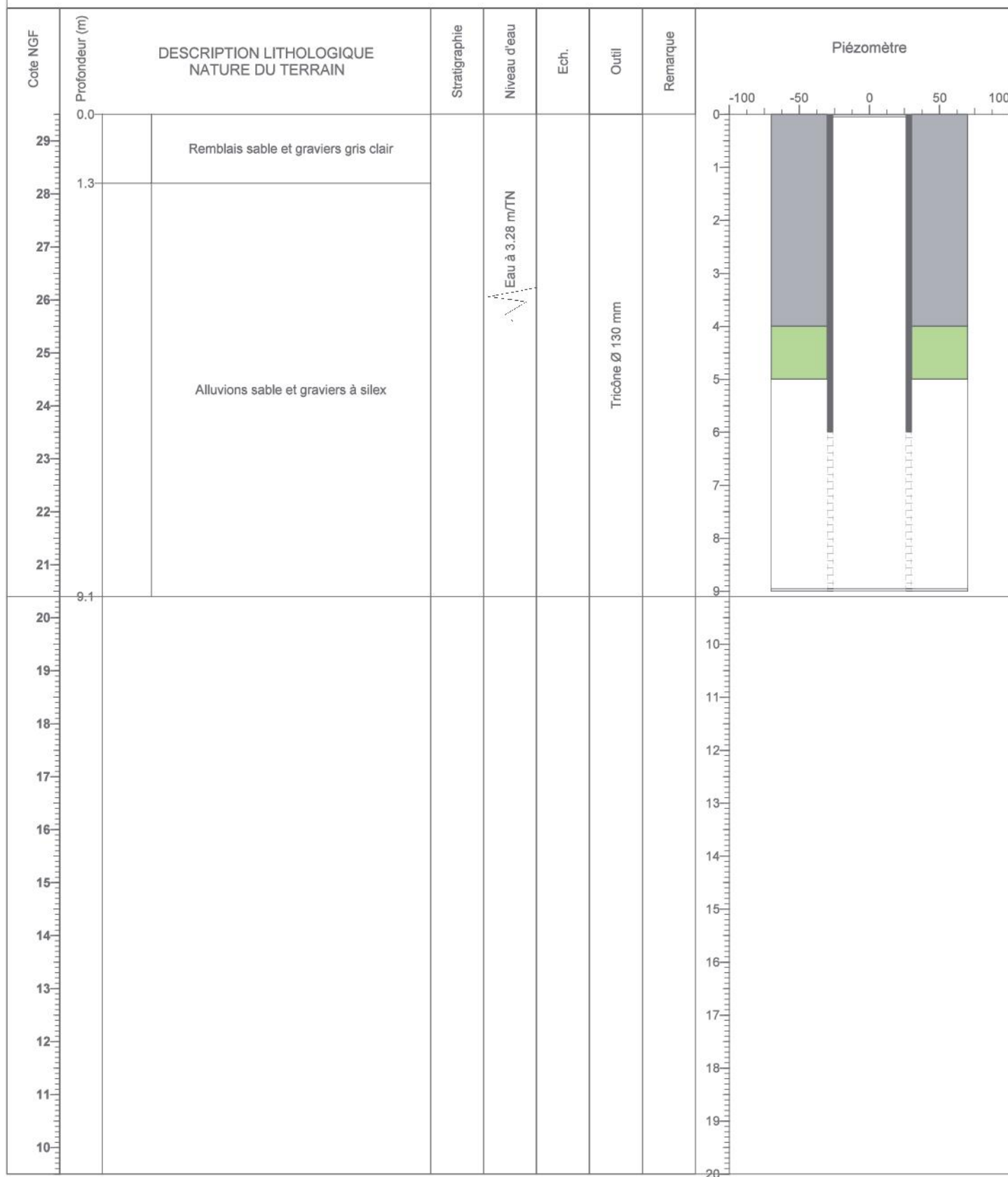
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT :

Remarque : Sondage équipé d'un piézomètre jusqu'à 9 m, crépiné de 6 à 9 m.



Date : 22/11/2021

Machine : EMCI 7.50

Cote X :

Profondeur : 0.00 m 15.56 m

Cote Y :

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 30.1 m

Page : 1 / 1

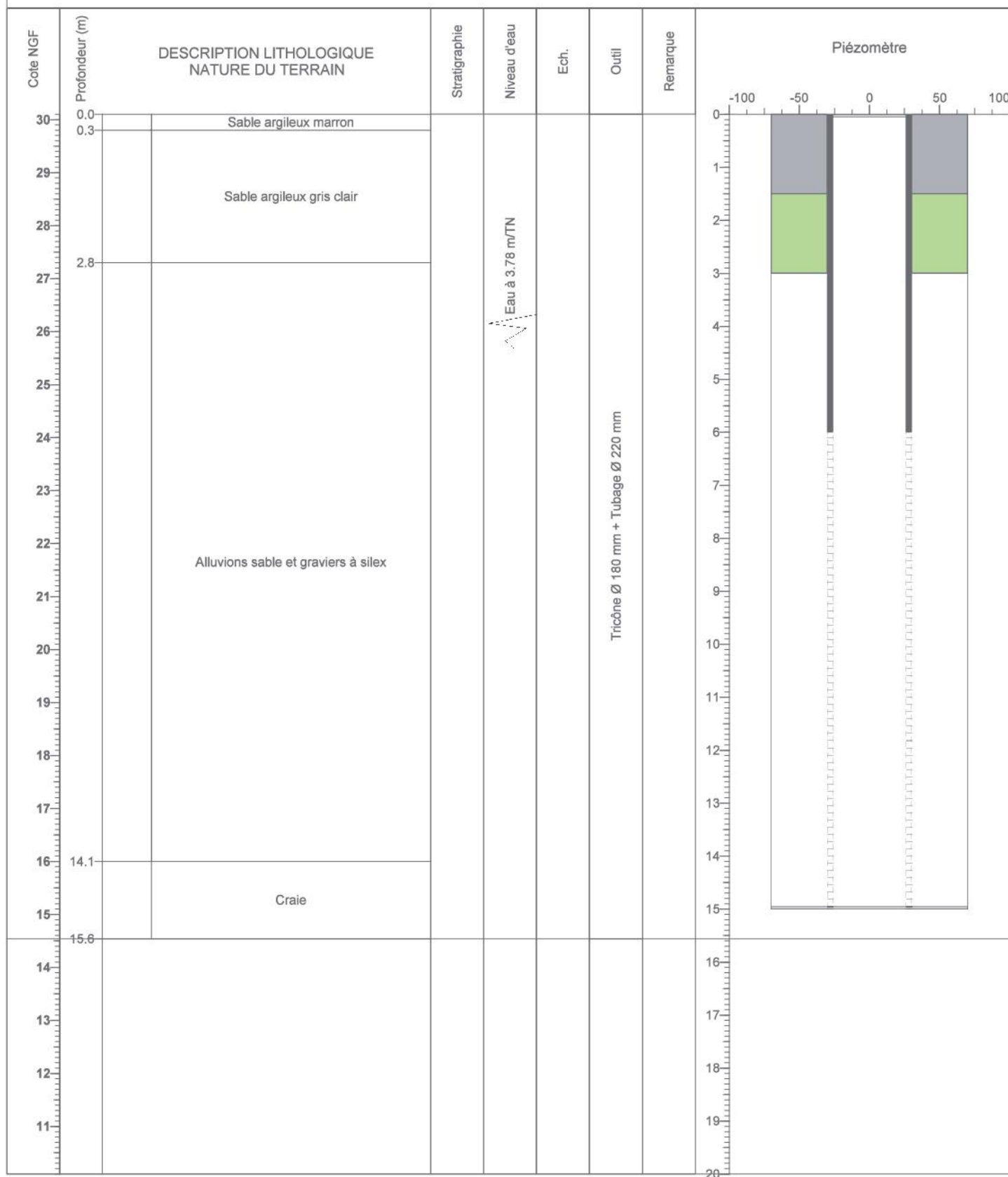
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT :

Remarque : Sondage équipé d'un piézomètre jusqu'à 15 m, crépiné de 6 à 15 m.



SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 21/11/2022

Cote X : 1643336.19

Cote Y : 8183421.56

Cote Z : 37 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 7.5

Profondeur : 0.00 m 45.00 m

Echelle : 1 / 100

Page : 1 / 3

Remarque :

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
37.00	0.00	Limon silto-sableux marron								
	0.50	Sable moyen marron-beige-verdâtre + quelques silex								
	0.75									
36.00	1.30	Sable légèrement argileux marron-beige								
	1.60	Sable et traces calcaires blanc-verdâtre + quelques silex								
	2.00	Sable à sablo-argileux beige clair								
35.00	2.25	Sable fin limoneux marron clair								
	2.50	Sable fin beige-jaunâtre avec quelques silex								
	3.00	Sable marron-beige avec silex, cailloutis								
34.00					3.0					
33.00		ECHANTILLON INTACT								
32.00	5.00	Sable argileux marron et rare silex			5.0					
	5.35	Faciès sablo-argileux grisâtre avec gravas et petits blocs, graveleux								
31.00	6.00	Faciès sableux à sablo-argileux marron hétérogène avec graves silex, cailloutis épars								
	6.50	Faciès sableux gris délit riche en silex								
30.00	7.00	Alternance banc sablo-argileux marron et silex								
	7.30	Faciès sableux délit marron-jaunâtre et petits silex								
	7.75	Faciès sableux à sablo-argileux marron clair beige, passage...								
29.00	8.00	Faciès sable grossier marron-jaunâtre avec quelques silex...								
	8.25	Faciès tourbe + sableux et argileux noir, riche en racines, bois...								
	8.80									
28.00	9.00	Argile sableuse marron-grisâtre avec traces de racines en...								
	9.60	Faciès argileux à argilo-sableux marron-grisâtre								
	10.00	Faciès sableux moyen avec passage sablo-argileux...								
27.00	10.30									
	10.60	Faciès sableux fin gris-bleuté à gris-verdâtre								
26.00	11.00	Faciès sablo-argileux marron-grisâtre avec silex épars								
25.00		ECHANTILLON INTACT								
24.00	13.00	Sable argileux grisâtre et éléments épars (gravier)			13.0					
	13.75	Faciès sableux fin à moyen jaunâtre à beige à passée argileuse grisâtre sous l'eau								
23.00	14.00	Sable argileux gris, humide								
	14.25	Sable argileux beige-gris clair								
	14.50	Argile sableuse marron-grisâtre, humide								
22.00	15.30	Faciès sablo-argileux gris à gris bleuté, humide								
	15.70	Faciès argilo-calcaire gris-blanchâtre, humide								
21.00	16.00	Faciès argilo-sableux gris-bleuté, humide								
		Alluvion marneuse grisâtre, éléments calcaires (granules blancs), humide								
20.00	17.00									
		Alluvion beige clair, riche en éléments calcaires blancs, humide								
19.00	18.00									
		Alluvions sablo-marneuse beige clair, humide ""vide"" ?								
18.00	18.70									
		Alluvions gravelo-sableuse beige, riche en silex, cailloutis, blocs humides								
17.00	20.00									

Eau : 10.30 m

CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm

CAROTTIER BATTU Ø 114 mm

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 21/11/2022

Cote X : 1643336.19

Cote Y : 8183421.56

Cote Z : 37 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 7.5

Profondeur : 0.00 m 45.00 m

Echelle : 1 / 100

Page : 2 / 3

Remarque :

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
17.00	20.00									
16.00		Craie blanche molle, blanchâtre à passée jaunâtre, altérée, très humide								
15.00	22.00									
14.00		Craie molle beige-blanchâtre, humide								
13.00	24.00									
12.00		Craie molle blanchâtre, très humide								
11.00	26.00									
10.00		Craie beige-blanchâtre, humide								
9.00	27.00									
8.00		ECHANTILLON INTACT								
7.00	28.00									
6.00		Craie beige-blanchâtre, humide								
5.00	29.00									
4.00		Craie molle beige-blanchâtre à passées jaunâtres, humide								
3.00	31.00									
2.00		Craie molle beige-blanchâtre à passées beiges, humide								
1.00	33.00									
0.00		Craie molle beige-blanchâtre								
-1.00	35.00									
-2.00		ECHANTILLON INTACT								
-3.00	36.00									
		Craie beige +/- tendre								

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
-3.00	40.00	Craie blanchâtre molle +/- destructurée ECHANTILLON INTACT ECHANTILLON INTACT Craie blanchâtre molle +/- destructurée Craie molle blanchâtre, humide			41.0 42.0 43.0			CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm		
-4.00	41.00									
-5.00	42.00									
-6.00	43.00									
-7.00	44.00									
-8.00	45.00									
-9.00										
-10.00										
-11.00										
-12.00										
-13.00										
-14.00										
-15.00										
-16.00										
-17.00										
-18.00										
-19.00										
-20.00										
-21.00										
-22.00										
-23.00										

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piezomètre Ø 52/60 mm avec tube protecteur. Tube lisse de 0 à 30 m. Tube crépiné de 30 à 40 m.

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
36.00	0.00	Sable argileux marron								
	0.30	Sable fin crayeux blanchâtre								
	0.50	Remblais sableux beige, silex, béton, ferrailles								
35.00	1.00									
		Sable limoneux orange-roux, fine, sableux orange (remblais probable)								
34.00										
	2.50	Sable argileux marron foncé et blocs hétérogènes, silex (remblais probable)								
33.00	3.00				3.0					
32.00		Sablo mameux marron-noirâtre								
31.00	5.00				5.0					
		Sable moyen argileux marron foncé-grisâtre								
30.00	6.00									
		Argile sableuse grisâtre								
29.00	7.10									
	7.50	Sable limoneux roux-orangé, fin, sableux orangé								
28.00	8.00	Sable moyen argileux, silex, bloc								
		Sable graveleux et argileux riche en blocs, silex, cailloutis marron-noirâtre (remblais probable)								
	8.60									
27.00	9.00	Sable argileux marron-grisâtre (terrain naturel ?)								
26.00		Sable fin à moyen beige avec silex et éléments silicifiés épars								
25.00	11.00				11.0					
24.00		Mamo-sableux marron-beige à verdâtre								
23.00	13.00				13.0					
		Sable moyen à grossier, sables graviers beiges, silex								
21.00	15.00									
	15.50	Sable argileux beige								
20.00										
		Faciès sableux, graviers, gris-beige, riche en éléments silex								
19.00										
18.00	18.00									
		Sable fin marron clair à jaunâtre (sable fin)								
17.00										
16.00	20.00									

CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piezomètre Ø 52/60 mm avec tube protecteur. Tube lisse de 0 à 30 m. Tube crépiné de 30 à 40 m.

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
16.00	20.00									
15.00										
14.00										
13.00										
12.00										
11.00										
10.00										
9.00	27.00									
8.00	28.00									
7.00										
6.00										
5.00										
4.00										
3.00	33.00									
2.00										
1.00	34.40									
0.00	35.00									
-1.00	36.50									
-2.00	37.50									
-3.00	39.00									
-4.00	40.00									

Craie molle blanchâtre, humide

Echantillon intact

Craie molle blanchâtre, humide

Blocs de craie blanchâtre, traces d'alterations jaunâtres

Craie molle blanchâtre, humide

Mameux beige clair

Craie altérée blanchâtre

Mameux beige clair

Craie molle, humide blanchâtre

27.0
28.0

35.0
36.5

37.5
39.0

CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

Cote NVP	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons intacts	Carottage (%)	GTR	Outils	Tubages	Essais d'eau
36.00	0.00	Terrasse végétale								
35.90	0.10	Remblais sableux fin marron + morceaux de briques rouges,...								
35.80	0.20	Béton à silex gris-blanc								
35.70	0.30	Sable fin marron clair, riche en cailloutis/silex (remblais probable)								
35.00	0.80	Matériaux de démolition gris-blanc (ciment, mortier, silex, briques rouges, graviers blancs)			1.0					
34.00	2.00	Sable marron								
33.00	3.00	Marne beige clair			3.0					
32.00	3.50	Sable argileux fin gris-beige marron-orangé, humide (remblais probable)								
31.80	3.80	Béton, mortier à silex gris-blanc								
31.60	4.00	Sable argileux marron et silex								
31.40	4.20	Sable argileux grisâtre, cailloutis épars								
31.00	4.50	Sable graveleux marron à marron-grisâtre avec silex épars			5.0					
30.00	7.00	Marne beige clair			7.0					
28.00	9.00	Sable fin marron-beige avec silex épars et éléments silicifiés								
26.00	10.00	Sables graviers beige-grisâtre, riche en silex et cailloutis								
25.00	11.00	Grave sableuse beige, cailloutis, éléments silicifiés								
24.00	12.00	Sables grossiers marron, éléments divers (cailloutis, silex, bûches)			12.0					
23.00	14.00	Mameux beige clair			14.0					
21.00	15.00	Sable moyen, quelques cailloutis, silex marron-beige à beige-jaunâtre								
20.00	17.00	Sable grossier beige-jaunâtre, éléments silicifiés, silex								
18.00	18.75	Sable moyen, éléments silicifiés, silex								
17.00	19.00	Sable crayeux blanchâtre, humide								
16.00	20.00	Craie molle blanchâtre, humide								

Eau : 10.23 m le 3/01/2023

CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm

[illegible]

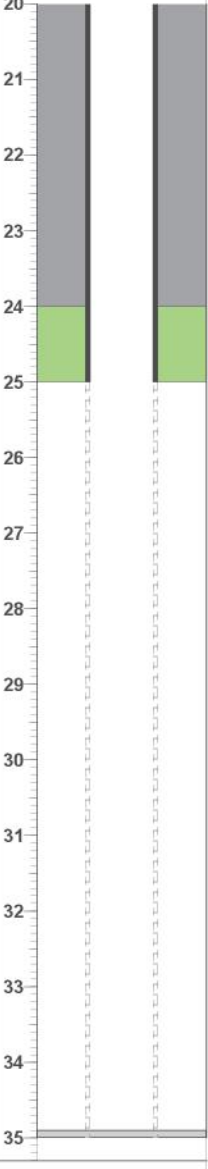
Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN		Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons	Récupération (%)	Essais d'eau	Outils	Identification G.T.R.	Equipement Forage
0.00	Remblais, sable argileux + blocs									
1.30	Blocs				X					
3.40	Alluvions, sables et graviers + silex				X					
10.20	Craie jaunâtre				X					
20.00					X					

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un tubage Ø 140 m jusqu'à 12 m. Piezomètre Ø 52/60 mm d'une profondeur de 35 m. Tube lisse de 0 à 25 m. Tube crépiné 25 à 35 m. Tube protecteur.

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons	Récupération (%)	Essais d'eau	Outils	Identification G.T.R	Equipement Forage
20.00	Craie jaunâtre								
21.00									
35.30	Craie blanche						CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm		

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un tubage Ø 140 m jusqu'à 15 m. Piezomètre Ø 52/60 mm d'une profondeur de 20 m. Tube lisse de 0 à 3 m. Tube crépiné 3 à 20 m. Tube protecteur.

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons	Récupération (%)	Essais d'eau	Outils	Identification G.T.R	Equipement Forage
0.00	Remblais sablo-graveleux marron et bois (racines), silex, cailloutis								
0.50	Sable gris et blanc, morceaux de calcaires blancs								
1.20	Remblais argileux à argilo-sableux marron et quelques éléments calcaires								
2.00	Remblais sableux marron clair +/- argileux avec silex, cailloutis et silex								
2.70	Sable gris beige, fin								
3.00									
	ECHANTILLON INTACT								
5.00									
	Sable fin marron clair avec cailloutis et silex épars								
7.00									
	ECHANTILLON INTACT								
9.00									
	Sable fin marron clair beige avec silex et cailloutis								
10.00									
	Sable moyen beige, silex épars								
13.00									
	ECHANTILLON INTACT								
15.00									
	Craie blanche molle, humide								
20.00									

Eau : 3.89 m le 6/02/2023

CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm

Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN		Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons	Récupération (%)	Essais d'eau	Outils	Identification G.T.R	Equipement Forage	
0.00		Remblais sablo-graveleux marron-noirâtre. Passage argileux beige (0.55 m - 0.85m) contenant des graves et morceaux de briques rouges		Eau : 3.55 m		100		CAROTTIER SIMPLE Ø 114 mm			
1.10		Marne sableuse marron, très graveleuse et contenant des graves centimétriques à pluricentimétriques de silex									
2.00		Echantillons Intacts									
4.00		Sables beiges consolidés, légèrement argileux, très graveleux, contenant des cailloutis de silex									
5.30		Sables beiges, meubles, contenant des cailloutis et graves centimétriques à pluridécimétriques de silex									
6.00		Echantillon intacts									
8.00		Sables beiges, meubles, contenant des cailloutis et graves centimétriques à pluridécimétriques de silex. Passage légèrement argileux (9.45 m - 10.25 m)									
12.00		Sables beige clair, partiellement conolidés, contenant des galets, quelques graves et des cailloux de silex									
15.00		Echantillons intacts									
17.00		Craie plus ou moins raide avec des passées sableuses (zone de transition)									
18.40		Craie blanchâtre de consistance molle à tendre, contenant des graves de silex									
20.00											

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piézomètre Ø 52/60 mm d'une profondeur de 27 m. Tube lisse de 0 à 6 m. Tube crépiné de 6 à 27 m. Tube protecteur.

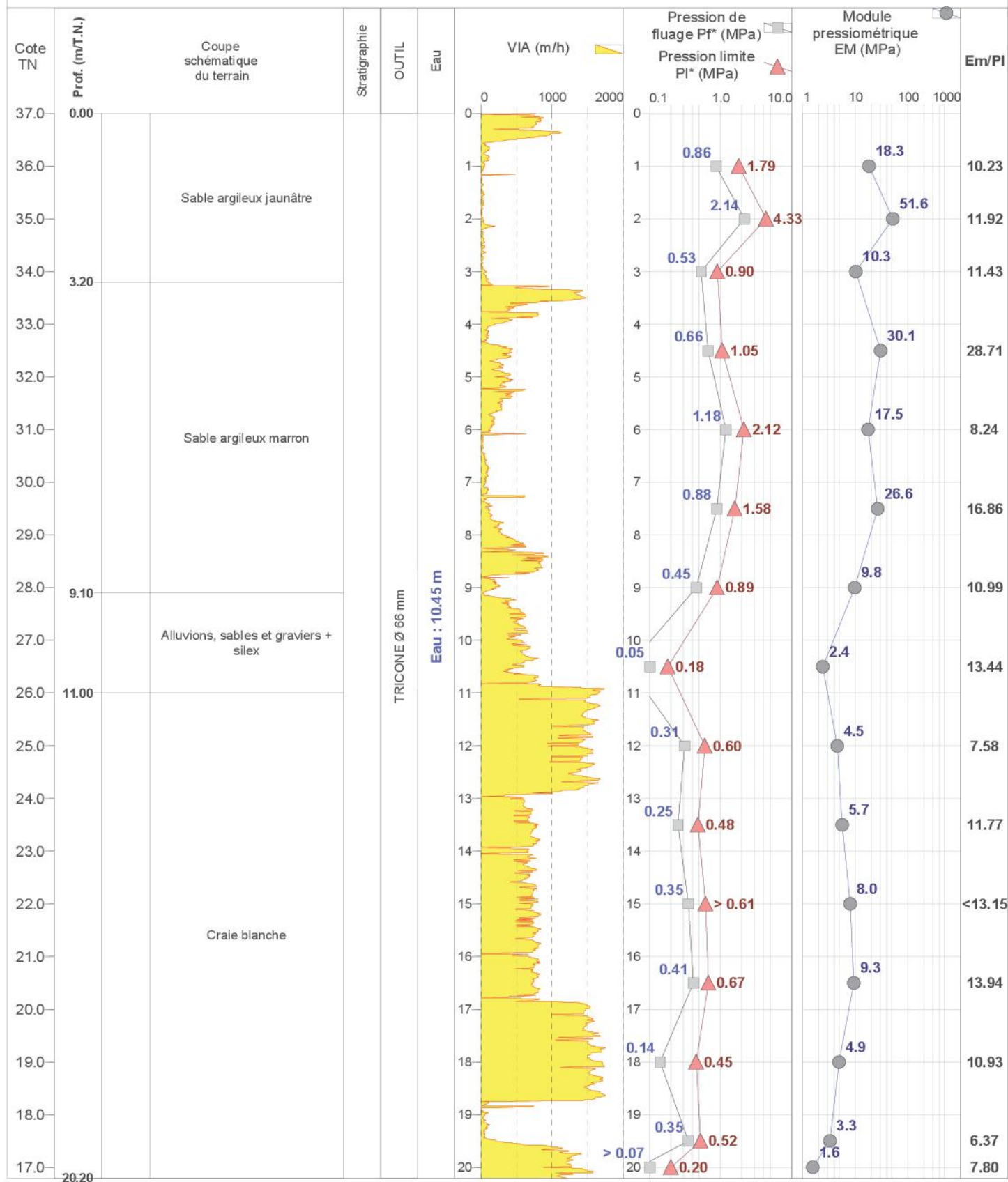
Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	Echantillons	Récupération (%)	Essais d'eau	Outils	Identification G.T.R	Equipement Forage
20.00	Craie blanchâtre de consistance molle à tendre, contenant des graves de silex				100				
24.00					95				
26.00	Craie blanchâtre de consistance tendre à raide, avec quelques passages déstructurés contenant de rares graves de silex				100				
28.00					90				
30.00	Craie blanchâtre, avec des passages mous (30 m- 30.35 m ; 32 m - 33.15 m) contenant quelques graves de silex				95				
35.00					100				

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Perte du fluide d'injection à 6,20 m.



Date : 07/12/2022

Cote X : 1643334.48

Cote Y : 8183423.07

Cote Z : 37 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 7.50

Profondeur : 0.00 m 45.50 m

Echelle : 1 / 100

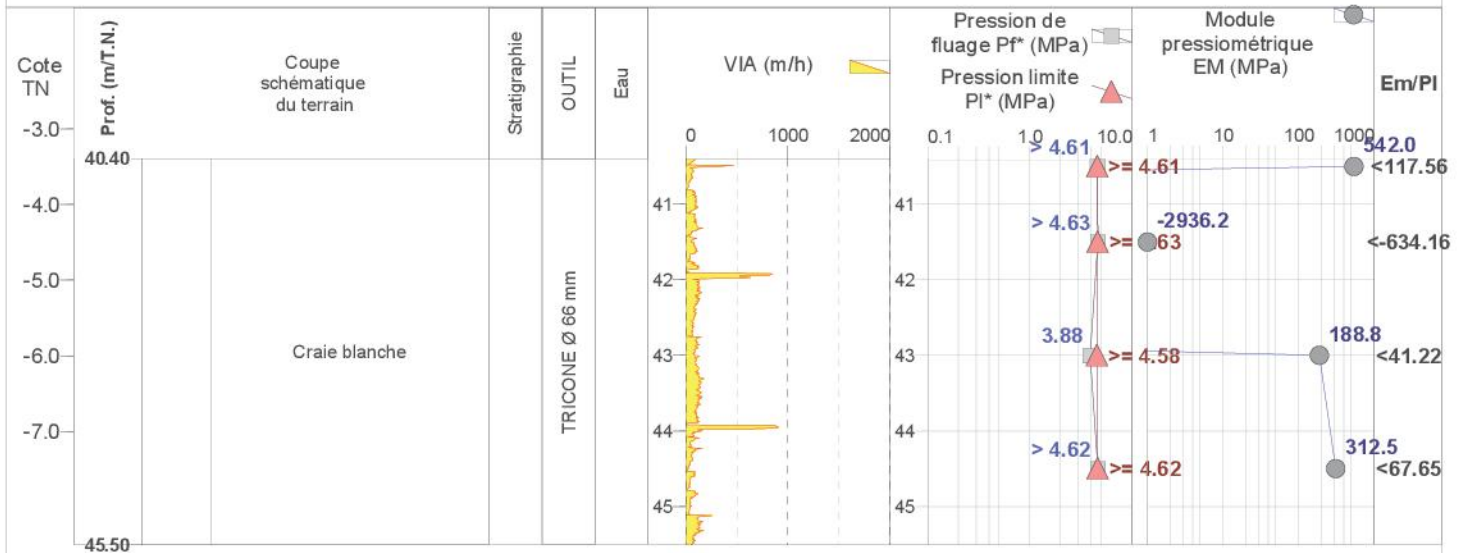
Page : 3 / 3

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Perte du fluide d'injection à 6,20 m.

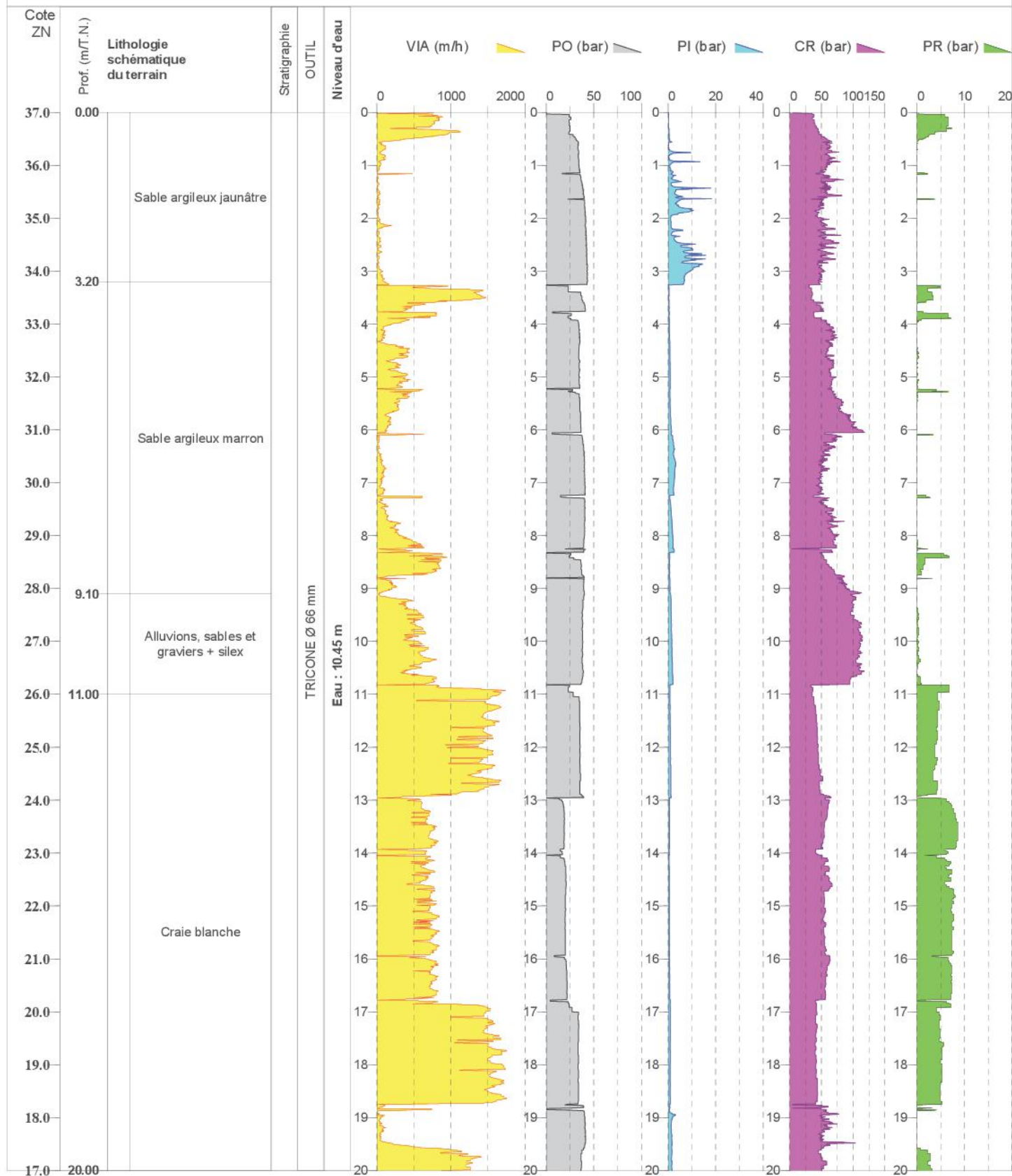


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Perte du fluide d'injection à 6,20 m.

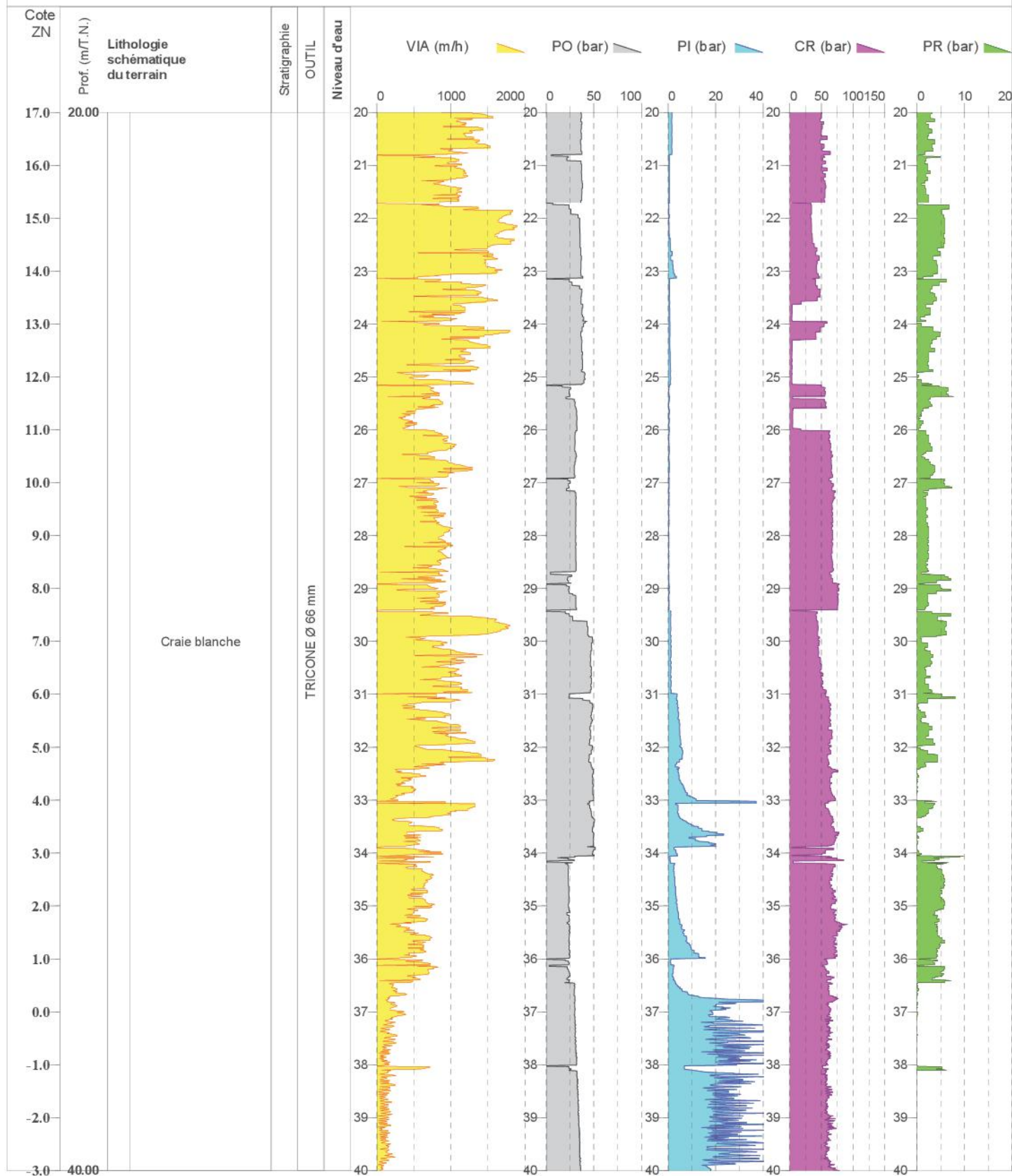


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Perte du fluide d'injection à 6,20 m.

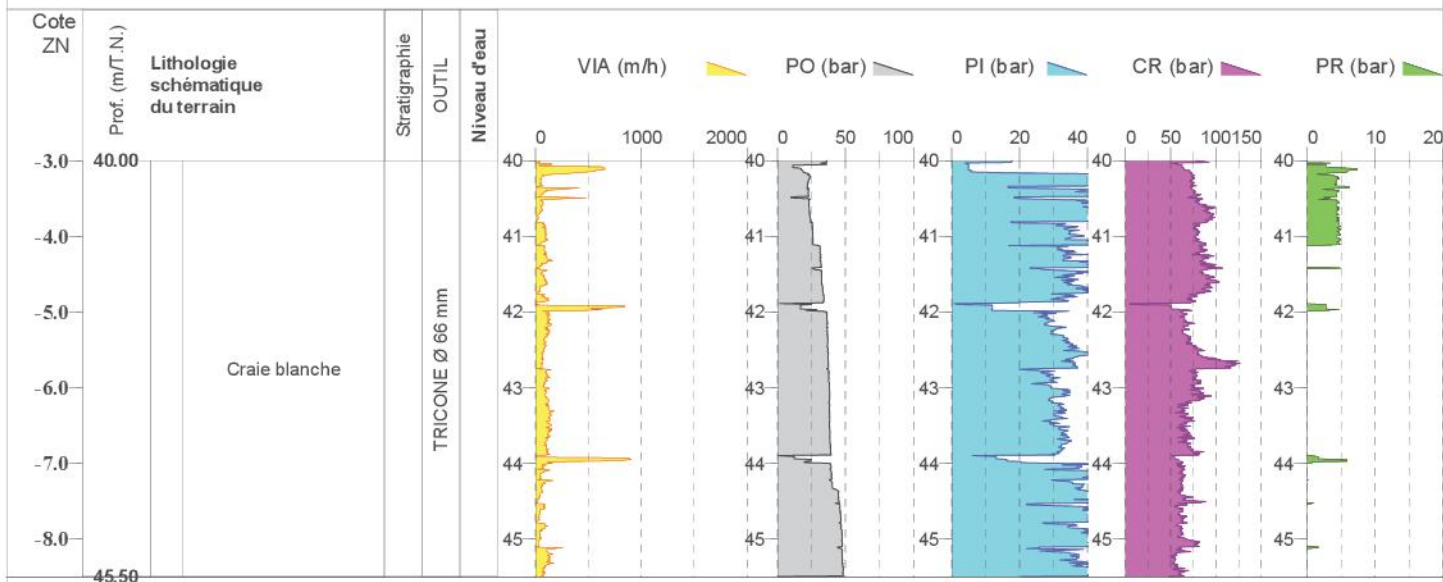


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Perte du fluide d'injection à 6,20 m.

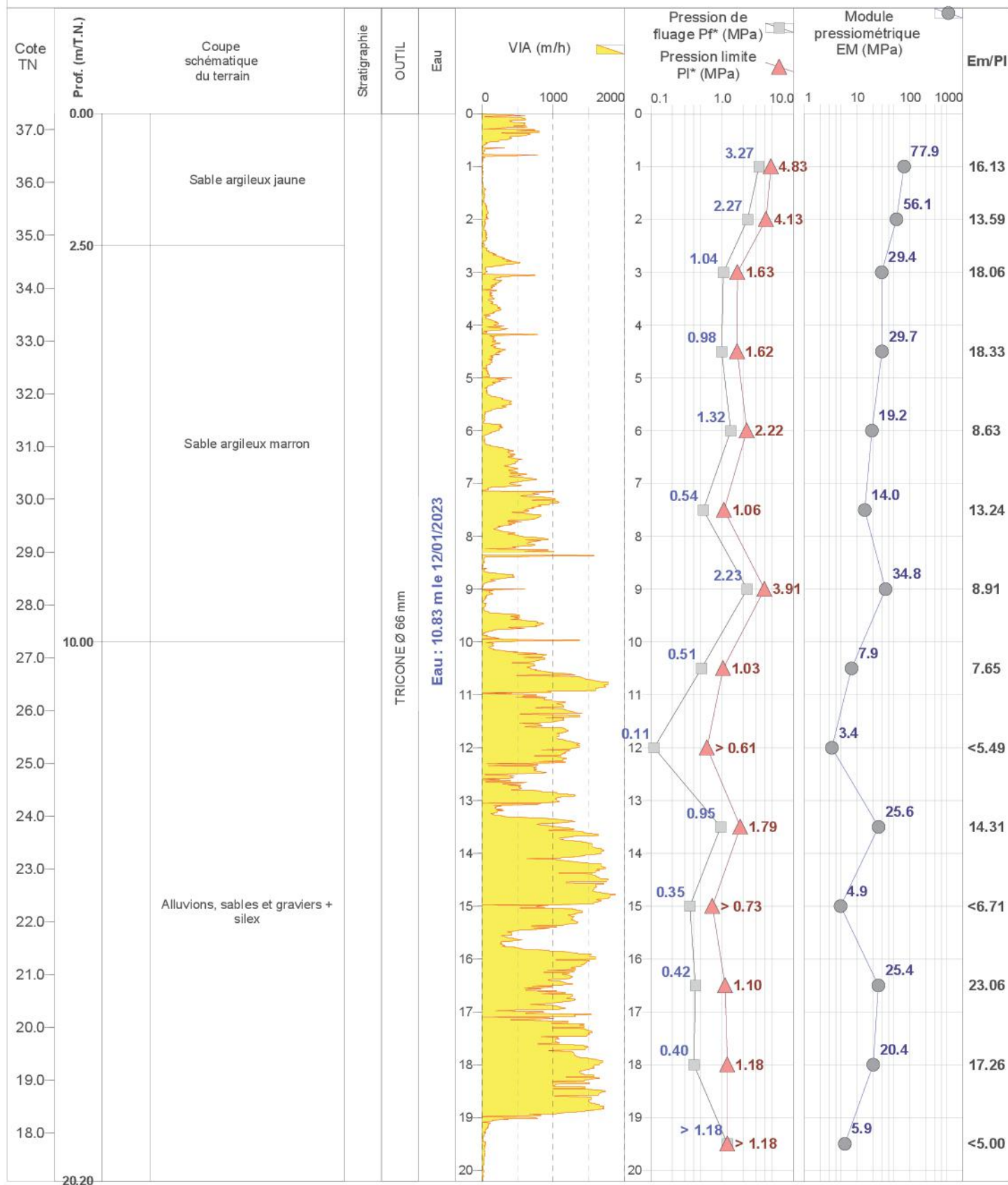


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

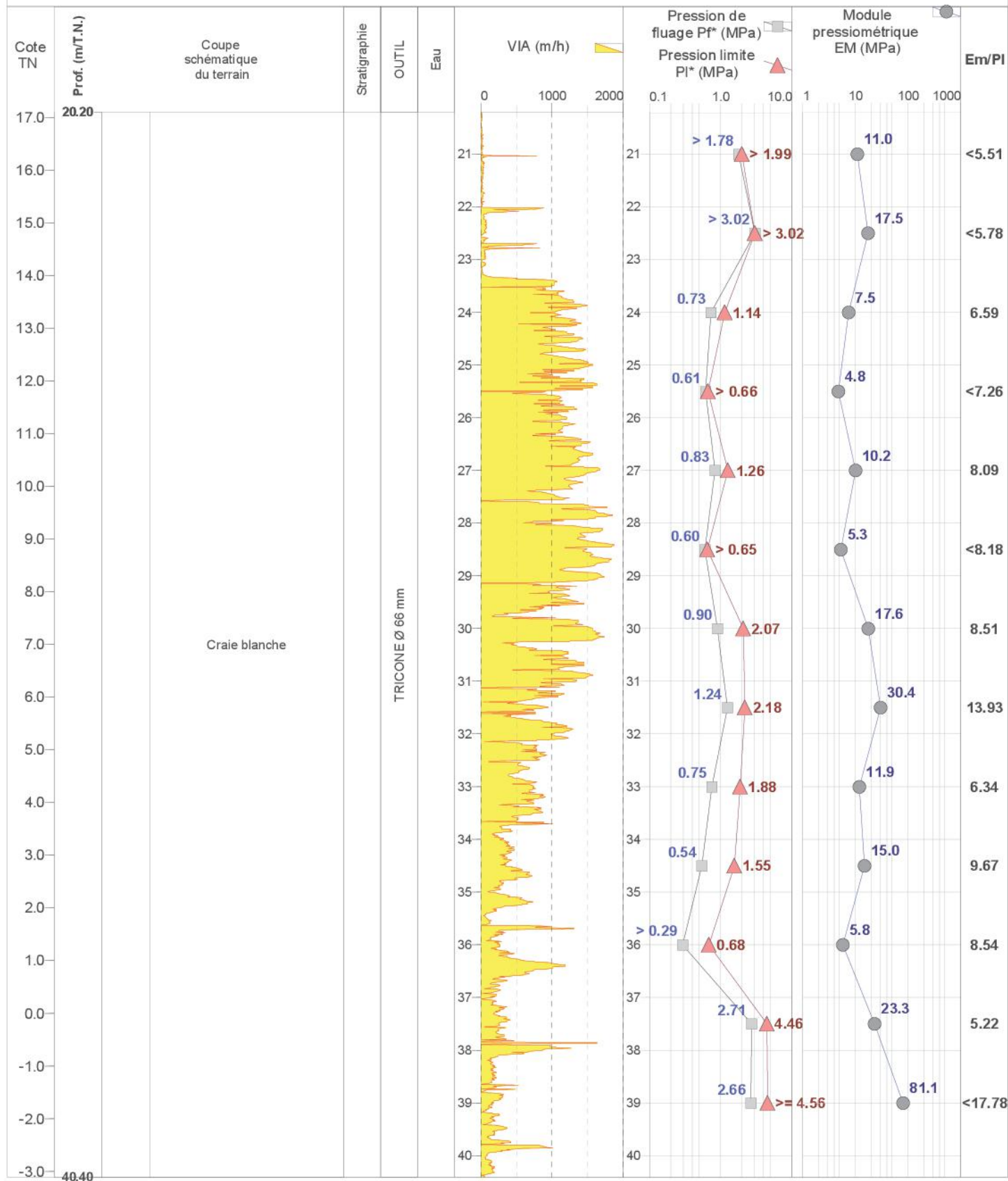


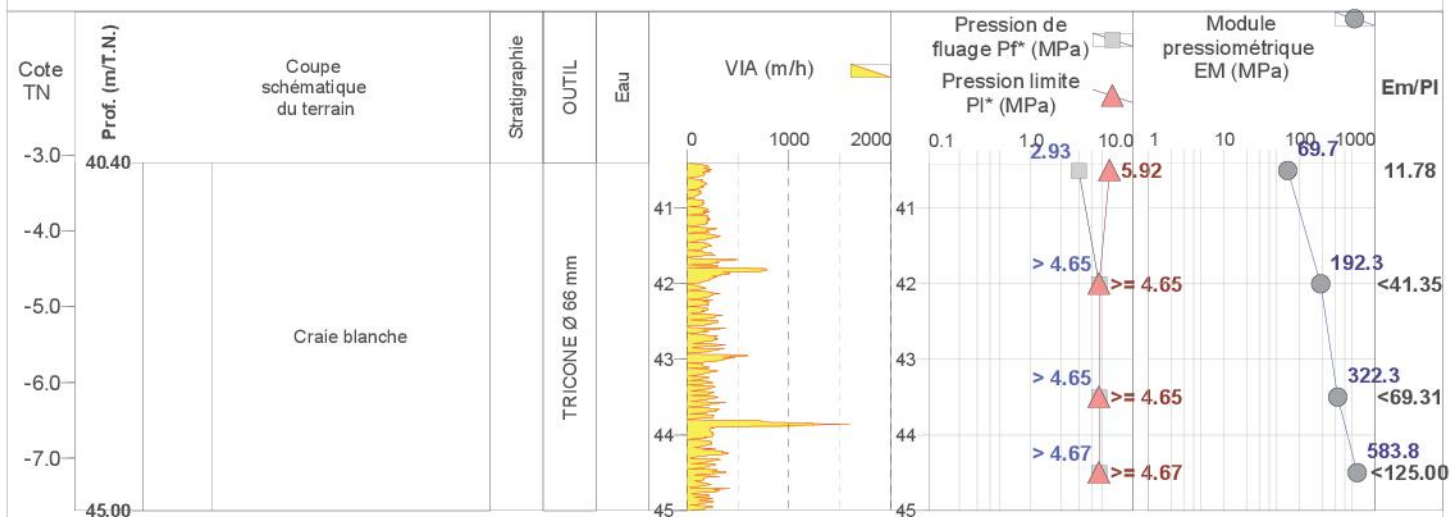
SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



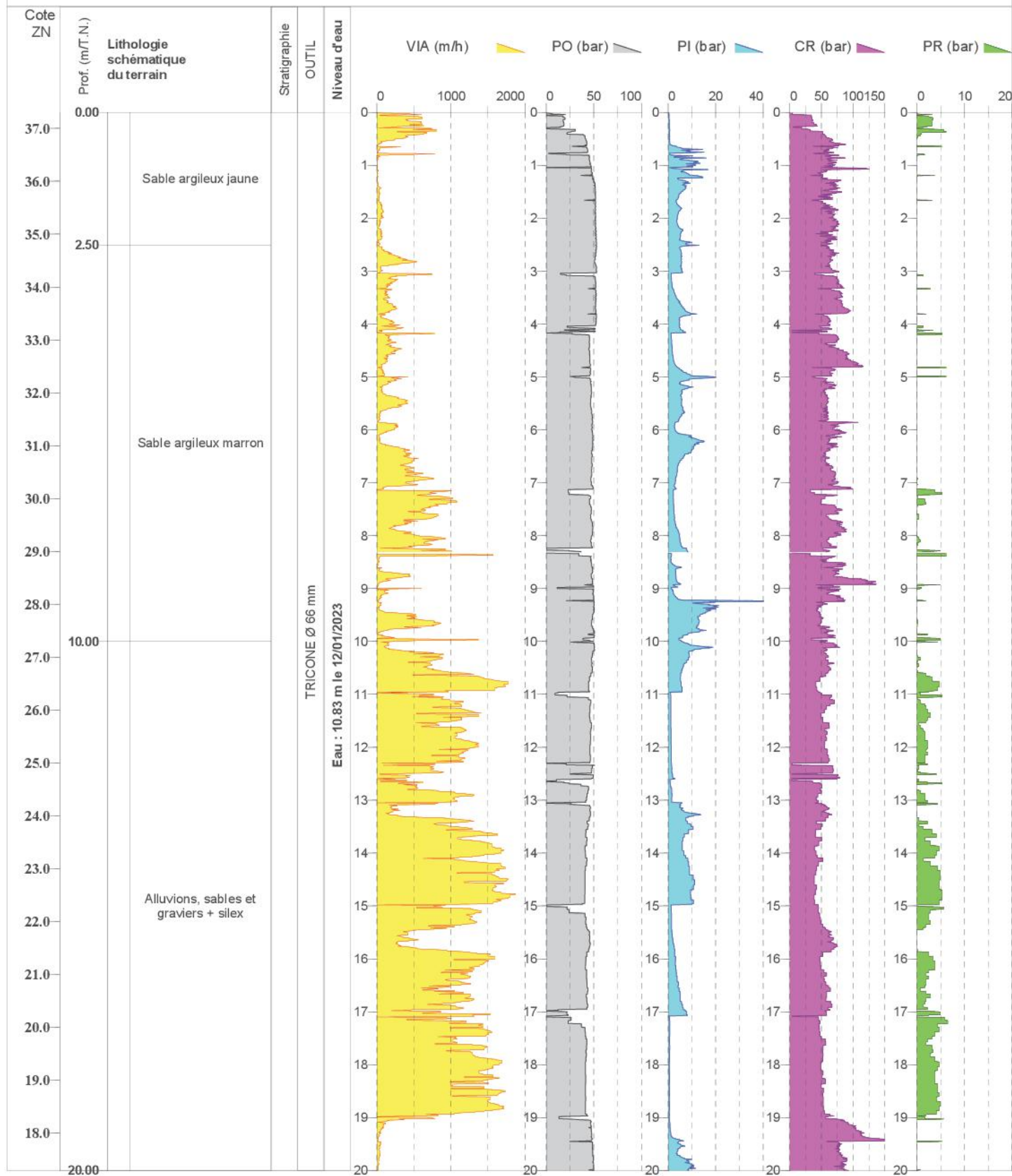


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

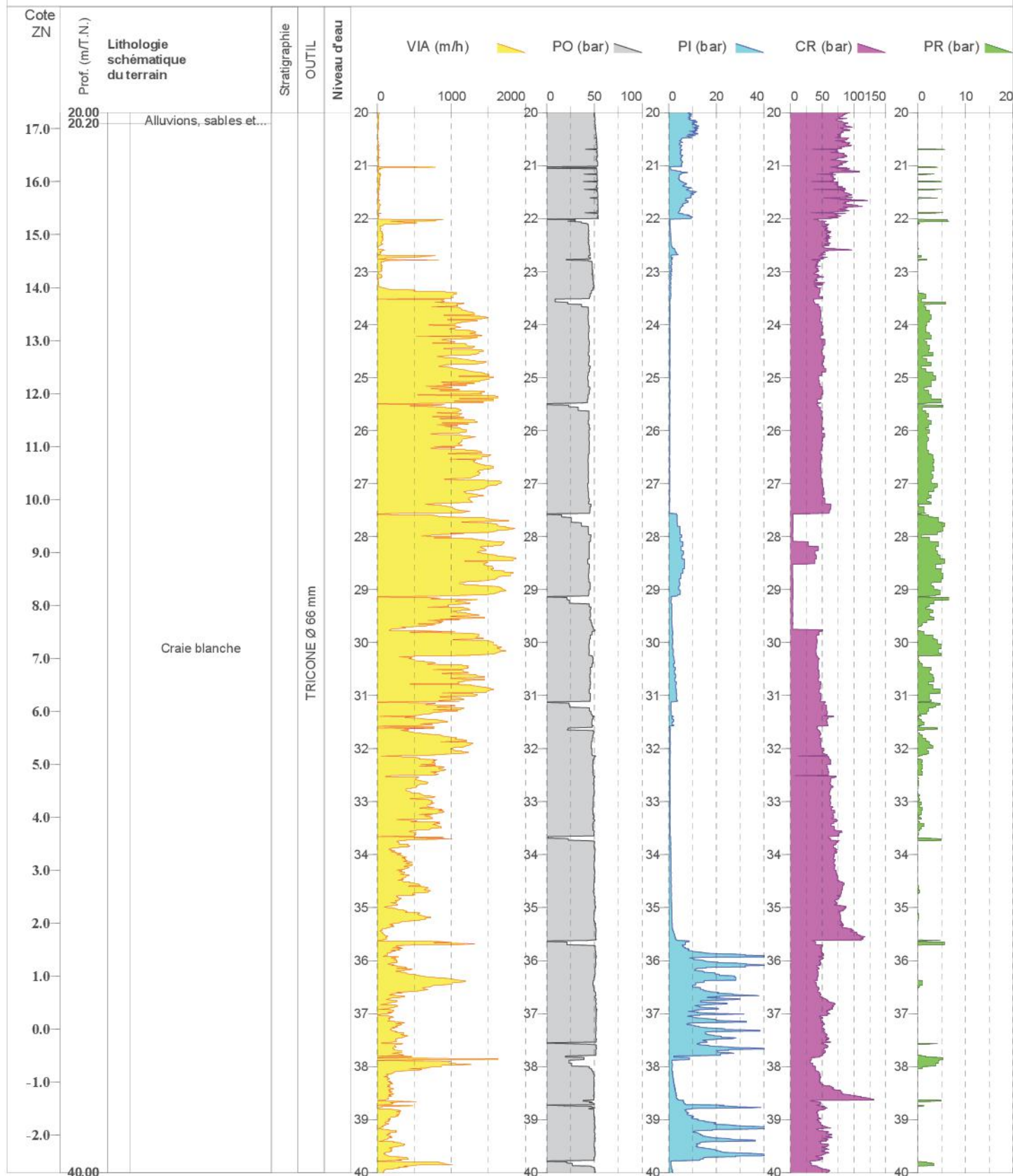


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

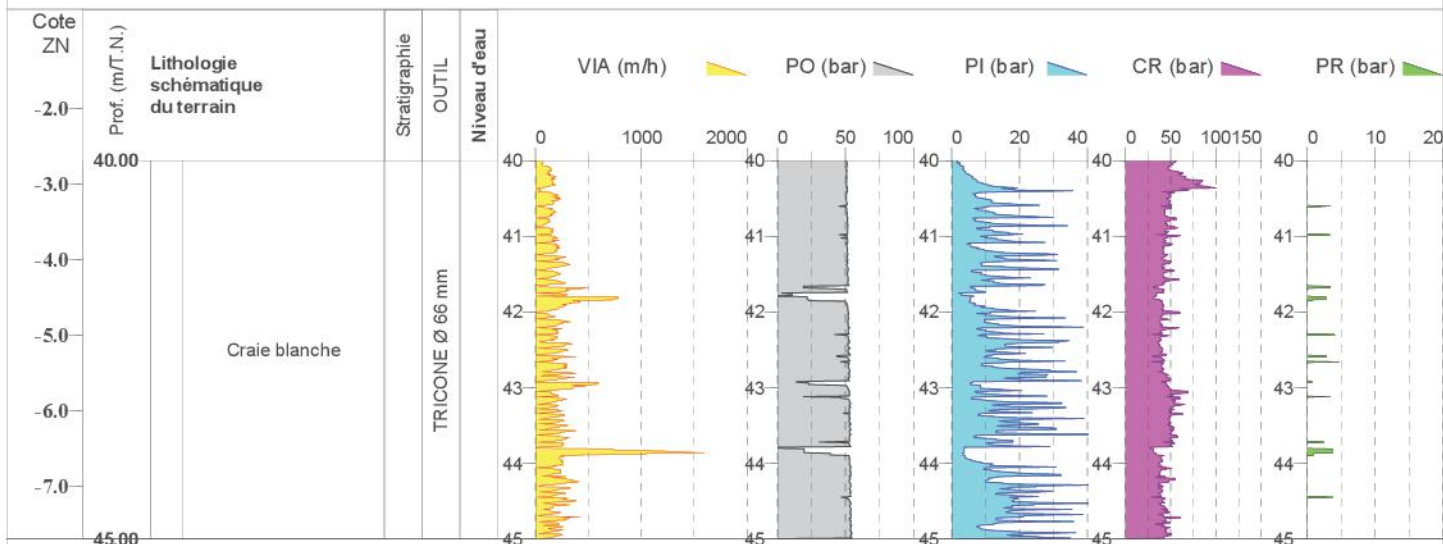


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



Date : 12/01/2023

Machine : EMCI 7.50

Cote X :

Profondeur : 45.00 m 47.13 m

Cote Y :

Echelle : 1 / 100

Cote Z :

Page : 1 / 1

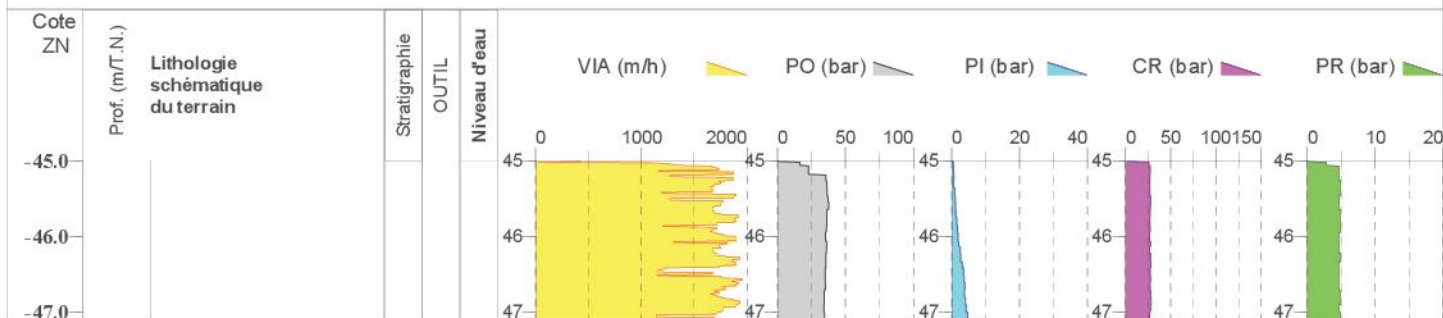
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

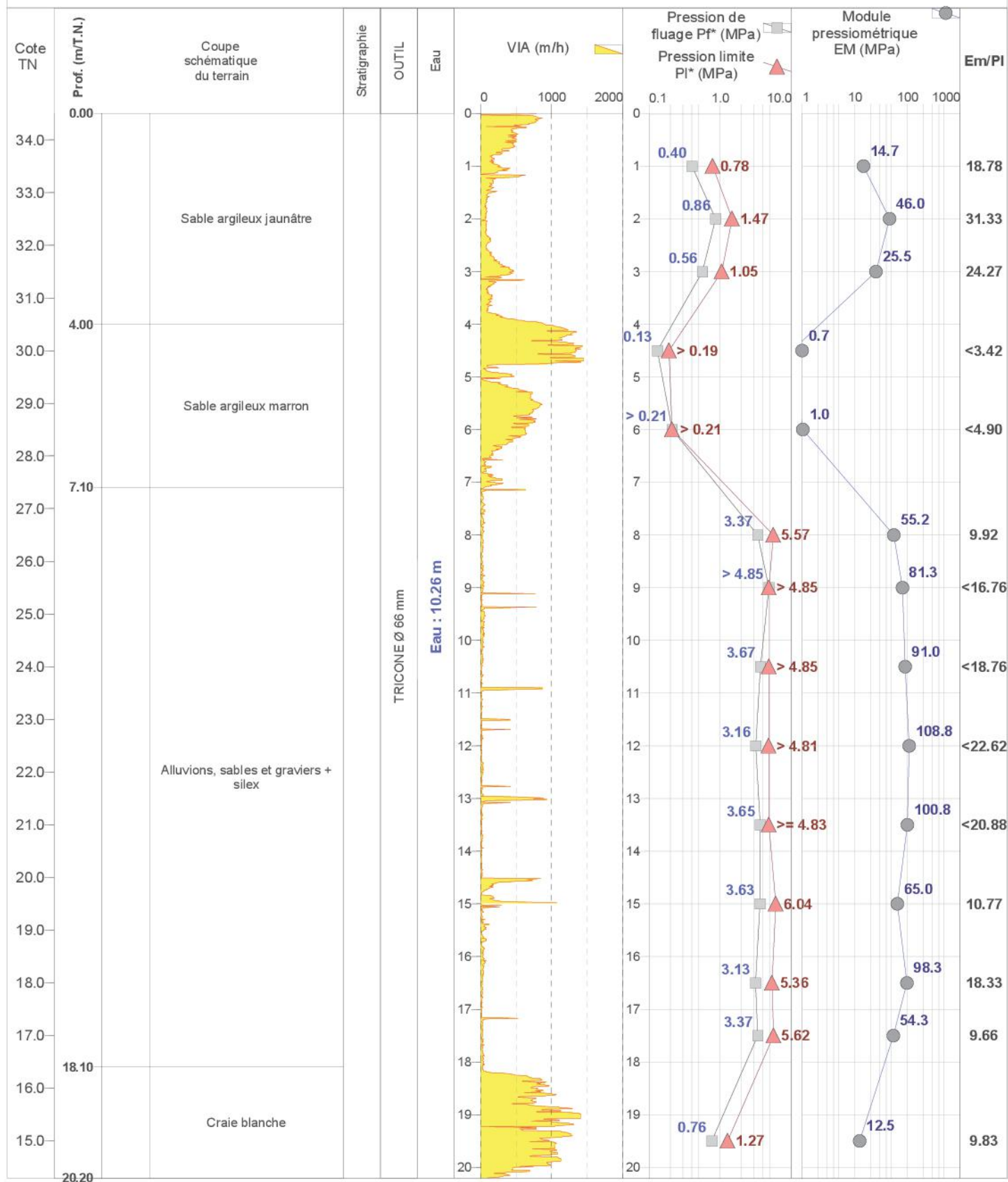


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



Date : 03/01/2023

Cote X : 1643460.12

Cote Y : 8183416.71

Cote Z : 34.5 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 7.50

Profondeur : 0.00 m 40.62 m

Echelle : 1 / 100

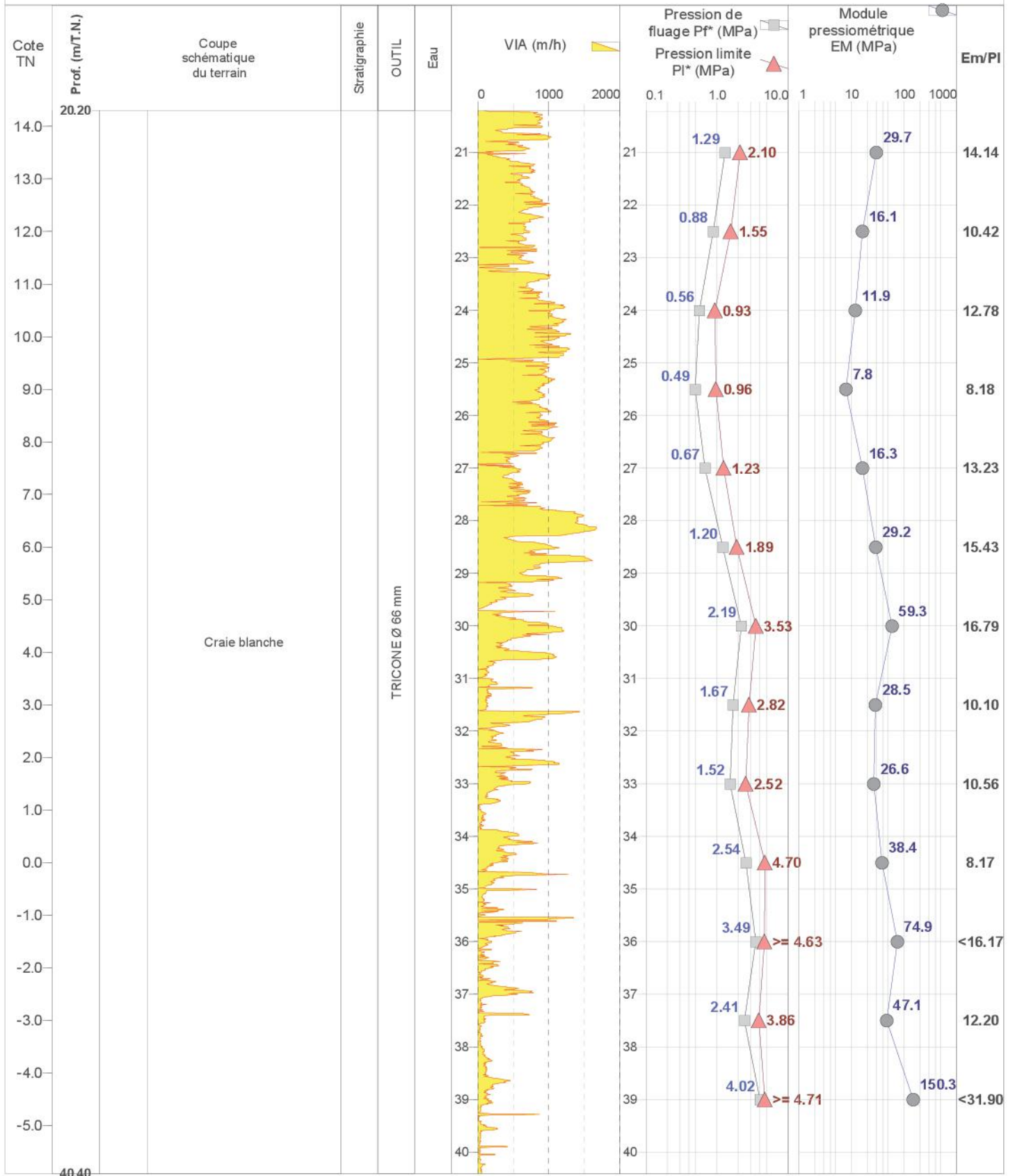
Page : 2 / 3

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 03/01/2023

Cote X : 1643460.12

Cote Y : 8183416.71

Cote Z : 34.5 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 7.50

Profondeur : 0.00 m 40.62 m

Echelle : 1 / 100

Page : 3 / 3

Remarque :

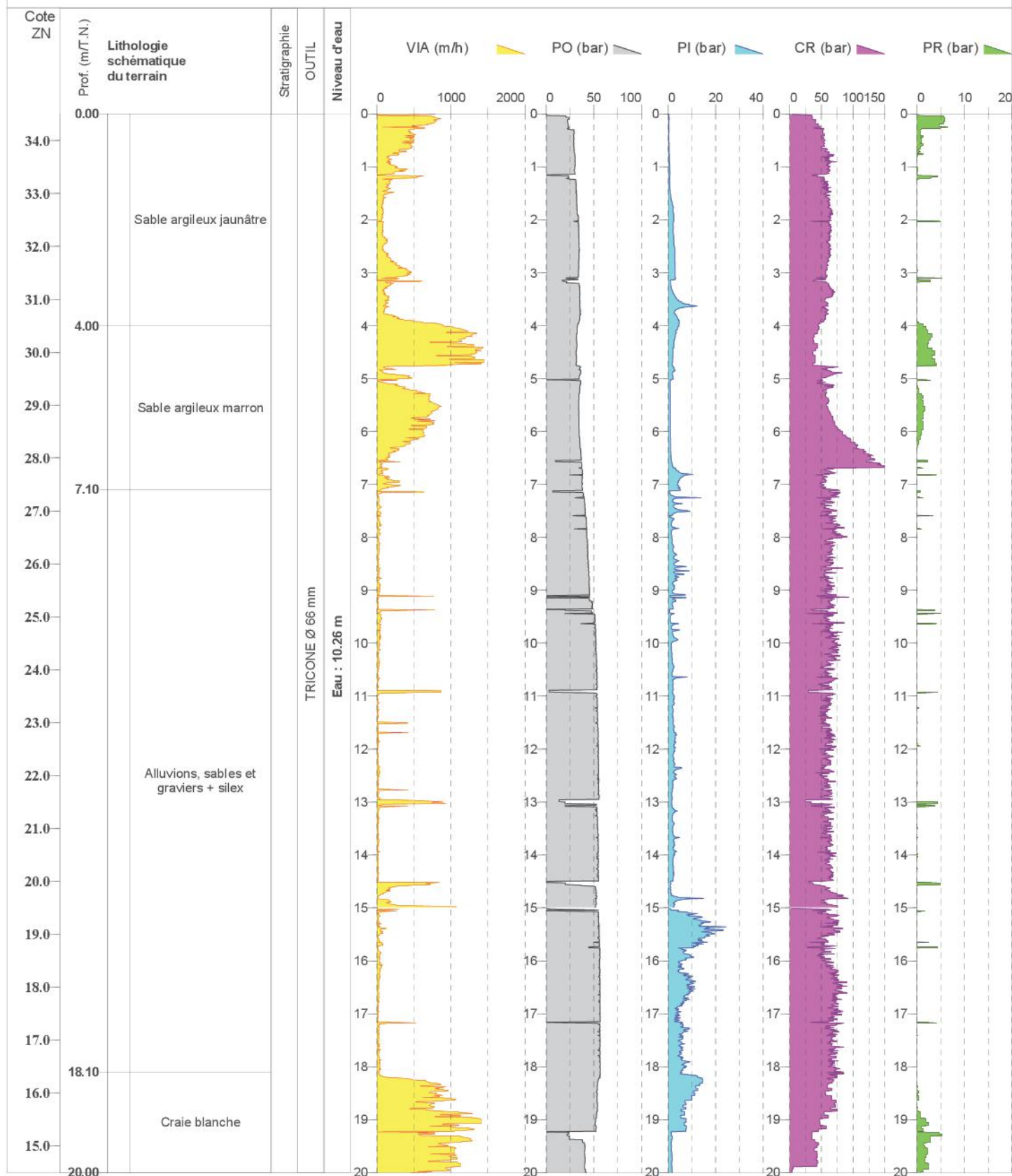
Cote TN	Prof. (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	Stratigraphie	OUTIL	Eau	VIA (m/h)	Pression de fluage Pf* (MPa)	Pression limite Pl* (MPa)	Module pressiométrique EM (MPa)	Em/Pl
40.40						0 1000 2000	0.1 1.0 10.0		1 10 100 1000	
40.62		Craie blanche...		Ø						

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

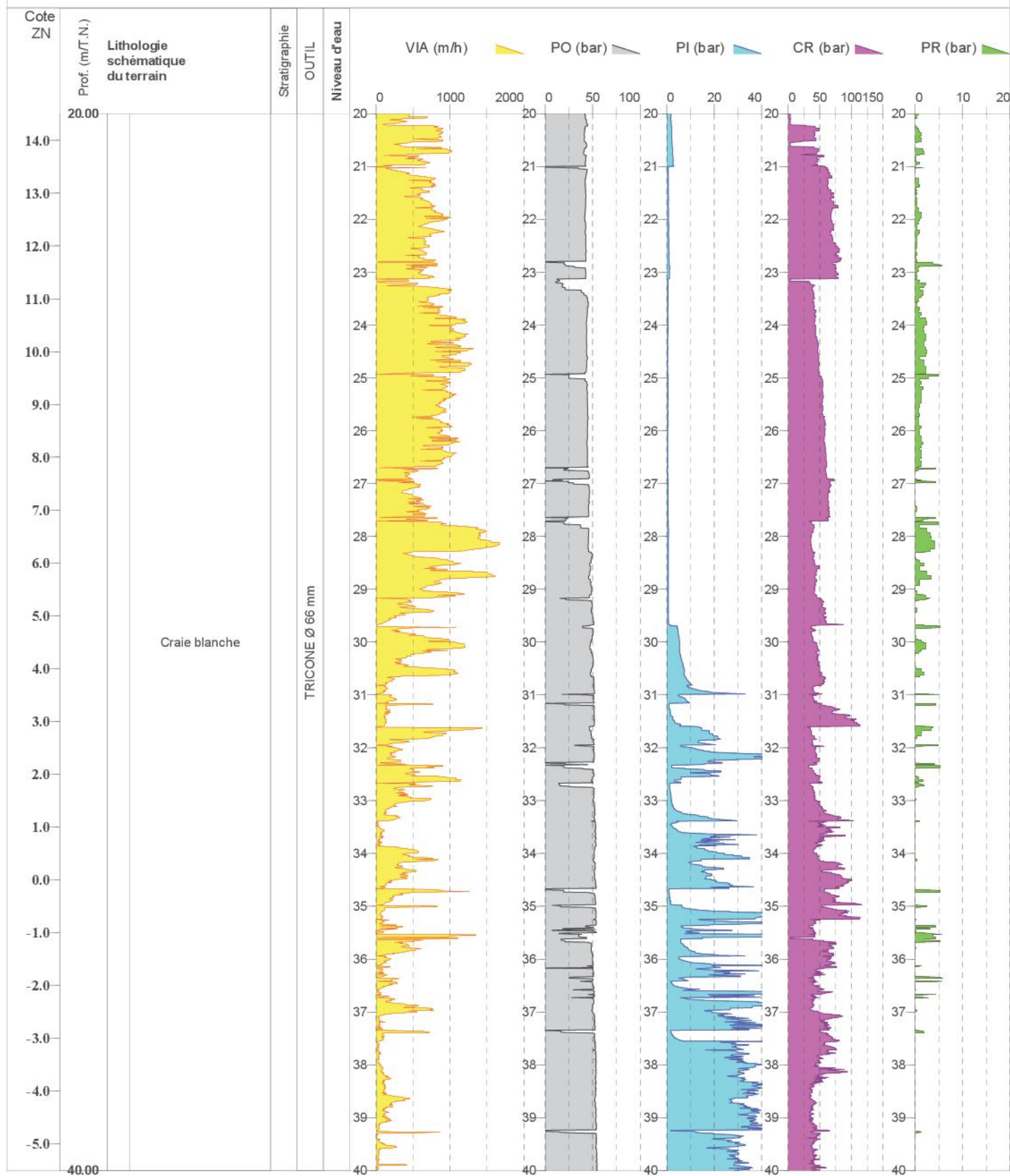


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



Date : 03/01/2023

Machine : EMCI 7.50

Cote X : 1643460.12

Profondeur : 0.00 m 40.62 m

Cote Y : 8183416.71

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 34.5 m

Page : 3 / 3

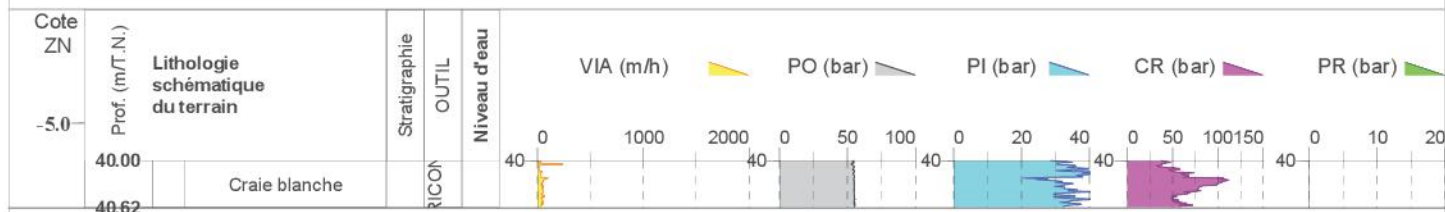
Inclinaison :

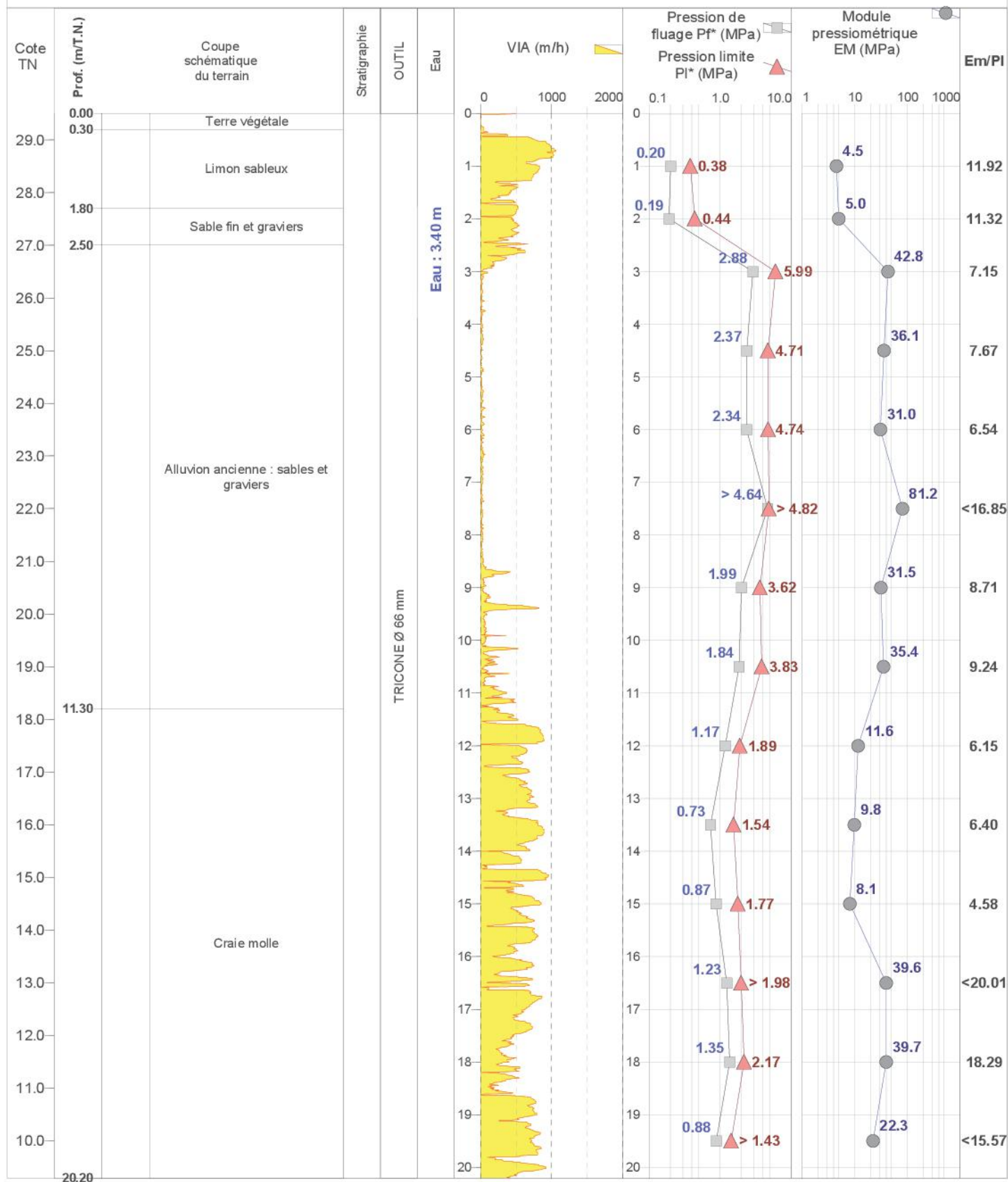
SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

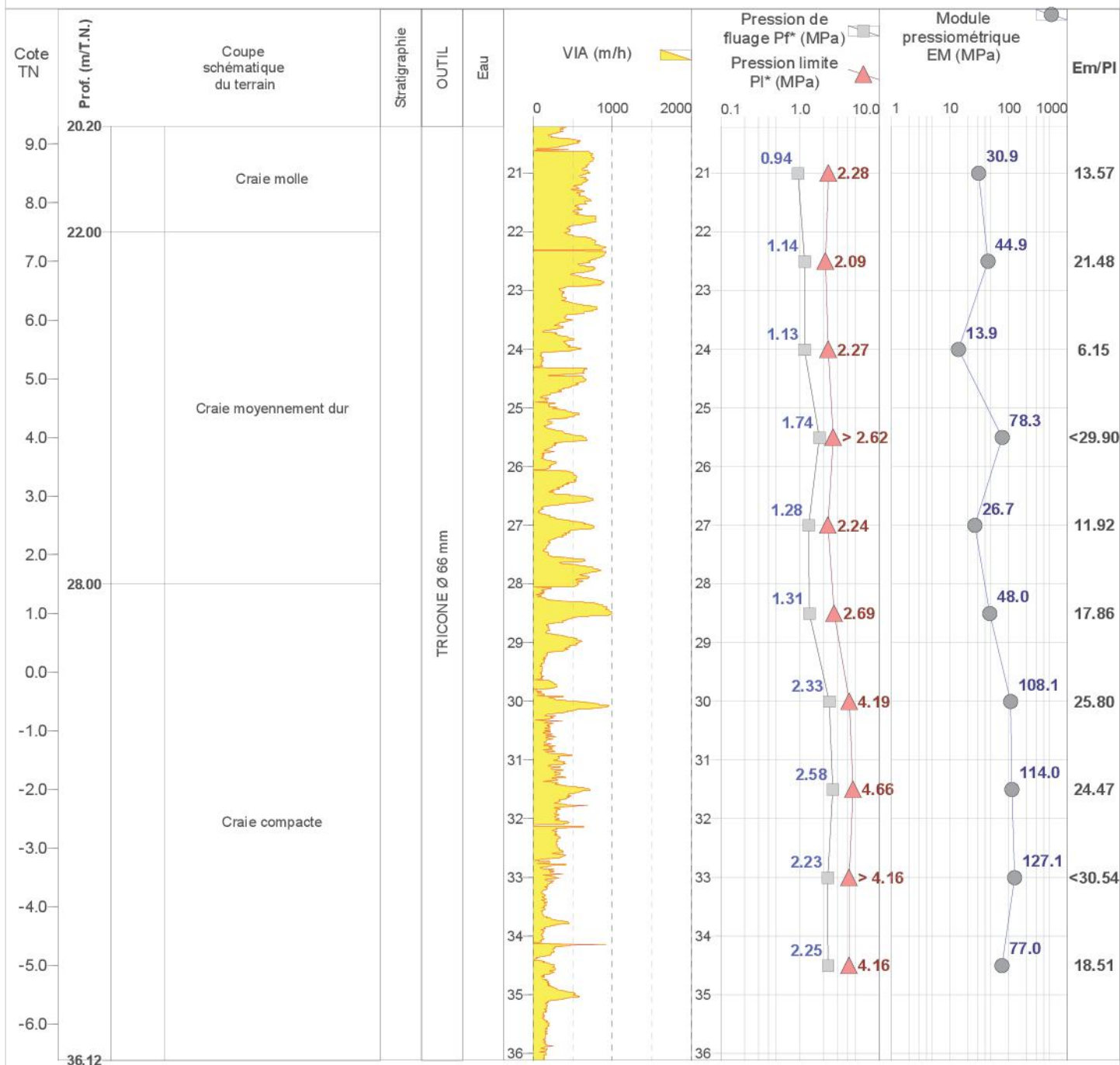
ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :





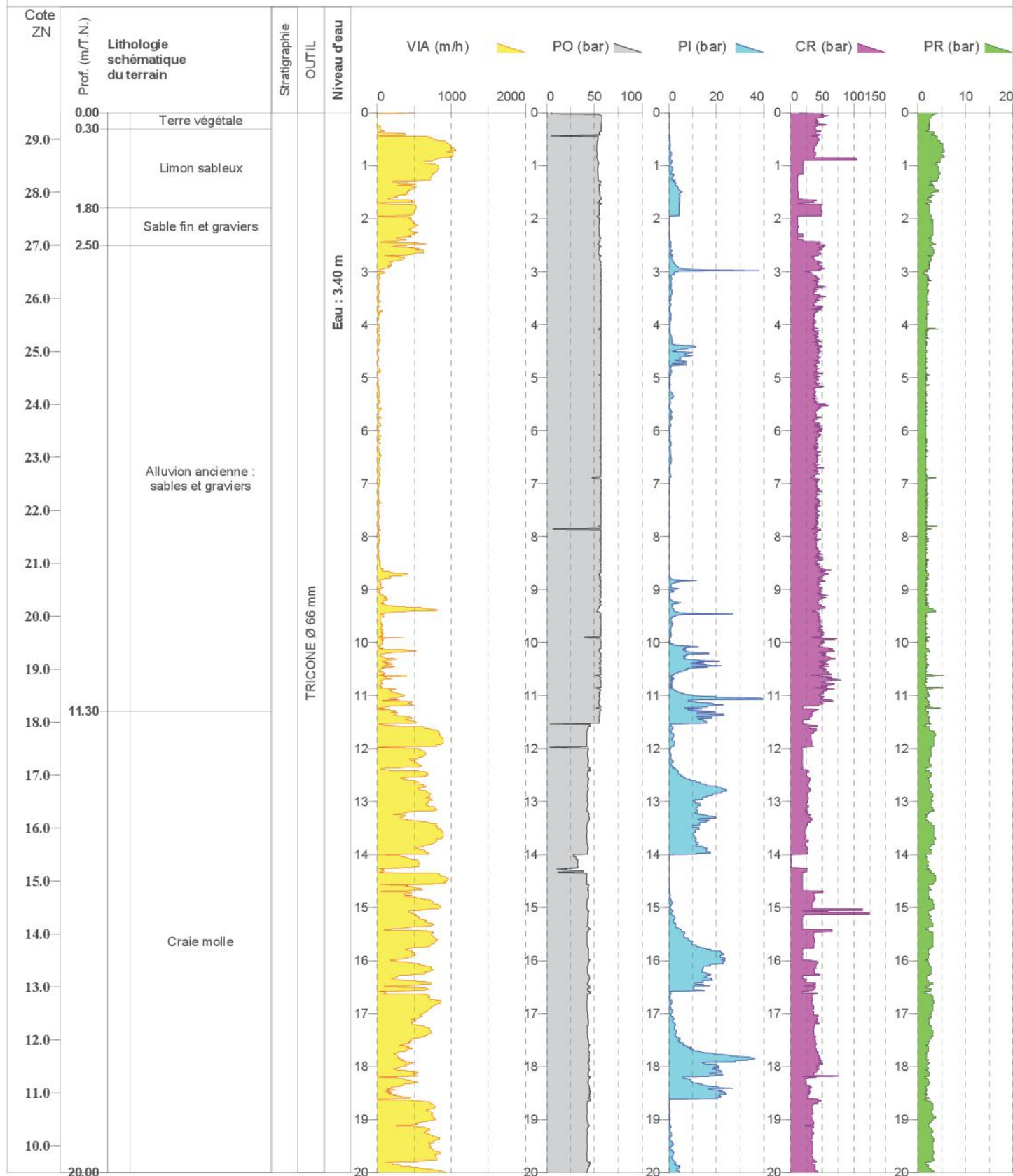


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

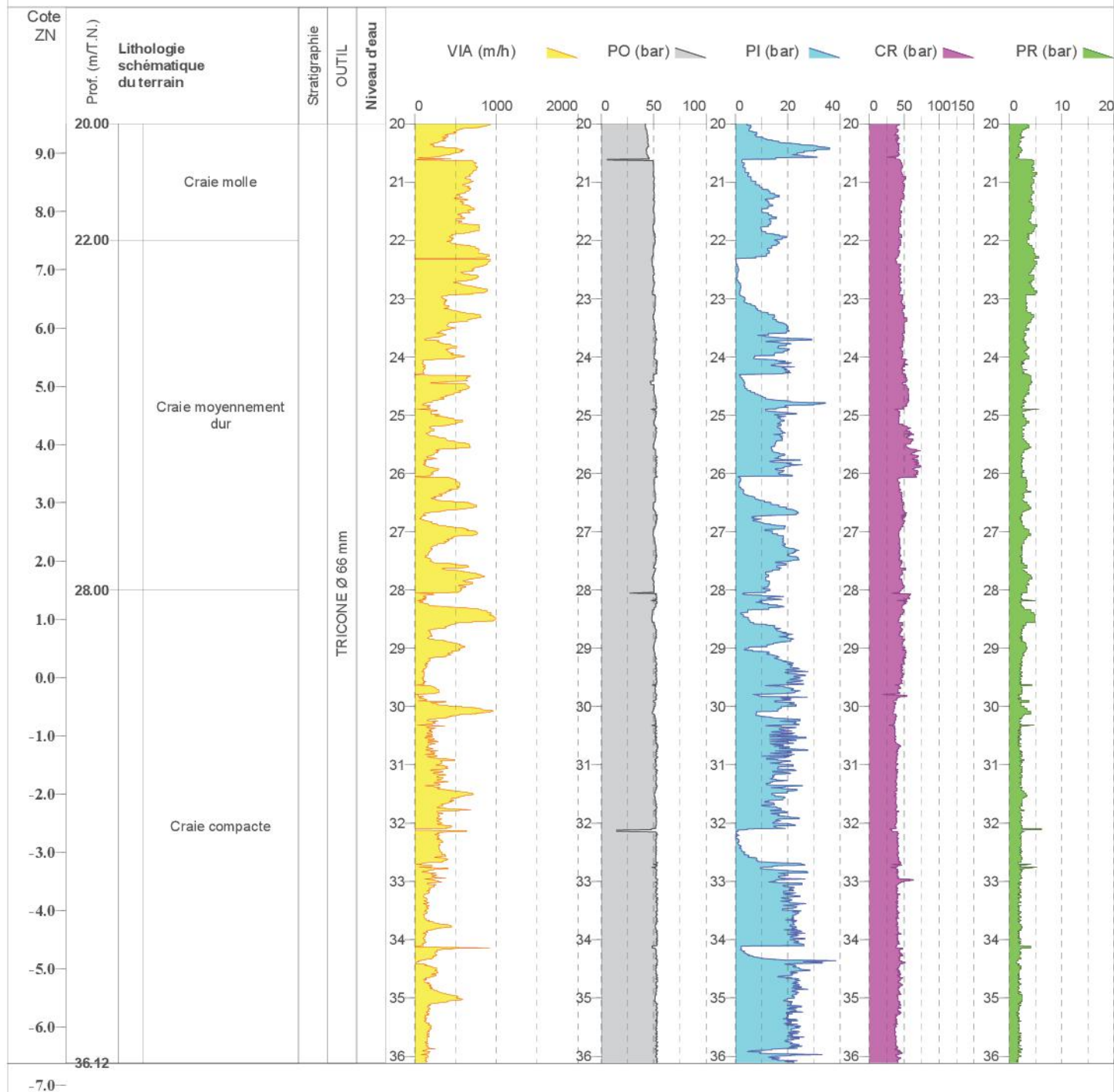


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 12/01/2023

Cote X : 1643561.23

Cote Y : 8183357.19

Cote Z : 29.7 m

Inclinaison :

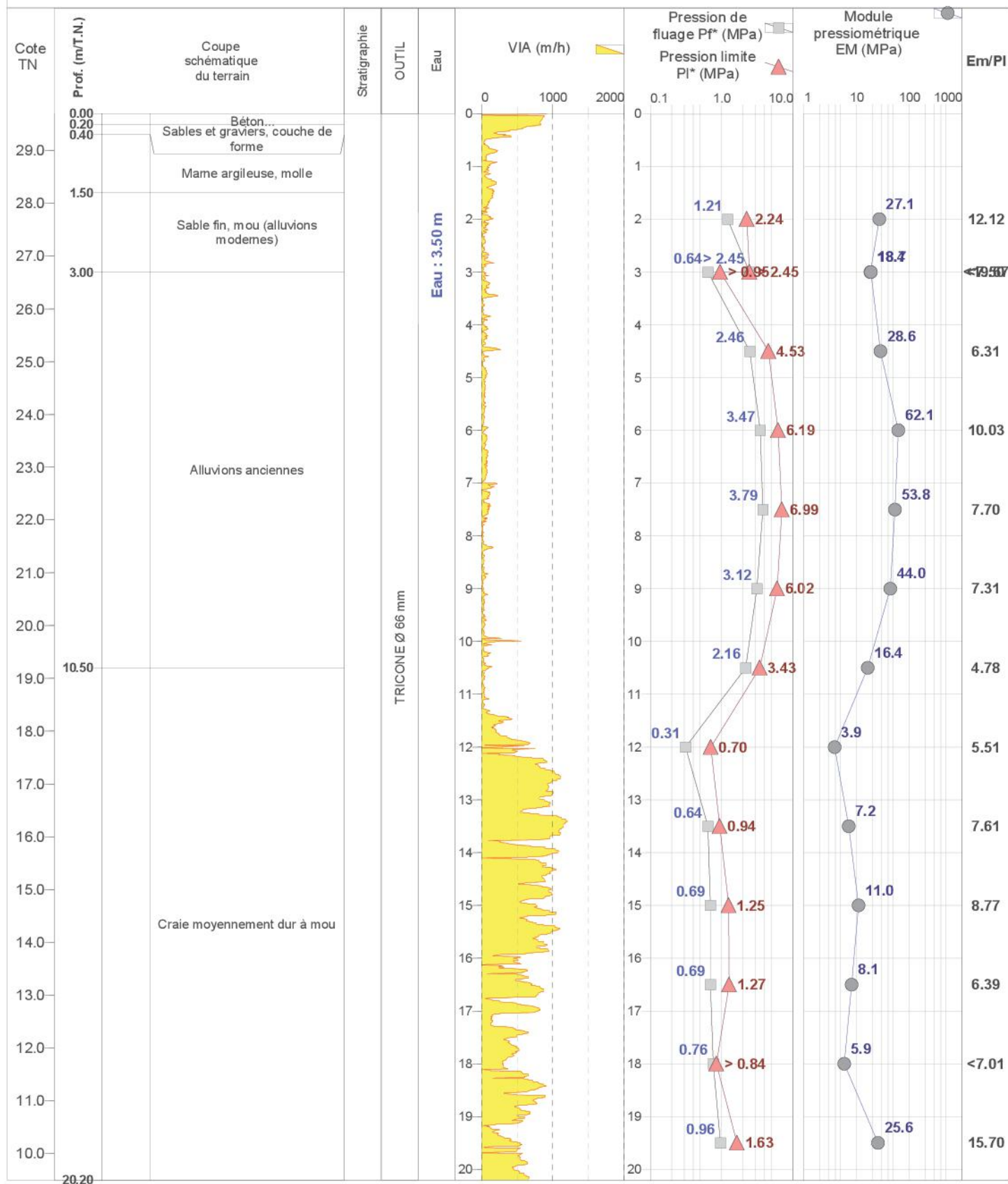
Machine : E7,50

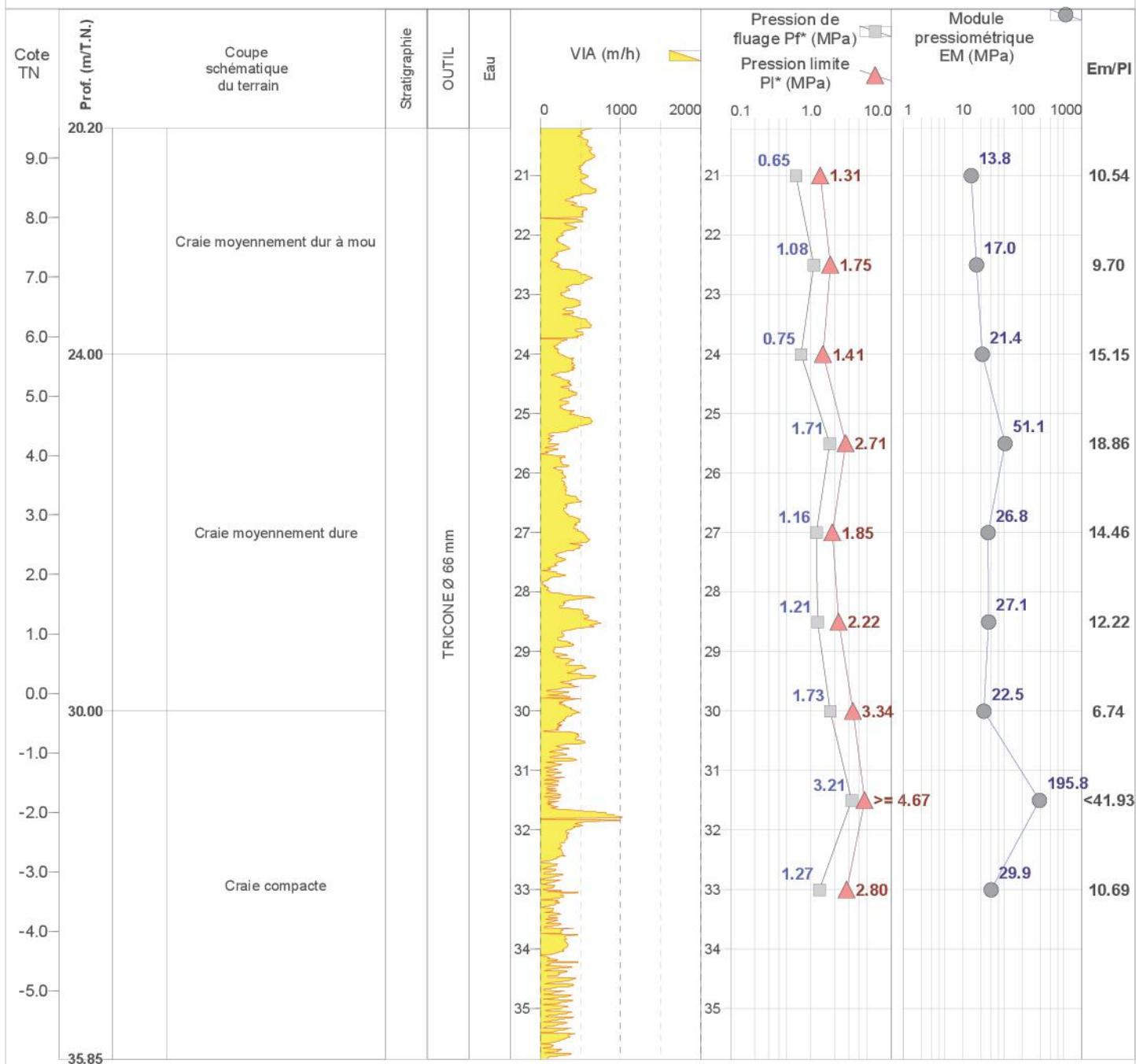
Profondeur : 0.00 m 35.85 m

Echelle : 1 / 100

Page : 1 / 2

Remarque :



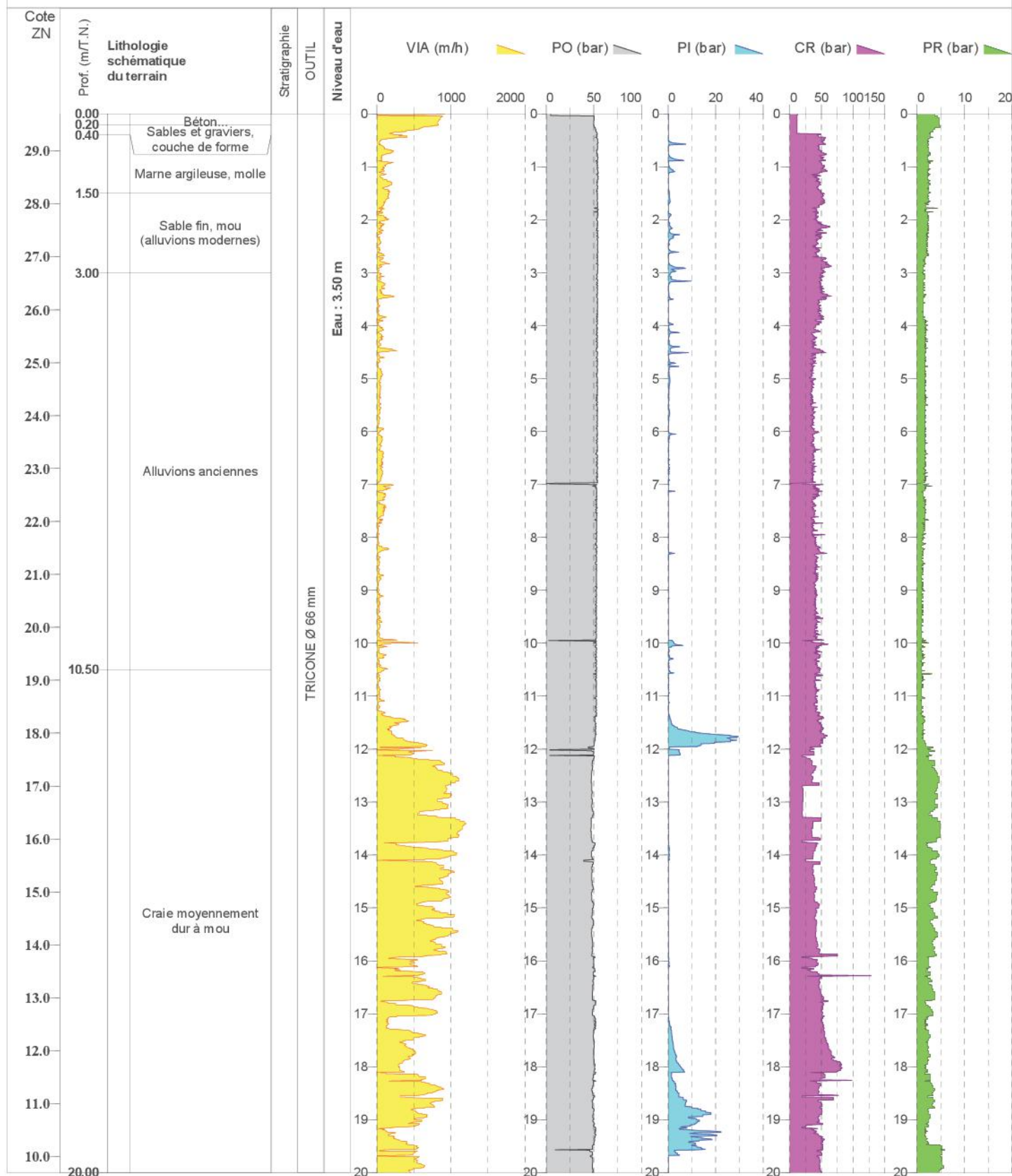


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :



Date : 12/01/2023

Cote X : 1643561.23

Cote Y : 8183357.19

Cote Z : 29.7 m

Inclinaison :

Machine : E7,50

Profondeur : 0.00 m 35.85 m

Echelle : 1 / 100

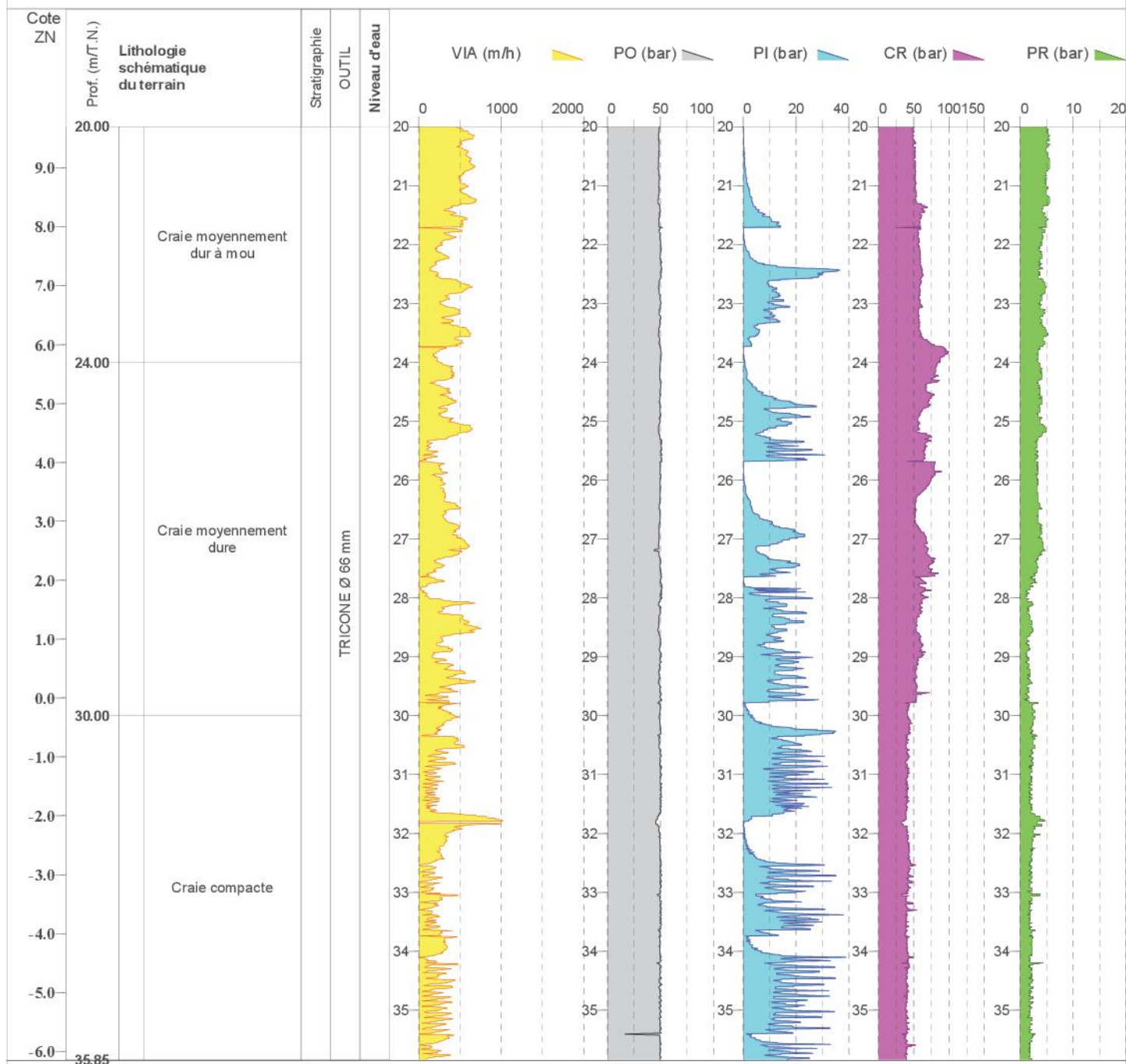
Page : 2 / 2

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

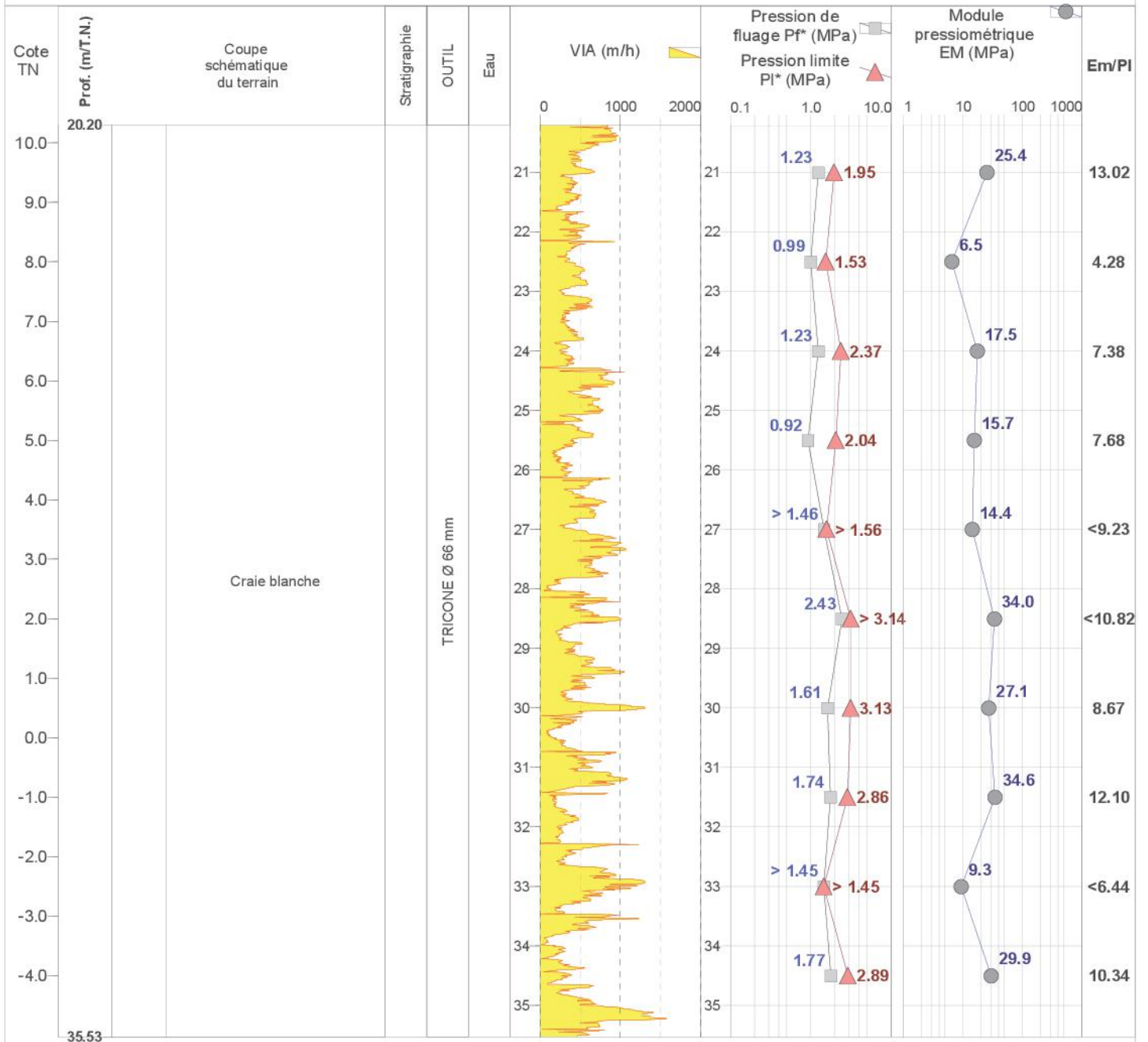


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

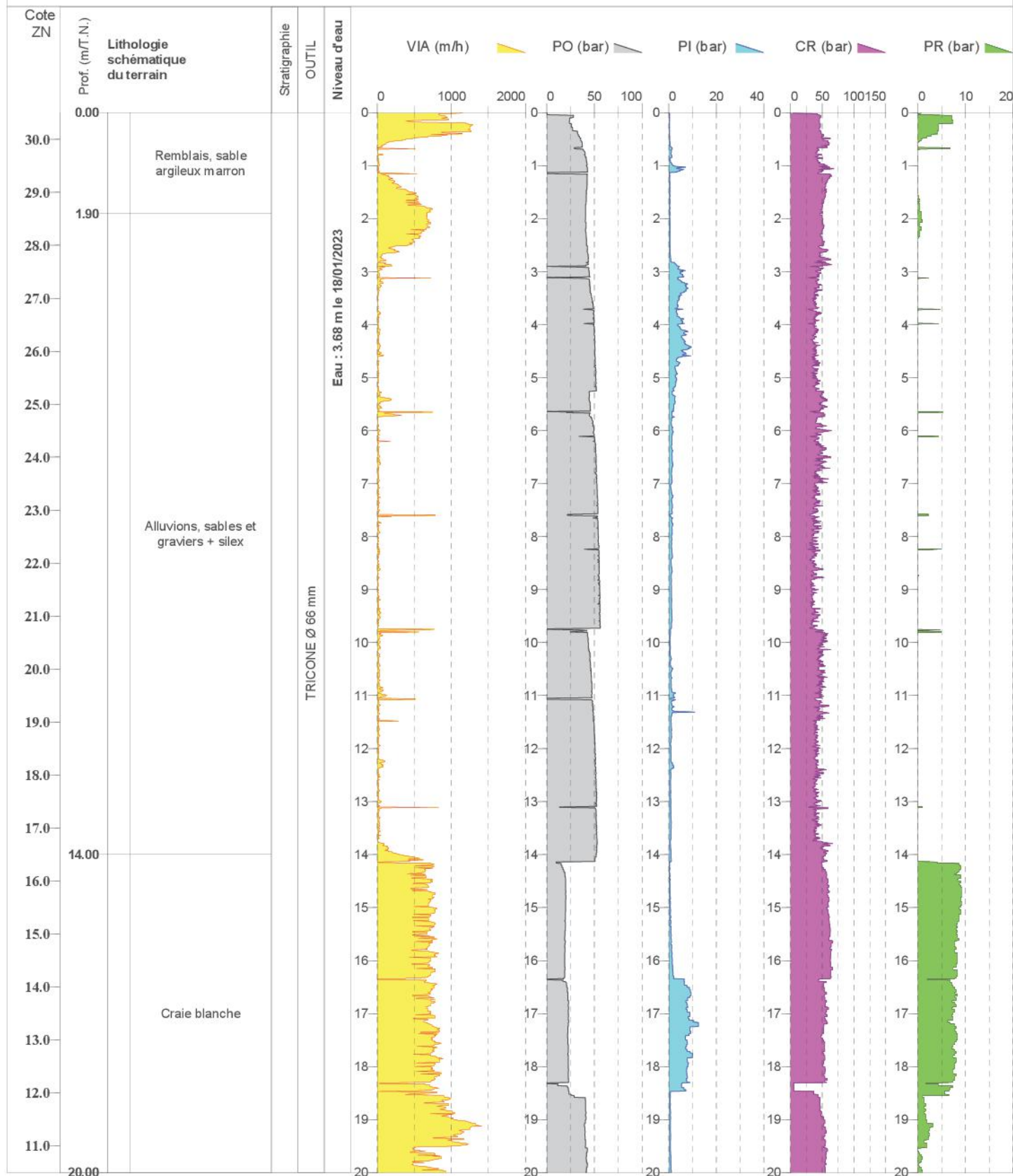


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

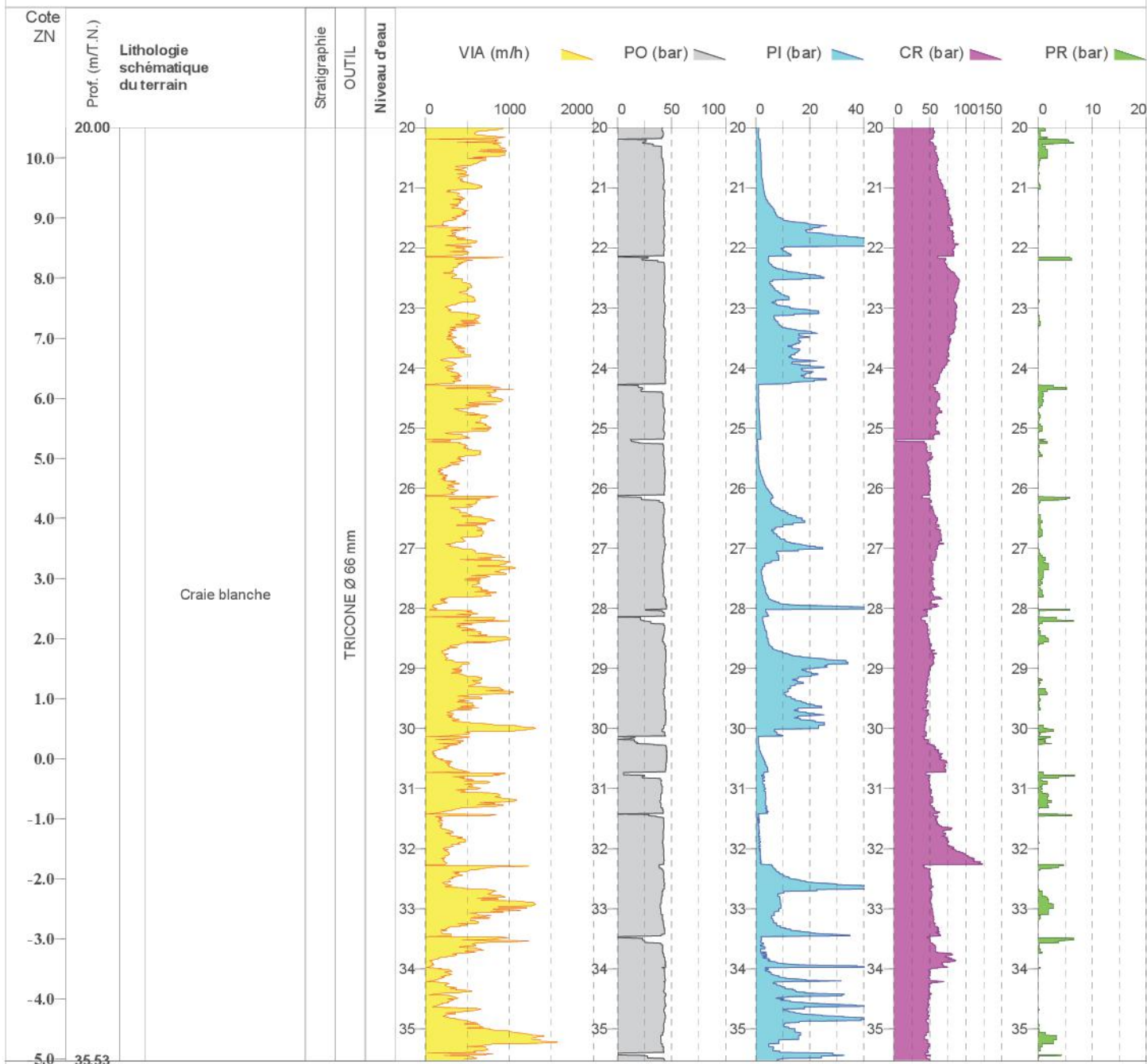


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

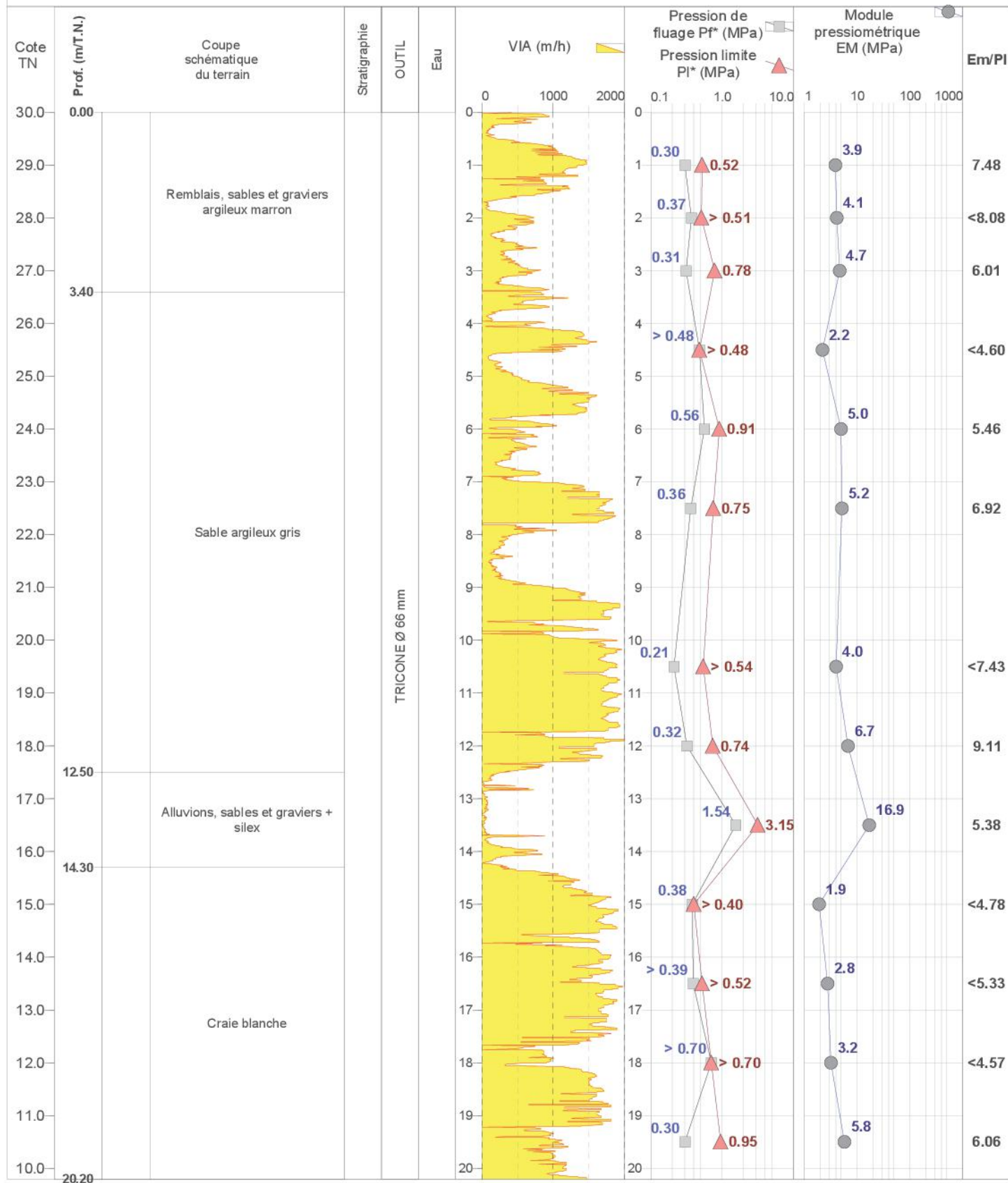


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piézomètre ?

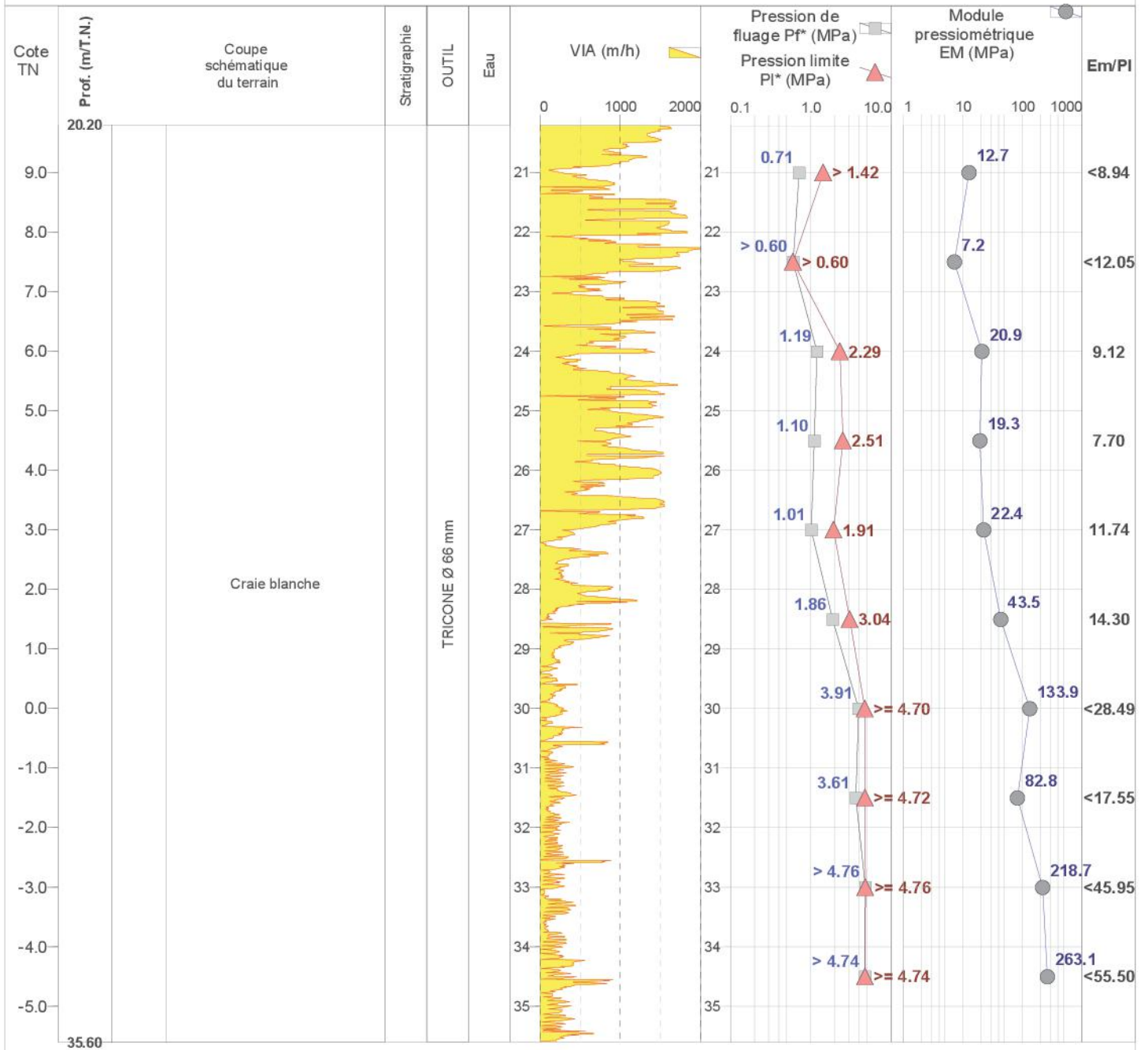


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piézomètre ?

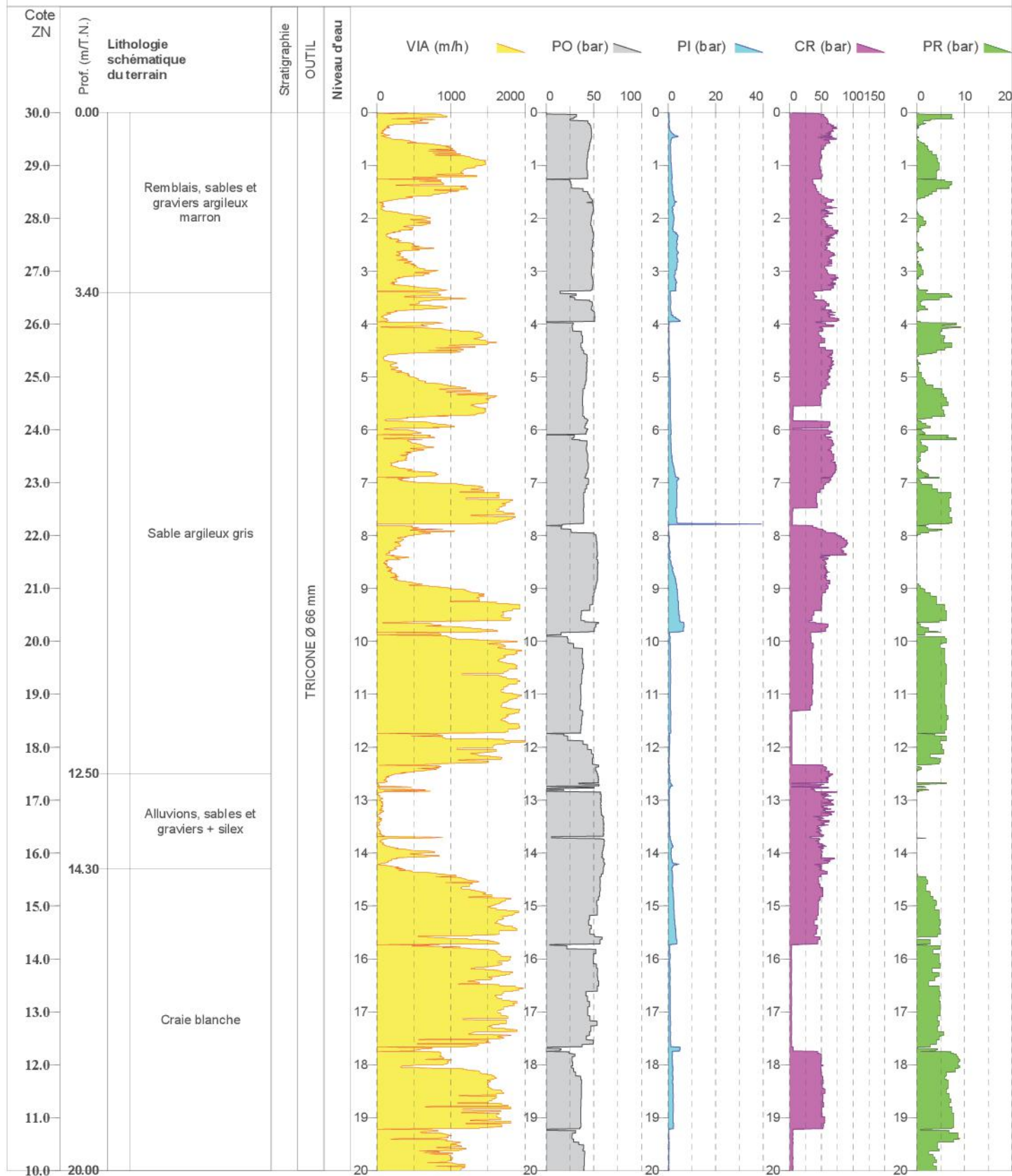


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piézomètre ?

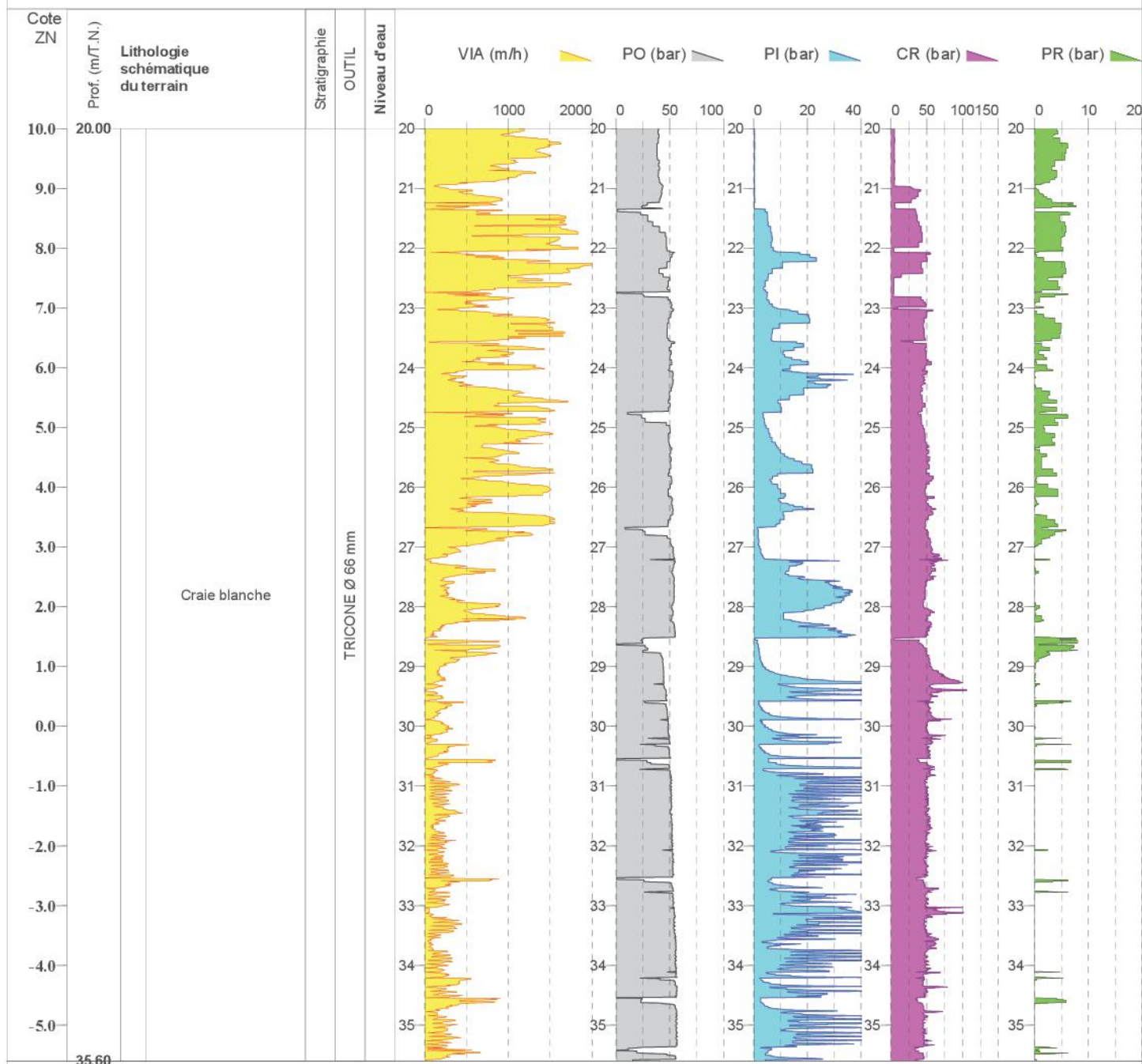


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque : Equipé d'un piézomètre ?

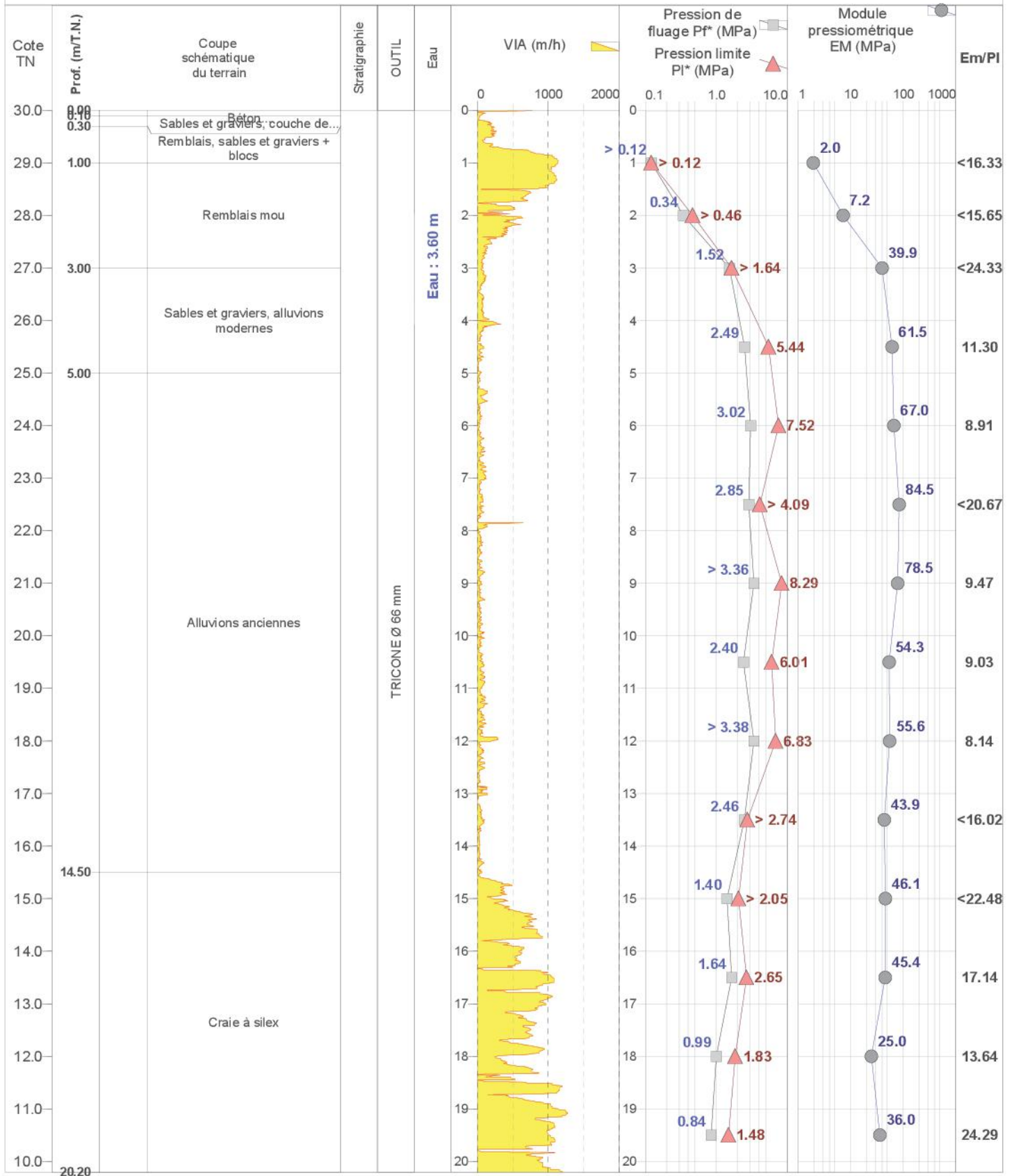


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

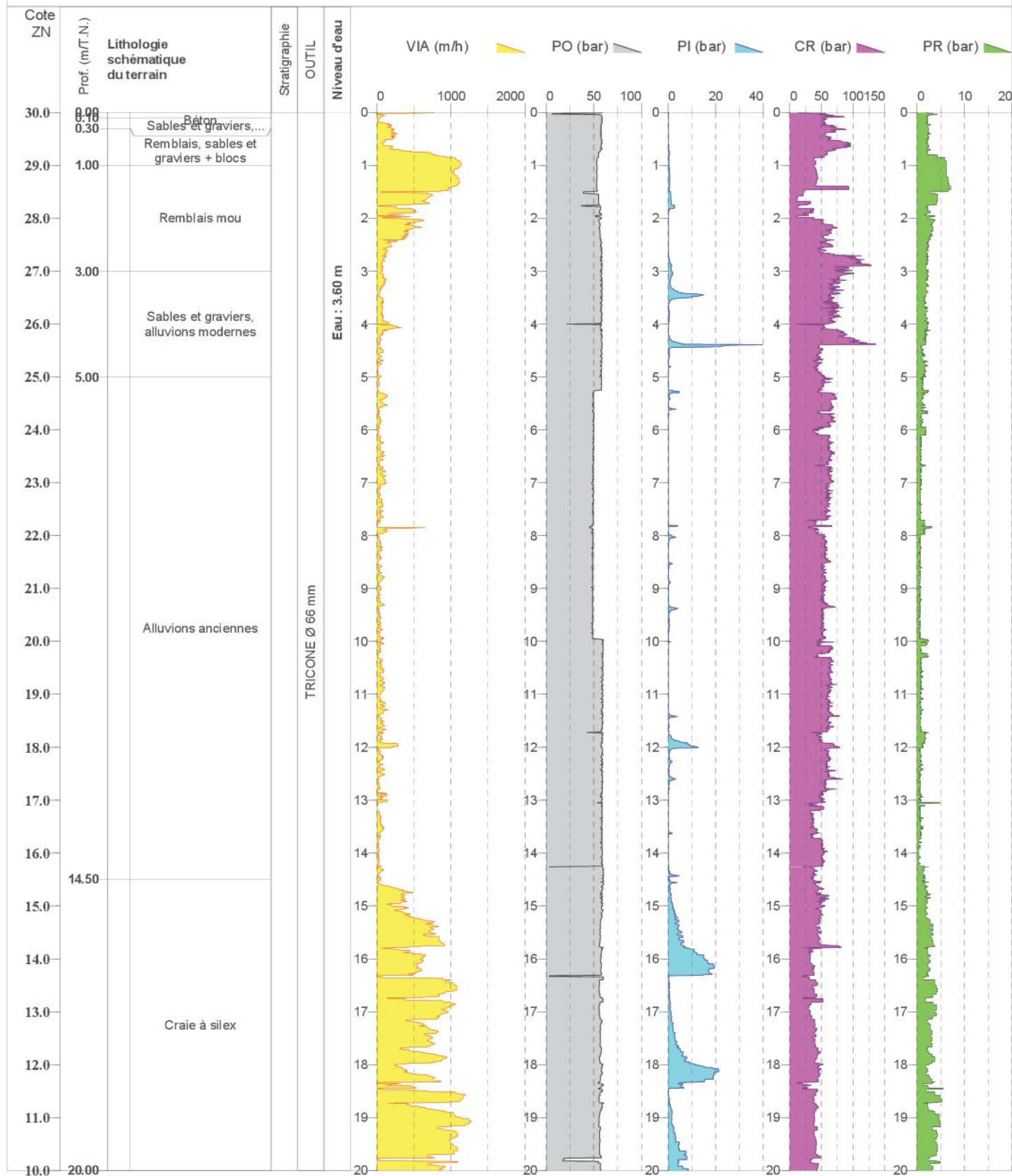


SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

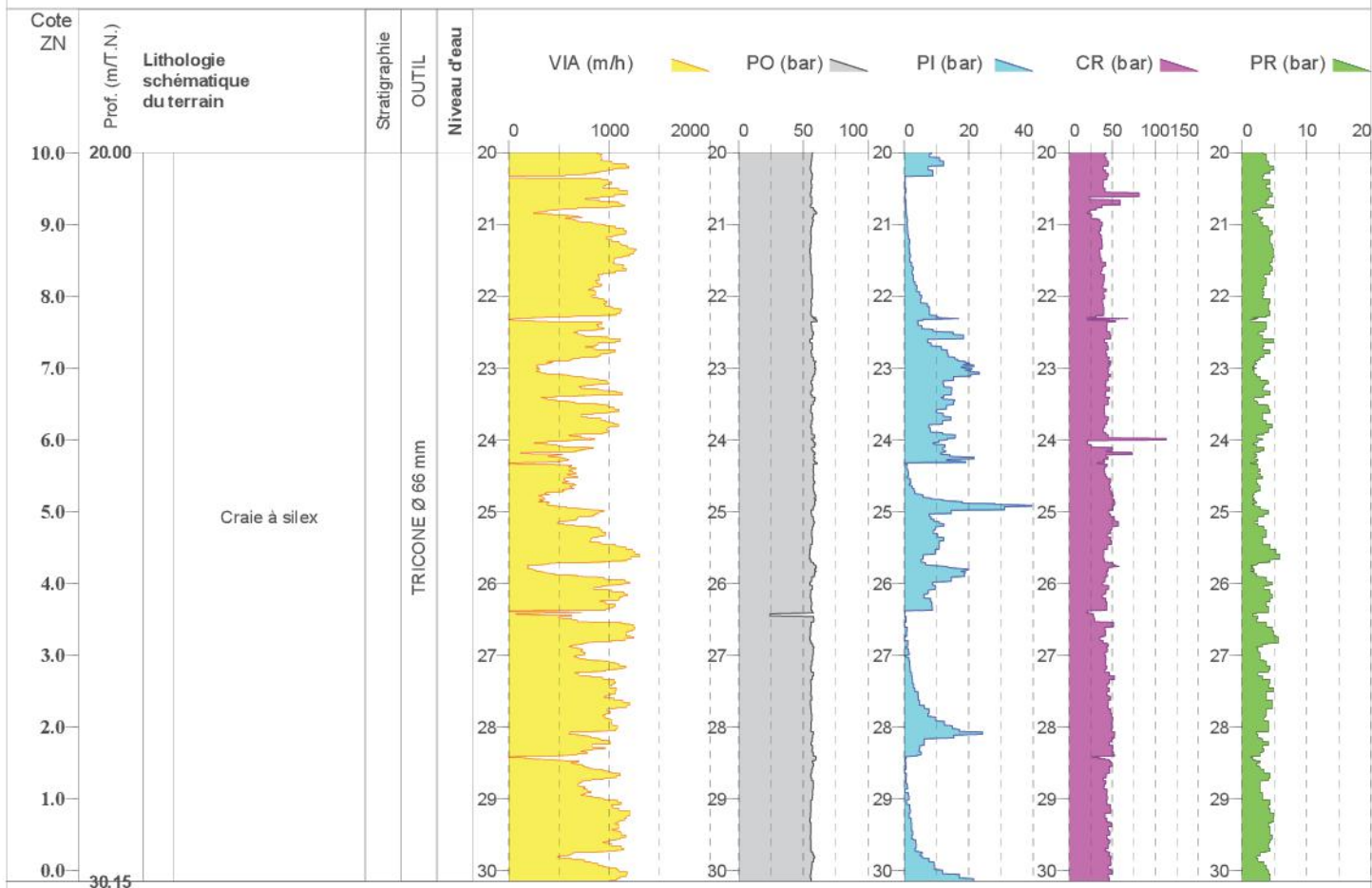


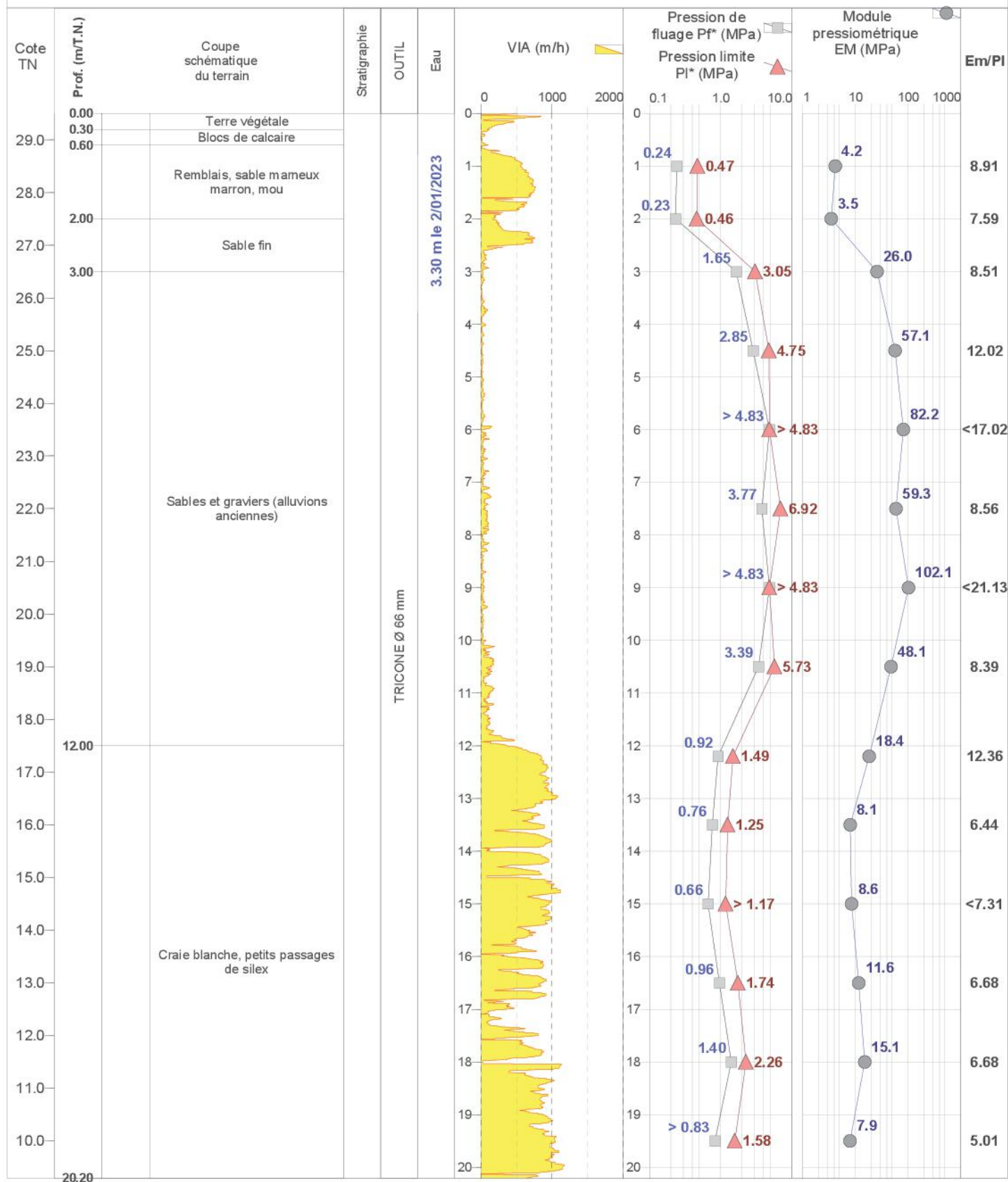
SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :





Date : 31/01/2023

Machine : E7,50

Cote X : 1643507.99

Profondeur : 0.00 m 27.69 m

Cote Y : 8183385.24

Echelle : 1 / 100

Cote Z : 29.5 m

Page : 2 / 2

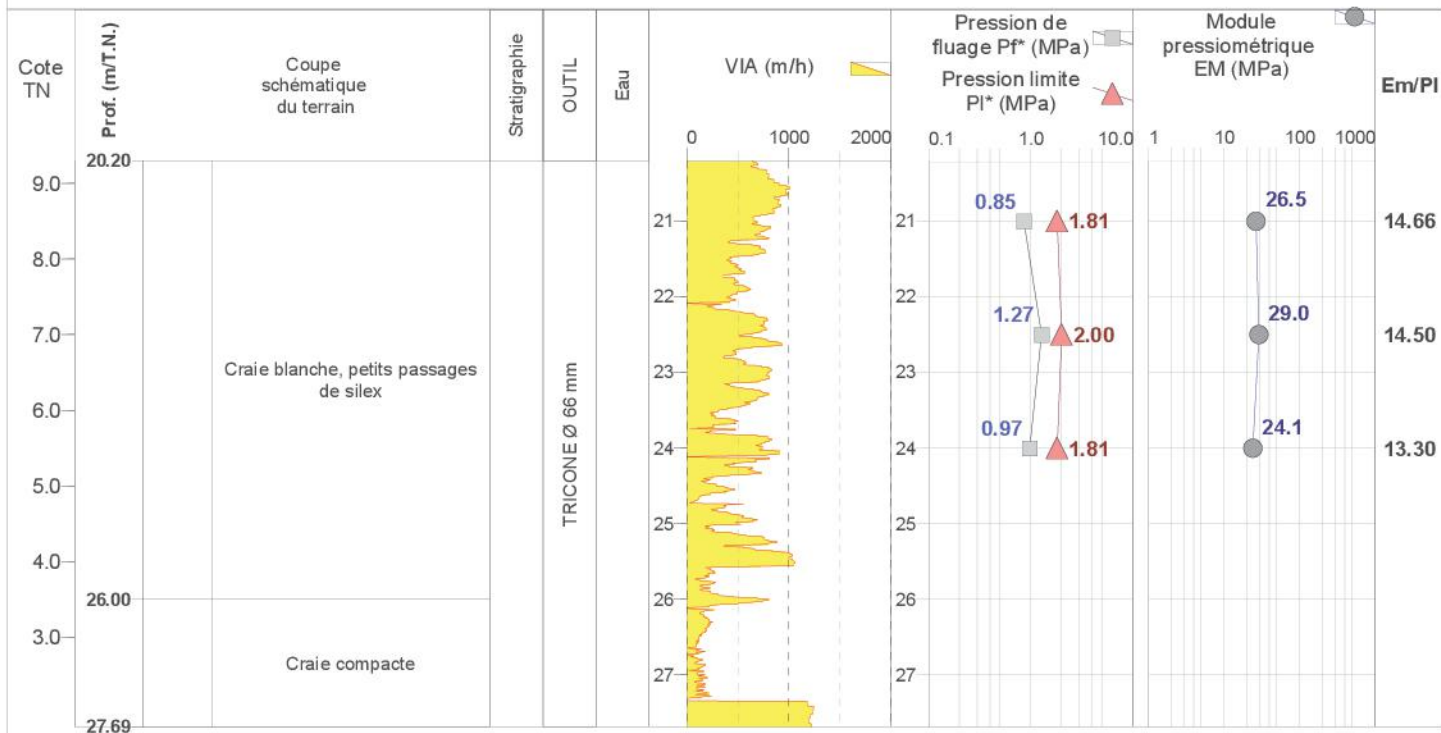
Inclinaison :

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :

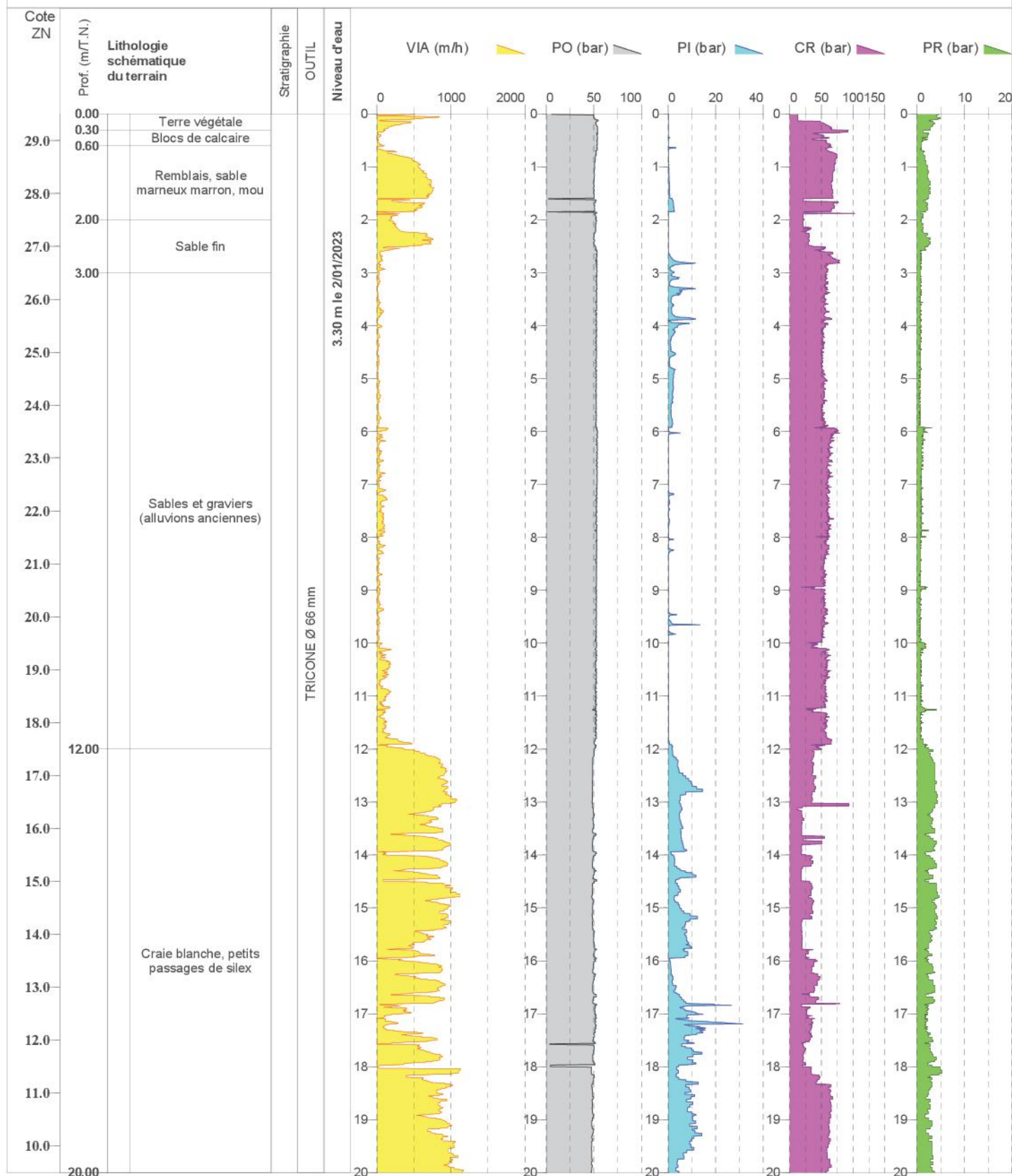


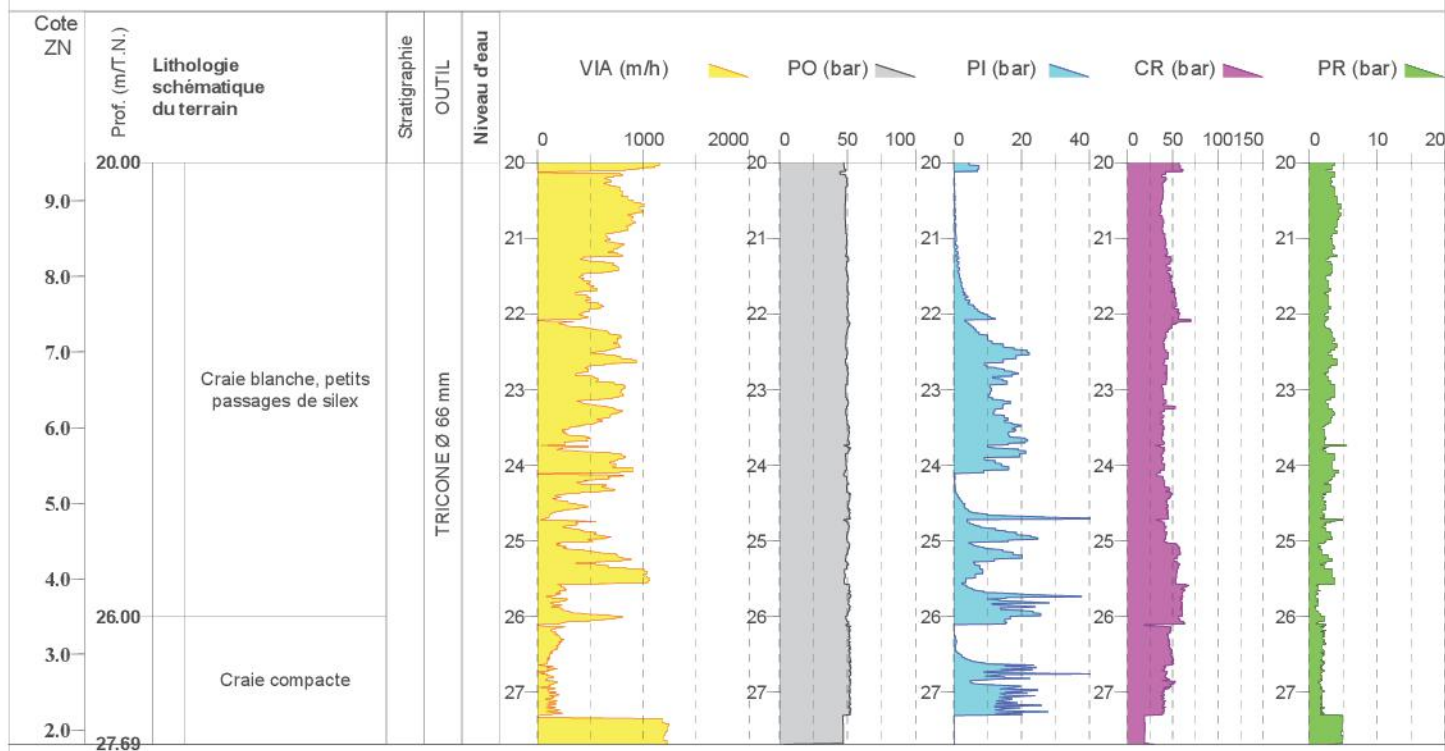
SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Remarque :





SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 05/12/2022

Cote X : 1643443.12

Cote Y : 8183416.9

Cote Z : 35 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 750

Profondeur : 0.00 m 12.00 m

Echelle : 1 / 65

Page : 1 / 1

Remarque :

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	GTR	Perméabilité (m/s)	Outil	Equipements	Tubage	Remarques
35	0.00	Sables et graviers + petits blocs jaunes								
34	1.00									
33		Sables et graviers argileux marron clair								
32	3.10									
31		Sable argileux verdâtre								
30	4.80									
29		Sable argileux marron-grisâtre								
28	7.00									
27	7.70									
26										
25		Alluvions sable marneux beige								
24										
23	12.00									
22										

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

SITE : BOULOGNE-BILLANCOURT (92)

ETUDE : Rue de l'Abreuvoir

CLIENT : GEOTECHNIQUE SAS

Date : 05/12/2022

Cote X : 1643477.39

Cote Y : 8183399.15

Cote Z : 29.8 m

Inclinaison :

Machine : EMCI 750

Profondeur : 0.00 m 12.00 m

Echelle : 1 / 65

Page : 1 / 1

Remarque :

Cote NGF	Profondeur (m)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN	Stratigraphie	Niveau d'eau	GTR	Perméabilité (m/s)	Outil	Equipements	Tubage	Remarques
	0.00	Sables et graviers argileux jaune								
29	0.70									
28		Argile sableuse marron clair								
27										
26	3.20	Sable mameux beige								
25	4.70									
24										
23										
22										
21		Alluvions, sables et graviers mameux beige								
20										
19										
18										
17	12.00									

TARIERE HELICOÏDALE Ø 80 mm

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES HYDROGÉOLOGIQUES ISSUES DE LA BIBLIOGRAPHIE

Cette annexe contient 2 pages A4.

GEF 1681 - Notice préliminaire viaduc A13 (1980)

Lithologie	Epaisseur (m)	Profondeur mur (m/TN)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	3,5 à 5,5	-	-	-	-
Alluvions modernes	2,5 à 6	-	1,00E-06	6,00E-06	-
Alluvions anciennes	1,3 à 8	-	2,00E-03	1,60E-02	-
Craie altérée	0,5 à 5	-	1E-03 à 1E-04	5,00E-03	-
Craie fracturée	5 à 7,5	32,00 m/TN	1E-02 à 5E-04	-	-
Craie Saine	-	-	-	-	-

GEF 1570-1 - Etude chambre à sable - Viaduc A13 (1977)

Lithologie	Epaisseur (m)	Profondeur mur (m/TN)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	1,3	-	-	-	-
Alluvions modernes	4	-	-	-	-
Alluvions anciennes	3,5	-	5,00E-03	-	-
Craie altérée	7	-	1,00E-03 *	-	-
Craie fracturée	5	20,80 m/TN	1 à 5E-05	-	-
Craie Saine	-	-	-	-	-

* contesté

Essai de pompage dans la craie - Issue de secours N°5 - Tunnel Ambroise Paré (2010)

Lithologie	Epaisseur (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	0,8	-	-	-	-
Alluvions modernes	3,3	-	-	-	-
Alluvions anciennes		-	-	-	-
Craie altérée	0,6	-	-	-	-
Craie fracturée	> 15,30	-	2,00E-03	2,10E-02	2,64
		-	9,95E-04	1,06E-02	-
Craie Saine	-	-	-	-	-

Etude géotechnique - Issu de secour N°5 - Tunnel Ambroise Paré (2009)

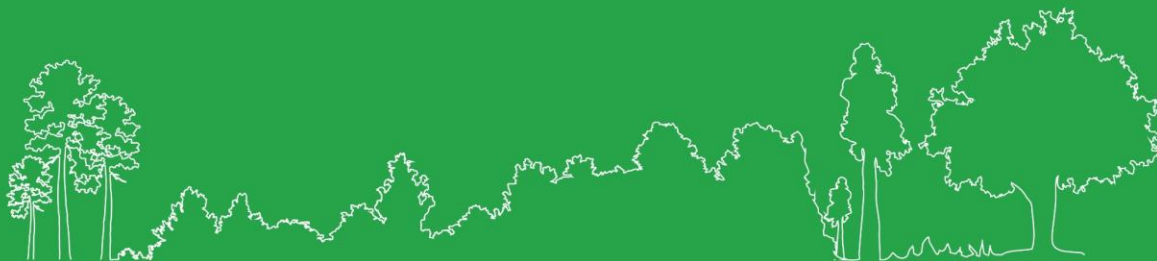
Lithologie	Epaisseur (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	1 à 3,6	-	-	-	-
Alluvions anciennes	1 à 4	30,29 à 31,12	-	-	-
Craie altérée	8,2	21,7 à 24,2	-	-	-
Craie fracturée	4,5	19,30 à 17,20	6,27E-05 à 1,5E-04 *	-	-
Craie Saine	-	-	3,52E-05 à 6E-05	-	-

* perméabilité retenu pour l'étude : 2E-03

Thèse Aurélie Lamé (2014)					
Lithologie	Epaisseur (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	-	-	-	-	-
Alluvions modernes	-	-	3,10E-07	-	0,1
Alluvions anciennes	-	-	1,60E-04	-	3,6
Craie altérée	20	-	4,10E-05	1,00E-04	0,01
Craie fracturée	20	-			
Craie Saine	-	-			
Etude impact ligne 15 (2015)					
Lithologie	Epaisseur (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité h (m/s)	Perméabilité v (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	3,5	-	-	-	-
Alluvions modernes	4,5	-	1,00E-05	5,00E-07	3
Alluvions anciennes	6	-	3,00E-03	1,00E-04	
Craie altérée	22	-	3,00E-03	3,00E-03	2,1
Craie fracturée		-			
Craie Saine	-	-	5,00E-06	5,00E-06	0,0076
Thèse Mathias Mailot (2019)					
Lithologie	Epaisseur (m)	Cote mur (m NGF)	Perméabilité (m/s)	Transmissivité (m²/s)	Coefficient emma (%)
Remblais	-	-	-	-	-
Alluvions modernes	-	-	4,80E-05	-	-
Alluvions anciennes	-	-	1,60E-04	-	-
Craie altérée	-	-	3,60E-04	-	-
Craie fracturée	-	-		-	-
Craie Saine	-	-	-	-	-

Conditions de validité de l'étude

- 1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à S2e au moment de son élaboration. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint, et sur toutes les informations données dans ce rapport.
- 2 - Ce rapport ne tient pas compte des variations entre sondages. L'étude étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à S2e.
- 3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.
- 4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à S2e qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.
- 5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à S2e afin d'étudier les adaptations nécessaires.



S2e

est un bureau d'études et d'ingénierie
spécialisé dans le domaine
de l'environnement,
de l'hydrologie
et de l'hydrogéologie.

De l'analyse préliminaire à l'étude de conception
nous accompagnons les acteurs privés et publics
dans la réalisation de leurs projets avec leurs équipes
(vrd, architectes, etc.).

Nos ingénieurs et techniciens spécialisés apportent
leur expertise complète au service de projets respectueux
de la réglementation nationale et européenne.

S2e est le département eau et environnement
de **GÉOTECHNIQUE SAS**, acteur de référence
sur le marché depuis plus de 20 ans.
Cette synergie facilite la mutualisation
des missions et des moyens
sur un même projet.



Retrouvez toutes nos agences
www.geotechnique-s2e.com

POUR PLUS D'INFORMATIONS

contact@geotechnique-s2e.com

0 805 690 989