

SAS LES ATELIERS

CHATILLON (92)

70-86 avenue de la République

Vecteur SUD

Construction d'un ensemble mixte

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Mission géotechnique G2-PRO – Phase Projet

| RAPPORT N°G240454 | | | | | PIECE N° 001 |
|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|------------------------------|
| C | | | | | |
| | | | | | |
| B | | | | | |
| | | | | | |
| A | 02/10/2024 | G. MEBARKI | W. BATS | 63+110 | PREMIERE DIFFUSION |
| | | | | | |
| INDICE | DATE | ETABLI PAR | VERIFIE PAR | Nb de PAGES | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS |

SOMMAIRE

| | Page |
|---|-----------|
| 1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION | 4 |
| 2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL | 6 |
| 2.1. Textes règlementaires | 6 |
| 2.2. Documents à disposition..... | 6 |
| 2.3. Exigences..... | 6 |
| 3. PRESENTATION DU SITE | 7 |
| 3.1. Localisation du site..... | 7 |
| 3.2. Contexte géologique et lithologique..... | 11 |
| 3.3. Contexte hydrogéologique..... | 12 |
| 3.4. Phénomène de retrait-gonflement des argiles..... | 13 |
| 3.5. Contexte de carrières | 13 |
| 3.6. Autres aléas géotechniques..... | 14 |
| 4. PRESENTATION DU PROJET..... | 15 |
| 4.1. Caractéristiques du projet | 15 |
| 4.2. Plan de fondation et descentes de charges..... | 19 |
| 4.3. Synthèse des risques géotechniques | 19 |
| 4.4. Définition de la ZIG | 20 |
| 5. RESULTATS OBTENUS | 21 |
| 5.1. Nature des sols reconnus | 21 |
| 5.2. Observations concernant l'eau | 23 |
| 5.2.1. Niveau piézométrique..... | 23 |
| 5.2.2. Estimation des niveaux de plus hautes eaux (NPHE) | 26 |
| 5.2.3. Essai de perméabilité..... | 27 |
| 5.3. Enregistrements des paramètres de forage | 28 |
| 5.3.1. Présentation des enregistrements des paramètres de forage..... | 28 |
| 5.3.2. Analyse des enregistrements de paramètres | 28 |
| 5.4. Caractéristiques pressiométriques | 32 |
| 5.5. Analyses en laboratoire | 39 |
| 5.5.1. Identification GTR..... | 39 |
| 5.5.2. Essais mécaniques | 40 |
| 5.5.3. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons..... | 40 |
| 6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1. Contexte géotechnique | 42 |
| 6.2. Carrières souterraines | 43 |
| 6.3. Coupes types et hypothèses de calcul..... | 44 |
| 6.4. Etude géotechnique de projet | 45 |
| 6.4.1. Généralités | 45 |
| 6.4.2. Solutions de fondations | 45 |
| 6.4.3. Justification de la capacité portante des fondations superficielles | 46 |
| 6.4.4. Dimensionnement des fondations et évaluations des tassements..... | 47 |
| 6.4.5. Sujétions vis-à-vis de l'eau | 49 |
| 6.4.6. Sols du projet..... | 53 |
| 6.4.7. Principes généraux de soutènement..... | 53 |
| 6.4.8. Travaux de terrassements | 54 |
| 6.4.9. Justification de la paroi semi continue (11,3 m)..... | 55 |
| 6.4.10. Système de surveillance – instrumentation et suivi..... | 59 |
| 6.5. Avoisinants | 61 |
| 6.6. Sujétions générales | 61 |
| 7. ETUDES ET MISSIONS COMPLEMENTAIRES | 63 |

ANNEXES

ANNEXE 1 : TEXTES REGLEMENTAIRES

ANNEXE 2 : PLAN D'IMPLANTATION

ANNEXE 3 : RESULTATS DES INVESTIGATIONS

ANNEXE 4 : RESULTATS DE LA MODELISATION K-REA

ANNEXE 5 : CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET SCHEMA D'ENCHAINEMENT
DES MISSIONS GEOTECHNIQUES SELON LA NORME NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

1. PRESENTATION GENERALE - DEFINITION DE LA MISSION

A la demande et pour le compte de la SAS LES ATELIERS, nous avons procédé à une étude géotechnique de projet sur le terrain situé aux 70-80 avenue de la République sur la commune de CHATILLON (92), en vue d'un aménagement immobilier.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception en phase Projet (mission géotechnique type G₂-PRO de la norme NF P 94 500 de novembre 2013).

La présente étude intègre et vient dans la continuité des études géotechnique de conception (G2) déjà réalisées par nos soins sur ce terrain, à savoir les rapports référencés G200045_Ind.A_P001 du 12/04/2020 et G200045_Ind.A_P003 du 14/04/2021. Dans le cadre de ces études, nous avons procédé aux investigations suivantes :

Février-Mars 2020 :

- 9 sondages pressiométriques dont 5 descendus à 25 m de profondeur notés, SP4, SP12, SP17, SP20 et SP24) et 4 descendus à 35 m de profondeur, notés SP1, SP7, SP16 et SP22,
- 172 (5x16 + 4x23) essais pressiométriques répartis dans les sondages précédents,
- le prolongement des sondages précédents jusqu'à 43 m de profondeur,
- 11 sondages destructifs « simple » descendu à 43 m de profondeur, référencés SD2, SD3, SD5, SD6, SD9, SD13, SD14, SD15, SD18, SD19, SD25),
- l'enregistrement numérique des paramètres de forage,
- 2 sondages carottés descendus à 20 m de profondeur (notés SC11 et SC23) avec prélèvement de 4 échantillons intacts,
- 4 (2x3) essais de perméabilité de type Lefranc répartis dans des forages carottés précédent, associé à 6 analyses granulo-sédimentométriques,
- 3 piézomètres descendus à 10 m de profondeur dans des sondages spécifiques (PZ8, PZ10 et PZ21),
- 7 (6+1) analyses d'agressivité des sols et des eaux vis-à-vis des bétons au droit d'échantillons prélevés dans nos forages.

Juin 2020 :

- 3 piézomètres descendus à 6 m de profondeur dans des sondages spécifiques (PZ25, PZ26 et PZ27),

Notre intervention sur site a eu lieu du 24 février au 13 mars 2020.

Dans la suite, toutes les profondeurs sont données par rapport à la tête des sondages pour lesquels un nivellement a été réalisé par l'intermédiaire d'un GPS de précision et par les plans à disposition. Ces sondages ont été rattachés au système NGF 69 en altimétrie (z). Si besoin est, ce nivellement devra être effectué par le Géomètre-Expert du projet.

Lors de notre intervention, le site était toujours bâti et les sondages ont été répartis en intérieur et en extérieur en tenant compte des accès possible.

| Sondage | Cote NGF 69 |
|---------|-------------|
| SP1 | 95,2 |
| SD2 | 92,2 |
| SD3 | 92,2 |
| SP4 | 92,2 |
| SD5 | 92,2 |
| SD6 | 92,2 |
| SP7 | 92,2 |
| PZ8 | 92,2 |
| SD9 | 92,2 |
| PZ10 | 95,1 |
| SC11 | 95,0 |
| SP12 | 95,1 |
| SD13 | 95,1 |
| SD14 | 95,1 |
| SD15 | 95,0 |
| SP16 | 95,1 |
| SP17 | 92,2 |
| SD18 | 92,2 |
| SD19 | 92,2 |
| SP20 | 92,2 |
| PZ21 | 94,9 |
| SP22 | 95,6 |
| SC23 | 96,2 |
| SP24 | 92,2 |
| SD25 | 92,2 |
| PZ25 | 95,1 |
| PZ26 | 95,1 |
| PZ27 | 96,0 |

| | |
|----------|--------------------|
| En bleu | Sondages intérieur |
| En blanc | Sondage extérieur |

Nota : Les sondages surlignés en bleu ont été réalisés depuis le sous-sol existant établi à la cote 92,2 NGF.

2. REFERENCES ET REGLES DE CALCUL

2.1. Textes réglementaires

Les textes réglementaires sur lesquels s'appuient généralement les études géotechniques sont présentés en annexe 1 du présent document.

2.2. Documents à disposition

Les documents à disposition lors de la rédaction du présent rapport sont les suivants :

- le cahier des charges du lot géotechnique (CCTP) d'ARTELIA de mars 2019,
 -  ART_CHAT_APS_100-NOT_STR_0
 -  ART-STR-MINUTES CHATILLON
 -  CHATILLON_INFRASTRUCTURE
 -  PC 02.1 PLAN MASSE DES CONSTRUCTIONS
 -  PC 02.1 PLAN MASSE DES CONSTRUCTIONS_PLU
 -  PC 02.2 PLAN DE GÉOMÈTRE
 -  PC 03.1 COUPE TRANSVERSALE RUE PERROTIN
 -  PC 03.2 COUPE TRANSVERSALE COULÉE VERTE
 -  PC 03.3 COUPE TRANSVERSALE RÉPUBLIQUE
 -  PC 03.4 COUPES SCHÉMATIQUES COULÉE VERTE
 -  PPX367.CHATILLON_RECOLLEMENT GENERAL_Plans de niveaux
 -  Envoie GEOLIA 20240703

2.3. Exigences

A titre indicatif, conformément aux normes NF EN 1990 et NF EN 1997-1/NA, les exigences suivantes, relatives à la structure, ont été retenues :

- Durée d'utilisation : 50 ans (à confirmer par le Maître d'Ouvrage),
- Classe de conséquence : CC2 (à confirmer par le Maître d'Ouvrage),
- Catégorie géotechnique : 2 (à confirmer par le Maître d'Ouvrage).

3. PRESENTATION DU SITE

3.1. Localisation du site

Le site, objet de la présente étude, est situé aux 70-86 avenue de la République sur la commune de CHATILLON (92). Il correspond à la parcelle cadastrale M144 d'une superficielle de 6 372 m².

La zone d'étude, localisée en milieu urbain à la fois industriel et résidentiel, est situé dans un contexte de versant avec une pente générale descendant vers le Nord-Est. D'après les données à disposition (IGN, plans et relevés GPS) le niveau du terrain existant se situe entre les cotes altimétriques 95 NGF⁶⁹ et 100 NGF environ.

Lors de notre intervention, le site « Vecteur Sud », abritant des bureaux et locaux d'activités était encore occupé en parti. Il était composé d'un immeuble de type R+3, établi sur un niveau de sous-sol dont le niveau bas fini se situe à la cote 92,2 NGF. La parcelle contient également des espaces verts au Nord-Est et une cour intérieure à l'Est du site.

La zone d'étude est délimitée par une coulée verte sur sa partie Sud-Ouest, l'avenue de la République au Nord-Ouest et la rue Perrotin à l'Est.

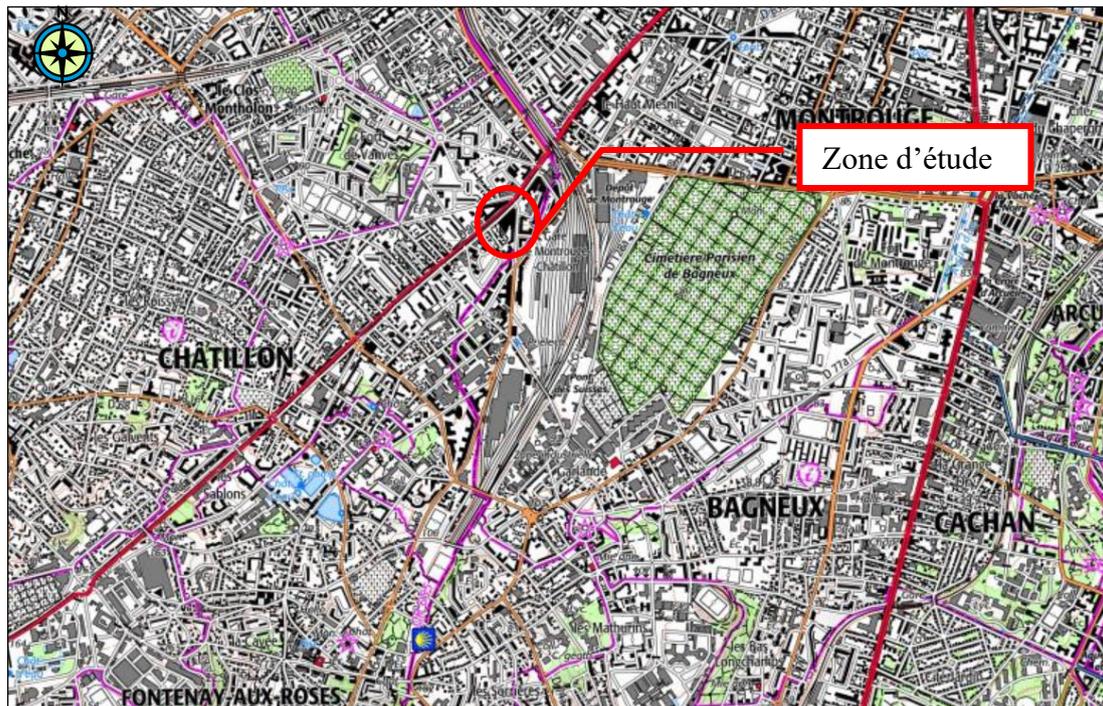


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

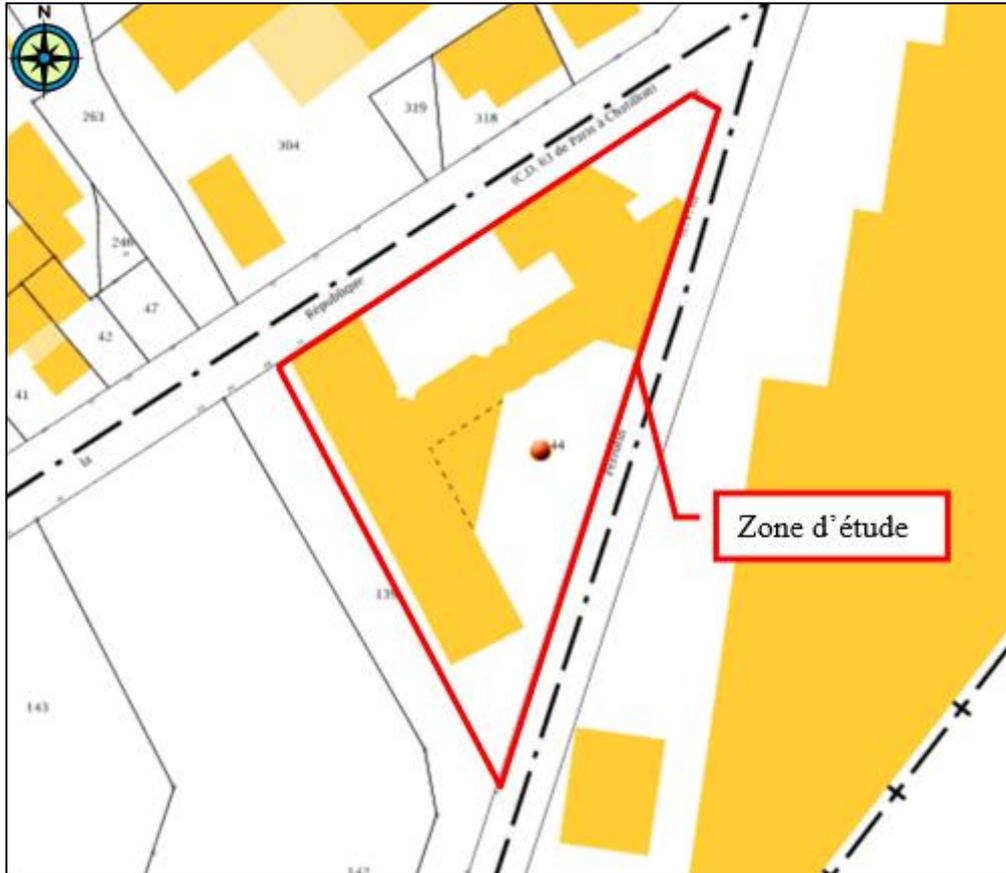


Figure 2 : Extrait cadastral de la zone d'étude

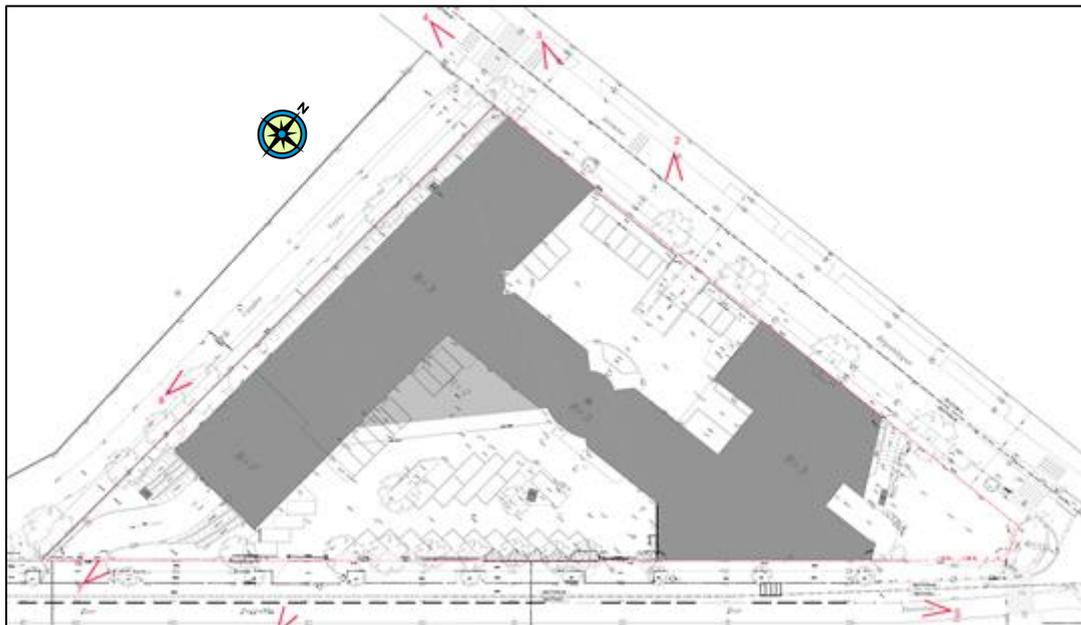


Figure 3 : Extrait du plan masse existant daté de juin 2019

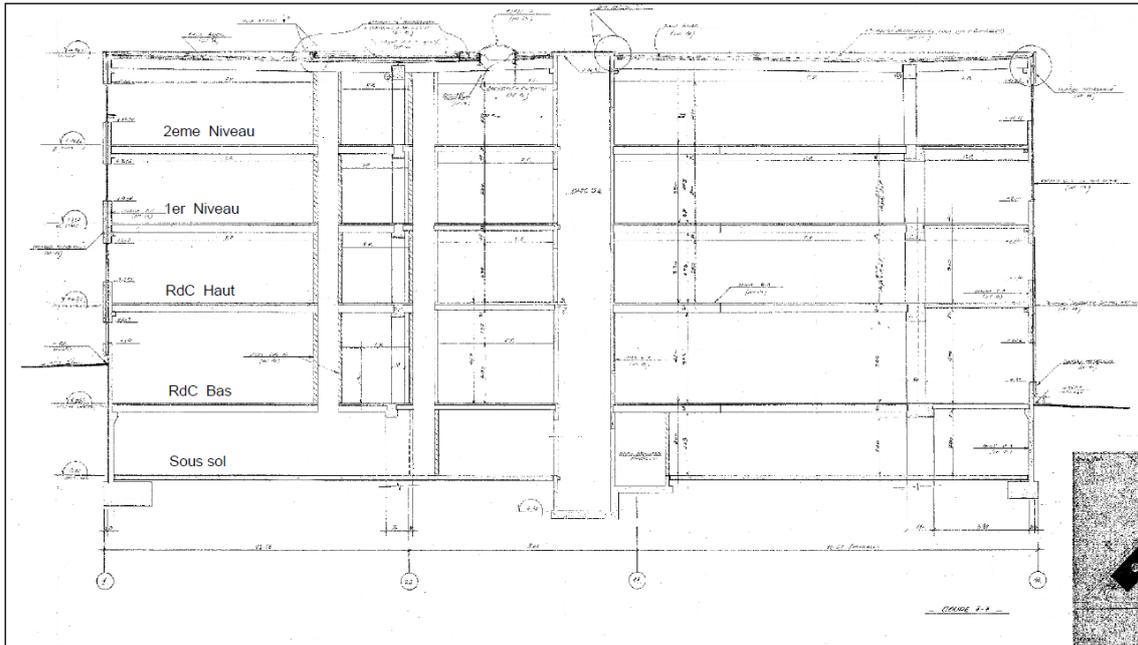


Figure 4 : Extrait de la coupe de l'existant daté de juin 2019



Figure 5 : Extrait du plan du RDC BAS existant daté de juin 2019

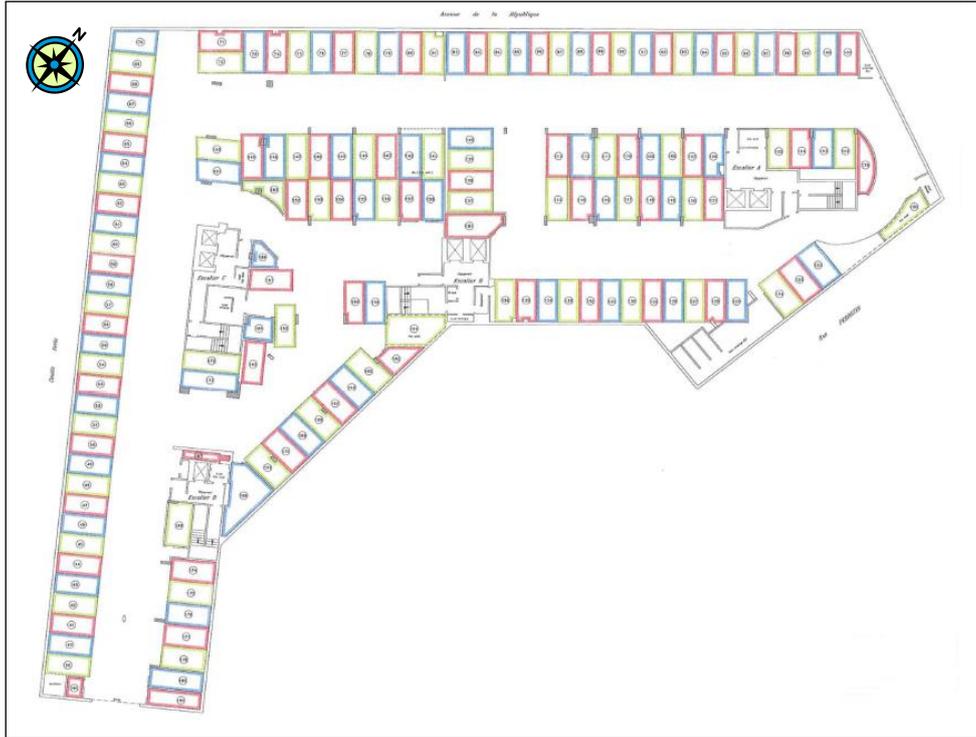


Figure 6 : Extrait du plan du sous-sol existant daté de juin 2019

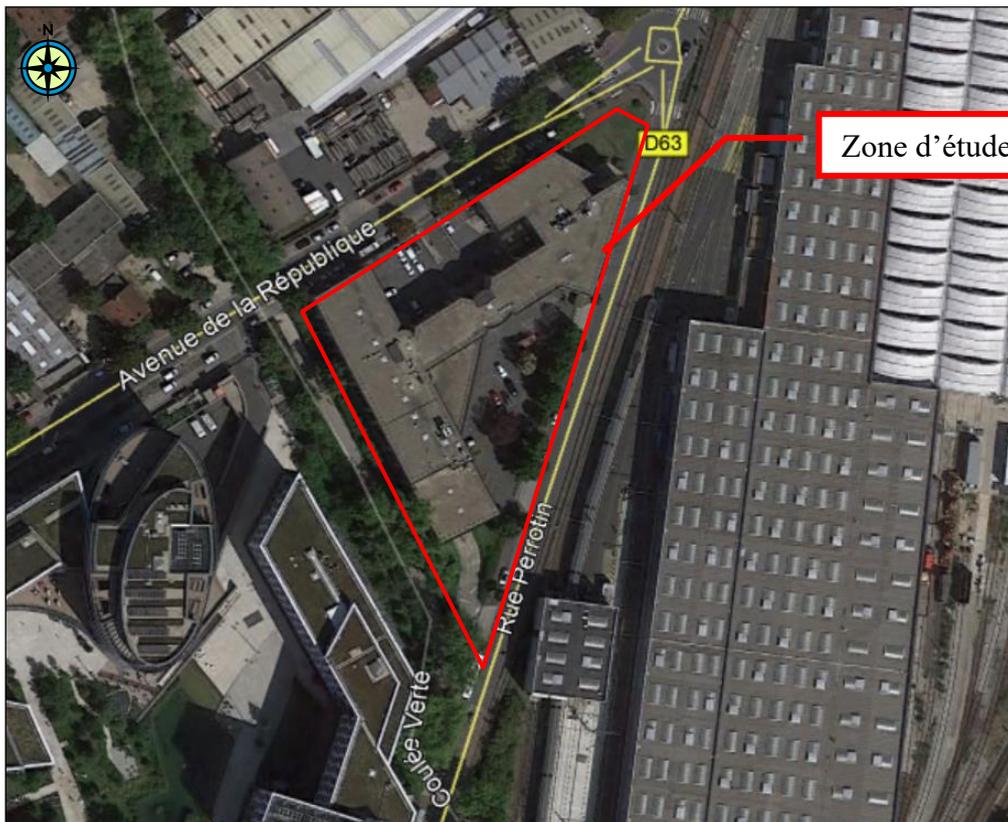
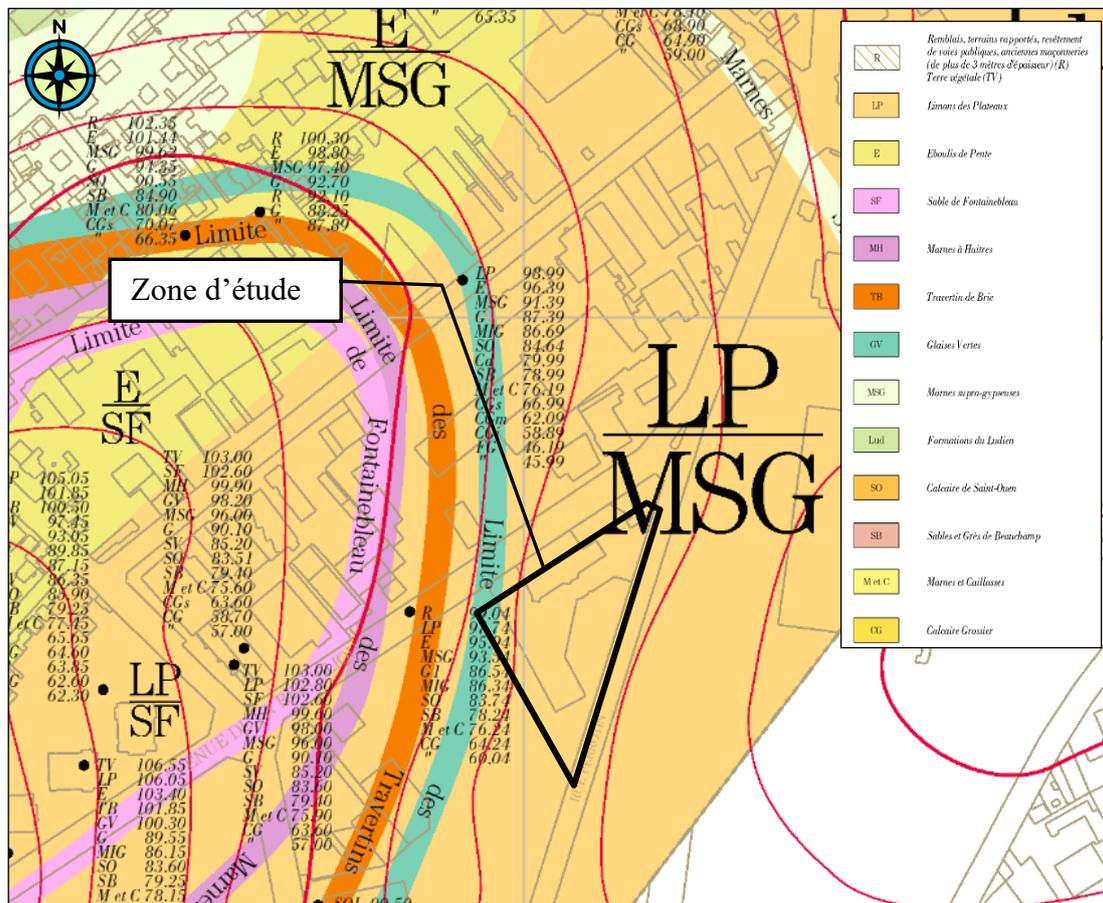


Figure 7 : Vue aérienne de la zone d'étude

3.2. Contexte géologique et lithologique

D'après la carte géologique de Paris Est, au 1/50 000^{ème}, et les études déjà réalisées dans le secteur, la succession lithologique présumée est la suivante :

- Remblais d'aménagement et Limons sur éboulis éventuels,
- Colluvions probables,
- Marnes Supragypseuses,
- Masses et Marnes du Gypse,
- Calcaire de Saint-Ouen,
- Sables de Beauchamp,
- Marnes et Caillasses,
- Calcaire Grossier.



3.3. Contexte hydrogéologique

D'après les données du BRGM sur les remontées de nappes, le site est localisé dans une zone de sensibilité faible vis-à-vis de l'aléa inondation par remontée de nappe.

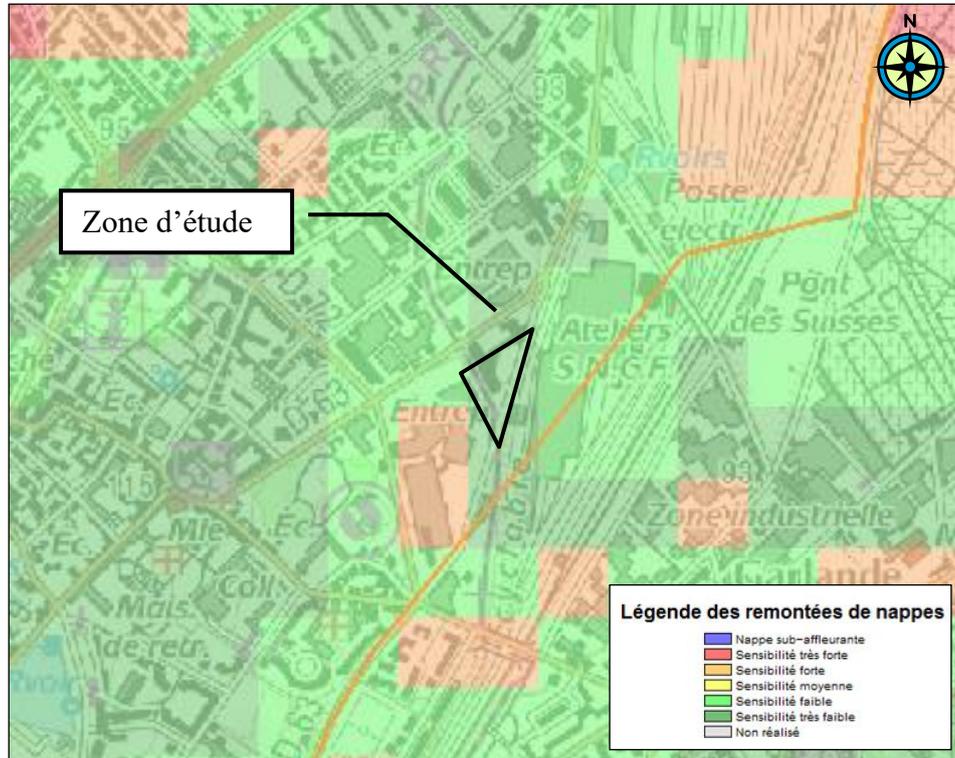


Figure 9 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis des remontées de nappes

Cependant, des circulations de versant, plus ou moins, pérennes et pouvant être recoupées à faible profondeur sont à attendre dans ce contexte géologique.

Notons également qu'en période climatique humide, des circulations de pente et des accumulations d'eau peuvent se produire dans les terrains superficiels, à la faveur de passages plus perméables et au niveau des interfaces lithologiques.

3.4. Phénomène de retrait-gonflement des argiles

D'après les informations fournies par le BRGM, le terrain présente un aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des formations argileuses.

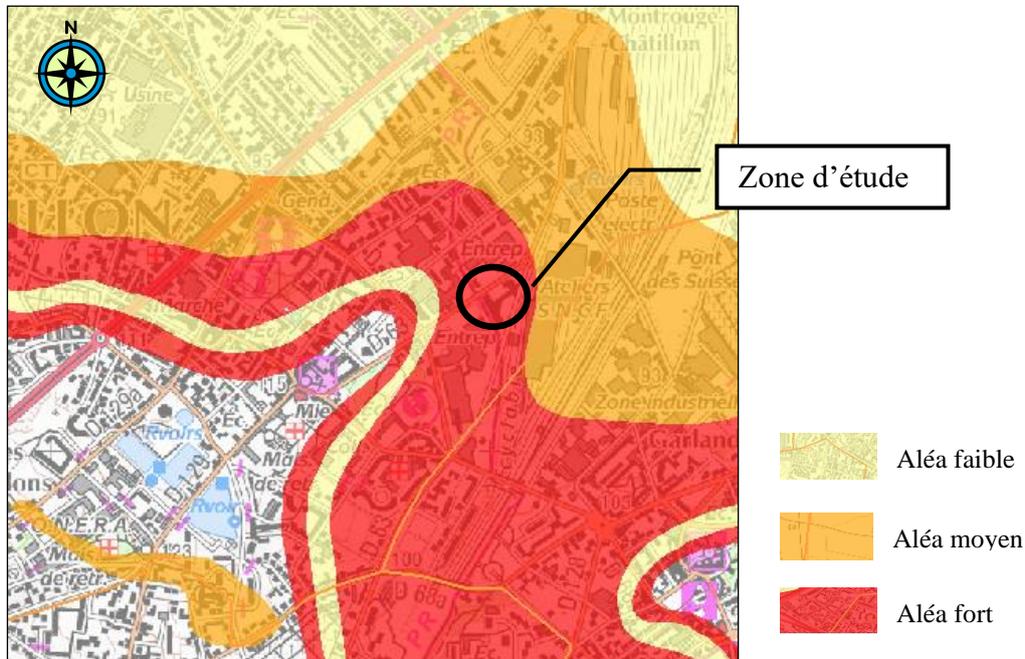


Figure 10 : Extrait de la carte du BRGM des servitudes vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement

3.5. Contexte de carrières

D'après les données de l'IGC et l'analyse des cartes des carrières n°20-59 et 21-59, dont un extrait est présenté ci-après, le terrain est sous-miné par d'anciennes exploitations souterraines de l'étage moyen du Calcaire Grossier et à proximité d'anciennes exploitations souterraines de l'étage supérieur du Calcaire Grossier. L'analyse de la carte des carrières, conduit aux observations suivantes :

- Les caractéristiques présumées de l'exploitation de l'étage supérieur du Calcaire Grossier sont les suivantes :
 - recouvrement de l'étage supérieur (CG1) : environ 30 m à 40 m,
 - hauteur d'exploitation de l'étage supérieur (CG1) : environ 1 à 2 m.
- Les caractéristiques présumées de l'exploitation de l'étage moyen du Calcaire Grossier sont les suivantes :
 - recouvrement de l'étage moyen (CG2) : environ 35 m à 45 m,
 - hauteur d'exploitation de l'étage moyen (CG2) : environ 1 à 2 m.
- Les limites de ces exploitations ne sont pas connues avec certitude.

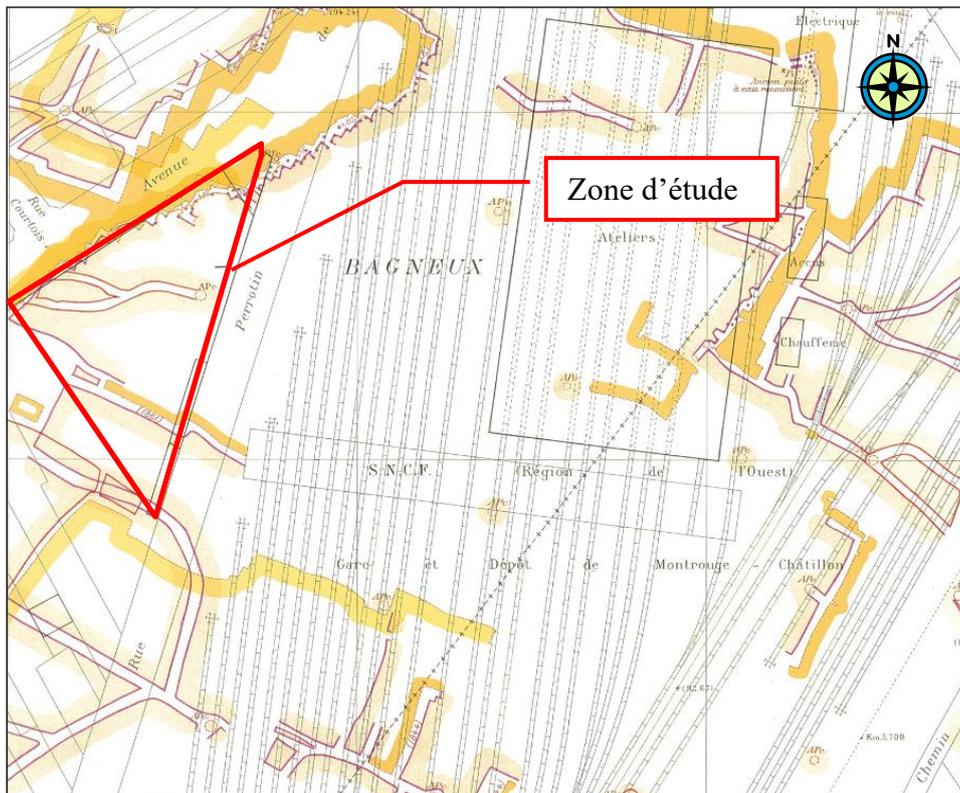


Figure 11 : Extrait de la carte des carrières n° 21-59

Les exploitations souterraines des Masses et Marnes du Gypse, quant à elles, sont positionnées plus au Nord et n'intéresse pas le projet.

3.6. Autres aléas géotechniques

On note que la parcelle étudiée :

- est en dehors de la zone de dissolution du Gypse antéludien définie par arrêté inter-préfectoral,
- se situe en zone 1 (*sismicité très faible*) selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et n°2015-5 du 6 janvier 2015 de mise à jour, relatifs à la prévention des risques sismiques, entrés en vigueur le 1^{er} mai 2011 (*art. D. 563-8-1 du Code de l'Environnement*).

4. PRESENTATION DU PROJET

4.1. Caractéristiques du projet

Le projet d'aménagement prévoit la réalisation d'un ensemble immobilier de 6 bâtiments à usage de bureaux, parkings et locaux d'accompagnement, divisé en 4 lots :

- lot A de type R+14,
- lot B de type R+8,
- lot C de type R+8 et R+10,
- lot D de type R+14.

Les 6 bâtiments reposent sur une infrastructure commune dont l'emprise au sol est de 3 742 m², cette infrastructure comprend :

- un niveau de rez-de-jardin en infra, noté sur les plans « Logistique urbaine », dont le niveau du plancher varie entre 93,40_{NGF}, 93,82_{NGF} et 94,48_{NGF}.
- deux niveaux de sous-sols à usage de parking, de locaux techniques. Le niveau bas fini (arase supérieure) du R-2 sera établi à la cote **87,36 NGF** au Nord (Av. de la République) et à la cote **87,68 NGF** Sud (rue Pérotin).

La surface totale des bâtiments est découpée par 4 joints de dilatation, limitant la longueur des blocs structuraux de bâtiment à 40 m environ. Sauf sur les pointes Sud et Ouest du bâtiment A jusqu'au R+2.

Dans la suite, nous supposons que les terrassements pourront atteindre une hauteur de l'ordre de 10 m sous le niveau du rez-de-chaussée bas existant et d'environ 14 m sous le niveau du point haut de la coulée verte (à préciser selon le relevé topographique).

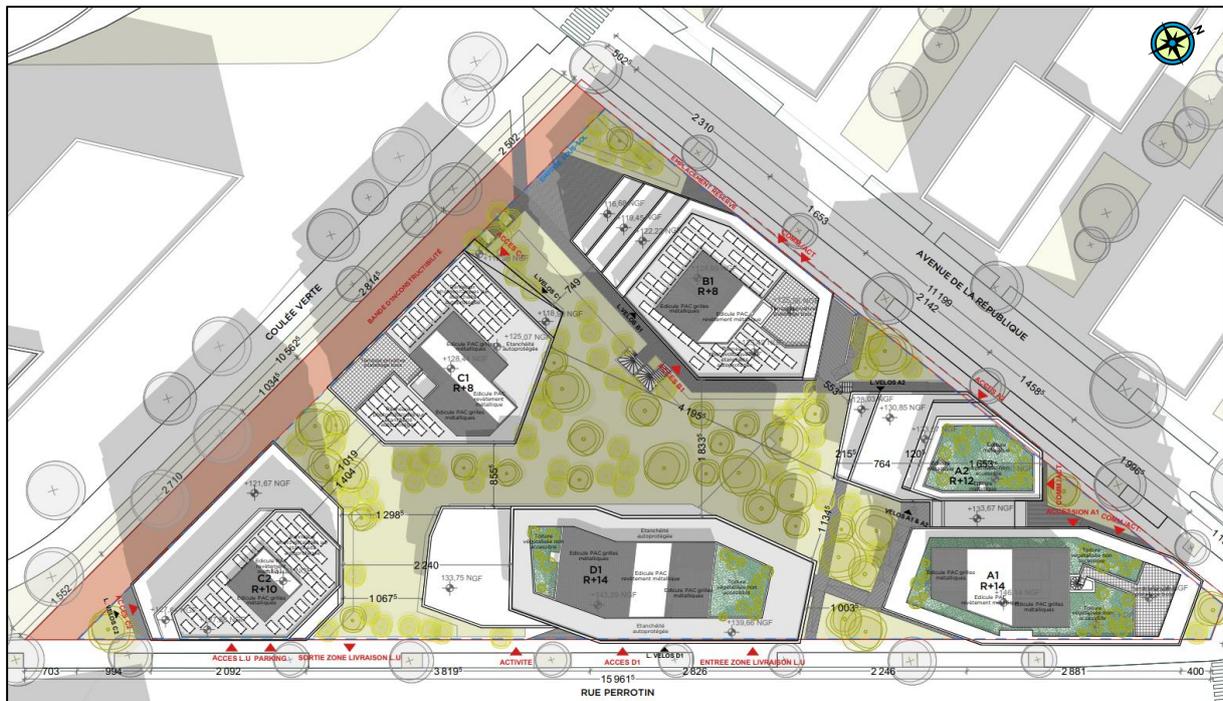


Figure 12 : Extrait du plan masse des constructions référencé PC02.1 du 17/06/2024



Figure 13 : Plan du sous-sol R-2. Référencé PC23 du 16/02/2024

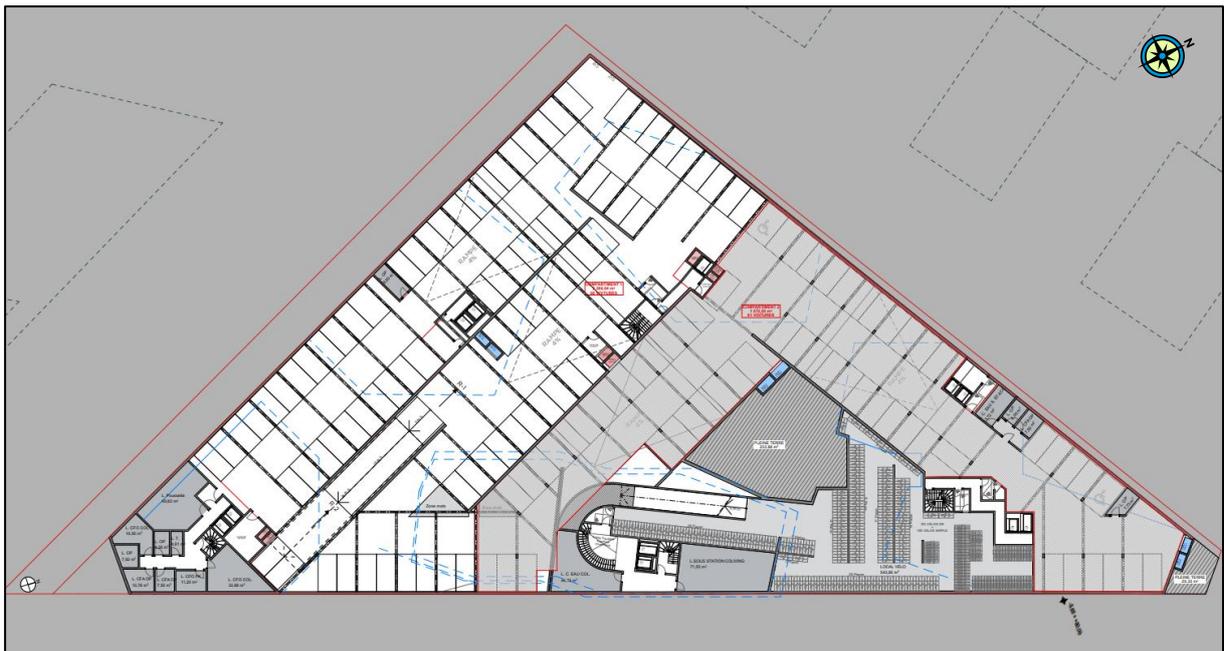


Figure 14 : Plan du sous-sol R-1. Référencé PC23 du 16/02/2024

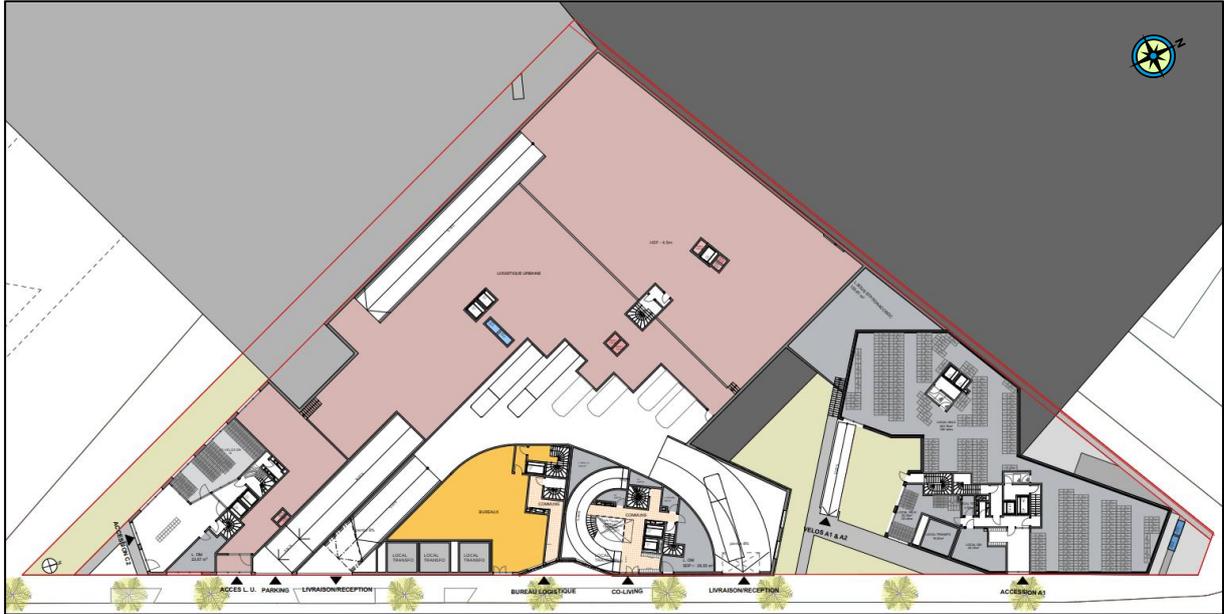


Figure 15 : Plan du sous-sol RDC (Réz de Jardin) -1. Référencé PC23 du 16/02/2024

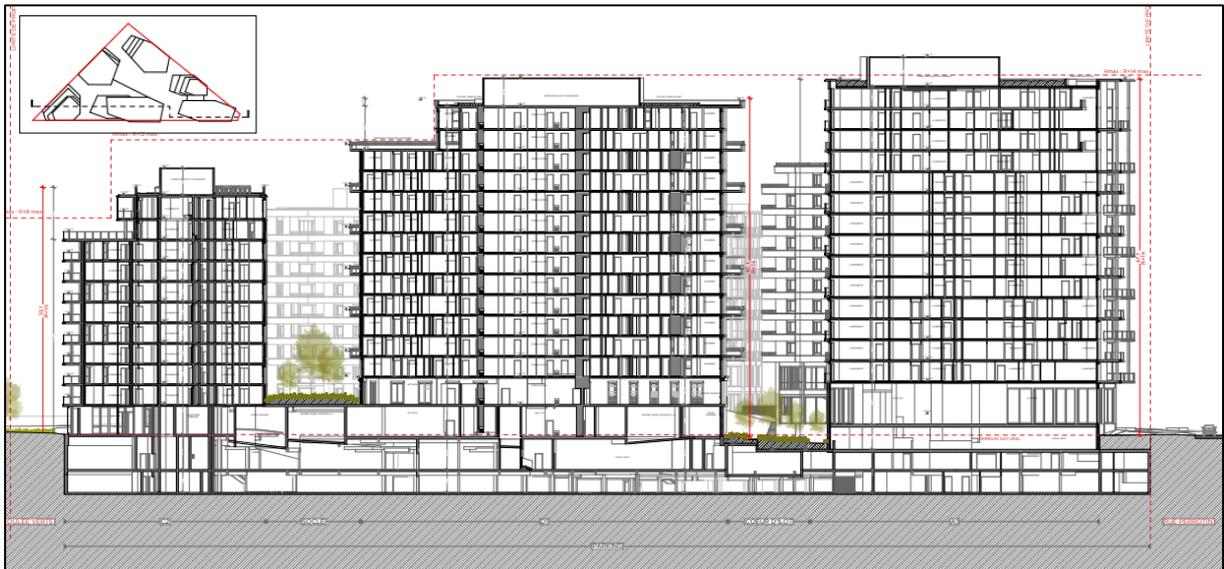


Figure 16 : Coupe transversale coulée. Référencée PC03.2 du 17/06/2024



Figure 17 : Coupe transversale coulée. Référencée PC03.2 du 17/06/2024



Figure 18 : Coupe transversale coulée. Référencée PC03.2 du 17/06/2024

4.2. Plan de fondation et descentes de charges

Le plan de fondation ainsi que les combinaisons d'actions du projet n'ont pas été transmises à ce stade. Seule une estimation des charges est donnée.

D'après les échanges avec ARTELIA, les charges maximales du projet à l'ELS Caractéristiques sont les suivantes :

- Charge ponctuelle : 10 250 kN (ELS Carc),
- Charge filante : 1 950 kN/ml (ELS Carc),
- Charge filante sous paroi périmétrique : 1120 kN/ml (ELS Carc).

Dans le cadre de notre étude, nous prendrons en considération différents cas de charges afin de mieux orienter les dimensionnements.

4.3. Synthèse des risques géotechniques

La synthèse des différents risques géotechniques à prendre en compte pour le projet, en tenant compte des aléas définis précédemment, est présentée dans le tableau suivant :

| Type de risque | Fort | Moyen | Faible | Très faible |
|--|--|-------|--------|-------------|
| Risque carrières | ✓ | | | |
| Risque dissolution du Gypse | | | ✓ | |
| Risque lié au retrait-gonflement des sols argileux | | | ✓* | |
| Risque mouvement de terrain | Non renseigné mais risque a priori faible dans ce contexte local | | | |
| Risque inondation par submersion | | | ✓ | |
| Risque inondation par remontée de nappe | ✓** | | | |
| Risque sismique | | | | ✓ |

(*) Risque réévalué compte tenu du projet sur au moins 3 niveaux enterrés et descendant au-delà des formations argileuses à risque.

(**) Risque réévalué compte tenu de la présence d'une nappe de versant et du projet sur 3 niveaux enterrés.

4.4. Définition de la ZIG

Sur la base des éléments transmis, et dans un plan horizontal, la ZIG (Zone d'influence géotechnique) du projet est circonscrite dans un périmètre de 5-6 mètres environ autour des limites de la construction.

Dans le plan vertical, cette ZIG est définie jusqu'à au moins 15 m sous la base des fondations du projet.

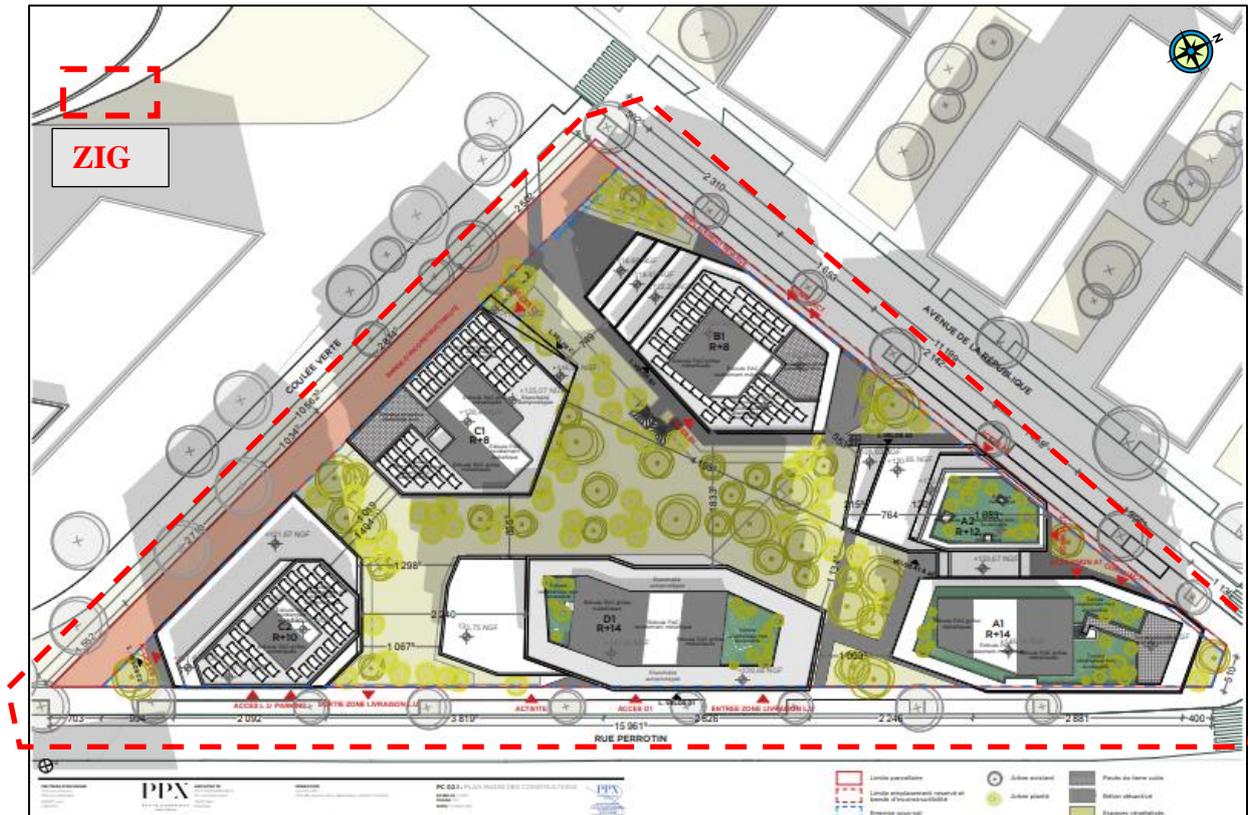


Figure 19 : Aperçu dans le plan de la ZIG du projet

5. RESULTATS OBTENUS

5.1. Nature des sols reconnus

Les coupes des sondages sont réalisées à l'aide des cuttings extraits au droit des sondages exécutés selon une méthode destructive. Cette méthode ne permet d'avoir qu'une coupe approchée donnant une indication sur la nature des terrains traversés sous réserve qu'il n'y ait pas de perte d'injection du fluide de forage. De plus, le remaniement des matériaux peut entraîner des imprécisions et donc des variations sur les profondeurs présentées. Seul, un sondage carotté permettrait de définir avec précision la lithologie des terrains traversés.

Dans le cas présent, les deux sondages carottés réalisés ont permis de caractériser précisément la lithologie jusqu'à 20 m de profondeur.

Ainsi, l'examen des matériaux remontés au cours de l'exécution des sondages a permis d'établir comme suit la succession des différentes formations rencontrées :

Remblais et colluvions

Des remblais et/ou terrains superficiels remaniés, à dominante limono-sableuse, ont été reconnus jusque vers 1 à 3,5 m de profondeur.

Notons que ces matériaux sont susceptibles de présenter localement des surépaisseurs variables selon les aménagements passés du site. De plus, ces matériaux peuvent renfermer tant des niveaux aussi bien des niveaux indurés de toutes dimensions que des passages complètement décomprimés.

Colluvions

Un brouillage d'argiles et de marnes avec, localement des passages sableux de teintes diverses (principalement marron, beiges à verdâtres) a été recoupé jusqu'à des profondeurs comprises entre 1,5 et 4 m de profondeur (selon la topographie), soit jusque vers les côtes altimétriques 90/92 NGF environ.

Ils correspondent à des matériaux colluvionnaires issus, au moins en partie, de la formation des Sables de Fontainebleau, de la formation de Brie, des Argiles Vertes voire des Marnes Supragypseuses. A cet égard, ils sont susceptibles de présenter des phénomènes de retrait-gonflement en fonction de leur variation de leur teneur en eau.

Marnes argileuses

Des marnes argileuses de couleur beige-jaunâtre à verdâtres ont été rencontrées jusque vers 4/9 m de profondeur (selon la cote des sondages réalisés depuis le sous-sol ou le terrain naturel), soit jusque vers 87/89 NGF.

Ces matériaux correspondent aux Marnes Supragypseuses (Marnes de Pantin, puis Marnes d'Argenteuil). Notons que les Marnes beiges de Pantin peuvent renfermer de niveaux calcaireux indurés. Les Marnes bleues d'Argenteuil sont généralement très argileuses et constituent une couche imperméable pouvant retenir des circulations d'eau, voire une nappe.

Marno-calcaires (1)

Des marnes ont été rencontrées jusqu'aux pertes d'injection observées jusque vers 14/20 m de profondeur (selon la cote des sondages réalisés depuis le sous-sol ou le terrain naturel) selon la topographie soit jusque vers 76/78 NGF.

Ces matériaux se rattachent de manière indifférenciées aux Marnes Supragypseuses, aux Masses et Marnes du Gypse, aux Marnes et Sables Infragypseux puis au Calcaire de Saint-Ouen.

D'une manière générale, les formations anteludiennes sont susceptibles de renfermer des bancs grésifiés et calcareux résistants et indurés.

Sables

Au-delà des matériaux marneux, des sables, de couleur gris-verdâtre, ont été jusque vers 19/23 m de profondeur, soit jusque vers 72/73 NGF environ.

Nous assimilons cette formation à celle des Sables de Beauchamp, formation pouvant renfermer localement des niveaux indurés de type grès, ou des niveaux plus argileux.

Marno-calcaires (2)

Enfin, des marno-calcaires ont été recoupés au-delà des sables, soit à partir d'environ 19/23 m de profondeur (soit au-delà d'environ 72/73 NGF environ) et jusqu'à la base de nos sondages les plus profonds, arrêtés vers 43 m de profondeur, soit vers 49 NGF.

Ces matériaux appartiennent aux Marno-calcaires du Lutétien (Marnes et Caillasses puis Calcaire Grossier). Cette formation est constituée principalement de bancs calcaires indurés et de niveaux marneux plus tendres.

Le toit du Calcaire Grossier se situerait vers 63/65 NGF environ.

5.2. Observations concernant l'eau

5.2.1. Niveau piézométrique

Lors de nos différentes interventions, six piézomètres ont été mis en place au droit de sondages spécifiques dont :

- 3 piézomètres descendus 10 m de profondeur au droit des sondages (PZ8, PZ10 et PZ21),
- 3 piézomètres descendus 6 m de profondeur au droit des sondages (PZ25, PZ26 et PZ27).

Nous rappelons qu'une hydrogéologique (G240549) est en cours et que les résultats de cette dernière viendront complétée les éléments donnés dans le présent rapport.

Les niveaux piézométriques mesurés au droit des différents piézomètres sont présentés dans le tableau suivant :

| | Nappe de l'Eocène supérieur | | | Nappe de versant | | |
|------------|--|--|--|--|--|--|
| | PZ8 (92,2 NGF) | PZ10 (95,1 NGF) | PZ21 (94,9 NGF) | PZ25 (95,1 NGF) | PZ26 (95,1 NGF) | PZ27 (96 NGF) |
| | Niveau d'eau (NGF) Profondeur (m) |
| 28/04/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,62 9,48 | - | - | - | - |
| 18/05/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,75 9,35 | - | - | - | - |
| 16/06/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,66 9,44 | - | 90,44 4,66 | 90,76 4,34 | 91,83* 4,17 |
| 15/07/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,54 9,56 | Sec à 84,4 NGF | 90,2 4,90 | 90,54 4,56 | 90,92* 5,08 |
| 19/08/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,5 9,60 | Sec à 84,4 NGF | 90,41 4,69 | 90,8 4,30 | 90,33* 5,67 |
| 15/09/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,5 9,60 | Sec à 84,4 NGF | 90,14 4,96 | 90,41 4,69 | Sec à 89,8 NGF |
| 12/10/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,62 9,48 | Sec à 84,4 NGF | 90,41 4,69 | 90,7 4,40 | Sec à 89,8 NGF |
| 26/10/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,74 9,37 | Sec à 84,4 NGF | 90,59 4,51 | 91,25 3,85 | Sec à 89,8 NGF |
| 18/11/2020 | Sec à 81,8 NGF | 85,67 9,43 | Sec à 84,4 NGF | 90,34 4,76 | 90,64 4,46 | Sec à 89,8 NGF |
| 15/02/2021 | Sec à 81,8 NGF | 86,03 9,07 | 85,63 9,27 | 90,32 4,78 | 90,92 4,18 | Sec à 89,8 NGF |
| 22/02/2021 | Sec à 81,8 NGF | 85,92 9,18 | 85,61 9,29 | 90,37 4,73 | 90,90 4,20 | Sec à 89,8 NGF |

*Niveau non stabilisé

Tableau 1 : Tableau regroupant les niveaux d'eau enregistrés sur les piézomètres du projet

Ainsi, les deux types de piézomètres mis en œuvre permettent de mettre en évidence de type de nappe au droit du site :

- **Nappe de versant**

Les relevés effectués au droit des ouvrages PZ25 et PZ26 révèlent la présence d'un niveau d'eau autour de 4 à 5 m de profondeur, qui semble être soutenu par les horizons marneux associés aux Marnes Supragypseuses présents à partir de 3 à 4 m de profondeur par rapport au terrain naturel.

Notons également que le piézomètre PZ27 est sec à 6 m de profondeur. A proximité directe de cet ouvrage, le sondage carotté SC23 met en avant une alternance de passage sableux, voire sablo-graveleux, et de marnes plus ou moins argileuses, caractéristiques du Ludien indifférencié. L'ouvrage PZ27 est donc susceptible, d'avoir traversé l'éventuel passage imperméable soutenant ces circulations de versant, alimentées par les précipitations efficaces.

Le niveau d'eau étant plus haut sur PZ26 que sur PZ25, il semble que le gradient hydraulique de ces circulations présente une composante d'écoulement orientée vers le Sud, la pente topographique étant localement orientée vers l'Est, voire le Sud-Est. Ce gradient pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité des Marnes Supragypseuses. Le graphique suivant présente l'évolution du niveau d'eau au droit de PZ26 en fonction de la pluviométrie journalière enregistrée à la station météorologique de Montsouris du 26/10/2020 au 22/02/2021.

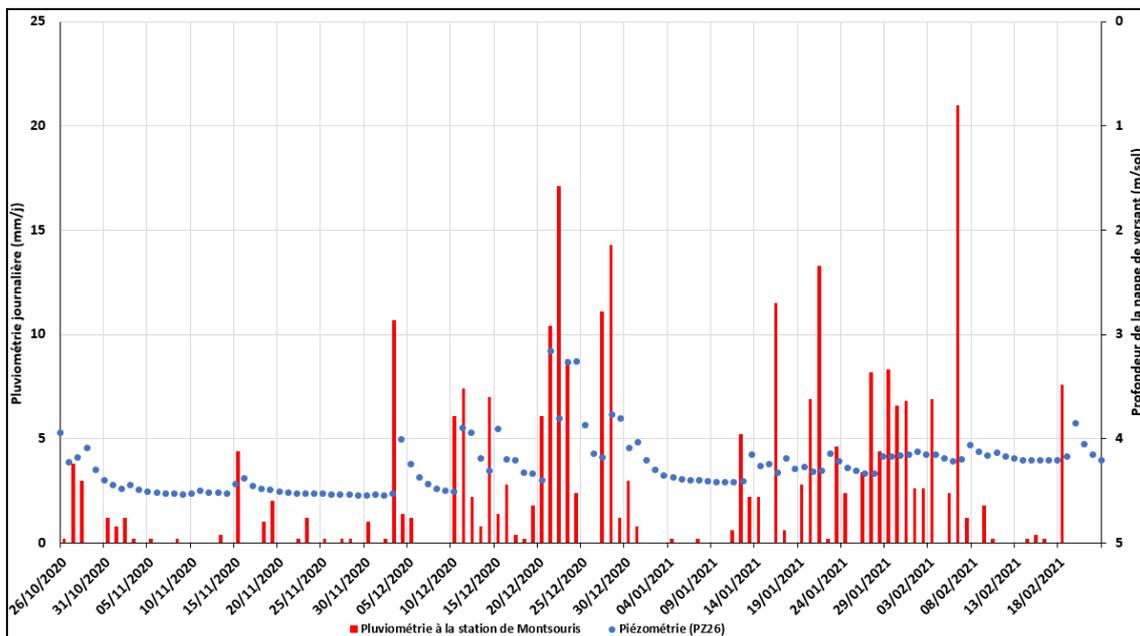


Figure 20 : Evolution du niveau piézométrique sur PZ26 (sonde automatisée) en fonction de la pluviométrie journalière enregistrée à la station de Montsouris

Notons que lors d'évènements pluviométriques notables, le niveau piézométrique de la nappe de versant remonte significativement, pour redescendre à son niveau statique en moins d'une semaine. Nous considérerons donc que les niveaux « hauts » enregistrés à la suite de fortes pluies ne sont pas pérennes, mais traduisent d'une mise en eau fréquente des terrains sus-jacents.

En tout état de cause, le niveau statique observé entre **4,1 m/sol (+ 91 m NGF)** et **4,7 m/sol (+ 90,4 m NGF)** est susceptible d'être présent sur toute la parcelle sera considéré comme **perenne**. La présence du sous-sol au Nord-Ouest ne permet pas d'observer ces circulations en partie amont du site.

Notons qu'à l'état actuel, le sous-sol existant est situé au-dessus de cette nappe. Par conséquent, aucun effet barrage n'est susceptible d'influencer le niveau de cette nappe.

- **Nappe de l'Eocène supérieur**

Concernant la nappe siégeant dans les formations de l'Eocène supérieur, seul les mesures au piézomètres PZ10 ont permis de mettre en avant un niveau d'eau autour des cotes + 85,5 à + 86 m NGF jusqu'au 18/11/2020.

Jusqu'à cette date, l'ouvrage PZ21 était « sec » à la cote de + 84,4 m NGF, ce qui laisse supposer l'existence d'un gradient Nord-Sud supérieur à 1 % en période de basses eaux (au 19/08/2020, PZ10 enregistre + 85,5 m NGF et PZ21 est sec à + 84,4 m NGF). Un niveau d'eau étant de nouveau observable à partir du 15/02/2021 sur PZ21, nous pouvons supposer que le gradient hydraulique diminue en période hautes eaux. Ici, il est de 0,4 % environ au 15/02/2021. Le suivi piézométrique au droit de l'ouvrage PZ10 en fonction de la pluviométrie journalière enregistrée au droit de la station météorologique de Montsouris est présenté en figure suivante.

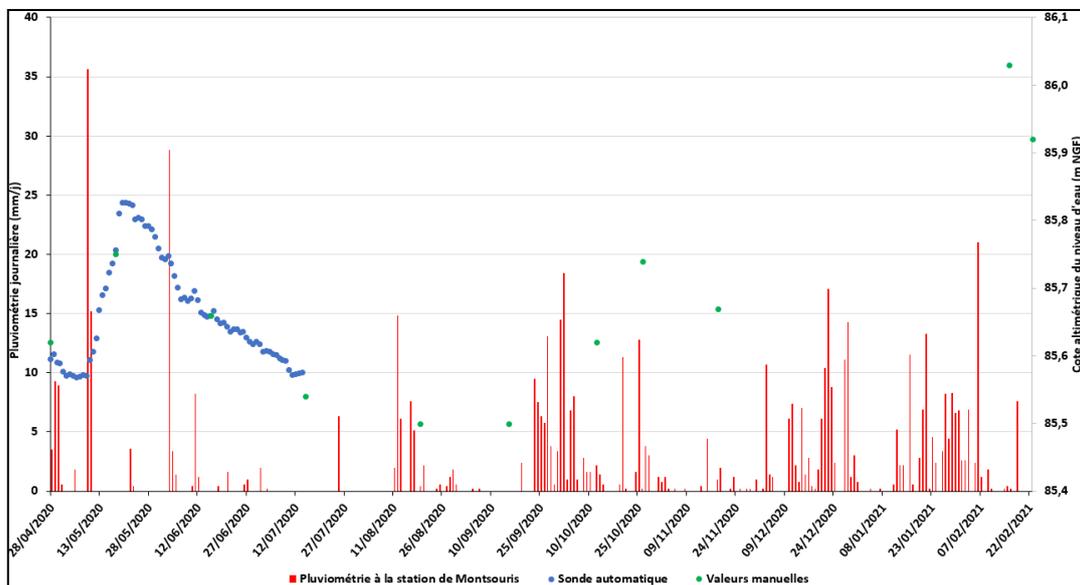


Figure 21 : Evolution du niveau piézométrique sur PZ10 en fonction de la pluviométrie journalière enregistrée à la station de Montsouris

Le suivi piézométrique de la figure précédente permet d'évaluer le battement saisonnier de la nappe de l'Eocène supérieur à **environ 0,5 m**, entre + 85,5 m NGF en août 2020 et + 86 m NGF en février 2021 lors des fortes pluies.

Par ailleurs, notons que l'ouvrage PZ8 reste « sec » jusqu'à la cote de + 81,8 m NGF, même en période de hautes eaux. Bien que la coupe du piézomètre PZ8 indique qu'il est crépiné uniquement dans les marnes associées aux formations de l'Eocène supérieur, les ouvrages SP7, SD6, SP17 ou encore SD18 situent le toit des Sables de Beauchamp autour des cotes + 77 à + 78 m NGF. A ce titre, l'absence de niveau d'eau au droit de PZ8 peut s'expliquer par la mise en communication du piézomètre avec les Sables de Beauchamp sous-jacents.

Au regard du suivi piézométrique, nous considèrerons par la suite que le niveau d'étiage (EB) de cette nappe est situé à la cote de + 85,5 m NGF.

5.2.2. Estimation des niveaux de plus hautes eaux (NPHE)

Le site a fait l'objet d'une étude hydrogéologique (cf. rapport GEOLIA n°G200045_indiceA_pièce002. Compte tenu des hypothèses considérées au droit du site pour les différents paramètres régissant les niveaux piézométriques, les niveaux de plus hautes eaux peuvent être estimés pour le projet de la manière suivante :

Nappe de Versant :

| | Période de retour du niveau de nappe | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Annuelle | Décennale | Cinquantennale | Centennale |
| Niveau du plancher fini | 87,36 / 87,68 NGF | | | |
| Niveau du terrassement | 86,7 / 86,3 NGF | | | |
| Niveau de la nappe en amont | 93,9 NGF | | | |
| Niveau de la nappe en aval | 90,4 NGF | | | |
| Variations saisonnières annuelles | + 0,7 m | | | |
| Variations liées à des épisodes pluvieux exceptionnels | - | + 0,6 m | + 0,78 m | + 0,86 m |
| Effet de barrage | + 0,5 m | | | |
| Ondes de crues | + 0 m | | | |
| Arrêt des pompages | + 0 m | | | |
| NPHE : Niveaux de hautes eaux de la nappe de versant à l'AMONT | 95,1 m NGF | 95,7 m NGF | 95,9 m NGF | 96 m NGF |
| NPHE : Niveaux de hautes eaux de la nappe de versant à l'AVAL | 91,6 m NGF | 92,2 m NGF | 92,4 m NGF | 92,5 m NGF |

Tableau 2 Estimation des niveaux de plus hautes eaux (NPHE) Nappe de versant

Nappe de l'Eocène :

| | Période de retour du niveau de nappe | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | EF | EH ₁₀ | EH ₅₀ | EE |
| Niveau du plancher fini | 87,36 / 87,68 NGF | | | |
| Niveau du terrassement | 86,7 / 86,3 NGF | | | |
| Niveau d'étiage de la nappe EB | 85,5 m NGF | | | |
| Variations liées à des épisodes pluvieux exceptionnels | + 0,5 m | + 2,21 m | + 3,27 m | + 3,71 m |
| Arrêt des pompages | + 0 m | | | |
| NPHE : Niveau de hautes eaux de la nappe par périodes de retour | 86 m NGF | 87,7 m NGF | 88,8 m NGF | 89,2 m NGF |

Tableau 3: Estimation des niveaux de plus hautes eaux (NPHE) Nappe de l'Eocène supérieur

5.2.3. Essai de perméabilité

Afin de mesurer la perméabilité des sols, 4 essais de perméabilité répartis dans les sondages SC11 et SC23 ont été réalisés et interprétés. Il s'agit de perméabilités, réalisés entre 4-5 m et 5-6 m interprétés en régime transitoire.

Les résultats obtenus conduisent aux résultats suivants :

| Sondages | Profondeur / Cote | Faciès | K (m/s) |
|--------------------|---------------------------|--------|------------------------|
| SC11 (95,0 NGF) | 4 à 5 m / 90 à 91 NGF | Marnes | # 5,0.10 ⁻⁷ |
| | 5 à 6 m / 89 à 90 NGF | Marnes | # 1,3.10 ⁻⁶ |
| SC23 (96,2 NGF) | 4 à 5 m / 91,2 à 92,2 NGF | Marnes | # 4,5.10 ⁻⁶ |
| | 5 à 6 m / 90,2 à 91,2 NGF | Marnes | # 1,5.10 ⁻⁶ |

Les essais de perméabilité effectués permettent de constater que les marnes présentent des perméabilités moyennes à faibles comprises entre environ 5.10⁻⁶ et 4,5.10⁻⁷ m/s entre 89 NGF et 91 NGF.

| 1 | Coefficient de perméabilité m/s (échelle logarithmique) | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|------------------|------------------|--|------------------|------------------|---|---------------------|-------------------|-------------------|
| | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | 10 ⁻¹⁰ | 10 ⁻¹¹ |
| Propriétés relatives au drainage | | | Bon drainage | | | | Faible drainage | | Presque imperméable | | |
| Types de sol | Graviers propres | Sables propres, mélanges de sables et de graviers propres | | | Sables très fins, silts organiques et inorganiques, mélanges de sables, de silt et d'argile, tills glaciaires dépôts d'argile stratifiés, etc. | | | Sols « imperméables » comme les argiles homogènes sous la zone d'altération | | | |

Remarque :

- Les essais d'infiltration sont ponctuels et que des variations sensibles restent possibles entre la perméabilité mesurée localement in situ lors des investigations et celle constatée, en grand, à l'ouverture des fouilles en phase travaux.

Par ailleurs, la perméabilité des horizons marno-calcaires dans lesquels siège la nappe de l'Eocène supérieur a été estimé à environ 5.10^{-6} m/s.

5.3. Enregistrements des paramètres de forage

5.3.1. Présentation des enregistrements des paramètres de forage

Pour les sondages réalisés par une sondeuse de type SOCOMAFOR 50/65, l'enregistrement numérique des paramètres de forage a été réalisé par l'intermédiaire d'un appareil numérique de type EXPLOFOR de la Société APAGEO.

Cet appareil présente les caractéristiques suivantes :

- 2 types d'enregistrement simultanés :
 - ⇒ Graphiques,
 - ⇒ Numériques,
- l'enregistrement de 5 paramètres de forages sur voies indépendantes à savoir :
 - ⇒ Pression sur l'outil,
 - ⇒ Pression d'injection,
 - ⇒ Couple de rotation,
 - ⇒ Pression de retenue,
 - ⇒ Vitesse d'avancement,
- un programme d'exploitation des enregistrements numériques qui permet :
 - ⇒ Correction des paramètres,
 - ⇒ Choix de l'amplitude de tous les paramètres,
 - ⇒ Choix de l'échelle de représentation graphique de la profondeur,
 - ⇒ Format d'impression modulable,

En ce qui concerne la présentation des résultats, les diagraphies des paramètres des sondages sont jointes en annexe.

5.3.2. Analyse des enregistrements de paramètres

Les enregistrements des paramètres permettent d'identifier 2 types d'anomalies possibles, soit des *vides francs*, soit des *terrains décomprimés* (lâches et peu compacts).

Des tests de chute libre ont été réalisés au droit de nos sondages. Des étalonnages sont placés en annexe du présent rapport.

Ainsi, les vides se caractérisent par une chute libre de l'outil de forage avec, selon le matériel employé :

- une vitesse d'avancement de supérieure à 600 ou 1 500 m/h selon la pression sur l'outil et le sondage réalisé,
- un effort faible exercé sur le train de tiges,
- une pression de retenue élevée,
- une pression d'injection du fluide de forage très faible,

Les passages décomprimés sont quant à eux, caractérisés, notamment, par une vitesse d'avancement supérieure à 400, 600 ou 900 m/h, selon le sondage réalisé.

On observe plus précisément au droit des sondages réalisés, les principaux points résumés dans les tableaux suivants :

| Sondage (cote NGF) | Anomalie | | | Observations |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------|---|
| | Profondeur du toit | Profondeur de la base | Hauteur | |
| SP1 (95,2) | 0 m (95,2) | 7,5 m (87,7) | 7,5 m | Eboulis, argiles et marnes indifférenciés |
| | 33,0 (62,2) | 34,0 (61,2) | 1,0 m | Exploitation souterraine CG2 bourré |
| | 35,6 (59,6) | 38,0 (57,2) | 2,4 m | Passage altéré |
| SD2 (92,2) | 29 m (63,2) | 30,1 m (62,1) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG1 |
| | 30,5 m (61,7) | 31,2 (61,0) | 0,7 m | Exploitation souterraine CG2 ? |
| SD3 (92,2) | 26,5 m (65,7) | 27,1 m (65,1) | 0,6 m | Passage décomprimé – Exploitation souterraine ? |
| | 28,8 m (63,4) | 30,1 m (62,1) | 1,3 m | Exploitation souterraine CG2 |
| SP4 (92,2) | 29 m (63,2) | 30,2 m (62 NGF) | 1,2 m | Exploitation souterraine CG2 bourré |
| SD5 (92,2) | - | - | - | RAS |
| SD6 (92,2) | - | - | - | RAS |
| SP7 (92,2) | 24,3 m (67,9) | 25,3 m (66,9) | 1,0 m | Passage altéré |
| | 28,7 m (63,5) | 29,8 (62,4) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG2 bourré |
| SD9 (92,2) | 26,1 m (66,1) | 26,6 m (65,6) | 0,5 m | Passage décomprimé – Exploitation souterraine ? |
| | 29,0 m (63,2) | 30,1 m (62,1) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG2 |
| SP12 (95,1) | 30,5 m (64,6) | 31,1 m (63,6) | 1 m | Exploitation souterraine CG1 |
| | 32,2 m (62,9) | 33,6 (61,5) | 1,8 m | Exploitation souterraine CG2 |

| Sondage (cote NGF) | Anomalie | | | Observations |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------|--|
| | Profondeur du toit | Profondeur de la base | Hauteur | |
| SD13 (95,1) | 29,8 m (65,3) | 30,9 m (64,2) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG1 |
| | 32,5 m (62,6) | 33,6 m (61,5) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG2 ? (bourrage compact) |
| | 36 m (59,1) | 37 m (58,1) | 1,0 m | Passage altéré |
| SD14 (95,1) | 17,8 m (77,3) | 19,0 m (76,1) | 1,2 m | Passage très altéré |
| | 31,3 m (63,8) | 32,8 m (62,3) | 1,5 m | Exploitation souterraine CG1 bourré |
| | 33,1 m (62,0) | 34,5 m (60,6) | 1,4 m | Exploitation souterraine CG2 |
| SD15 (95,0) | 0 m (95,0) | 9,5 m (85,5) | 9,5 m | Eboulis, argiles et marnes indifférenciés ? |
| | 29,7 m (65,3) | 30,8 m (64,2) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG1 bourrée |
| | 31,3 m (63,7) | 33 m (62) | 1,7 m | Exploitation souterraine CG2 |
| SP16 (95,1) | 0 m (95,1) | 8,5 m (86,6) | 8,5 m | Eboulis, argiles et marnes indifférenciés |
| | 15,0 m (80,1) | 16,8 m (78,3) | 1,8 m | Passage altéré |
| | 21,9 m (73,2) | 23,0 m (72,1) | 1,1 m | Passage altéré |
| | 29,0 m (66,1) | 29,9 m (65,2) | 0,9 m | Exploitation souterraine CG1 |
| SP17 (92,2) | 26,2 m (66,0) | 27,4 m (64,8) | 1,2 m | Exploitation souterraine CG1 |
| | 28,5 m (63,7) | 29,6 m (62,6) | 1,1 m | Exploitation souterraine CG2 |
| SD18 (92,2) | 22,8 m (69,4) | 23,4 m (68,8) | 0,6 m | Passage altéré |
| | 27,3 m (64,9) | 29,2 m (63,0) | 1,9 m | Exploitation souterraine CG1 bourrée ? |
| | 29,8 m (62,4) | 31 m (61,2) | 1,2 m | Exploitation souterraine CG2 bourrée ? |
| SD19 (92,2) | 27,7 m (64,5) | 29,7 m (63,5) | 1,0 m | Exploitation souterraine CG1 bourrée |
| | 29,1 m (63,5) | 30,5 m (61,7) | 1,4 m | Exploitation souterraine CG2 ? (bourrage compact) |
| | 31,1 m (61,1) | 33,2 m (59,0) | 2,1 m | Passage altéré |
| SP20 (92,2) | - | - | - | RAS |
| SP22 (95,6) | - | - | - | RAS |
| SP24 (92,2) | 27,0 m (65,2) | 28,8 m (63,4) | 1,8 m | Exploitation souterraine CG1 |
| SD25 (92,2) | - | - | - | RAS |

Ainsi, au vu de l'ensemble des sondages réalisés au droit du site, nous retiendrons les différents points suivants :

- les exploitations supérieures et moyennes du Calcaire Grossier (CG1 et CG2) ont été mises en évidence au droit de nos sondages. Les caractéristiques de ces exploitations sont les suivantes :
 - Recouvrement : ≈ 26 m à 35 m (en fonction de la topographie),
 - Toit de CG1 : $\approx 64,5$ NGF₆₉ à 66 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1/1,5 m en moyenne,
 - Sol de carrière CG1 : $\approx 63,5$ NGF₆₉ à 65 NGF₆₉,
 - Interbanc : 0,5 à 1,5 m
 - Toit CG2 : ≈ 63 NGF₆₉ à 63,7 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1,5/2 m en moyenne,
 - Base de CG2 : ≈ 61 NGF₆₉ à 62,6 NGF₆₉,
 - Etat de comblement : variable, comblée à vide.
- le recouvrement apparait globalement sain et d'une compacité satisfaisante, aucun fontis n'a été repéré au droit de nos forages.

Remarque :

Nous rappelons qu'à ce stade des études, le maillage réglementaire recommandé par l'IGC n'est pas respecté. Il conviendra par la suite de se rapprocher de cet organisme pour valider les présentes conclusions et/ou compléter si besoin les investigations déjà disponibles.

5.4. Caractéristiques pressiométriques

Les valeurs des caractéristiques pressiométriques (E_M : module pressiométrique, PI^* : pression limite nette) ont été déterminées par des essais effectués au droit des sondages pressiométriques SP1, SP4, SP7, SP12, SP16, SP17, SP20, SP22 et SP24. L'analyse statistique des valeurs mesurées conduit aux résultats suivants :

• Remblais et colluvions

⇒ Cote des terrains : Jusque vers 1,5/4 m de profondeur, soit environ 90/92 NGF,

⇒ Nombre d'essais : 13 essais

⇒ Analyse des 13 essais pris en compte :

| E_M mini | E_M maxi | E_M moyen (a) | E_M moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 10,2 MPa | 17,3 MPa | 14,4 MPa | 14,1 MPa | 2,0 MPa | 0,14 |

| PI^* mini | PI^* maxi | PI^* moyen (a) | PI^* moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|-------------|-------------|------------------|------------------|------------|------------|
| 0,78 MPa | 1,54 MPa | 1,18 MPa | 1,14 MPa | 0,22 MPa | 0,18 |

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés au sein de ces terrains de couverture caractérisent des sols au comportement hétérogène, d'une compacité globalement médiocre à moyenne.

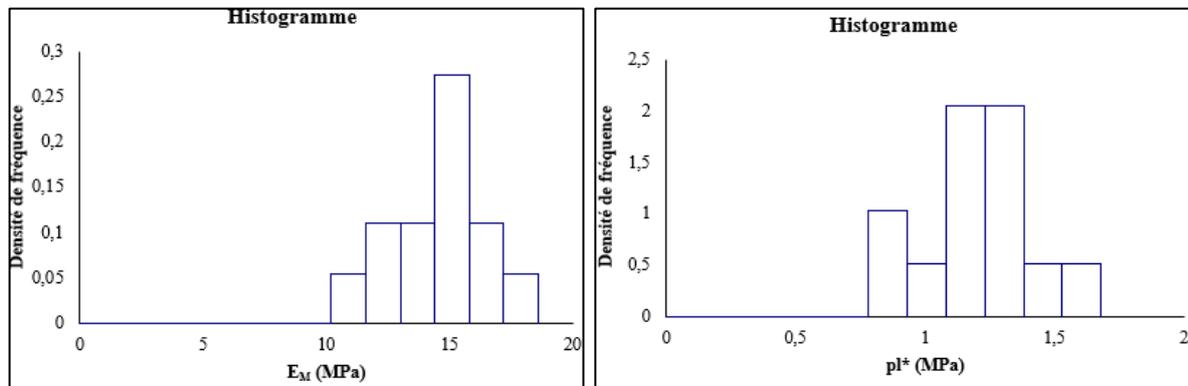


Figure 22 : Distribution pour les Remblais et Colluvions des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite).

Compte tenu de l'analyse statistique effectuée, nous retiendrons dans cet horizon les valeurs caractéristiques suivantes :

| <i>Remblais et colluvions</i> | E_M (MPa) | PI^* (MPa) |
|-------------------------------|------------------------------------|--|
| <i>Tendance</i> | <i>Loi Normale</i> $R^2 = 0,98$ | <i>Loi Log-normale</i> $R^2 = 0,96$ |
| Valeurs caractéristiques | 13,0 | 1,10 |

• Marnes argileuses (MSG)

⇒ Cote des terrains : Au-delà de 90/92 NGF Jusque vers 87/88 NGF

⇒ Nombre d'essais : 21 essais

⇒ Analyse des 21 essais pris en compte :

| E_M mini | E_M maxi | E_M moyen (a) | E_M moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 12,5 MPa | 25,0 MPa | 18,1 MPa | 17,6 MPa | 3,0 MPa | 0,17 |

| Pl^* mini | Pl^* maxi | Pl^* moyen (a) | Pl^* moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|-------------|-------------|------------------|------------------|------------|------------|
| 1,00 MPa | 2,53 MPa | 1,50 MPa | 1,45 MPa | 0,32 MPa | 0,22 |

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Ces valeurs caractérisent des matériaux de compacité globalement moyenne, avec localement des passages de bonne compacité.

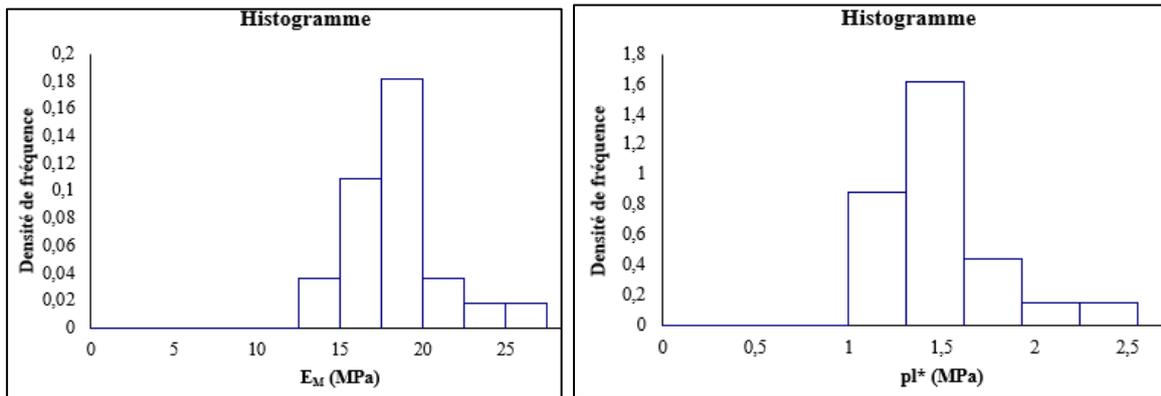


Figure 23 : Distribution pour les Marnes Supragypseuses des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite).

Compte tenu de l'analyse statistique effectuée, nous retiendrons dans cet horizon les valeurs caractéristiques suivantes :

| <i>Marnes Argileuses (Marnes Supragypseuses)</i> | E_M (MPa) | Pl^* (MPa) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| <i>Tendance</i> | <i>Log-normale</i> $R^2 = 0,96$ | <i>Log-normale</i> $R^2 = 0,97$ |
| Valeurs caractéristiques | 17,0 | 1,40 |

• Marno-calcaires 1 (MMG)

⇒ Cote des terrains : Au-delà de 87/88 NGF et jusqu'à au moins 76/78 NGF

⇒ Nombre d'essais : 60 essais

⇒ Analyse des 59 essais pris en compte : (1 essai non représentatif exclu de l'analyse)

| E_M mini | E_M maxi | E_M moyen (a) | E_M moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 12,0 MPa | >100,0 MPa | >51,2 MPa | >37,1 MPa | - | - |

| PI* mini | PI* maxi | PI* moyen (a) | PI* moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|----------|-----------|---------------|---------------|------------|------------|
| 1,01 MPa | >5,00 MPa | >3,65 MPa | >3,10 MPa | - | - |

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces formations caractérisent des matériaux d'une tenue globalement moyenne à bonne jusque vers 72 NGF puis très bonne au-delà.

Nous insistons tout particulièrement sur la présence de niveaux excessivement indurés au sein de ces formations ($E_M \geq 80$ MPa).

L'essai réalisé en SP7 à 21,5 m de profondeur (66,7 NGF) non représentatif de l'ensemble de la formation ($E_M = 7,2$ MPa et $PI^* = 0,56$ MPa) a été écarté de notre analyse.

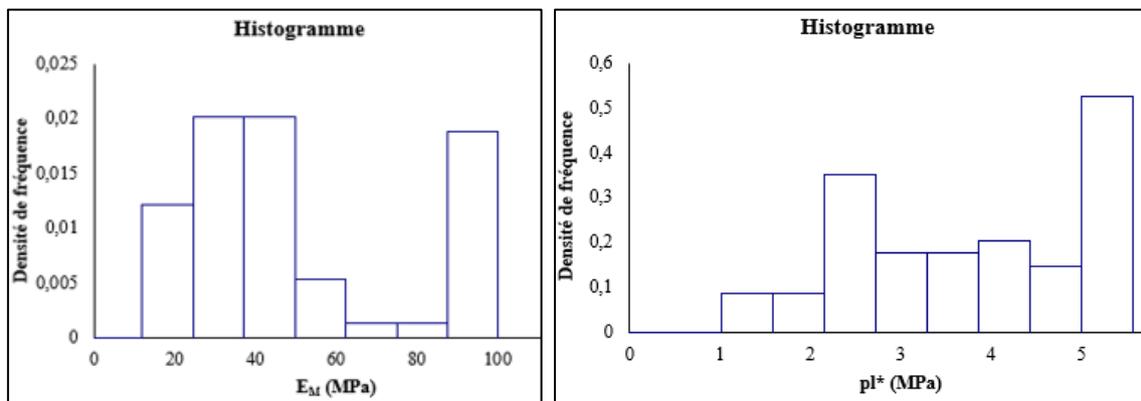


Figure 24 : Distribution pour les Masses et Marnes du Gypse en place et formations sous-jacentes jusqu'aux Marnes et Caillasses des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite).

Compte tenu de l'analyse statistique effectuée, nous retiendrons dans cet horizon les valeurs caractéristiques suivantes :

| <i>Marno-calcaires 1 (Masses et Marnes du Gypse)</i> | E_M (MPa) | PI* (MPa) |
|--|--------------------------|--------------------------|
| <i>Tendance</i> | <i>Non significative</i> | <i>Non significative</i> |
| Valeurs caractéristiques | 35,0 | 3,10 |

• Sables verdâtres

⇒ Cote des terrains : Au-delà de 76/78 NGF et jusqu'à au moins 72/73 NGF

⇒ Nombre d'essais : 25 essais

⇒ Analyse des 25 essais pris en compte

| E_M mini | E_M maxi | E_M moyen (a) | E_M moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 15,7 MPa | >100,0 MPa | >46,9 MPa | >37,0 MPa | - | - |

| PI* mini | PI* maxi | PI* moyen (a) | PI* moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|----------|-----------|---------------|---------------|------------|------------|
| 1,33 MPa | >5,00 MPa | >3,60 MPa | >3,10 MPa | - | - |

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces formations caractérisent des matériaux sableux de bonne densité.

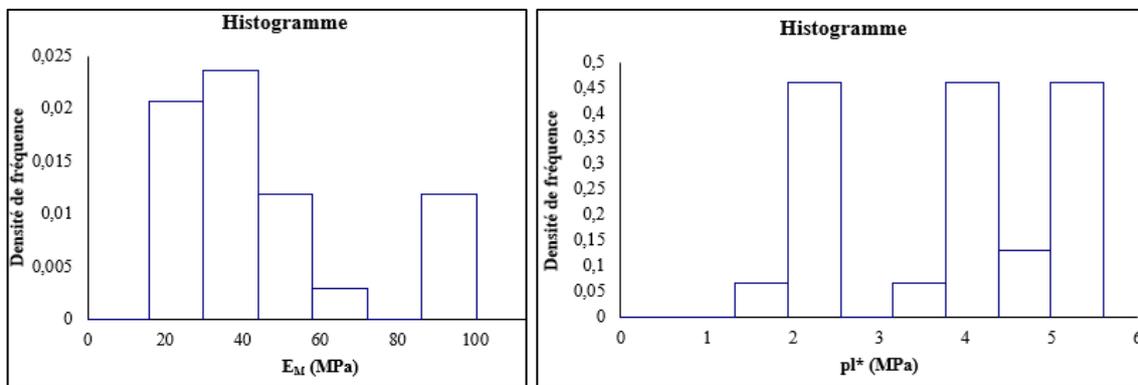


Figure 25 : Distribution pour les Sables verdâtres en place des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite).

Compte tenu de l'analyse statistique effectuée, nous retiendrons dans cet horizon les valeurs caractéristiques suivantes :

| <i>Sables verdâtres (SB)</i> | E_M (MPa) | PI* (MPa) |
|------------------------------|---|----------------------------|
| <i>Tendance</i> | <i>Non significative</i> | <i>Non significative</i> |
| Valeurs caractéristiques | 29,5 | 3,10 |

- Marno-calcaires 2 (MC)

⇒ Cote des terrains : Au-delà de 72/73 NGF et jusqu'à au moins 57 NGF

⇒ Nombre d'essais : 53 essais

⇒ Analyse des 53 essais pris en compte :

| E_M mini | E_M maxi | E_M moyen (a) | E_M moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|------------|------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 16,1 MPa | >100,0 MPa | >87,7 MPa | >72,3 MPa | - | - |

| PI* mini | PI* maxi | PI* moyen (a) | PI* moyen (b) | Ecart-type | Dispersion |
|----------|-----------|---------------|---------------|------------|------------|
| 1,56 MPa | >5,00 MPa | >4,71 MPa | >4,42 MPa | - | - |

(a) : moyenne arithmétique

(b) : moyenne harmonique

Les essais réalisés dans ces formations caractérisent des matériaux d'une tenue globalement moyenne à bonne jusque vers 72 NGF puis très bonne au-delà.

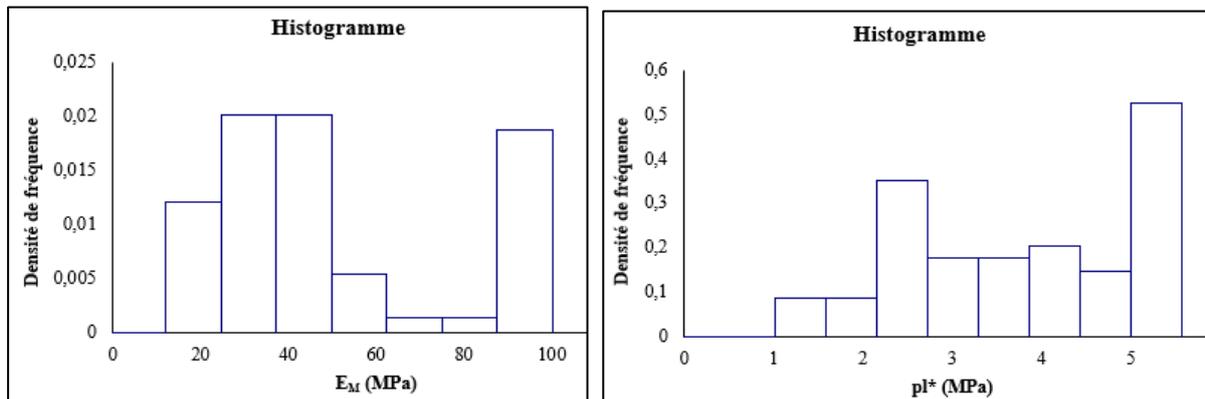


Figure 26 : Distribution pour les Marnes et Calcaires et des modules pressiométriques (à gauche) et des pressions limites nettes (à droite).

Compte tenu de l'analyse statistique effectuée, nous retiendrons dans cet horizon les valeurs caractéristiques suivantes :

| <i>Marno-calcaires 2 (MC)</i> | E_M (MPa) | PI* (MPa) |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Tendance</i> | <i>Non significative</i> | <i>Non significative</i> |
| Valeurs caractéristiques | 50,0 | 4,50 |

Synthèse

Une répartition des pressions limites et des modules pressiométriques est présentée sur les figures suivantes (Valeurs de PI^* et E_M en fonction de la profondeur).

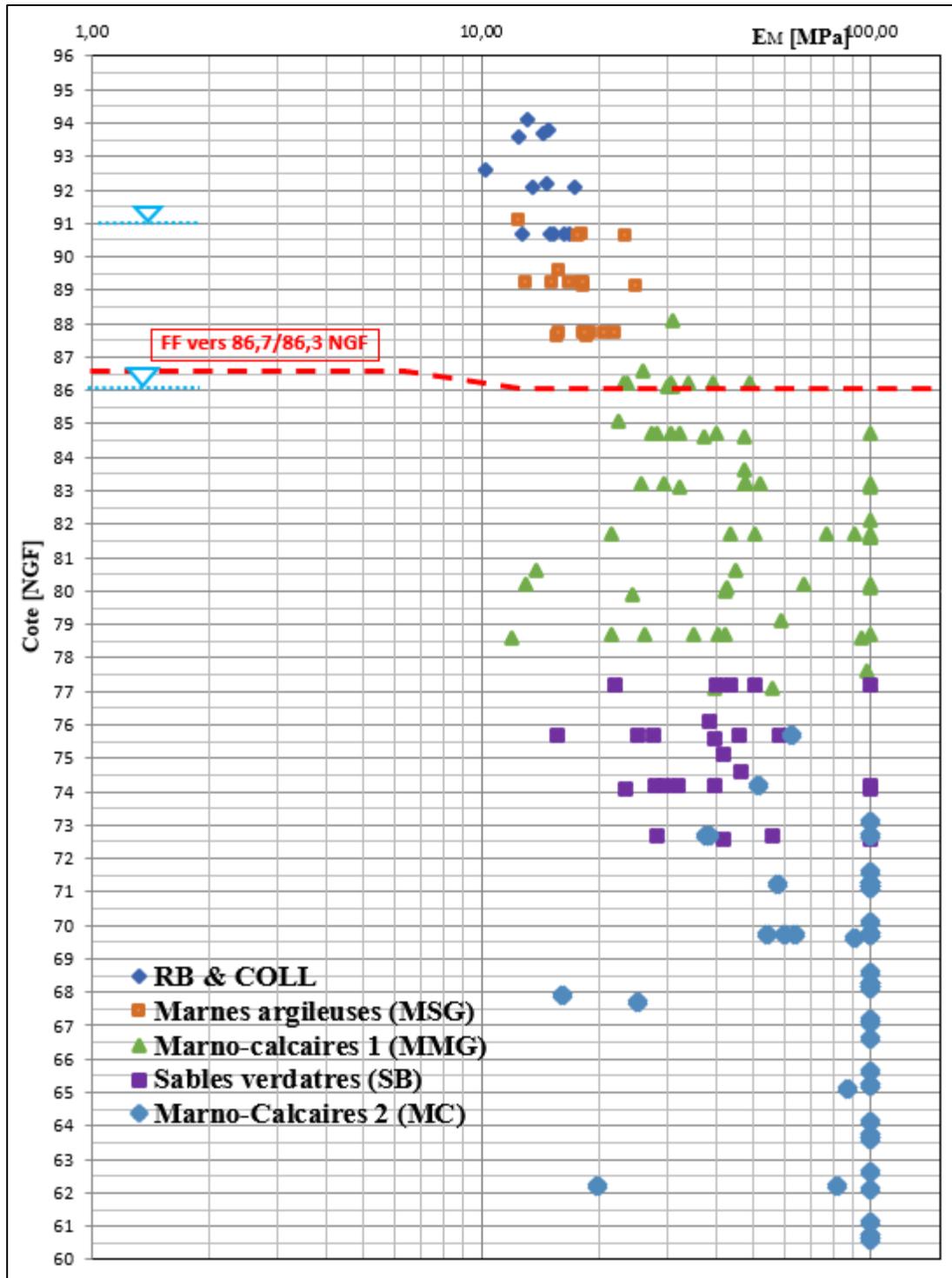


Figure 27 : Répartition des Modules Pressiométriques mesurées en fonction des cotes NGF) – échelle semi-logarithmique

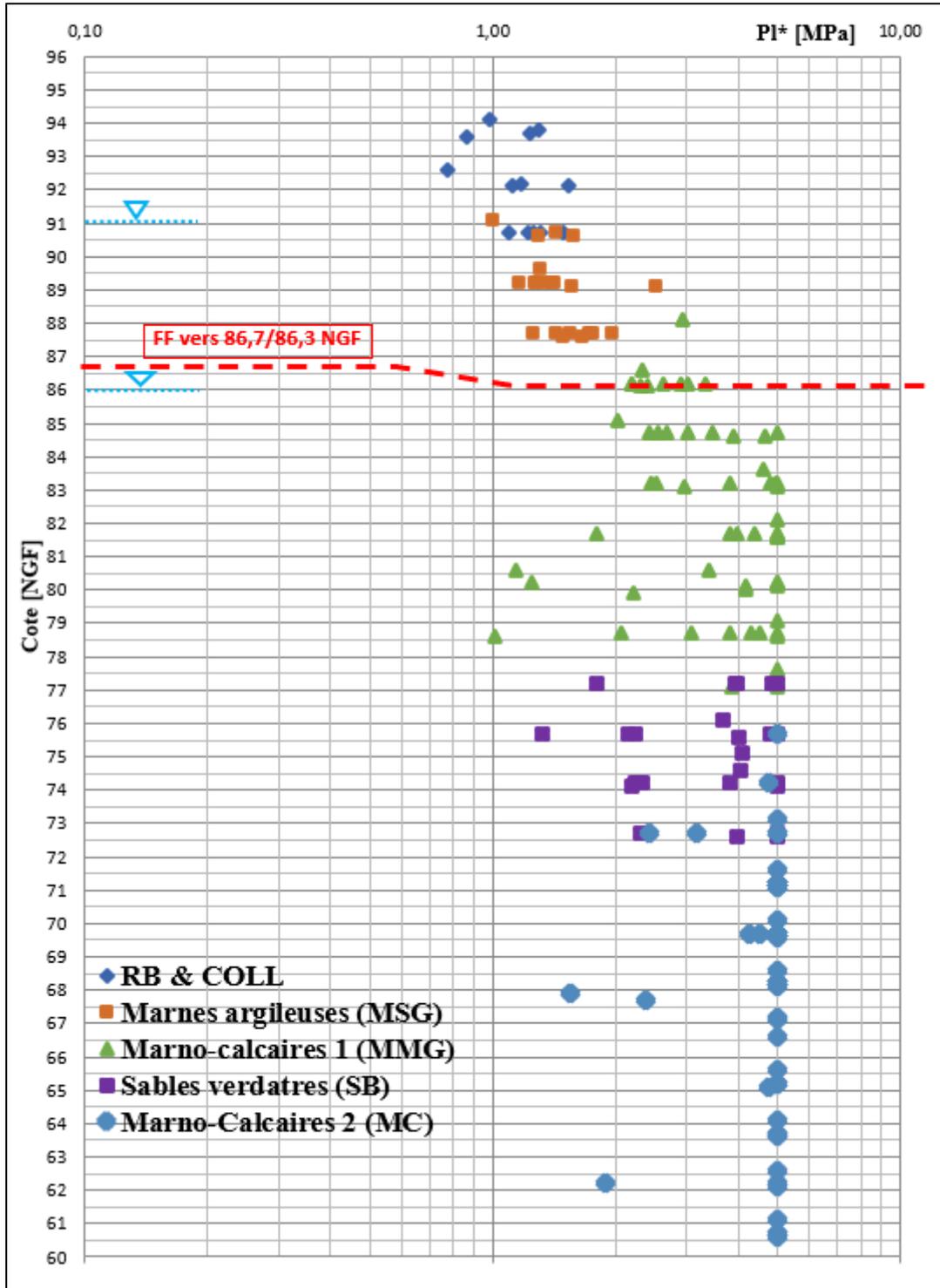


Figure 28 : Répartition des pressions limites nettes mesurées en fonction des cotes NGF) – échelle semi-logarithmique

5.5. Analyses en laboratoire

5.5.1. Identification GTR

En complément des sondages réalisés, des essais en laboratoire géotechnique ont été pratiqués sur les terrains rencontrés au droit des sondages SC11 et SC23.

Les essais en laboratoire comportent trois identifications GTR avec :

- teneur en eau,
- valeur au bleu ou Indice de Plasticité,
- granulométrie.

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus pour chaque échantillon testé.

| Sondage | Prof échantillon (m) | Formation | Granulométrie Fraction (%) | | | W _n (%) | IP | CLASSIFICATION GTR |
|---------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|-------|--------|--------------------|------|--------------------|
| | | | <80 μm | <2 mm | <50 mm | | | |
| SC11 | 4 à 5 m | Argile beige | 99 | 100 | 100 | 22,9 | 54,7 | A4 |
| SC11 | 5 à 6 m | Argile marneuse beige-verdâtre | 97 | 100 | 100 | 16,6 | 46,2 | A4 |
| SC23 | 4 à 5 m | Argile ocre graveleuse | 33 | 61 | 100 | 2,8 | 24,1 | B6 |
| SC23 | 5 à 6 m | Marne argileuse beige verdâtre | 100 | 100 | 100 | 25,9 | - | A4 |

Les matériaux rencontrés au droit de nos sondages carottés entre 4 et 6 m de profondeur sont relativement homogènes et correspondent principalement à des sols fins Argiles et argiles marneuses, très plastiques (classes A₄ selon le GTR). Visuellement, l'état hydrique de ces matériaux apparaît moyen à humide.

5.5.2. Essais mécaniques

Deux essais de cisaillement en laboratoire ont été réalisés afin de déterminer les paramètres intrinsèques des sols en place.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

| Sondage | Nature du sol | Profondeur de l'échantillon (m/TN) | C' (kPa) | Φ (°) |
|---------|---|------------------------------------|----------|------------|
| SC11 | Sables argileux marron à blocs de silex | 2,5 - 3,5 m | 15,9 | 36,3 |
| | Argile marneuse verdâtre (déshydratée) | 5,0 - 6,0 m | 35,9 | 18,2 |
| SC23 | Limon marron à cailloux calcaires | 2,5 - 3,5 m | 1,2 | 34,1 |
| | Marne argileuse beige-verdâtre* | 5,0 - 6,0 m | 0 | 24,2 |

* *essai à relativiser*

5.5.3. Agressivité des sols vis-à-vis des bétons

Des prélèvements de sols ont été analysés au droit des sondages carottés (notés SC11 et SC23) afin de caractériser l'agressivité des sols en place vis-à-vis des bétons.

Les concentrations mesurées dans les sols et des eaux sont comparées aux valeurs définies par les tableaux de la norme EN 206-1 relative à la classification des environnements agressifs pour les bétons.

| Degré d'agressivité | Faiblement agressif | Modérément agressif | Fortement agressif |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|
| | XA1 | XA2 | XA3 |
| Agent agressif en mg/kg | | | |
| Sulfate (SO ₄ ²⁻) | 2 000 à 3 000 | 3 000 à 12 000 | 12 000 à 24 000 |

Figure 29 : Agressivité des sols en fonction de leur concentration en agents agressifs

Les résultats d'analyses chimiques d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons sont donnés dans le tableau suivant :

| Sondage | Profondeur [m] | Sulfates total [mg/kg] |
|---------|----------------|------------------------|
| SC11 | 2 m | 186 |
| SC11 | 4 m | 1140 |
| SC11 | 6 m | 1770 |
| SC11 | 8 m | 2040 |
| SC23 | 2 m | 629 |
| SC23 | 4 m | 539 |
| SC23 | 6 m | 1860 |
| SC23 | 8 m | 1140 |

Tableau 4 : Résultats des analyses d'agressivité des sols vis-à-vis des bétons

En conclusion, les analyses réalisées mettent en évidence des matériaux faiblement agressif vis-à-vis des bétons.

6. CONCLUSIONS – RECOMMANDATIONS

6.1. Contexte géotechnique

Les sondages et essais réalisés sur le terrain ont mis en évidence un terrain qui recoupe successivement :

- des **remblais hétérogènes** sur une épaisseur variable comprise généralement entre 1 et 3,5 m, et dont les caractéristiques mesurées sont globalement médiocres,
- des **colluvions** composés d'un brouillage argilo-marneux à passées sableuses au-delà des éventuels remblais et jusque vers 1,5 m à 4,5 m de profondeur, soit jusque vers 90/92 NGF. Les caractéristiques mécaniques de ces matériaux sont globalement médiocres à moyennes,
- des **marnes argileuses** de moyenne à bonne compacité jusque vers 4/9 m de profondeur (selon la cote des sondages réalisés depuis le sous-sol ou le terrain naturel), soit jusque vers 87/89 NGF environ
- des **marno-calcaires renfermant des passages sableux et gypseux**, de bonne compacité et contenant des passages jusque vers 14/20 m (selon la cote des sondages réalisés depuis le sous-sol ou le terrain naturel) soit jusque vers 76/78 NGF,
- des **sables plus ou moins argileux** très denses et renfermant des passages de grés indurés jusque vers 19/23 m de profondeur (selon la cote des sondages réalisés depuis le sous-sol ou le terrain naturel), soit jusque vers 72/73 NGF environ,
- au-delà d'environ 72/73 NGF, des **marnes et des marno-calcaires** de très bonnes compacité renfermant des passages très indurés jusqu'à au moins 56 NGF (base des essais pressiométriques).
- d'anciennes exploitations du Calcaire Grossier (étage supérieur CG1 et étage moyen CG2) et dont les caractéristiques sont les suivantes :
 - Recouvrement : ≈ 26 m à 35 m (en fonction de la topographie),
 - Toit de CG1 : $\approx 64,5$ NGF₆₉ à 66 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1/1,5 m en moyenne,
 - Sol de carrière CG1 : $\approx 63,5$ NGF₆₉ à 65 NGF₆₉,
 - Interbanc : 0,5 à 1,5 m
 - Toit CG2 : ≈ 63 NGF₆₉ à 63,7 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1,5/2 m en moyenne,
 - Base de CG2 : ≈ 61 NGF₆₉ à 62,6 NGF₆₉,
 - Etat de comblement : variable, comblée à vide.
- deux niveaux d'eau correspondant à :
 - la **nappe de versant** avec un niveau statique observé entre **4,1 m/sol (91 NGF) et 4,7 m/sol (90,4 NGF)**,
 - la **nappe de l'Eocène supérieur à environ 0,5 m, entre + 85,5 m NGF en août 2020 et + 86 m NGF en février 2021** lors des fortes pluies.

6.2. Carrières souterraines

Les sondages ont mis en évidence la présence d'anciennes exploitations souterraines de l'étage supérieur (CG1) et moyen (CG2) du Calcaire Grossier. Les caractéristiques des exploitations sont les suivantes :

- Recouvrement : ≈ 26 m à 35 m (en fonction de la topographie),
 - Toit de CG1 : $\approx 64,5$ NGF₆₉ à 66 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1/1,5 m en moyenne,
 - Sol de carrière CG1 : $\approx 63,5$ NGF₆₉ à 65 NGF₆₉,
 - Interbanc : 0,5 à 1,5 m
 - Toit CG2 : ≈ 63 NGF₆₉ à 63,7 NGF₆₉,
 - Hauteur exploitée : 1,5/2 m en moyenne,
 - Base de CG2 : ≈ 61 NGF₆₉ à 62,6 NGF₆₉,
 - Etat de comblement : variable, comblée à vide.
- le recouvrement apparait globalement sain et d'une compacité satisfaisante, aucun fontis n'a été repéré au droit de nos forages.

Dans ces conditions, préalablement à la réalisation du projet, il conviendra de prévoir une mise en sécurité du site par l'intermédiaire de travaux d'injection comprenant une injection gravitaire avec clavage associée à une injection de traitement des bourrages. Cette solution correspond à une consolidation par injection au sens des notices techniques de l'IGC (INSPECTION GENERALE DES CARRIERES) des 06 et 15 janvier 2003.

Après réalisation de ces travaux et validation de leur conformité par des sondages de contrôle conformément aux notices techniques de l'IGC de Janvier 2003, on pourra retenir une solution de fondation superficielles, compte tenu de la bonne compacité générale du recouvrement.

Compte-tenu de la spécificité de ces travaux, nous recommandons qu'ils soient réalisés sous la responsabilité d'un Maître d'œuvre spécialisé, et nous restons à la disponibilité du Maître d'Ouvrage pour cette prestation.

6.3. Coupes types et hypothèses de calcul

Les hypothèses géotechniques retenues pour la suite du rapport (modèle de terrain coupe défavorable) afin de caractériser les différentes formations traversées sont données dans le tableau suivant :

| | E_M (MPa) | PI^* (MPa) | γ_h (kN/m ³) | C_k' (kPa) | ϕ_k' (°) | α |
|--|----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------------|----------|
| Remblais et colluvions Jusque vers 1,0/3,5 m de profondeur | 5,0* | 0,50* | 19* | 0* | 25* | 2/3* |
| Colluvions Jusque vers 1,5/4,5 m de profondeur, soit jusque vers 91 NGF | 13,0 | 1,10 | 20 | 3 | 25 | 2/3 |
| Marnes argileuses Jusque vers 87/88 NGF | 17,0 | 1,40 | 20 | 10 | 28 | 1/2 |
| Marno-calcaires 1 Jusque vers 76/78 NGF | 35,0 | 3,10 | 20 | 10 | 30 | 1/2 |
| Sables plus ou moins argileux Jusque vers 72/73 NGF | 29,5 | 3,10 | 20 | - | - | 1/3 |
| Marno-calcaires 2 En-deçà d'environ 72/73 NGF et jusqu'à au moins 56 NGF | >50,0 | >4,5 | 20 | - | - | 1/2 |

* Valeurs arbitraires à retenir compte tenu du faible nombre d'essai à disposition

Avec :

E_M : module pressiométrique moyen

α : coefficient rhéologique

γ_h : poids spécifique humide

PI^* : pression limite moyenne

C_k' : cohésion à long terme

ϕ_k' : angle de frottement à long terme

Notons que les remblais pourraient présenter des surépaisseurs et qu'il conviendra de réadapter, le cas échéant, la coupe de calcul proposée ci-avant lors des premiers terrassements, dans le cadre de la mission G₃.

On notera cependant que les caractéristiques précédentes n'ont pas été mesurées par des essais spécifiques, mais correspondent aux valeurs généralement admises dans ces matériaux, en corrélation avec les résultats pressiométriques. Une justification plus précise de ces valeurs nécessiterait l'exécution de sondages carottés complémentaires et d'essais mécaniques en laboratoire sur échantillons intacts.

6.4. Etude géotechnique de projet

6.4.1. Généralités

Nous rappelons que le projet prévoit la construction d'un ensemble immobilier de type R+8 à R+14 reposant sur un rez-de-jardin et deux niveaux de sous-sol communs.

Les différents plancher présents en infrastructures seront établis aux niveaux suivants :

- Plancher bas du RDJ *varie entre 93,40_{NGF} et 94,48_{NGF},*
- Plancher bas du R-2 *varie entre 87,36_{NGF} et 87,68_{NGF}.*

Ce qui situerait les fonds de fouilles vers :

- Plancher bas du R-2 *varie entre 86,30_{NGF} et 86,70_{NGF}.*

Dans la suite, nous considérerons que les infrastructures seront conservées et que le R-1 existant sera remblayé. Ainsi, les terrassements seraient entrepris depuis le niveau du rez-de-chaussée bas existant établi vers la cote 95,1 NGF et jusqu'au fond de fouille estimé vers 85,0 NGF, soit sur une hauteur de l'ordre de 10 m en général.

De plus, en partie amont du site, une surcharge correspondant à une hauteur de terre de l'ordre de 4 m devra être considérée. Notamment au niveau de la coulée verte.

Les principales sujétions du site vis-à-vis du projet sont liées à la présence :

- de matériaux de compacité limitée jusque vers 87/89 NGF,
- de deux nappes correspondant à :
 - o la **nappe de versant** avec un niveau statique observé entre **4,1 m/sol (91 NGF) et 4,7 m/sol (90,4 NGF)** qui est susceptible d'être présent sur toute la parcelle sera considéré comme **pérenne**. La présence du sous-sol au Nord-Ouest ne permet pas d'observer ces circulations en partie amont du site.
 - o la **nappe de l'Eocène supérieur à environ 0,5 m, entre + 85,5 m NGF en août 2020 et + 86 m NGF en février 2021** lors des fortes pluies.
- d'une structure existante présentant des infrastructures et dont il conviendra de garantir la stabilité durant toutes les phases des travaux (démolition et gros œuvre) et lors des terrassement qui atteindront en moyenne 10 m de hauteur en amont.

6.4.2. Solutions de fondations

Le projet prévoit la réalisation d'un ensemble de bâtiment sur environ 2 à 3 niveaux enterrés selon la topographie. Ainsi, le fond de fouille devrait se situer vers 86,6/86,3 NGF dans les marnes de bonne compacité.

Dans ce contexte, on pourra envisager pour le projet un système de fondations superficielles de types semelles filantes ou isolées, ancrés d'au moins 0,5 m dans les marno-calcaires 1 reconnus à au-delà du fond de fouille.

6.4.3. Justification de la capacité portante des fondations superficielles

En ce qui concerne la justification de la capacité portante, celle-ci est menée conformément aux règles pressiométriques, constituant l'annexe normative D de la norme NFP 94-261 de juin 2013.

Pour tous les cas de charges et de combinaisons, l'inégalité suivante doit être vérifiée :

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

Avec

- $R_{v,d}$: résistance nette du terrain sous la semelle superficielle,
- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise à la fondation superficielle,
- R_0 : valeur du poids du volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux.

La résistance nette du terrain sous la fondation superficielle est obtenue par l'application des relations suivantes :

$$R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{A' \cdot q_{net}}{\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{R,d,v}}$$

$$q_{net} = k_p \cdot ple_k^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta$$

Avec, à ce stade l'étude et selon une approche de calcul 2, la définition des paramètres suivants :

- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain,
- A' : surface effective de la semelle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain,
- Ple_k^* : pression limite nette équivalente, fixée et limitée ici 2,0 MPa,
- k_p : facteur de portance de la semelle, fixé ici à 0,90,
- i_β et i_δ : coefficients de réduction de portance liés à la proximité d'une pente de talus et de l'inclinaison du chargement, fixés ici à 11,
- $\gamma_{R,v}$: valeur du coefficient partiel permettant le calcul de la portance égale à 1,4 à l'ELU fondamental, à 1,2 à l'ELU accidentelle et à 2,3 à l'ELS,
- $\gamma_{R,d,v}$: valeur du coefficient de modèle pressiométrique associé à la méthode de calcul, permettant le calcul de la portance à **égale à 1,2**.

¹ En l'absence des descentes de charges et de la géométrie des fondations, nous avons considéré une charge centrée verticale ainsi que l'absence de talus

Il vient alors la contrainte associée à la résistance nette du terrain :

$$q_{\text{net}} = 1,80 \text{ MPa}$$

A titre indicatif, par analogie avec les anciennes réglementations (DT13.12 et fascicule 62, titre V), il vient alors les contraintes de calcul à l'ELS et à l'ELU suivantes :

$$q'_{\text{ELS}} = 0,65 \text{ MPa (6,5 bars ou 65 t/m}^2\text{)} \text{ Intégralité des sollicitations à l'ELS}$$

$$q'_{\text{ELU FOND}} = 1,07 \text{ MPa} \text{ Combinaison fondamentale à l'ELU}$$

$$q'_{\text{ELU ACC}} = 1,25 \text{ MPa} \text{ Combinaison accidentelle à l'ELU}$$

6.4.4. Dimensionnement des fondations et évaluations des tassements

Les calculs des tassements ont été menés conformément aux formules du DTU 13.12 relatives aux fondations superficielles et selon la méthode pressiométrique avec la relation suivante :

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

Avec,

- $\alpha = \alpha_{\text{sphérique}}$ ou $\alpha_{\text{déviatorique}}$ = coefficients rhéologiques dépendant de la nature des sols,
- λ_c et λ_d , coefficient de forme fonction de la géométrie de la fondation,
- E_c et E_d , module pressiométrique de consolidation et déviatorique,
- p , contrainte appliquée au sol.

Pour le projet et charges renseignées, dans le cas de semelles filantes ou isolées, exerçant une contrainte p , de 0,65 MPa, nous adopterons les paramètres de calcul suivants :

Nous adopterons les paramètres de calcul suivants :

| Type de fondation | Contrainte p (en MPa) | α | λ_c | λ_d | E_c (MPa) | E_d (MPa) |
|-------------------|-------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Semelle filante | 0,65 MPa (0,52 MPa*) | 1/2 | variable | variable | # 30 à 50 | # 25 à 50 |
| Semelle isolée | | 1/2 | variable | variable | | |

* en considérant une décharge des terres d'environ 7,0 m de hauteur entre le R-1 existant et le R-2 projeté

Dans le tableau suivant, en l'absence de la transmission des combinaisons d'actions s'appliquant aux fondations, nous renseignons une estimation des tassements pour différents types de fondations travaillant à 0,65 MPa :

| Semelle | Charge QELS _{CARC} [kN] | B x L [m ²] | Contrainte p [Mpa] | α | E _c [MPa] | E _d [MPa] | s [cm] |
|-----------------------------------|--|----------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| Semelles isolées (*) (**) | | | | | | | |
| SI-1 | 3 000 | 2,15 x 2,15 | 0,52 (****) | 1/2 | #30 à 50 | #25 à 50 | 0,5 ≤ s ≤ 1,0 |
| SI-2 | 3 500 | 2,32 x 2,32 | | | | | 0,5 ≤ s ≤ 1,0 |
| SI-3 | 4 500 | 2,63 x 2,63 | | | | | 0,6 ≤ s ≤ 1,1 |
| SI-4 | 5 000 | 2,77 x 2,77 | | | | | 0,7 ≤ s ≤ 1,2 |
| SI-5 | 6 000 | 3,04 x 3,04 | | | | | 0,7 ≤ s ≤ 1,2 |
| SI-6 | 8 000 | 3,51 x 3,51 | | | | | 0,8 ≤ s ≤ 1,3 |
| SI-7 | 10 250 | 3,97 x 3,97 | | | | | 1,0 ≤ s ≤ 1,5 |
| Semelles filantes en [m/ml] (***) | | | | | | | |
| SF-1 | 800 kN/ml | 1,54 | 0,52 (****) | 1/2 | #30 à 50 | #25 à 50 | 0,5 ≤ s ≤ 1,0 |
| SF-2 | 1 000 kN/ml | 1,39 | | | | | 0,6 ≤ s ≤ 1,1 |
| SF-3 | 1 120 kN/ml | 1,47 | | | | | 0,6 ≤ s ≤ 1,2 |
| SF-4 | 1400 kN/ml | 1,64 | | | | | 0,7 ≤ s ≤ 1,4 |
| SF-5 | 1600 kN/ml | 1,75 | | | | | 0,8 ≤ s ≤ 1,5 |
| SF-6 | 1800 kN/ml | 1,86 | | | | | 0,8 ≤ s ≤ 1,6 |
| SF-7 | 1950 kN/ml | 1,94 | | | | | 0,9 ≤ s ≤ 1,7 |

(*) : La plus petite dimension planimétrique des fondations sera supérieure ou égale à 0,7 m pour les appuis isolés.

(**) : Calcul réalisé avec l'hypothèse L/B > 20 ($\lambda_c = 1,2$ et $\lambda_d = 1,53$)

(***) : Calcul réalisé avec l'hypothèse L/B > 20 ($\lambda_c = 1,5$ et $\lambda_d = 2,65$)

(****) : Contrainte appliquée avec la prise en compte de la décharge des terres (H = 7m)

D'où un tassement absolu (s) et des tassements différentiels (Δs) de l'ordre de :

| | Semelles isolées | Semelles filantes |
|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Tassements absolus | 0,5 cm < s < 1,5 cm | 0,5 cm < s < 1,7 cm |
| Tassements différentiels | $\Delta s \leq 1,5$ cm | |

Il ne faut certes pas considérer les chiffres ci-dessus dans toute leur rigueur mathématique, mais plutôt ne voir en eux qu'un ordre de grandeur des phénomènes. Ces tassements devront être précisés ultérieurement en fonction des charges réellement appliquées aux fondations retenues.

Les dimensions des fondations pourraient s'avérer trop importante en fonction des charges du projet (>9 m²), cela implique des tassements différentiels notables cm. Si ces déformations ne sont pas compatibles avec le projet, une solution de type pieux peut être une meilleure alternative d'un point de vue technique et économique, nous rappelons également que les calculs de tassements présentés correspondent à un tassement absolu propre à chaque appui et ne tient compte de l'interaction avec les autres fondations voisines.

Compte tenu de l'importance des tassements, des différences de charges importantes entre les bâtiments et zones en simple sous-sol il conviendra de désolidariser structurellement les bâtiments et des sous-sols.

Nota : Nous soulignons également la particularité des zones sans super structure, qui devront faire l'objet de dispositions particulières et nécessaire pour reprendre les sous-pressions (lestage par MP, radier ...etc).

6.4.5. Sujétions vis-à-vis de l'eau

Nous rappelons que des circulations d'eau, plus ou moins pérennes, au sein des terrains de couverture, notamment au sein du brouillage argilo-marneux (nappe perchée et/ou circulations de pente et/ou accumulations d'eau) influenceront le projet.

L'étude hydrogéologique réalisées par nos soins a permis de mettre en évidence au droit du projet, les niveaux de plus hautes eaux cités dans le § 5.2.2 du présent rapport.

Nous rappelons qu'une étude hydrogéologique est en cours et que celle-ci viendra confirmer ou mettre à jour les données énoncées dans le présent rapport.

Phase travaux

En phase provisoire, il conviendra de prévoir des dispositions particulières permettant un drainage des arrivées d'eau s'écoulant au sein des formations de versant pour réaliser les terrassements hors d'eau.

Par ailleurs, compte tenu de la présence d'une nappe observée vers 85,5/86 NGF, soit approximativement au niveau du fond de fouille, des moyens d'épuisement devront être prévus afin de garantir un fond de fouille hors d'eau.

Ainsi, compte-tenu des perméabilités limitées mesurées, les débits attendus seront également limités. A ce stade, nous recommandons de prévoir la mise en œuvre d'un drain verticale périmétrique (nappe drainante, barbacane à différents niveaux puis drain de pied) qui sera descendu à l'avancement et qui permettrait d'intercepter toutes les circulations d'eau au sein des colluvions. Dans ce cas, une poussée hydrostatique sur les voiles contre terre devrait être prise en compte.

En fond de fouille, à défaut de pointes filtrantes, il conviendra de prévoir la mise en œuvre de tranchée drainante qui permettront de recueillir les eaux de circulations et les remontées d'eau par le fond.

Un rabattement ponctuel plus important pourrait être nécessaire au droit des fouilles des futures fondations.

Il conviendra également de prévoir des pompages complémentaires pour les surcreusements (fondations, cage d'ascenseur...) afin de réaliser ces travaux hors d'eau.

Ce système, non exclusif, devra être complété en fonction de l'importance des arrivées d'eau et par des pointes filtrantes par exemple.

Par ailleurs, les eaux interceptées et les arrivées d'eau résiduelles devront être recueillies en pied de fouille par un drainage puis évacuées vers un exutoire efficace.

Quoiqu'il en soit, nous recommandons :

- a. de définir une méthodologie ainsi qu'un phasage précis du rabattement/drainage,
- b. de suivre avec soin les effets de ces travaux sur leur environnement immédiat,
- c. de prévoir des dispositions spécifiques, par l'apport de matériaux drainants par exemple, afin de limiter les problèmes de traficabilité en fond de fouille.

De plus, nous recommandons :

- de contrôler le niveau de la nappe, préalablement au démarrage des travaux (conservation du piézomètre existant et/ou mise en place d'un nouveau piézomètre), puis de suivre le niveau d'eau dans le piézomètre mis en place sur le site afin de prendre toutes les dispositions nécessaires vis-à-vis de la nappe,
- de vérifier la possibilité d'évacuer les eaux de pompage vers un ou des exutoires efficaces, suffisants et autorisés,
- de mettre en œuvre un système de surveillance de la stabilité des mitoyens avoisinants et de contrôler l'absence de départ de fine,
- l'entreprise en charge du rabattement/drainage devra justifier techniquement le rabattement dans des terrains de perméabilité limitée.

L'ensemble des paramètres pris en compte dans le cadre de l'estimation des débits d'exhaure est présenté ci-après :

| Paramètres | Situation actuelle |
|--|------------------------|
| Surface totale de la fouille (m ²) | 6400 |
| Périmètre totale de la fouille (m) | 380 |
| Altitude du TN (m NGF) | Entre 95 et 100 |
| Altitude des terrassements (m NGF) | 86,7 / 86,3 NGF |
| Objectif de rabattement (m NGF) | 85,8 NGF |

| | | |
|---|-------------------------------|-----------------------|
| Epaisseur de la nappe de versant à intercepter (m) | | ~ 3 |
| Nappe de l'Eocène supérieur | Basses eaux (m NGF) | 85,5 |
| | Hautes eaux annuelles (m NGF) | 86,7 |
| Perméabilité K de la nappe de versant (m/s) | | $5 \cdot 10^{-6}$ m/s |
| Perméabilité K de la nappe de l'Eocène supérieur (m/s) | | $5 \cdot 10^{-6}$ m/s |

Tableau 5 : Paramètres choisis dans le cadre de l'estimation des débits d'exhaure

Nappe de versant

La nappe de versant sera donc interceptée uniquement au droit des zones ne présentant pas de sous-sol à l'état actuel. Il s'agira donc d'estimer le débit de drainage à l'aide de la formule suivante (Stallman) :

$$Q = K \cdot L \cdot s \cdot (2h - s) / R$$

Avec :

- Q : débit de drainage en m³/s
- K : perméabilité en m/s ($5 \cdot 10^{-6}$ m/s)
- L : longueur du drain en m (100 m)
- H : la hauteur mouillée de la nappe en m (3 m)
- s : le rabattement imposé au fil d'eau (3 m)
- R : le rayon d'action du drainage en m

Le débit ainsi estimé est de 1,6 m³/h. Au regard de l'incertitude liée à cette méthode analytique, nous considérerons que les débits d'exhaure associés à la nappe de versant interceptée en phase travaux, n'excèdera pas 5 m³/h.

$$Q_{\text{Nappe de versant}} < 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nappe de l'Eocène supérieur

L'estimation des débits d'exhaure à attendre en phase travaux pour le rabattement de la nappe de l'Eocène supérieur est réalisée par la méthode Schneebeli. Le débit d'exhaure s'exprime donc de la façon suivante :

$$Q = 2.5 * K * s * \sqrt{A}$$

Avec :

- Q : débit résiduel en m³/s,
- K : perméabilité,
- s : rabattement (équivalent à la charge hydraulique) = différence entre la cote des terrassements et le niveau d'eau considéré.
- A : Surface mouillée de la fouille

Les résultats de la présente estimation sont présentés dans le tableau suivant :

| | | | | | |
|---------------|-----------|-------------------|--------------|-----|-------------------|
| Niveau | EB | 85,5 | m NGF | | |
| Q max = | 1,30E-03 | m ³ /s | soit | < 5 | m ³ /h |
| | | | | | |
| Niveau | EF | 86 | m NGF | | |
| Q max = | 1,84E-03 | m ³ /s | soit | < 7 | m ³ /h |

Tableau 6 : Résultats de l'estimation des débits d'exhaure associés à la nappe de l'Eocène supérieur

Au regard des résultats présentés dans le tableau précédent, nous considérerons que les débits d'exhaure associés à la nappe de l'Eocène supérieur pourront atteindre 5 m³/h en période de basses eaux et jusqu'à 10 m³/h en hautes eaux annuelles.

$$Q_{\text{Eocène supérieur (EB)}} < 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{Eocène supérieur (EF)}} < 10 \text{ m}^3/\text{h}$$

Conclusion sur les débits d'exhaure

Le tableau suivant reprend les résultats des estimations de débits d'exhaure pour la nappe de versant et de l'Eocène supérieur.

| | | Nappe de versant | Nappe de l'Eocène supérieur | TOTAL |
|----------|-----------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Q | Niveau EB | < 5 m ³ /h | < 5 m ³ /h | < 10 m ³ /h |
| | Niveau EF | | < 10 m ³ /h | < 15 m ³ /h |

Tableau 7 : Synthèse des résultats des estimation de débits d'exhaure

En conclusion les débits attendus en période de basses eaux (EB) sont estimés comme étant inférieurs à 10 m³/h, et inférieurs à 15 m³/h en période de hautes eaux (EF).

Compte tenu des incertitudes associées à ce type d'estimation que seul un essai de pompage permettrait d'affiner, et en l'absence d'étude hydrogéologique spécifique, nous retiendrons comme débit de pompage des fouilles sur une hauteur de rabattement d'environ 1 m, l'encadrement suivant :

$$10 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q \leq 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Remarque

- Nous signalons que ce débit sera ponctuellement plus important lors de la mise en œuvre du dispositif. Nous recommandons donc de surdimensionner le dispositif de rabattement afin d'assurer un pompage de 35 m³/h. Cela permettra de prendre également en compte une éventuelle période de crue annuelle (EF).
- Tout ouvrage (piézomètre, tube PVC, ...) rencontré et non rebouché, devra immédiatement être injecté avant le démarrage des terrassements.

Phase définitive

En phase définitive, compte tenu des résultats de l'étude hydrogéologique et de la destination des locaux (présence de locaux noble au RDJ et locaux techniques aux R-1 et R-2 n'acceptant pas de trace d'humidité) il convient de s'orienter vers une solution de cuvelage (conformément au DTU 14.1) d'au moins une partie des infrastructures permettant d'éviter toute pénétration des eaux.

A ce stade, en retenant une cote de référence à 96 NGF, effet, il sera inévitable de protéger une partie du sous-sol par un cuvelage.

Remarques : Selon le degré de protection souhaité par le Maître d'Ouvrage et la cote de référence retenue, le système de protection pourra être adapté (cuvelage remonté).

Par ailleurs, il conviendra de vérifier le non soulèvement du projet vis-à-vis d'une crue exceptionnelle. En cas de déficit de charges, on prévoira un lestage ou un ancrage du bâtiment.

Les ouvrages contre-terre ainsi que les sols des projets seront alors dimensionnés pour reprendre les efforts ainsi induits. En particulier, les sols des projets seront alors traités en plancher porté résistant aux sous pressions.

6.4.6. Sols du projet

Le sol du projet sera traité en plancher porté par les fondations. Il sera cuvelé, étanche et résistant au sous-pressions pour les constructions.

6.4.7. Principes généraux de soutènement

Dans l'état actuel du terrain naturel en limites des fouilles à réaliser, la construction des sous-sols du projet conduira à l'exécution d'une fouille pouvant atteindre des hauteurs de 7 à 11,5 m, recoupant principalement des remblais et des colluvions de faible compacité, et des marnes dont il conviendra d'assurer la stabilité.

Comme les contraintes du site ne permettent pas la réalisation d'un talus jusqu'en fond de fouille (présence d'avoisinants et constructions en limites de propriétés), on adoptera un soutènement adapté et conforme à la norme NF-P 94 282.

En raison de la hauteur de gestion de la nappe prévue, pouvant atteindre 4 à 5 mètres, et des hauteurs importante des terrassements. Nous adopterons une solution de soutènement en **paroi semi-continue sur l'ensemble du site** de type paroi lutétienne ou équivalent, tirantée et/ou butonnée à l'avancement.

Cette approche permettrait de mieux contrôler les travaux et de stabiliser le terrain de manière plus uniforme. De plus, une paroi semi-continue simplifierait également les opérations de construction. **Quoi qu'il en soit, cette solution devra être associée à une gestion soignée et justifiée de la nappe.**



- Hauteur de terrassement > 7 m : Paroi semi-continue (lutécienne)
- - - Hauteur de soutènement < 7 m : Possible Voile Par Passes Réduites mais convertis en paroi semi-continue pour des raisons techniques et pratiques

Figure 30 : Plan de principe des soutènements envisageables sur plan du sous-sol

6.4.8. Travaux de terrassements

a) Extraction des déblais

Dans tous les cas, les déblais pourront être réalisés avec une pelle mécanique de bonne puissance jusqu'au niveau de fond de fouille. Il convient toutefois d'anticiper la présence de niveaux indurés au sein des remblais et des sols en place (restes de fondations non expurgées après la démolition, débris de démolitions, blocs, ou bancs de grés ...).

Ces éléments indurés pourraient nécessiter le recours à des engins desagrégateurs de type BRH et/ou de la manutention.

Il est à noter que des problèmes de traficabilité peuvent être rencontrés en phase chantier, en raison de la présence de matériaux peu compacts et sensible à l'eau. Le cas échéant, la réalisation de plateformes et pistes de chantier en matériaux d'apports pourra s'avérer nécessaire.

b) Pré-talutage

Dans le contexte urbanisé du site, un talutage le long des voiles périmétriques n'apparaît pas envisageable. Cependant, lors travaux, des talus en intérieur de fouilles seront réalisés sous réserve d'une bonne gestion des circulations de versant. Il conviendra alors de s'assurer :

- d'un recul suffisant,
- de l'absence de surcharges en tête (interdiction de stockage en tête),
- d'avoir une hauteur de talus inférieure à 3 m,
- de la bonne gestion de la nappe.

Dans ces conditions, les pentes maximales n'excéderont pas les 1/1 dans terrains recoupés. En phase provisoire, les talus devront être protégés par un polyane.

c) Traficabilité du site

Compte tenu de la nature des matériaux attendus en fond de fouille, il pourrait s'avérer nécessaire de prévoir l'aménagement d'une plateforme en matériaux d'apport afin de garantir une bonne traficabilité du site en phase provisoire.

6.4.9. Justification de la paroi semi continue (11,3 m)

a. Principe général

Dans le cas d'une hauteur de terrassement est de 11,3 m, il convient de prévoir la mise en place d'une paroi semi continue, butonnée en phase provisoire.

Nous présentons ci-après un cas de dimensionnement d'une paroi de type Lutecienne en considérant la tête de l'écran située au niveau du TN existant vers 86,8 NGF et l'absence de niveaux enterrés au droit des avoisinants avec une hauteur maximale.

Les calculs sont effectués au moyen du logiciel K-REA qui intègre les coefficients partiels de la norme NF P 94-282 et qui donne les efforts et les déplacements des parois de soutènement ainsi que les diagrammes des poussées et butées à l'ELU et l'ELS.

Remarque : Dans la suite de notre rapport, notre exemple de prédimensionnement ne prend pas en compte la surcharge induite par l'avoisinant.

Il conviendra de l'intégrer par la suite lorsque la structure de l'ouvrage et ses descentes de charges seront connues. A titre informatif, la solution proposée ci-après pourra être conservée mais le dimensionnement devra être adapté (diminution des entraxes, adaptation des profilés métalliques).

b. Caractéristiques de la paroi et des sols

Les calculs ont été menés en considérant une paroi composée de pieux de diamètre $\Phi 700$ mm ancrés la cote 82,0 NGF (base) et espacés de 2,5 m (entraxe des pieux) avec mise en place d'un voile béton projeté armé de 25 cm d'épaisseur les pieux.

Le module de déformation longitudinale considéré de l'acier est de 210 000 MPa. Nous n'avons pas pris en compte de corrosion (paroi provisoire).

Nous rappelons que la solution étudiée ci-après n'est qu'un exemple possible justifiant la stabilité et la faisabilité de ces travaux. Il ne s'agit pas d'une étude d'exécution. En phase exécution, toute solution équivalente peut être envisagée mais devra être dûment justifiée dans le cadre d'une mission G3. (La solution VPP ne constitue pas une solution équivalente).

Les caractéristiques physiques et mécaniques des terrains recoupés ont été définies au paragraphe 6.3.

Nous rappelons également que la poussée hydrostatique en arrière des voiles a été prise en compte.

c. Phasage étudié

Nous présentons ci-après les différents phasages réalisés pour ce dimensionnement :

| N° | Phase | Schéma |
|----|--|--------|
| 0 | <ul style="list-style-type: none"> - création du modèle avec une paroi jusqu'à la cote 82 NGF, - ajout d'une surcharge de Caquot de 10 kN/m², - réalisation de pieux en diamètre $\Phi 700$ mm à partir de la cote 98,06 NGF, l'espacement entre pieux est de 2,5 m (entraxe) | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - réalisation de la 1ère excavation jusqu'à 96,0 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 96,0 NGF, | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un buton à 95,5 NGF avec une inclinaison de 45°, avec : $k = 30\ 000$ kN/m/ml. | |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - réalisation d'une excavation jusqu'à 94,0 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 94,0 NGF. | |

| | | |
|---|---|--|
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> - réalisation d'une excavation jusqu'à 91,0 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 91,0 NGF, - présence de la nappe à 91 NGF. | |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> - Action hydraulique : Rabattement de la nappe jusqu'à 88 NGF. - réalisation d'une excavation jusqu'à 91,0 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 91,0 NGF. | |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un buton à 91,0 NGF avec une inclinaison de 45°, avec : $k = 30\ 000\ \text{kN/m/ml}$. | |
| 7 | <ul style="list-style-type: none"> - réalisation d'une excavation jusqu'à 89,0 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 89,0 NGF. | |
| 8 | <ul style="list-style-type: none"> - Action hydraulique : Rabattement de la nappe jusqu'à 89 NGF. | |

| | | |
|---|---|--|
| 9 | <ul style="list-style-type: none"> - réalisation d'une excavation jusqu'à 86,8 NGF, - mise en place d'un blindage en béton projeté à l'avancement jusqu'à 86,8 NGF, | |
|---|---|--|

Il conviendra d'assurer l'encastrement des butons dans les parements et une vérification au flambement devra être effectuée.

d. Synthèse des résultats K-REA

| | |
|--|--------------------------------|
| Déplacement max de la paroi en tête (mm) | ELS : - 13,61 |
| Déplacement max de la paroi (mm) | ELS : - 24,20 |
| Moment de flexion max (kN.m/ml) | ELS : -176,5 ELU : - 238,3 |
| Effort tranchant maximum (kN/ml) | ELS : -139,9 ELU : -186,2 |
| Effort maximum ELS butons (kN/ml) | Lit 1 : 146,9 Lit 2 : 293,3 |
| Effort maximum ELU butons (kN/ml) | Lit 1 : 198,3 Lit 2 : 396,0 |
| Sécurité butée | Vérifiée |

Figure 31 : Synthèse des résultats K-Réa

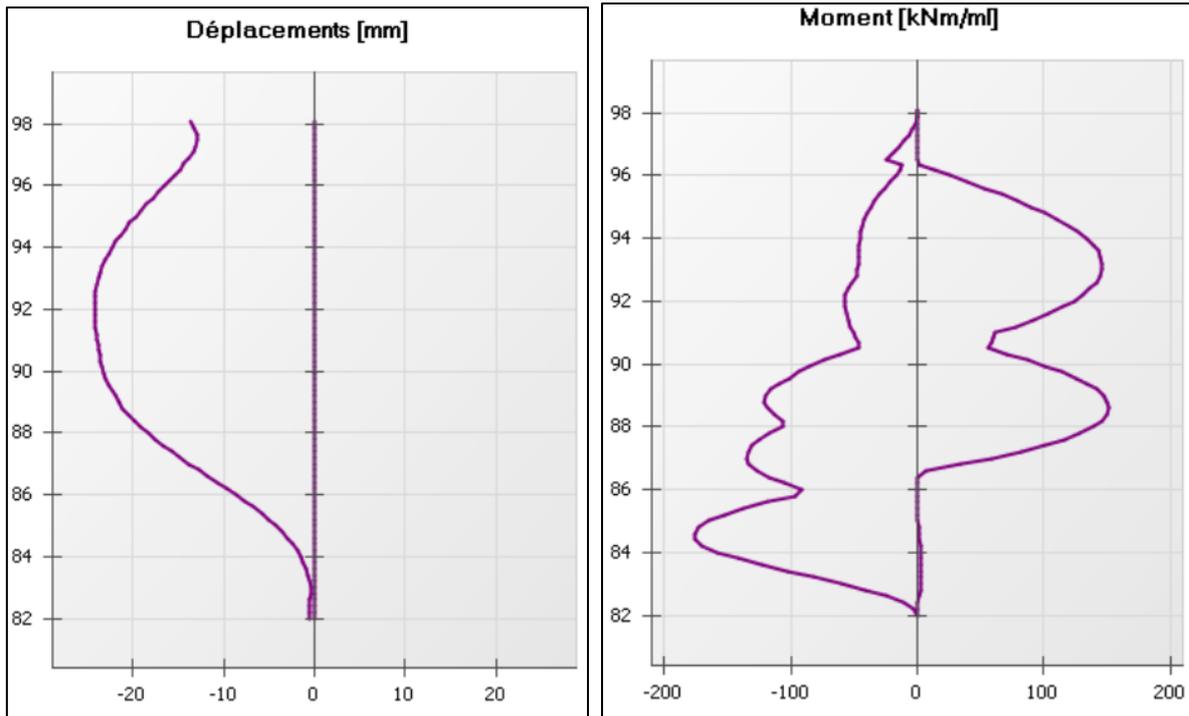


Figure 32 : Enveloppe des déplacements et des moment de la paroi à l'ELS

6.4.10. Système de surveillance – instrumentation et suivi

a) Généralités

Dans le cadre du projet, conformément aux prescriptions de l'Eurocode 7 (§ 4.5 – Instrumentation et suivi), une surveillance de l'ouvrage devra être réalisée au moyen d'une instrumentation et d'un suivi. Nous précisons que ce qui est demandé à l'Entreprise correspond bien à un suivi et une surveillance de l'ouvrage, et non une méthode observationnelle.

Elle devra être réalisée par l'Entreprise en charge des Travaux afin de statuer sur la pertinence et la fidélité des modélisations par rapport au comportement réel observé de l'ouvrage. Les résultats des mesures de suivi doivent toujours être évalués et interprétés afin de vérifier de manière quantitative la validité des hypothèses retenues.

Nous précisons que cette surveillance relève d'un principe obligatoire (P) au sens de la norme NF P 94-282 relative aux écrans de soutènement.

b) Instrumentation

En d'autres termes, nous recommandons de mettre en œuvre :

- des dispositifs de contrôle des déformations des voiles périmétriques avec la mise en place de cibles topographiques par exemple,
- des dispositions palliatives permettant de définir des seuils d'alerte et d'interventions en cas de déformations excessives.

Dans ce cadre, l'Entreprise devra mettre en place, à minima :

- un suivi topographique des cibles avec une précision au mm des mesures et des relevés en X, Y et Z,
- une vérification régulière des butons (coin de charge bien en place,...),

Concernant la périodicité du suivi, l'Entreprise procédera à une auscultation au début et à la fin de chaque phase de terrassement, et au minimum à un relevé toutes les semaines, tant que les travaux géotechniques ne seront pas terminés.

c) Valeurs seuils et mesures palliatives

Nous rappelons les éléments ci-après pour les soutènements :

1. Seuil de vigilance :

Seuil en-dessous duquel, les mesures sont jugées normales et au-dessus duquel, la vigilance doit être renforcée avec une cadence de mesures plus resserrée, afin de suivre au plus près l'évolution des différents paramètres.

2. Seuil d'alerte :

Seuil au-delà duquel des dispositifs conservatoires sont mis en œuvre, avec renforcement du suivi.

Les valeurs des seuils de vigilance et d'alerte seront fixées en fonction des déformations limites des ouvrages mais aussi des avoisinants-mitoyens (à définir par le MOE).

Pour les parois prévues en phase conception, nous avons retenu les valeurs seuils usuelles suivantes :

| Déformation | Seuil de Vigilance* | Seuil d'Alerte* | Seuil d'Arrêt* |
|---|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Déplacement/ efforts dans les butons | 80 % de la valeur calculée | 100 % de la valeur calculée | 120 % de la valeur calculée |

(* Les valeurs proposées doivent être validés par l'ensemble des parties (Maître d'Ouvrage, Maître d'œuvre, Bureau de contrôle, Géotechnicien en charge de la G₄, Entreprise)

Ces valeurs devront bien évidemment être validées par le Bureau de Contrôle.

Les ouvrages et la méthodologie devront être définis de manière à respecter les seuils ainsi définis.

Nota : Le suivi et la surveillance des ouvrages géotechniques effectués devront être pris en compte par l'Entreprise pour toutes les phases du projet et les relevés devront être transmis au Maître d'œuvre. En fonction des résultats de ces relevés, le cas échéant, l'Entreprise pourra en tirer les conséquences pour développer les mesures nécessaires permettant d'assurer la stabilité du site.

3. Périodicité du suivi

En deçà du seuil de vigilance, un suivi hebdomadaire sera mis en place.

Un autocontrôle avec une surveillance des alignements sur la hauteur des soutènements permettra également de constater l'absence de déformation excessive au quotidien.

Au-delà du seuil de vigilance :

- les différentes parties devront être averties,
- la périodicité des mesures sera journalière jusqu'à stabilisation et action.

Au-delà du seuil d'alerte, il conviendra de mettre en place une solution palliative permettant de garantir la stabilité des soutènements de la fouille avec un remblaiement si nécessaire.

De plus, il conviendra de :

- prévenir les différentes parties,
- densifier le nombre de tirant et/ou une excavation derrière la paroi seront mis en œuvre jusqu'à stabilisation,
- la périodicité des mesures est journalière jusqu'à stabilisation et action,

6.5. Avoisinants

L'étude de la stabilité des ouvrages avoisinants au cours de l'exécution des fouilles des sous-sols exige une étude spécifique. En tout état de cause, il est exclu de réaliser un terrassement ou des fondations sans assurer la stabilité des ouvrages mitoyens par un dispositif adapté pour interdire tout mouvement quelle que soit la phase de mise en œuvre du projet.

Notons que toute solution envisagée devra être dûment justifiée et être validée par un contrôleur externe afin de privilégier le mode de soutènements et/ou la solution de terrassement les mieux adaptés.

Par ailleurs, nous recommandons que l'Entreprise chargée des travaux mette en place un système de suivi des déplacements en X, Y et Z (cibles par exemple) avec définition des seuils d'alerte et d'intervention associés aux mesures palliatives.

6.6. Sujétions générales

On respectera, de plus, les sujétions suivantes :

- l'homogénéité des fonds de fouille sera soigneusement contrôlée,
- la mise en place du béton devra suivre immédiatement l'ouverture des fouilles afin d'éviter tout risque d'altération de leurs parois et assises sous l'effet des venues d'eau et de l'action des agents météoriques. Le bétonnage devra se faire à pleine fouille,
- la plus petite dimension des fondations ne sera pas inférieure à 0,50 m pour les semelles filantes et 0,7 m pour les semelles isolées,

- la présence de remblais de démolition (béton, ferraille...) et de bancs de gypse gênera le bon déroulement des travaux (mise en œuvre d'un matériel adapté, blindage des fouilles de fondation, diminution des cadences...),
- les structures enterrées seront réalisées à l'aide d'un béton confectionné en conformité avec la norme NF EN 1992-1-1 d'octobre 2005 et avec la NF EN 206/CN de décembre 2014 - Béton — Spécification, performance, production et conformité,
- la rencontre de blocs ou niveaux résistants au sein des remblais ou des formations en place pourra gêner les terrassements et nécessiter l'utilisation de matériel spécifique,
- la réalisation des terrassements/soutènements devra faire l'objet d'une étude spécifique et d'une justification soignée de la part de l'entreprise préalablement aux travaux.

7. ETUDES ET MISSIONS COMPLEMENTAIRES

Nous recommandons vivement à l'Entreprise en charge des Travaux de missionner un géotechnicien dans le cadre d'une mission géotechnique d'étude et de suivi d'exécution (mission G₃) conformément à la norme NF P 94-500 de Novembre 2013.

Compte tenu des charges importantes du projet et la longue des pieux, il conviendra de réaliser des sondages complémentaires avec des essais pressiométriques entre 25 et 30 m de profondeur.

Cette mission G₃ devra comporter au minimum :

- une étude géotechnique d'exécution avec au besoin la réalisation de sondages complémentaires,
 - un suivi géotechnique d'exécution des fondations.
1. Conformément à la norme NF P 94-500, nous recommandons au Maître d'Ouvrage de procéder à la réalisation d'une mission géotechnique G_{2-DCE/ACT} (cf. Enchaînement des missions en annexe),
 2. En cas de variante proposée par l'Entreprise, et en l'absence d'une mission géotechnique G_{2-DCE/ACT}, les conclusions et préconisations du présent rapport G_{2-PRO} deviennent caduques,
 3. Nous rappelons que la mission G_{2-PRO} n'est pas une étude géotechnique d'exécution et que le respect de la norme NF P 94 500 impose à l'entreprise de réaliser une mission G₃ d'étude et de suivi d'exécution permettant d'élaborer le dossier géotechnique d'exécution et d'en suivre sa mise en œuvre,
 4. Cette mission G₃ sera supervisée par une mission géotechnique G₄ qui sera à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage.

Nous restons à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions, ainsi que pour suivre et contrôler éventuellement l'exécution des fondations qui peuvent toujours présenter localement des anomalies nécessitant des adaptations, dans le cadre d'une mission spécifique de suivi géotechnique d'exécution (missions de type G_{2-DCE} à G₄ de la norme française NF P 94-500 de Novembre 2013).

Nous rappelons par ailleurs que le respect de la norme NF P 94 500 impose à l'entreprise de réaliser une mission G₃ d'étude et de suivi d'exécution permettant d'élaborer le dossier géotechnique d'exécution et d'en suivre sa mise en œuvre.

La description des missions normées ainsi que leur enchaînement sont présentés à la fin de ce rapport.

ANNEXE 1 :
TEXTES REGLEMENTAIRES

TEXTES REGLEMENTAIRES

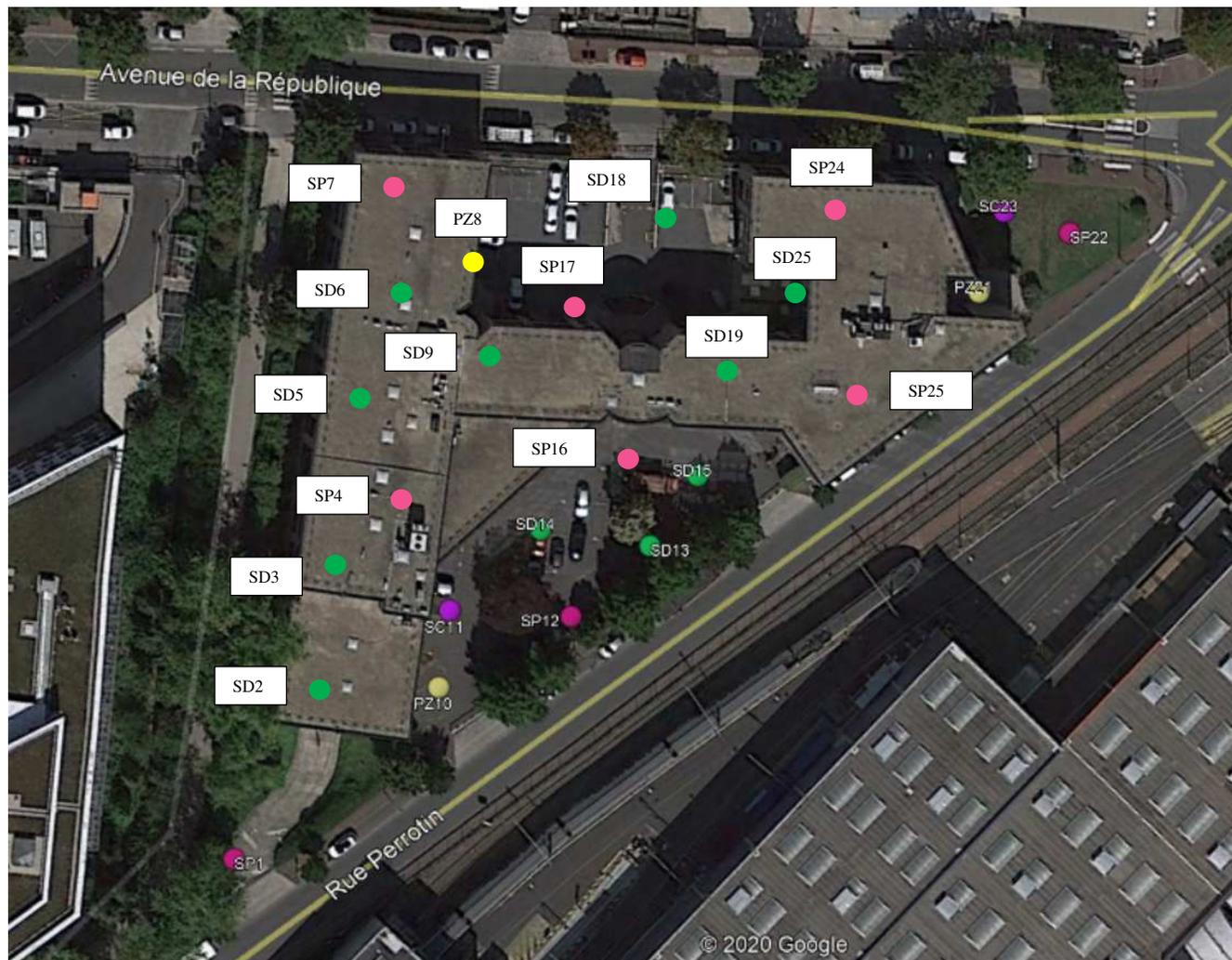
- NF P 94-500, 30 novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications,
- NF EN 1990, mars 2003 – Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures, et son annexe nationale NF EN 1990/NA de décembre 2011,
- NF EN 1997 - 1, juin 2005 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 1/NA : septembre 2018 – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014,
- NF EN 1997 – 2, septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais,
- NF P 94-261, juin 2013 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles, et son amendement NF P 94-261/A1 de Février 2017,
- NF P 94-262, juillet 2012 – Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, et son amendement NF P 94-262/A1 de Juillet 2018,
- NF P 94-282, Mars 2009 - Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Écrans, et son amendement NF P 94-282/A1 de 2015,
- NF DTU 13.1 - Septembre 2019 - Travaux de bâtiment - Fondations superficielles,
- NF DTU 13.2 - Mai 2020 - Travaux de bâtiment — Fondations Profondes,
- NF P 11-213-1, mars 2005 – DTU 13.3 – Dallage – Conception, calcul et exécution,
- NF EN 14199, Septembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux,
- NF EN 1536+A1, Novembre 2015 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux forés,
- Note CNJOG du 24 février 2014 – Prise en compte des niveaux d'eaux selon l'Eurocode 7,
- NF EN 206+A1, Novembre 2016 et NF EN 206 /CN de décembre 2014 – Béton – Spécification, performance, production et conformité.

ANNEXE 2 :
PLAN D'IMPLANTATION

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

LEGENDE

- SP : Sondage pressiométrique
- SD : Sondages destructif
- SC : Sondage carotté
- PZ : Piézomètre



ANNEXE 3 :
COUPES ET RESULTATS DES SONDAGES

Date début: 27/02/2020
Date fin : 28/02/2020
Profondeur: 0,00 - 43,30 m

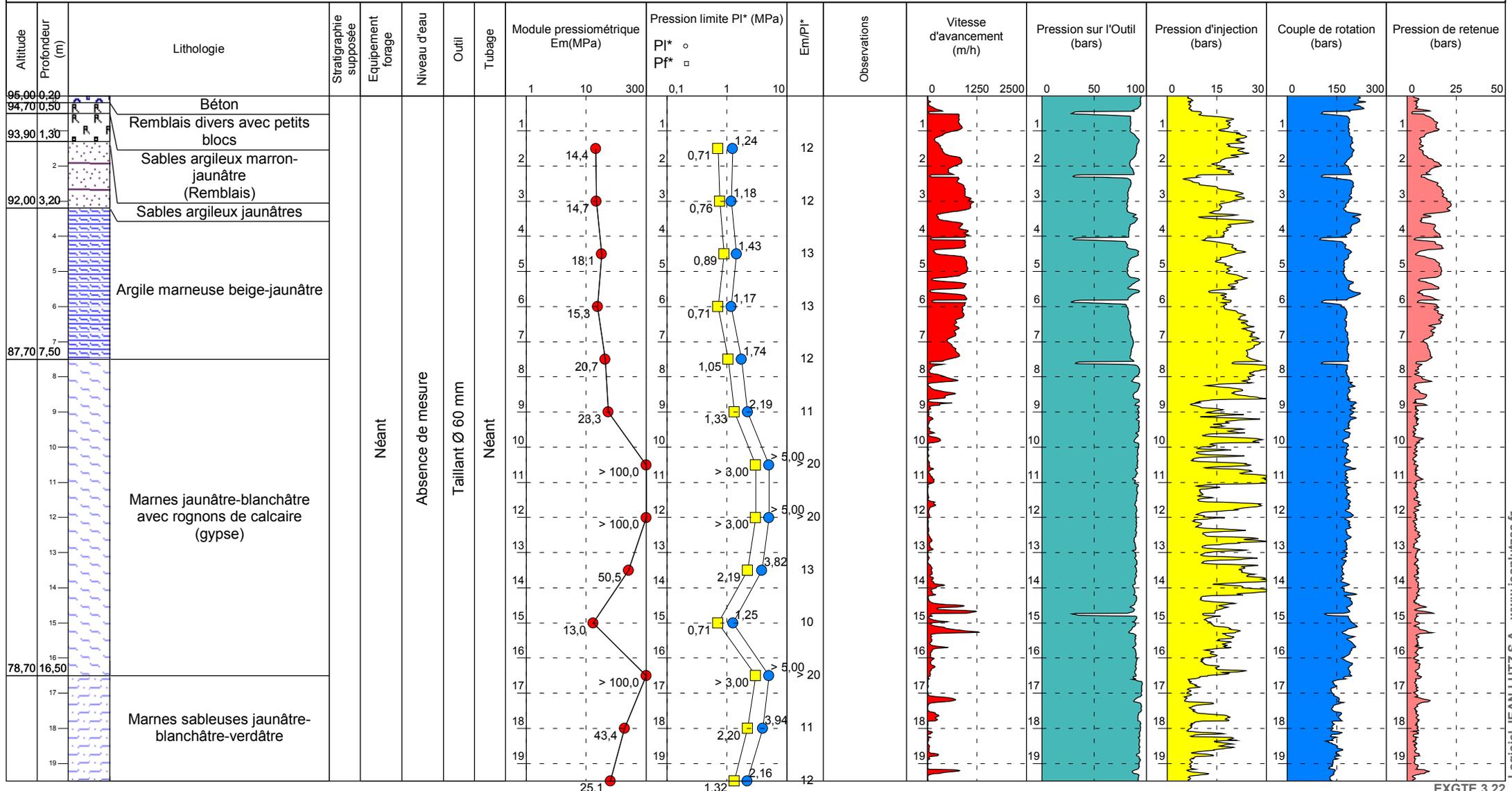
SP1

Cote NGF: 95,2
X : 648293,4
Y : 6855877,7
Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 27/02/2020
Date fin : 28/02/2020
Profondeur: 0,00 - 43,30 m

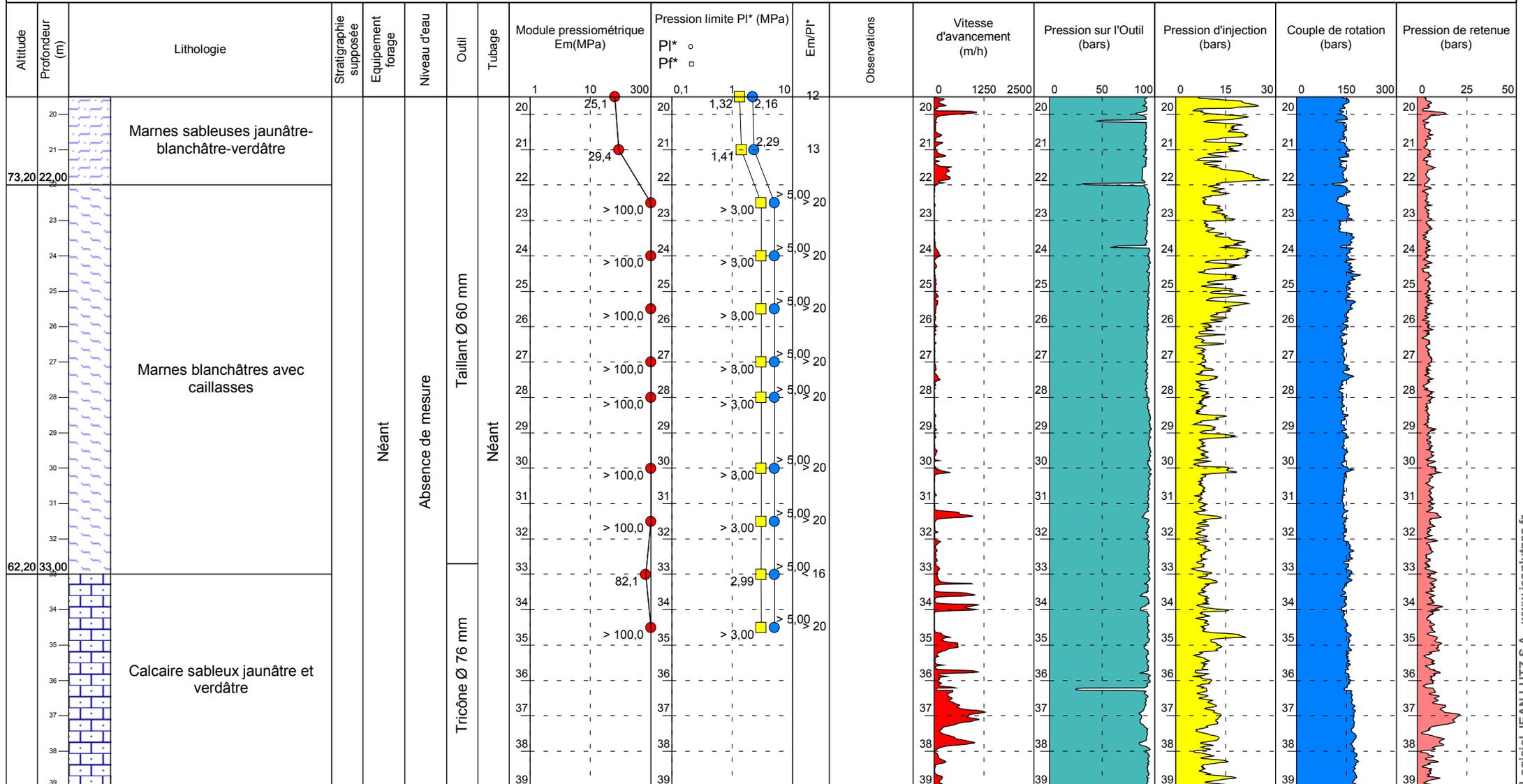
SP1

Cote NGF: 95,2
X : 648293,4
Y : 6855877,7
Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 02/03/2020
 Date fin : 02/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,00 m

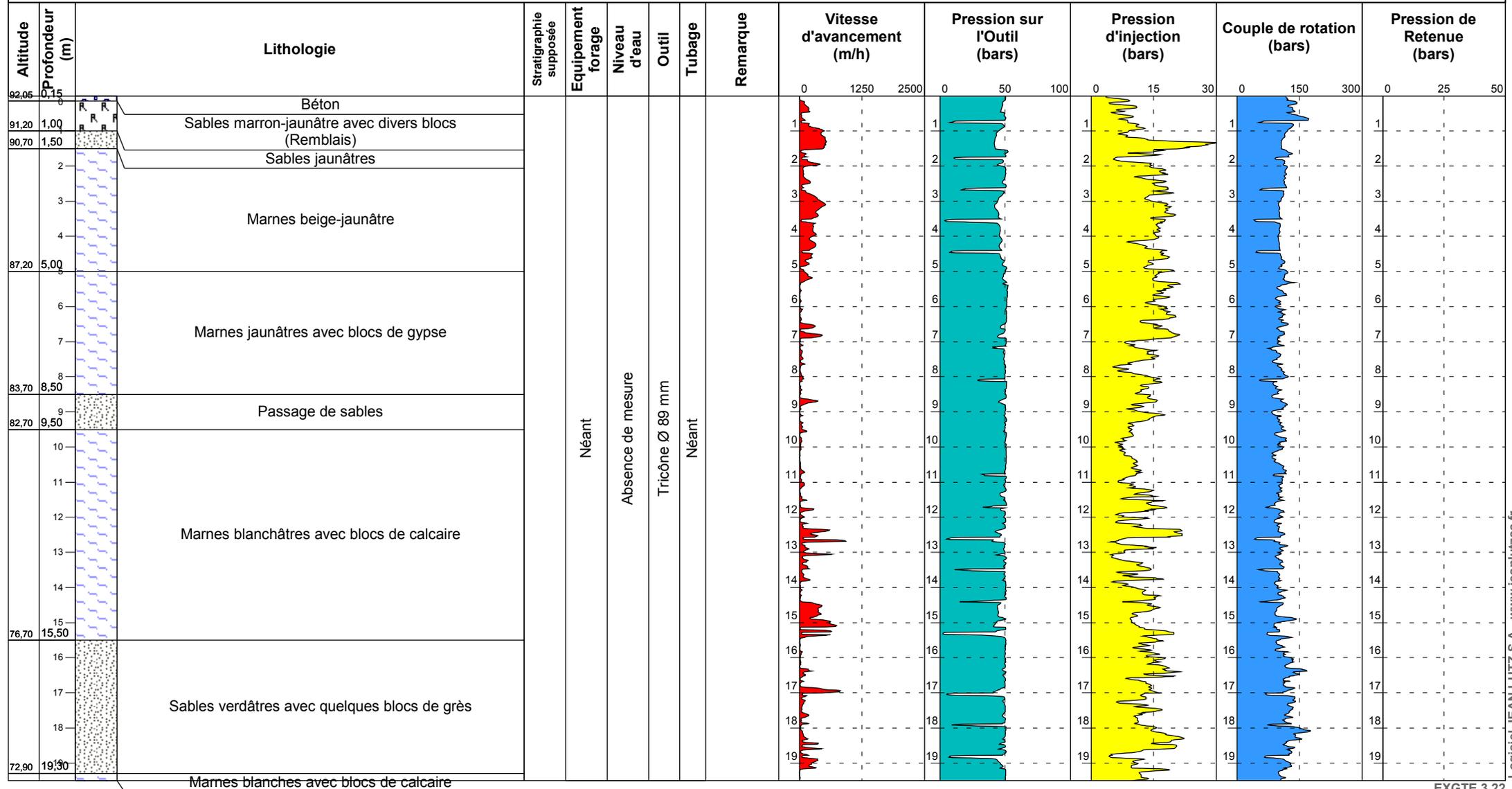
SD2

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 02/03/2020
 Date fin : 02/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,00 m

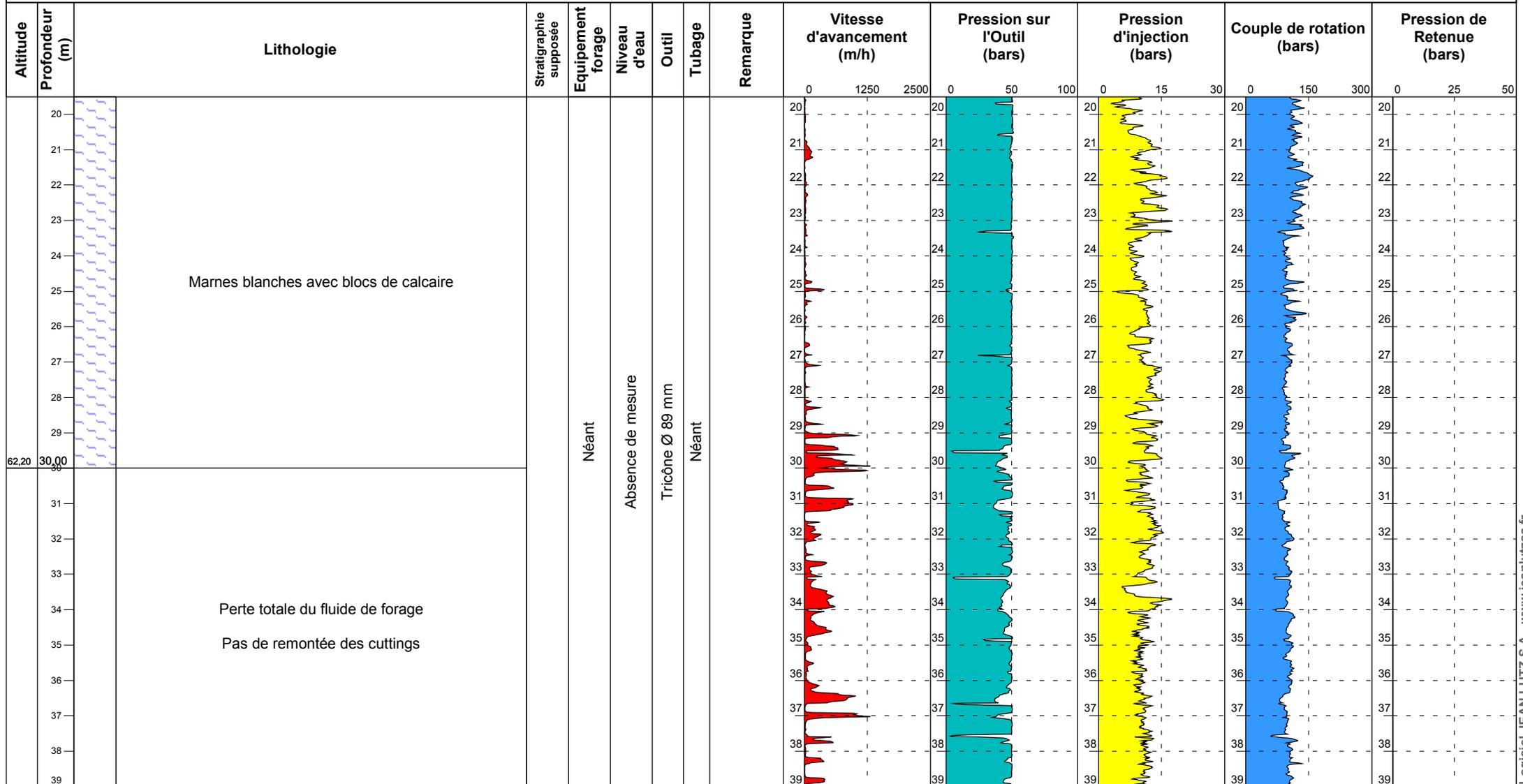
SD2

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 02/03/2020
Date fin : 02/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,00 m

SD2

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|-------------------------------|--|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 39 | Perte totale du fluide de forage Pas de remontée des cuttings | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 41 | | | | | | | | 41 | 41 | 41 | 41 | |
| 42 | | | | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| 43 | | | | | | | | 43 | 43 | 43 | 43 | |
| 43,00 | | | | | | | | 43 | 43 | 43 | 43 | |
| 44 | | | | | | | | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| 45 | | | | | | | | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 46 | | | | | | | | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 47 | | | | | | | | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| 48 | | | | | | | | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 49 | | | | | | | | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| 50 | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 51 | | | | | | | | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| 52 | | | | | | | | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| 53 | | | | | | | | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| 54 | | | | | | | | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| 55 | | | | | | | | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 56 | | | | | | | | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| 57 | | | | | | | | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| 58 | | | | | | | | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |

Observations:

Date début: 02/03/2020
 Date fin : 02/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,04 m

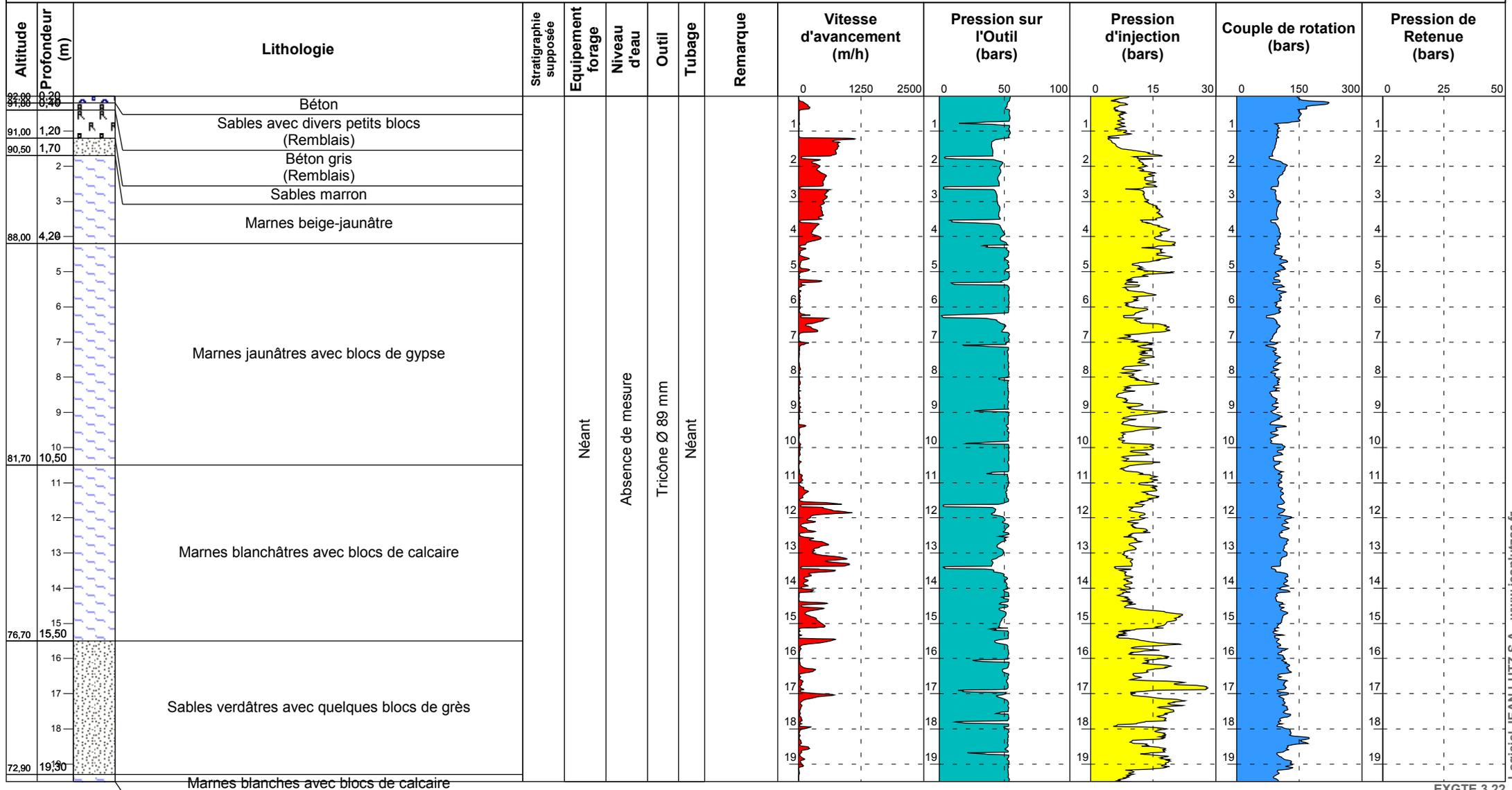
SD3

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 02/03/2020
Date fin : 02/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,04 m

SD3

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

2/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | | Pression sur l'Outil (bars) | | Pression d'injection (bars) | | Couple de rotation (bars) | | Pression de Retenue (bars) | |
|----------|----------------|--|------------------------|-------------------|--------------|-------|--------|----------|----------------------------|------|-----------------------------|----|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----------------------------|---|
| | | | | | | | | | 0 | 1250 | 2500 | 0 | 50 | 100 | 0 | 15 | 30 | 0 |
| 65,90 | 26,30 | Marnes blanches avec blocs de calcaire | | | | | | | 20 | | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | |
| | 21 | | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | 22 | 22 | 22 | 22 | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | 23 | 23 | 23 | 23 | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | 24 | 24 | 24 | 24 | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | | | | | | | | | |
| 64,90 | 27,30 | Passage de marnes | | | | | | | 26 | | 26 | 26 | 26 | 26 | | | | |
| | 27 | | | | | | | | 27 | | 27 | 27 | 27 | 27 | | | | |
| | 28 | | | | | | | | 28 | | 28 | 28 | 28 | 28 | | | | |
| | 29 | | | | | | | | 29 | | 29 | 29 | 29 | 29 | | | | |
| | 30 | | | | | | | | 30 | | 30 | 30 | 30 | 30 | | | | |
| | 31 | | | | | | | | 31 | | 31 | 31 | 31 | 31 | | | | |
| | 32 | | | | | | | | 32 | | 32 | 32 | 32 | 32 | | | | |
| | 33 | Perte totale du fluide de forage | | | | | | | 33 | | 33 | 33 | 33 | 33 | | | | |
| | 34 | Pas de remontée des cuttings | | | | | | | 34 | | 34 | 34 | 34 | 34 | | | | |
| | 35 | | | | | | | | 35 | | 35 | 35 | 35 | 35 | | | | |
| | 36 | | | | | | | | 36 | | 36 | 36 | 36 | 36 | | | | |
| | 37 | | | | | | | | 37 | | 37 | 37 | 37 | 37 | | | | |
| | 38 | | | | | | | | 38 | | 38 | 38 | 38 | 38 | | | | |
| | 39 | | | | | | | | 39 | | 39 | 39 | 39 | 39 | | | | |

Observations:

Date début: 02/03/2020
 Date fin : 02/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,04 m

SD3

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | | Pression sur l'Outil (bars) | | Pression d'injection (bars) | | Couple de rotation (bars) | | Pression de Retenue (bars) | | | | | | | |
|----------|----------------|--|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|------|-----------------------------|---|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----------------------------|---|-----|-----|---|----|----|--|
| | | | | | | | | | 0 | 1250 | 2500 | 0 | 50 | 100 | 0 | 15 | 30 | 0 | 150 | 300 | 0 | 25 | 50 | |
| 39 | | Perte totale du fluide de forage Pas de remontée des cuttings | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | 43,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 03/03/2020
 Date fin : 03/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,02 m

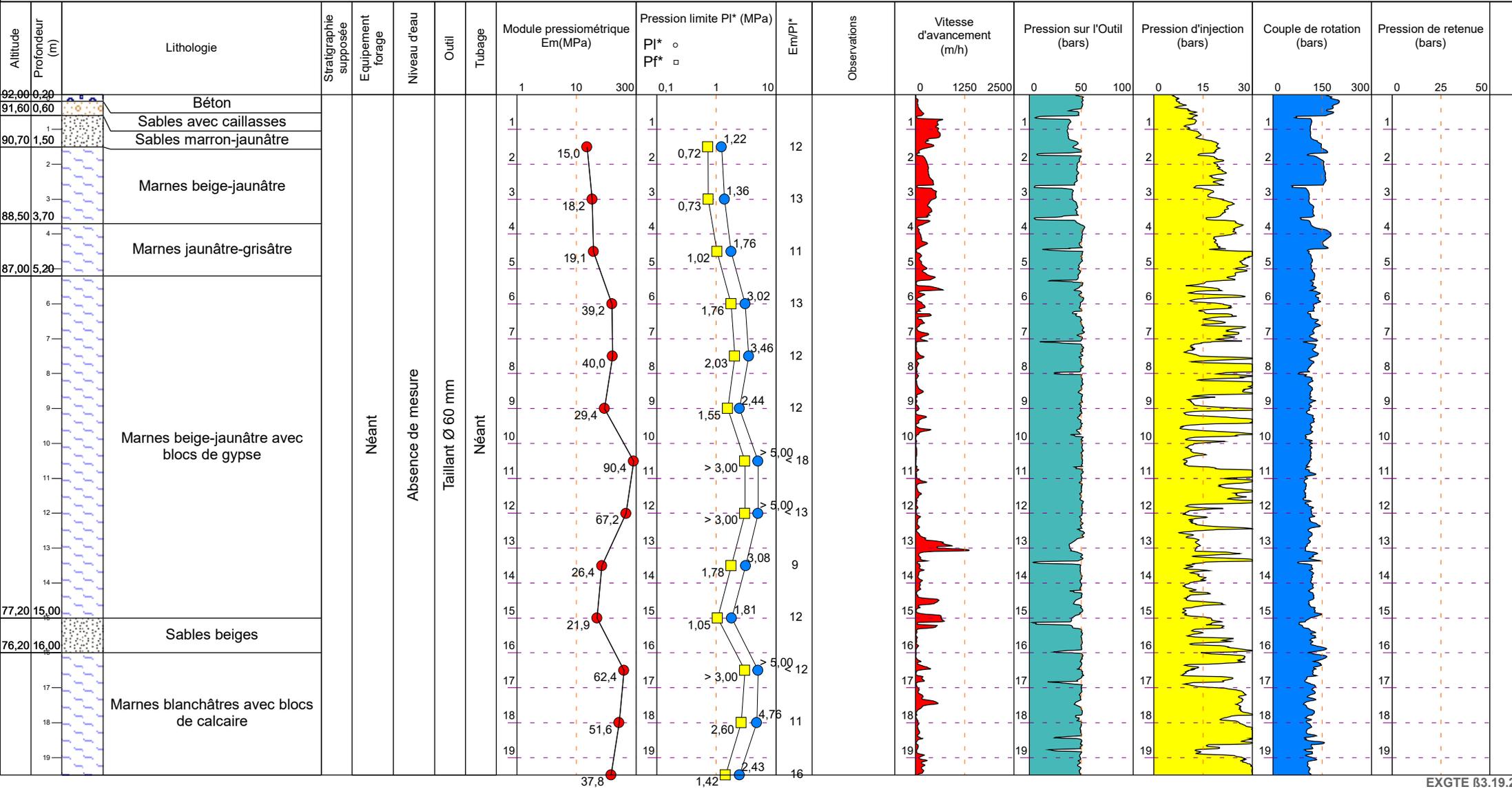
SP4

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 63.19.2

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 03/03/2020
 Date fin : 03/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,02 m

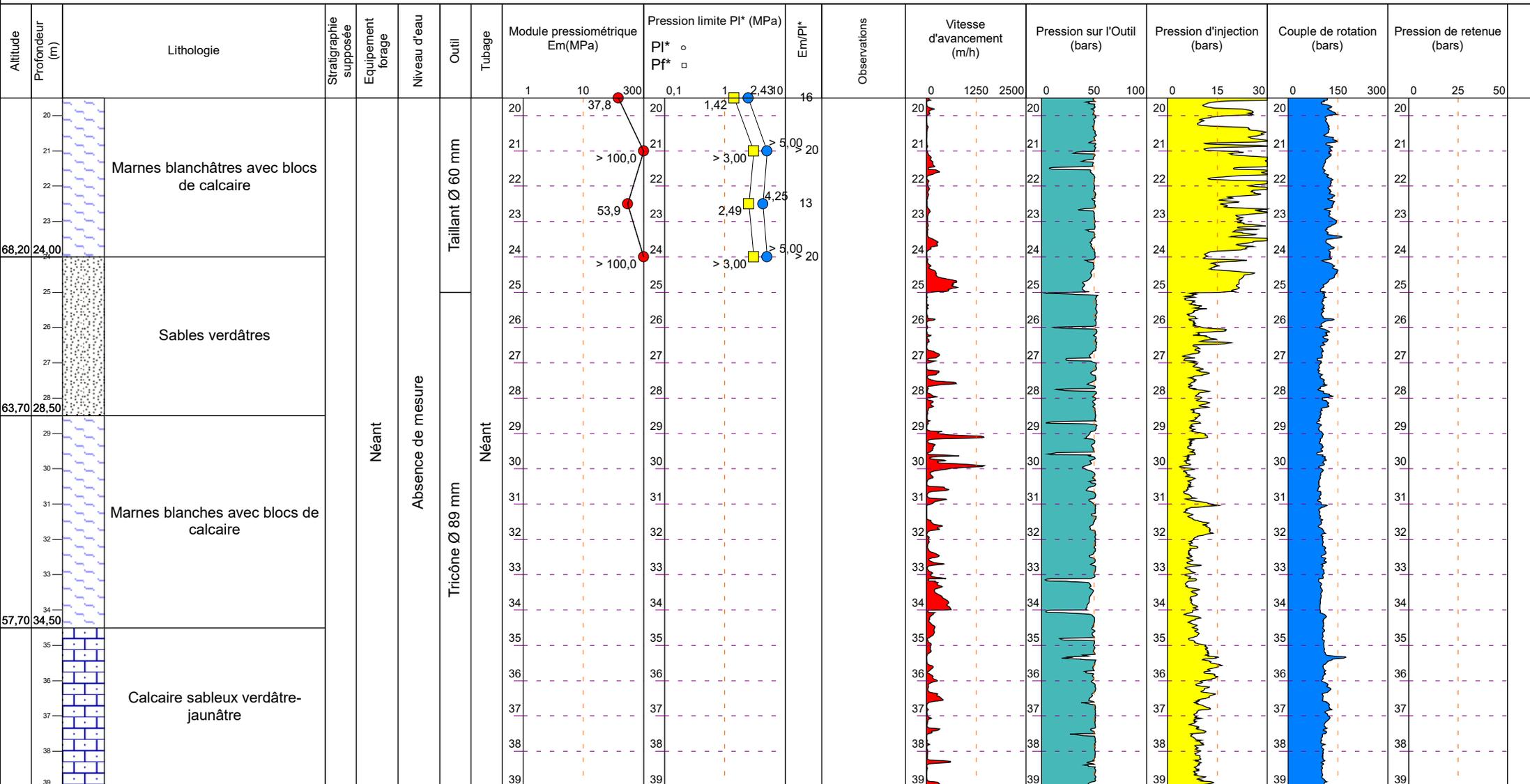
SP4

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE B3.19.2

Observations:

Date début: 04/03/2020
 Date fin : 04/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,03 m

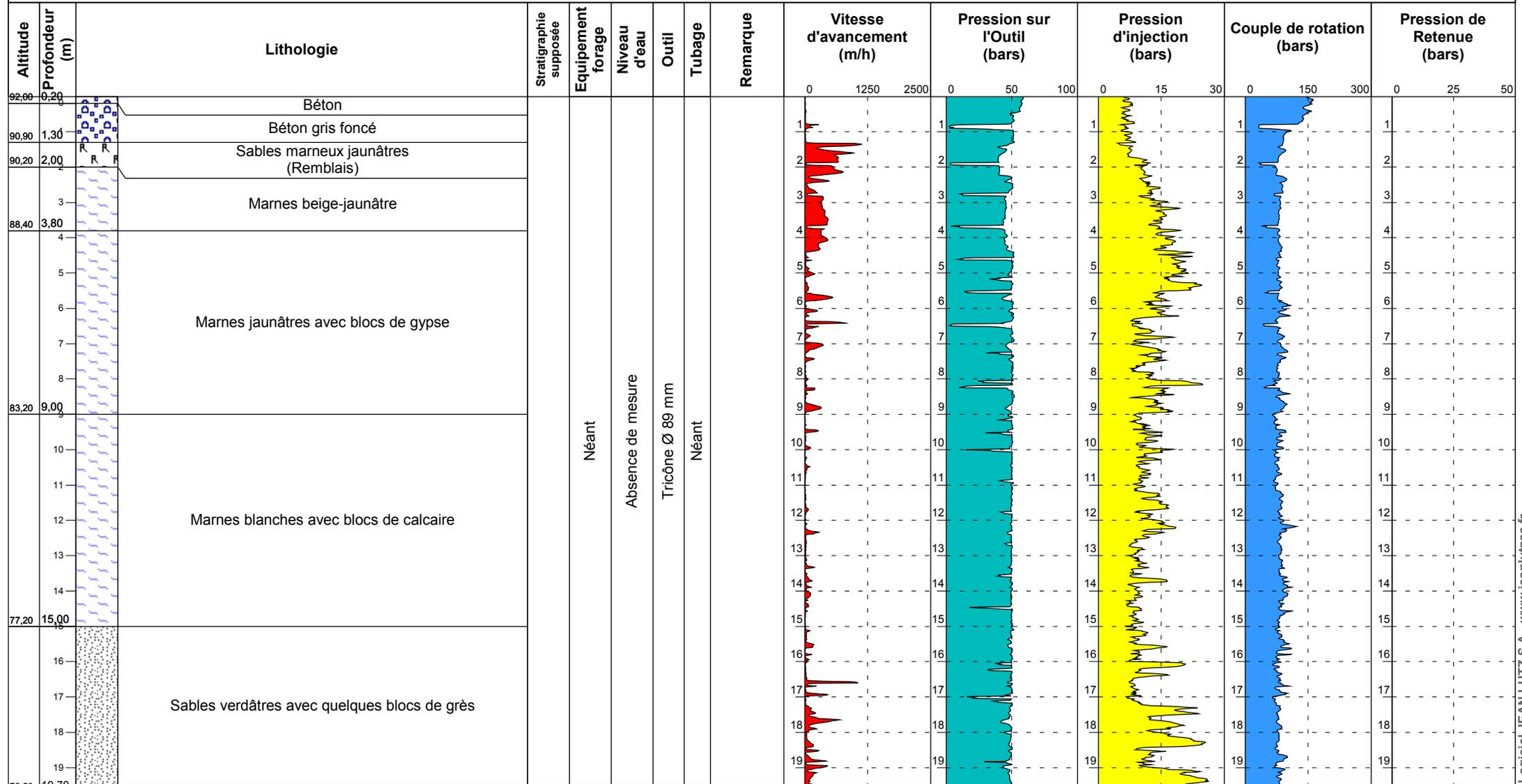
SD5

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 04/03/2020
Date fin : 04/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,03 m

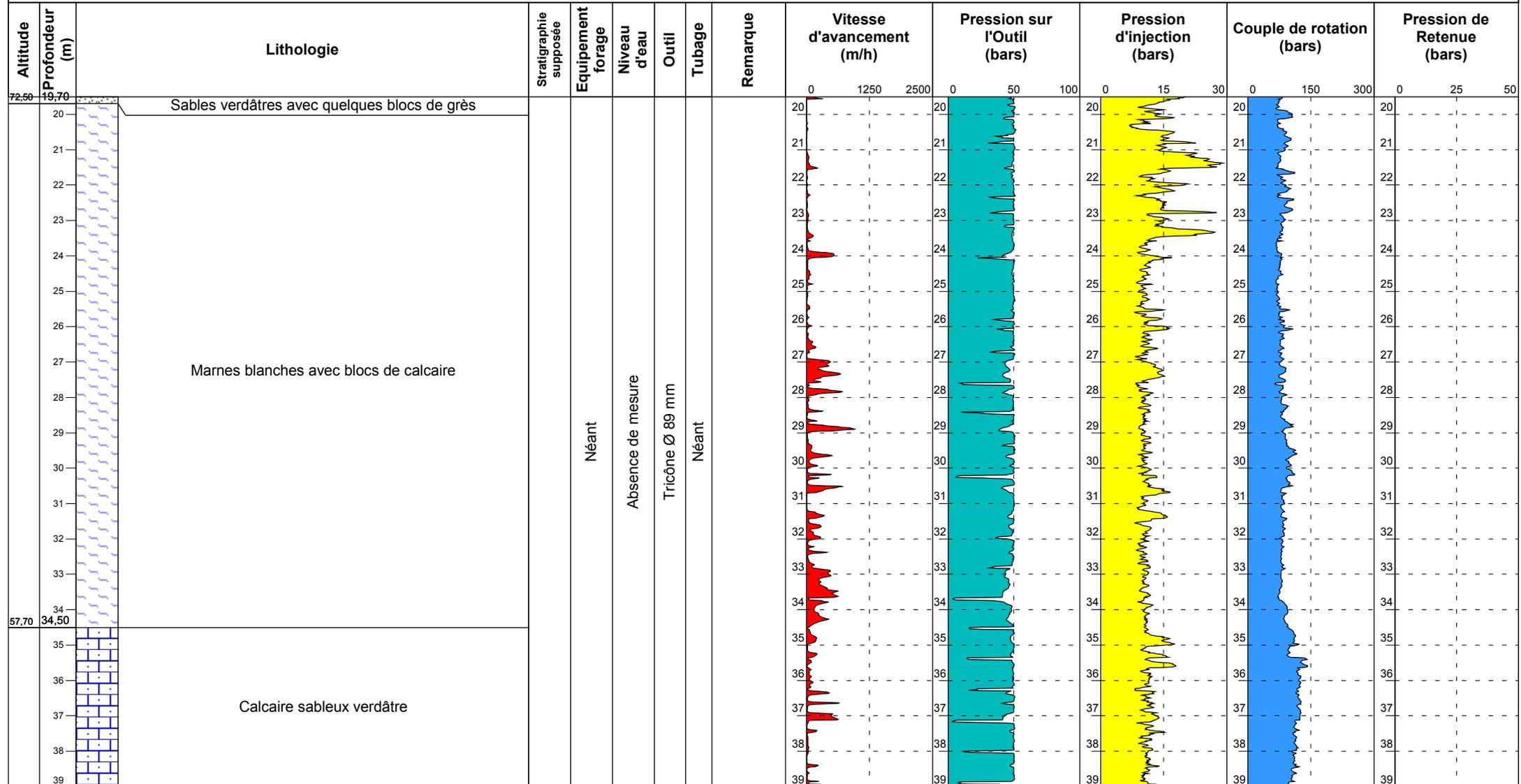
SD5

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 04/03/2020
Date fin : 04/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,03 m

SD5

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|----------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 39 | 40 | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 0 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 41 | 41 | | | | | | | | 41 | 41 | 41 | | |
| 42 | 42 | | | | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| 43 | 43 | | | | | | | | 43 | 43 | 43 | 43 | |
| 44 | 44 | | | | | | | | 44 | 44 | 44 | 44 | |
| 45 | 45 | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 46 | | | | | | | | | | | | |
| 47 | 47 | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 48 | | | | | | | | | | | | |
| 49 | 49 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 50 | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 51 | | | | | | | | | | | | |
| 52 | 52 | | | | | | | | | | | | |
| 53 | 53 | | | | | | | | | | | | |
| 54 | 54 | | | | | | | | | | | | |
| 55 | 55 | | | | | | | | | | | | |
| 56 | 56 | | | | | | | | | | | | |
| 57 | 57 | | | | | | | | | | | | |
| 58 | 58 | | | | | | | | | | | | |

Observations:

Date début: 06/03/2020
 Date fin : 06/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 42,83 m

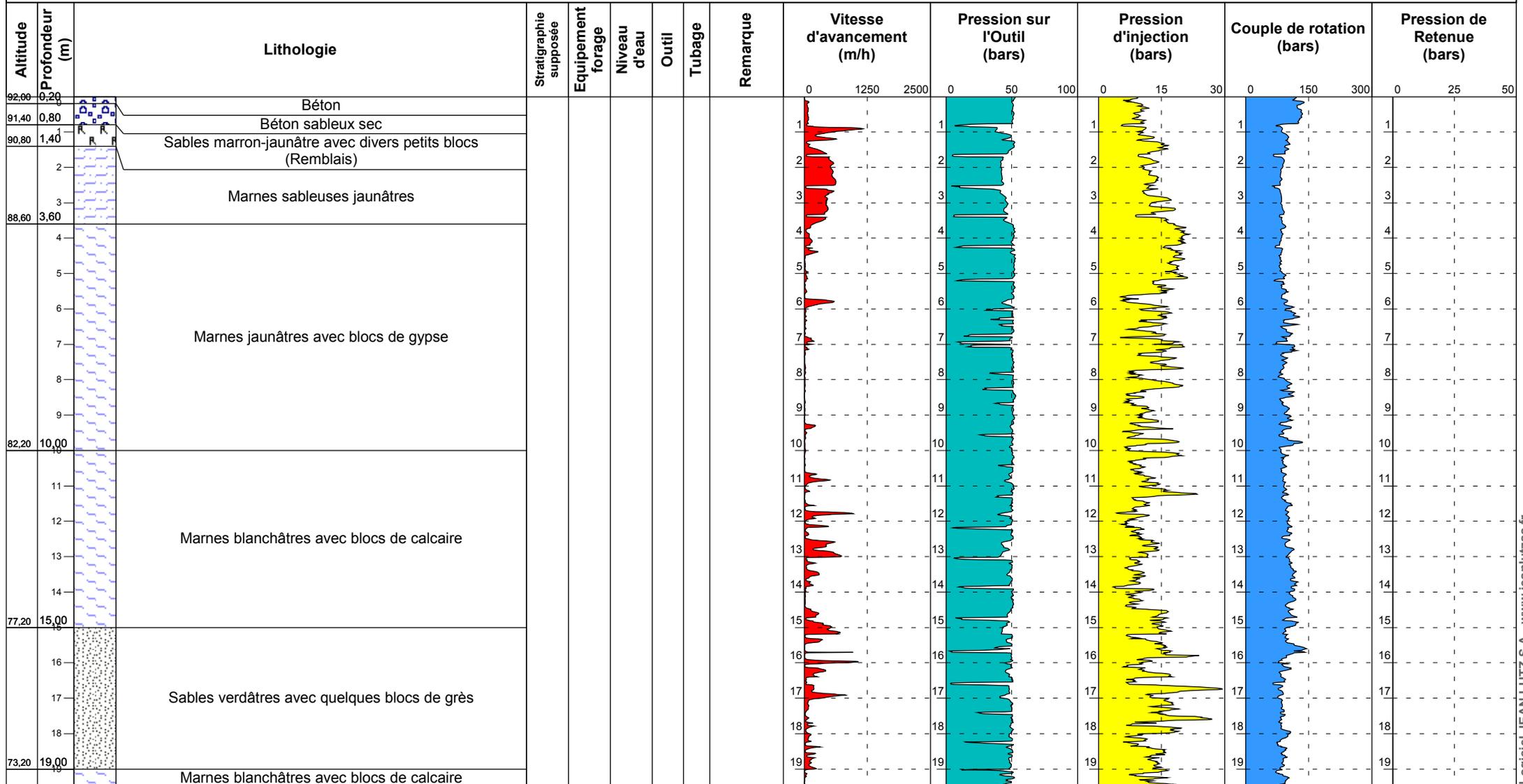
SD6

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.22

Observations:

Date début: 06/03/2020
 Date fin : 06/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 42,83 m

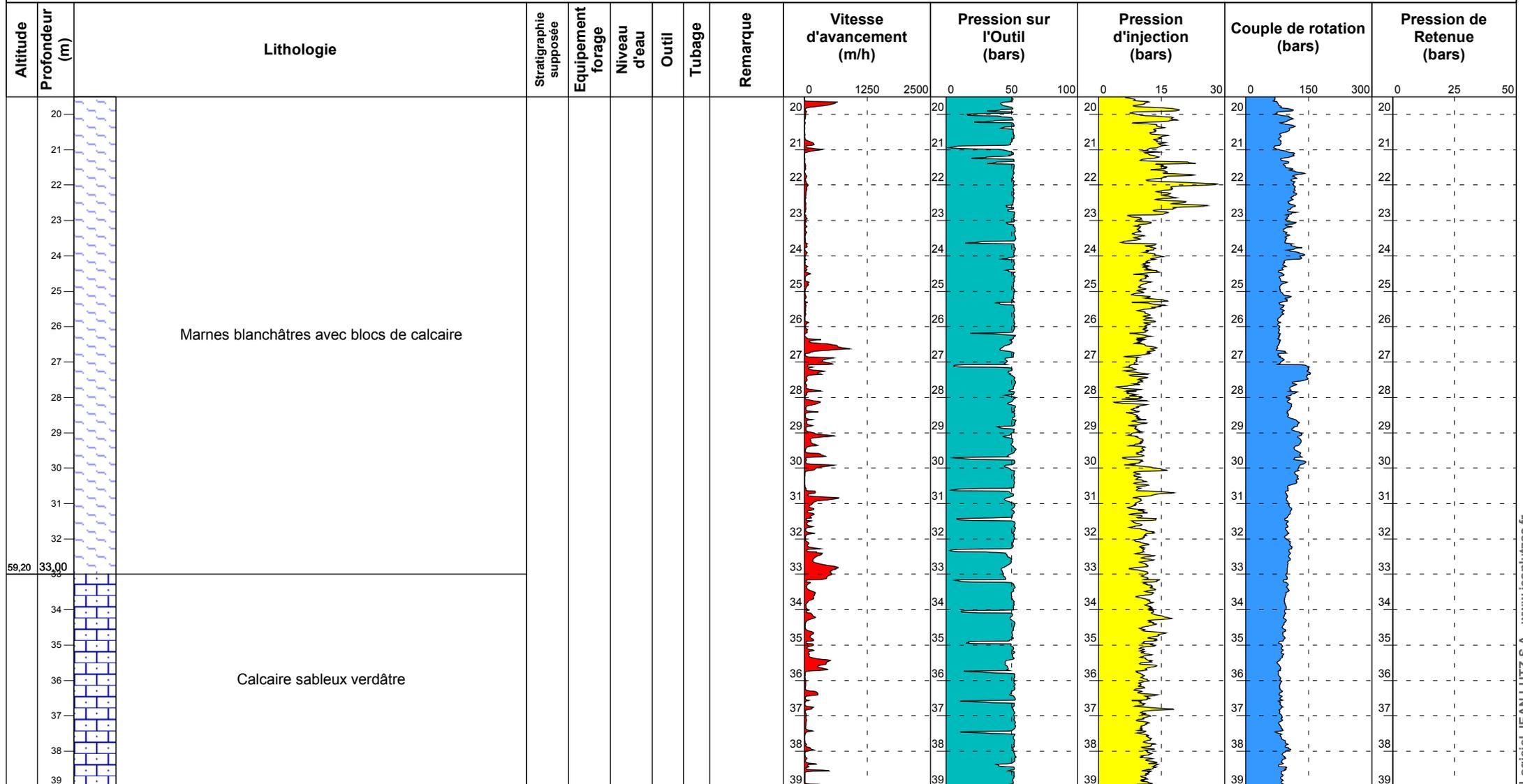
SD6

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 06/03/2020
Date fin : 06/03/2020
Profondeur: 0,00 - 42,83 m

SD6

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-------|--------|----------|---|---|---|---|----------------------------------|--|
| | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 | |
| 39 | Calcaire sableux verdâtre | | | | | | |  |  |  |  | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | |
| 42,83 | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 05/03/2020
 Date fin : 05/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,04 m

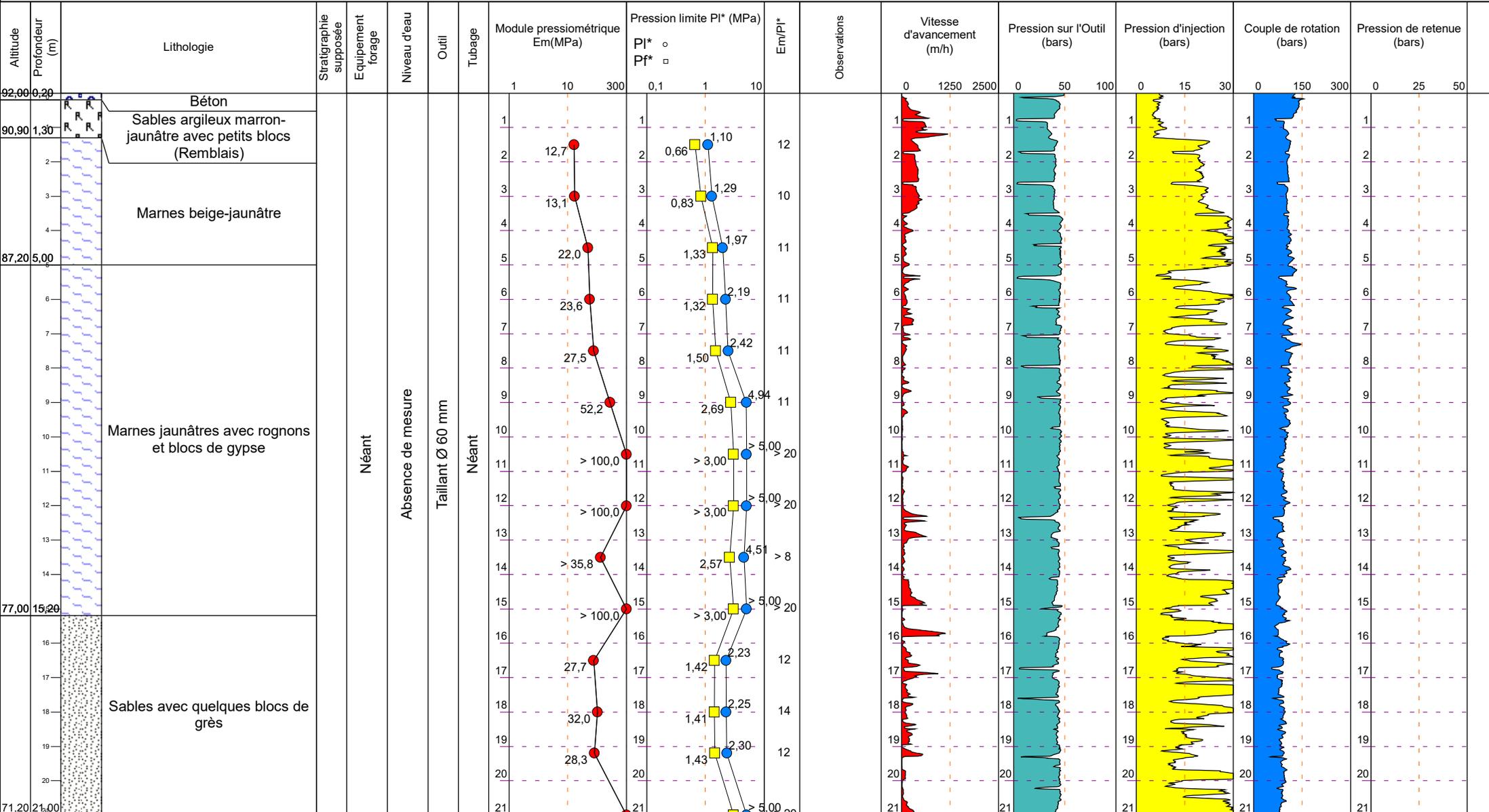
SP7

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

EXGTE B3.19.2

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 05/03/2020
 Date fin : 05/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,04 m

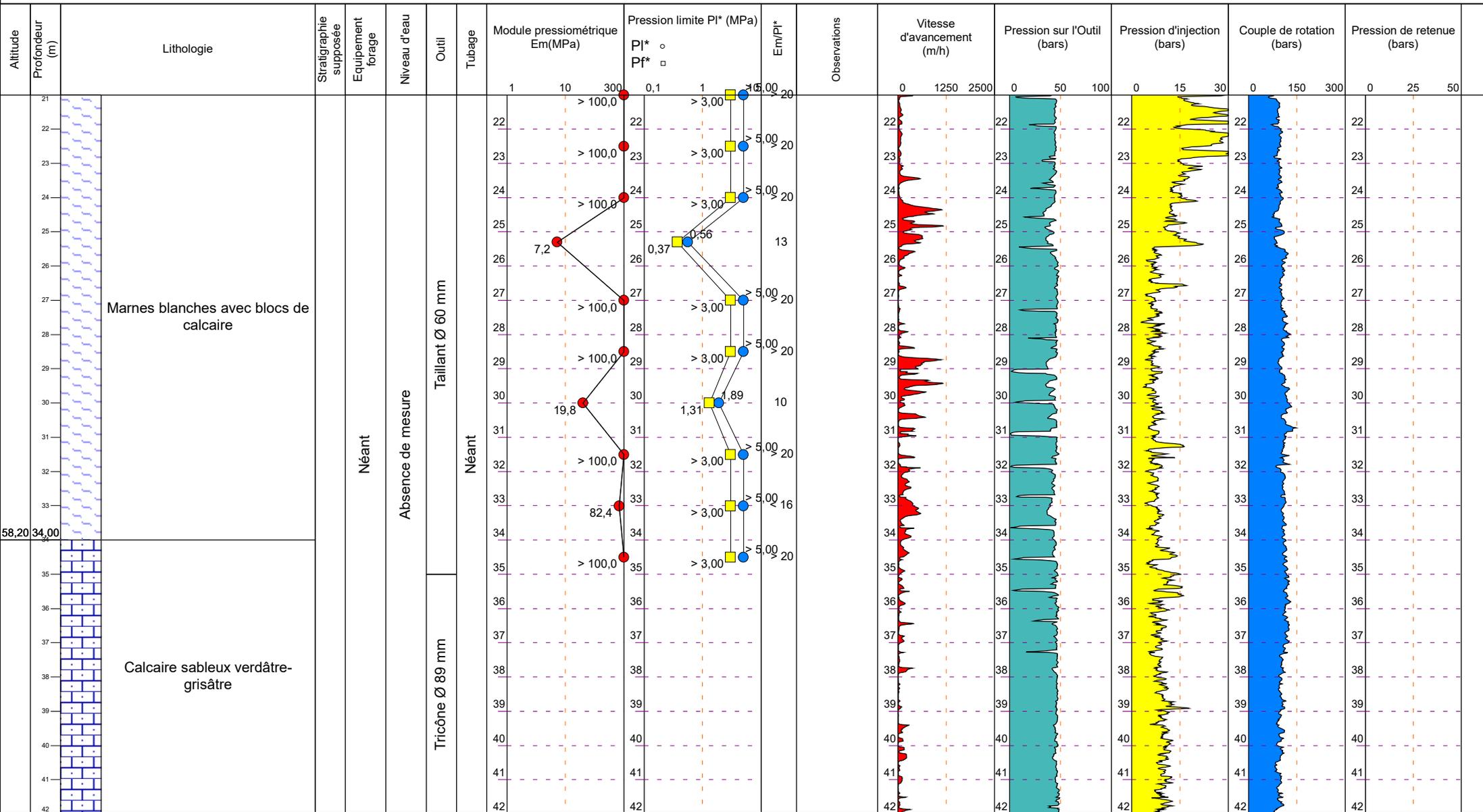
SP7

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 05/03/2020
 Date fin : 05/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 10,36 m

PZ8

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/1

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|----------|----------------|--|------------------------|---|--------------|------------------------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 92.06 | 0,15 | Béton | | Tube PVC Ø 60 mm crépiné de 2.00 à 10.40 m avec bouche à clé et massif filtrant | 10,10 | Tricône Ø 89 mm + eau claire | Néant | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 91.70 | 0,50 | Sables avec gravillons (Remblais) | 2 | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 91.00 | 1,20 | Sables marneux marron avec rognons divers (Remblais) | 3 | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| 2 | | | 4 | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 3 | | | 5 | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 4 | | | 6 | | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| 5 | | | 7 | | | | | | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| 6 | | | 8 | | | | | | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| 7 | | | 9 | | | | | | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 8 | | | 10 | | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| 81.84 | 10,36 | Marnes jaunâtres avec blocs de gypse | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | |
| | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | | | | |
| | | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | | | | | |
| | | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | | | | | |
| | | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | | |
| | | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | | | | |
| | | | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | | | |
| | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | | |
| | | | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | | | | | |
| | | | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | | |

Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 06/03/2020
 Date fin : 06/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,03 m

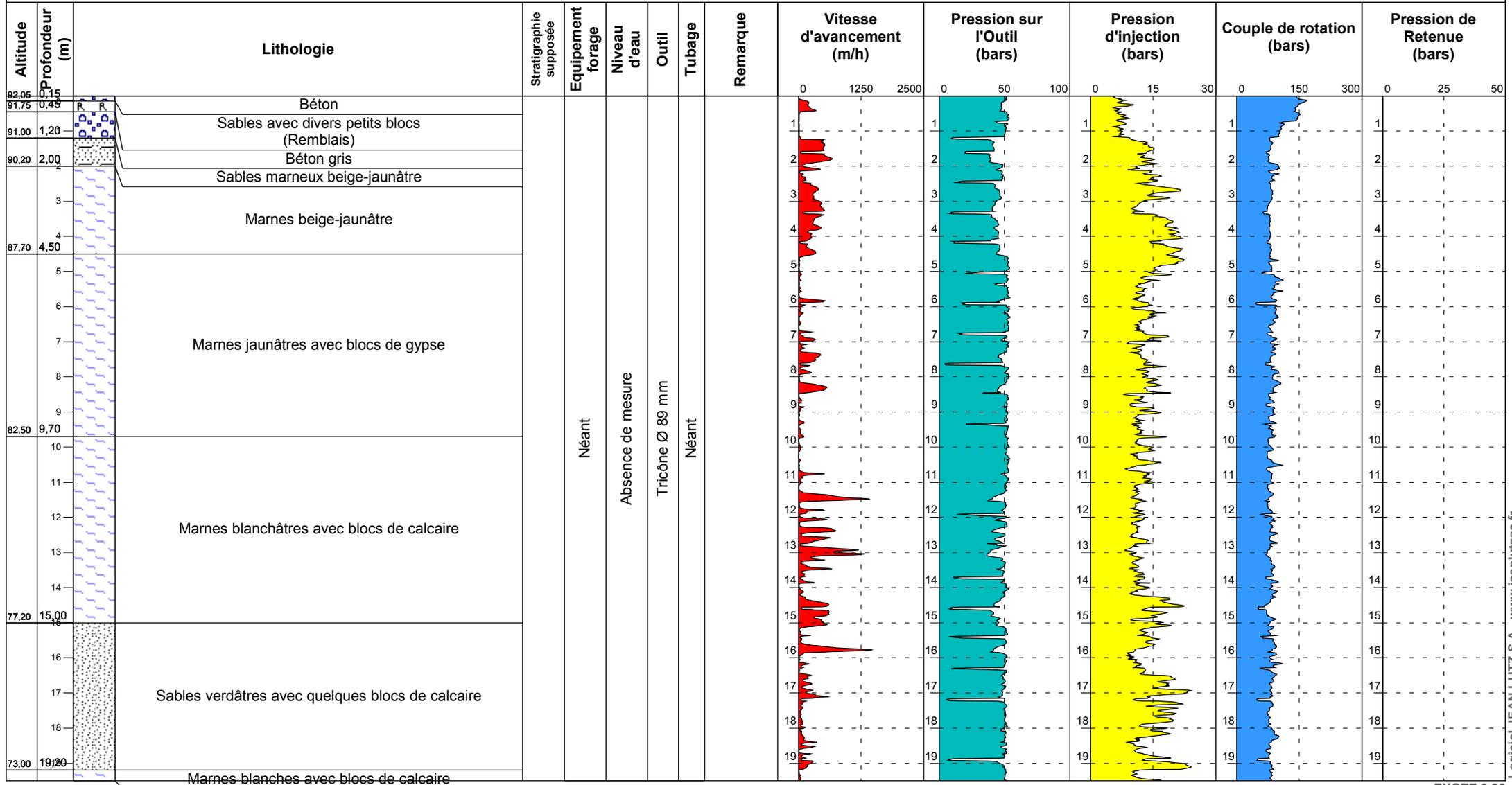
SD9

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.22

Observations:

Date début: 06/03/2020
 Date fin : 06/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,03 m

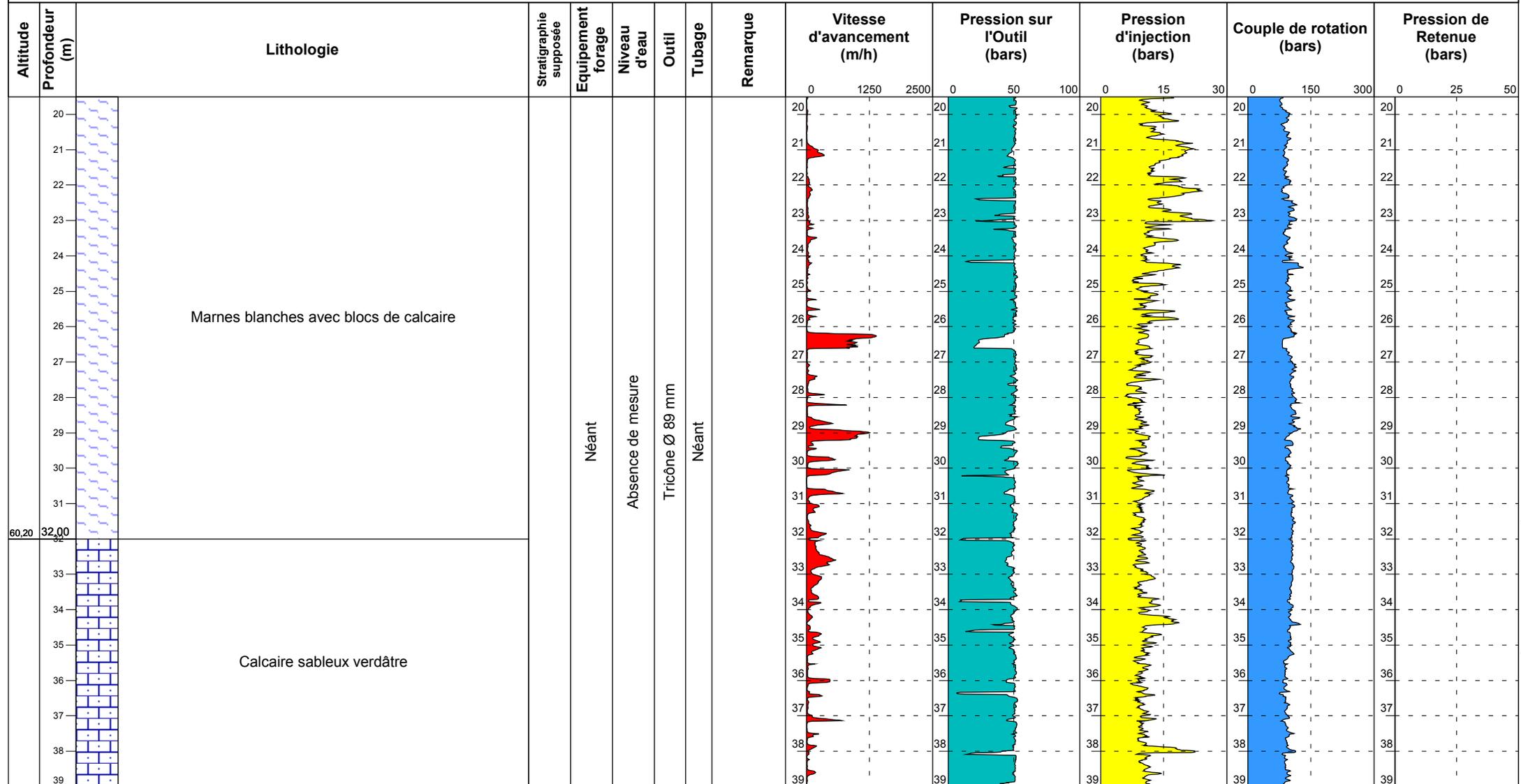
SD9

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 06/03/2020
 Date fin : 06/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,03 m

SD9

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|----------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 39 | 40 | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | | | | | |
| 41 | 41 | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 42 | | | | | | | | | | | | |
| 43.03 | 43 | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 44 | | | | | | | | | | | | |
| 45 | 45 | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 46 | | | | | | | | | | | | |
| 47 | 47 | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 48 | | | | | | | | | | | | |
| 49 | 49 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 50 | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 51 | | | | | | | | | | | | |
| 52 | 52 | | | | | | | | | | | | |
| 53 | 53 | | | | | | | | | | | | |
| 54 | 54 | | | | | | | | | | | | |
| 55 | 55 | | | | | | | | | | | | |
| 56 | 56 | | | | | | | | | | | | |
| 57 | 57 | | | | | | | | | | | | |
| 58 | 58 | | | | | | | | | | | | |

Observations:

Date début: 25/02/2020
 Date fin : 25/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 10,41 m

PZ10

Cote NGF: 95.1
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/1

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) | | | | |
|----------|----------------|--|------------------------|---|--------------|---------------------------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 | | | | |
| 95.05 | 0.00 | Goudron | | Tube PVC Ø 52/60 mm crépiné de 0.00 à 2.00 m avec bouche à clé et massif filtrant | 95.25 | Tricône Ø 89 mm avec eau claire | Néant | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 94.10 | 1.00 | Béton | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | Sables argileux marron avec rognons et petits blocs (Remblais) | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | | Sables jaunâtre-marron | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 91.60 | 3.50 | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | Marnes beige-jaunâtre avec blocs de gypse | | | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 84.69 | 10.41 | | | | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | |
| | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | | | | |
| | | | | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | | | | | |
| | | | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | | | | | |
| | | | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | | |
| | | | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | | | | | |
| | | | | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | | | |
| | | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | | |
| | | | | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | | | | | |
| | | | | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | | |

Observations:

EXGTE 3.22

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/100
1/1

| Altitude | Profondeur (m) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN | Stratigraphie | Piézomètre | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Carottage (%) | | RQD (%) | |
|----------|----------------|--|---------------|------------|--------------|-------|--------|----------|---------------|----|---------|---|
| | | | | | | | | | 0 | 50 | 100 | 0 |
| 98,28 | 0,00 | Enrobé (bloc) | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 96,90 | 1,40 | Sables limoneux marron avec cailloux et cailloutis de calcaire, débris de brique et silex | | | | | | | 100 | | 0 | |
| | | Sables fins jaunâtres | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 95,35 | 2,95 | Sables limoneux marron | | | | | | El n°1 | 90 | | 0 | |
| 94,90 | 3,40 | Sables limoneux marron-rougeâtre à passée argileuse grise | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 94,50 | 3,80 | Petits blocs de béton gris foncé | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 94,10 | 4,20 | Marnes argileuses marron-beige | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 93,80 | 4,50 | Marnes blanchâtres avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 93,45 | 4,85 | Marnes argileuses marron avec rares cailloutis de calcaire | | | | | | El n°2 | 100 | | 0 | |
| 93,30 | 5,00 | Marnes blanchâtres | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 92,30 | 6,00 | Marnes argileuses beige-gris | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 91,30 | 7,00 | Marnes argileuses marron-vert | | | | | | | 100 | | 0 | |
| | | Marnes argileuses beige-blanchâtre | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 90,30 | 8,00 | Marnes argileuses marron | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 89,60 | 8,70 | Marnes blanchâtres | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 89,30 | 9,00 | Marnes sableuses beige-marron avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 88,30 | 10,00 | Marnes argileuses marron-beige | | | | | | | 80 | | 0 | |
| 87,90 | 10,40 | Marnes beige-blanchâtre avec un vide de 10.80 à 10.90 m | | | | | | | 95 | | 0 | |
| 87,30 | 11,00 | Marnes blanchâtres avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 86,30 | 12,00 | Marnes beige-blanchâtre avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 90 | | 0 | |
| 85,30 | 13,00 | Marnes blanchâtres avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 84,30 | 14,00 | Marnes beige-blanchâtre avec cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 81,30 | 17,00 | Marnes blanchâtres avec passée sableuse de 17.30 à 17.35 m et de 17.90 à 18.00 m et cailloutis de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 80,30 | 18,00 | Marnes légèrement sableuses beige-blanchâtre | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 79,80 | 18,50 | Argile verte | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 79,60 | 18,70 | Bloc induré de calcaire | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 79,40 | 18,90 | Sables fins verdâtres | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 78,80 | 19,50 | Sables fins marneux verdâtres | | | | | | | 100 | | 0 | |
| 78,30 | 20,00 | Sables fins marneux beige-verdâtre | | | | | | | | | | |

Observations:

EXGTE 3.22

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 25/02/2020
 Date fin : 25/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 38,84 m

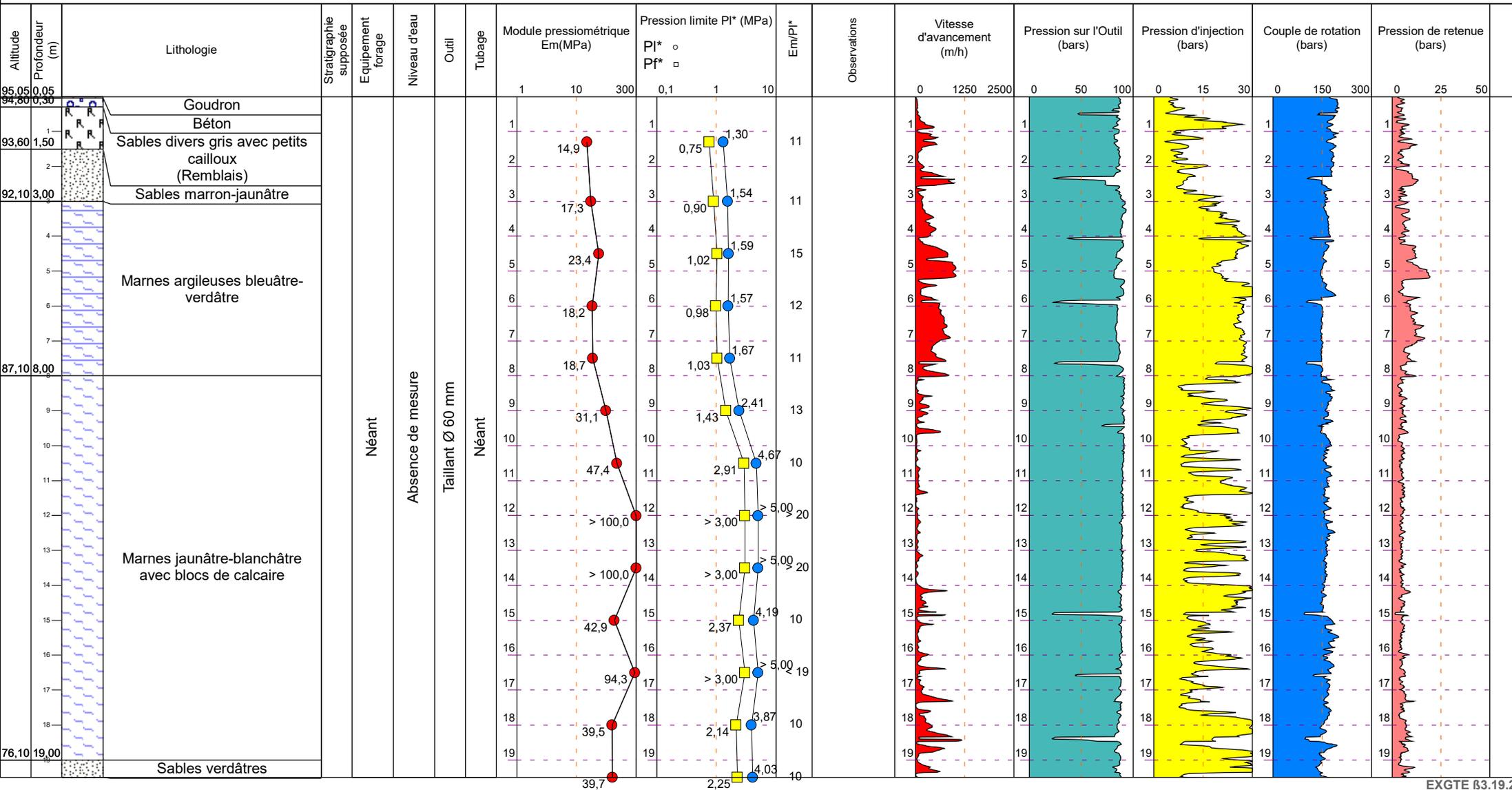
SP12

Cote NGF: 95,1
 X : 648311,6
 Y : 6855932,0
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/2



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 63.19.2

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 25/02/2020
 Date fin : 25/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 38,84 m

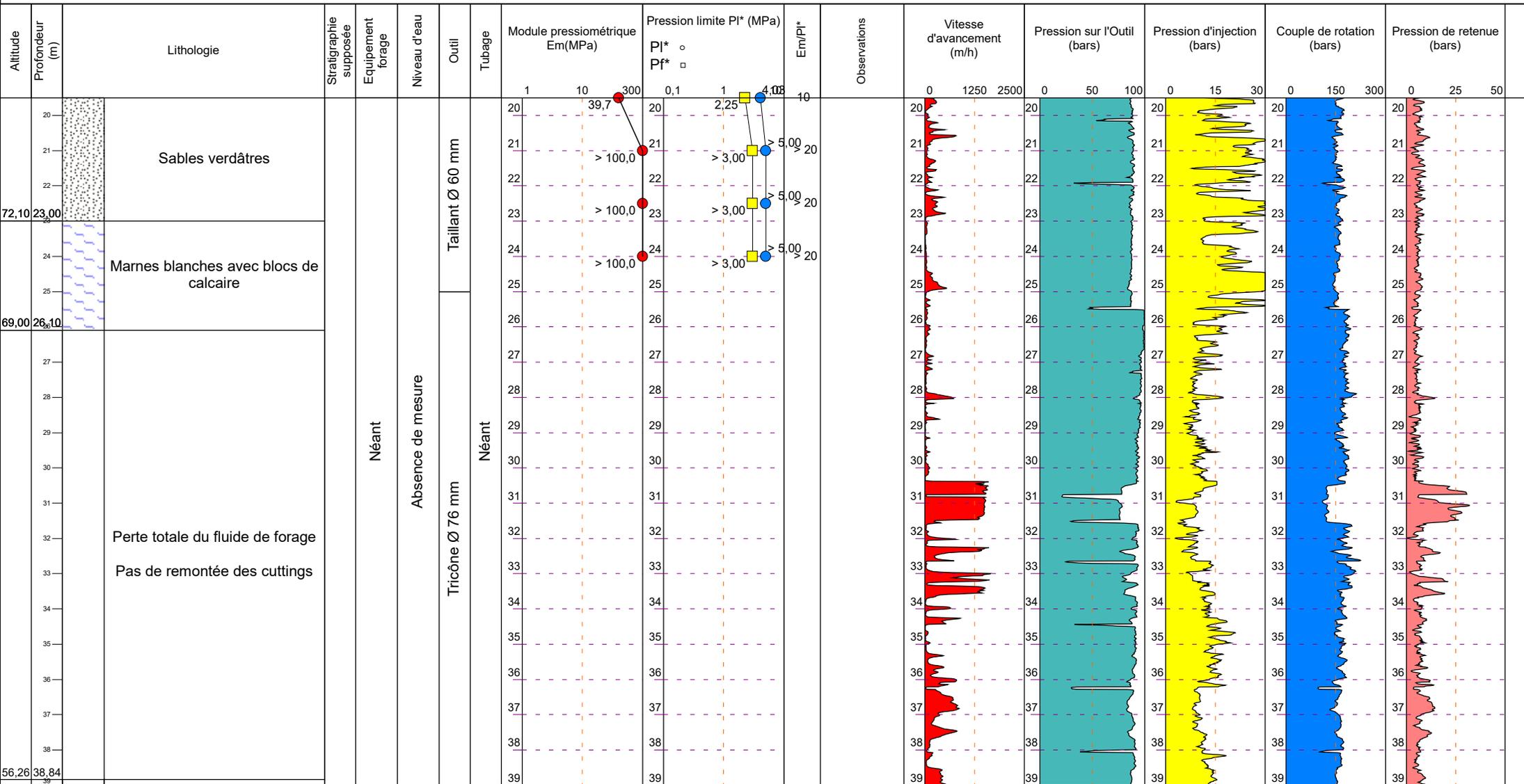
SP12

Cote NGF: 95,1
 X : 648311,6
 Y : 6855932,0
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/2



EXGTE B3.19.2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

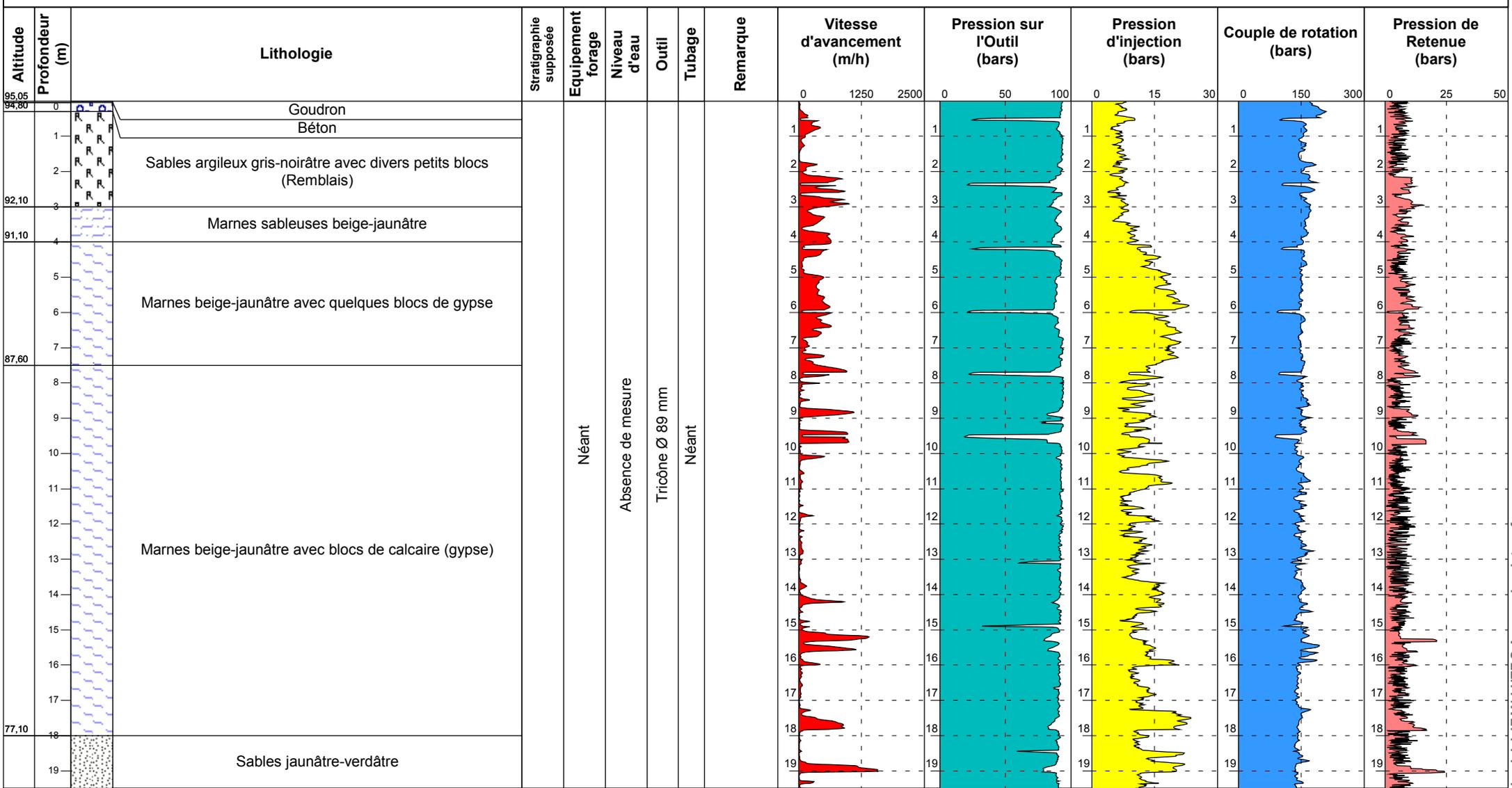
Observations:

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

SD13

Cote NGF: 95,1
 X : 648314,8
 Y : 6855946,3
 Inclinaison : 0°

Machine: - Client : SAS LES ATELIERS 1/150

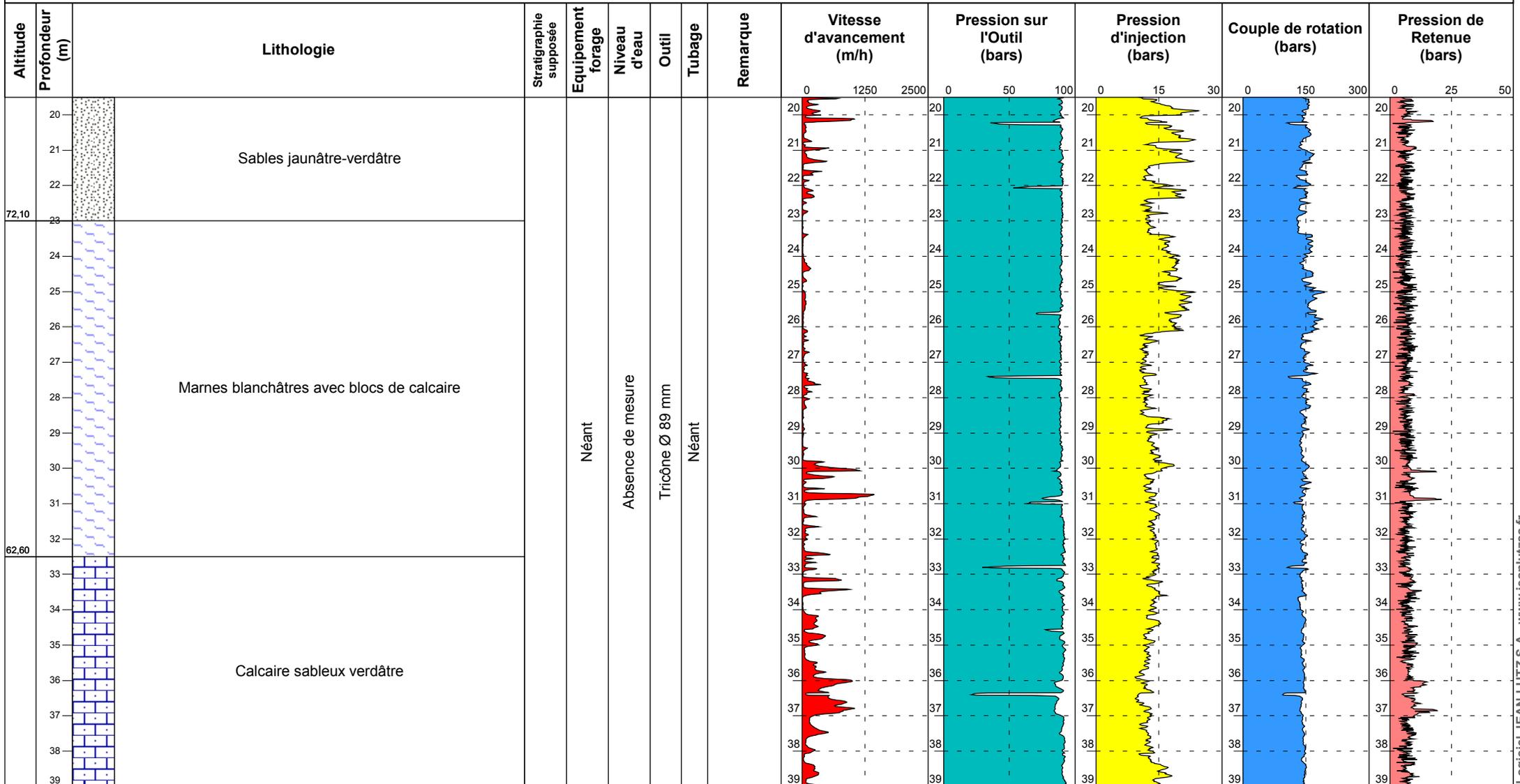


Observations: EXGTE 3.22

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

SD13

Cote NGF: 95,1
 X : 648314,8
 Y : 6855946,3
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | | Pression sur l'Outil (bars) | | Pression d'injection (bars) | | Couple de rotation (bars) | | Pression de Retenue (bars) | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|------|-----------------------------|---|-----------------------------|-----|---------------------------|----|----------------------------|---|-----|-----|---|----|----|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | 0 | 1250 | 2500 | 0 | 50 | 100 | 0 | 15 | 30 | 0 | 150 | 300 | 0 | 25 | 50 | | | | | |
| 39 | | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 0 | 1250 | 2500 | 0 | 50 | 100 | 0 | 15 | 30 | 0 | 150 | 300 | 0 | 25 | 50 | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52.09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,10 m

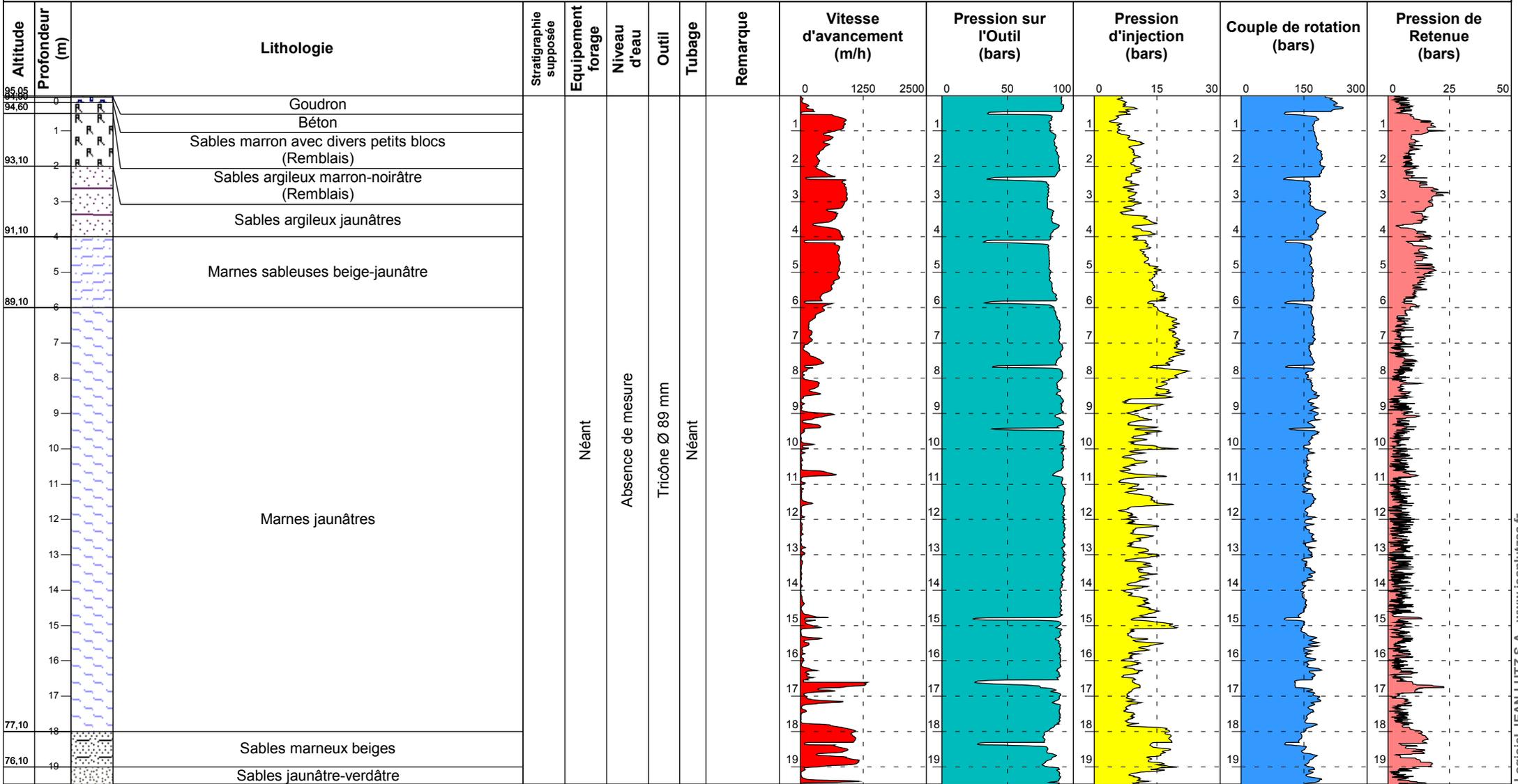
SD14

Cote NGF: 95,1
 X : 648301,2
 Y : 6855939,2
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
Date fin : 26/02/2020
Profondeur: 0,00 - 43,10 m

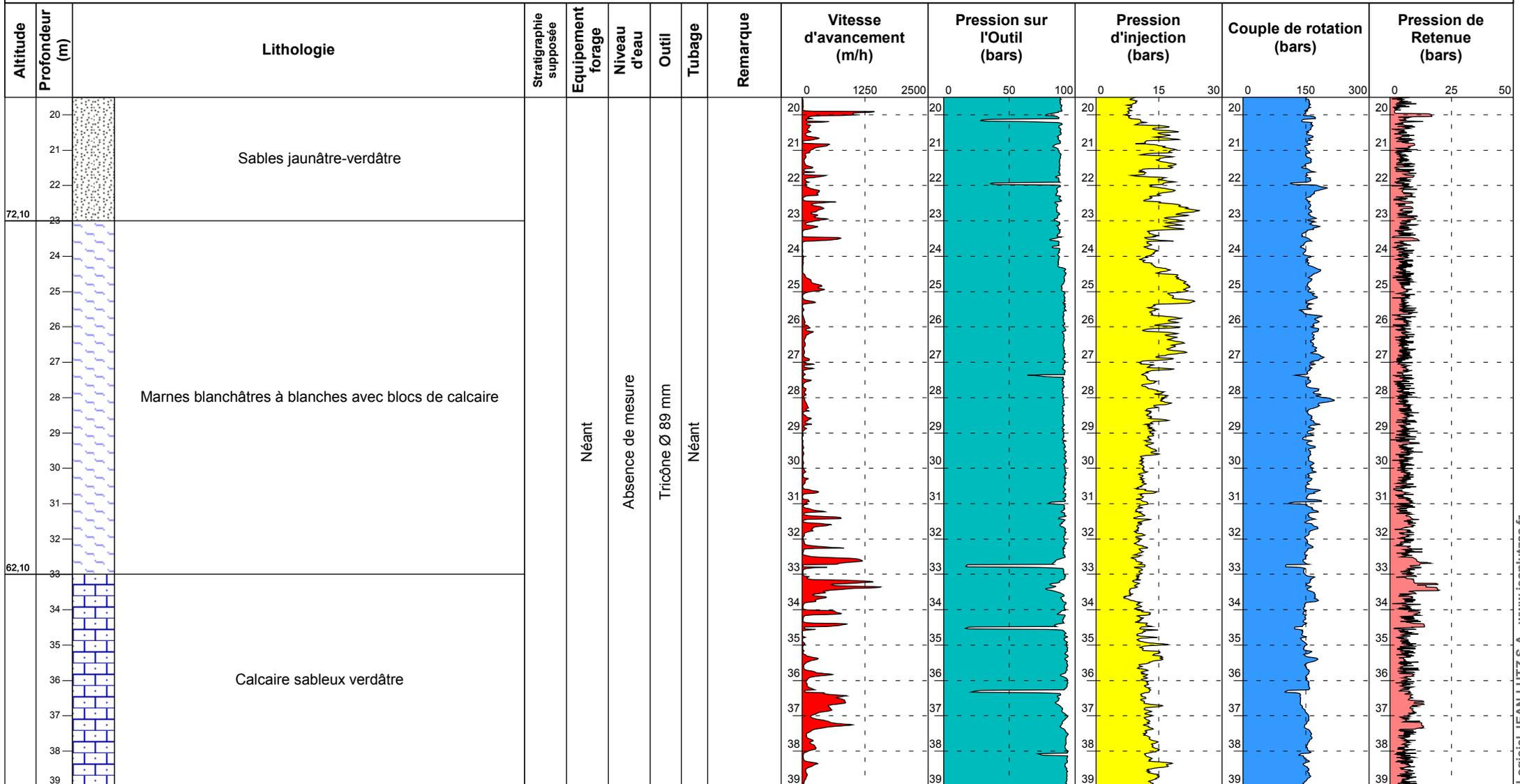
SD14

Cote NGF: 95,1
X : 648301,2
Y : 6855939,2
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,10 m

SD14

Cote NGF: 95,1
 X : 648301,2
 Y : 6855939,2
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|----------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 39 | | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 0 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 40 | | | 40 | | | | | 40 | 40 | 40 | | | |
| 41 | | | 41 | | | | | 41 | 41 | 41 | | | |
| 42 | | | 42 | | | | | 42 | 42 | 42 | | | |
| 43 | | | 43 | | | | | 43 | 43 | 43 | | | |
| 52.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

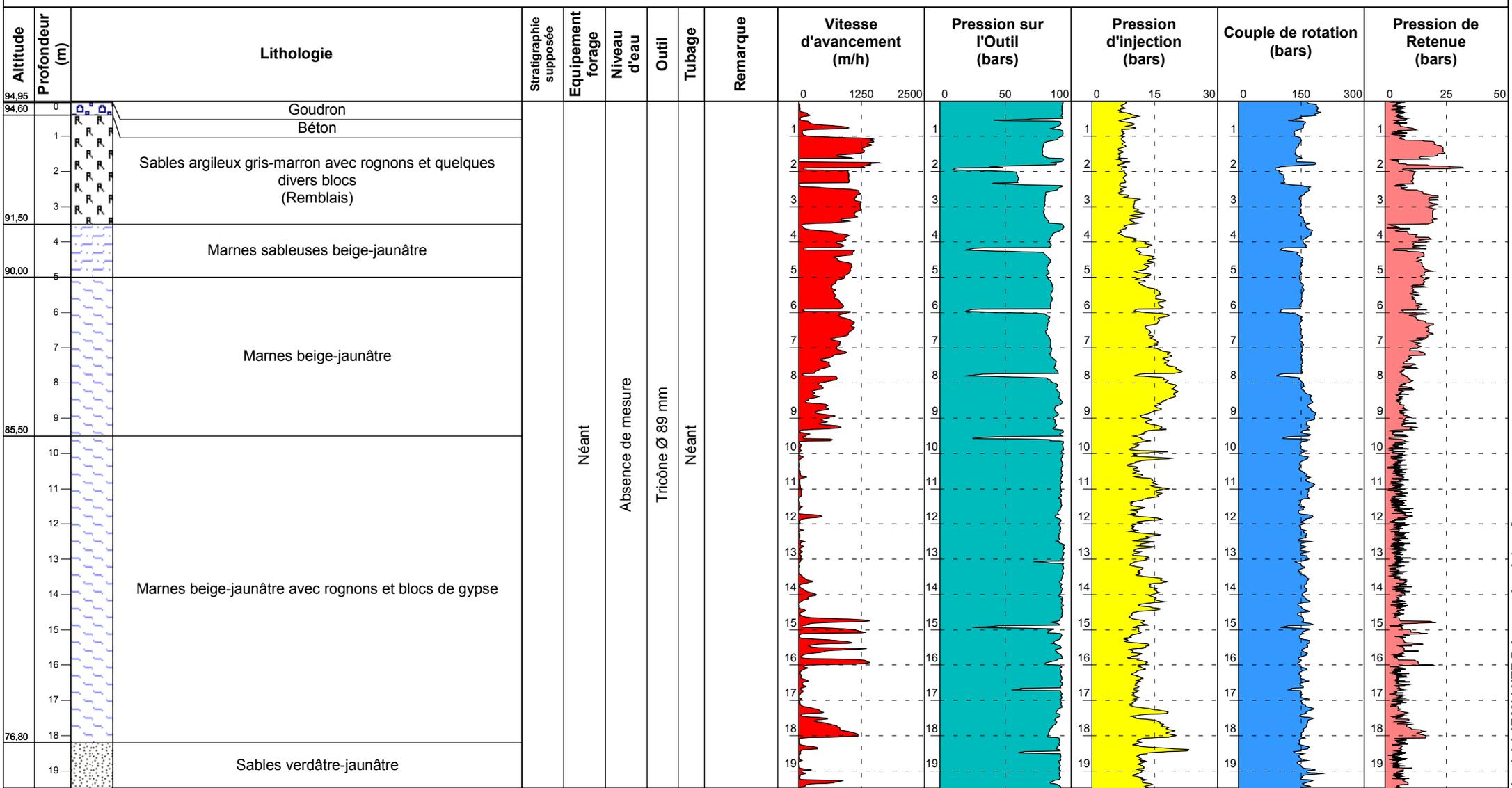
EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,19 m

SD15

Cote NGF: 95,0
 X : 648314,5
 Y : 6855958,0
 Inclinaison : 0°

Machine: - Client : SAS LES ATELIERS 1/150
1/3



Observations: EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
Date fin : 26/02/2020
Profondeur: 0,00 - 43,19 m

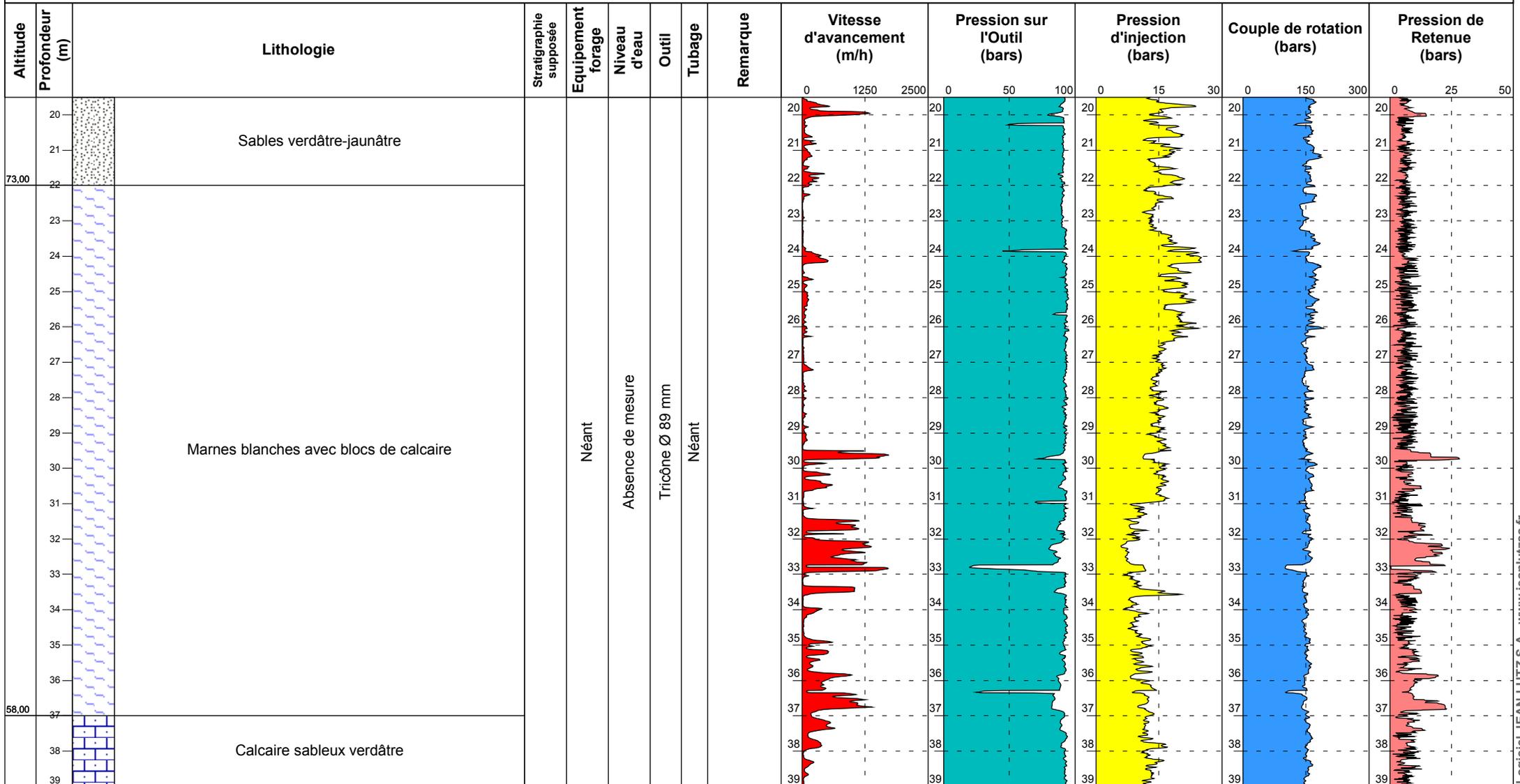
SD15

Cote NGF: 95,0
X : 648314,5
Y : 6855958,0
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 26/02/2020
 Date fin : 26/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,19 m

SD15

Cote NGF: 95,0
 X : 648314,5
 Y : 6855958,0
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
3/3

| Altitude | Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | Pression sur l'Outil (bars) | Pression d'injection (bars) | Couple de rotation (bars) | Pression de Retenue (bars) |
|----------|----------------|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | 0 1250 2500 | 0 50 100 | 0 15 30 | 0 150 300 | 0 25 50 |
| 39 | | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 0 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 40 | | | 40 | | | | | 40 | 40 | 40 | 40 | | |
| 41 | | | 41 | | | | | 41 | 41 | 41 | 41 | | |
| 42 | | | 42 | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | | |
| 43 | | | 43 | | | | | 43 | 43 | 43 | 43 | | |
| 51.81 | | | | | | | | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | |
| 44 | | | | | | | | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | |
| 45 | | | | | | | | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | |
| 46 | | | | | | | | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | |
| 47 | | | | | | | | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | |
| 48 | | | | | | | | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | |
| 49 | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| 50 | | | | | | | | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | |
| 51 | | | | | | | | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | |
| 52 | | | | | | | | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | |
| 53 | | | | | | | | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | |
| 54 | | | | | | | | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | |
| 55 | | | | | | | | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | |
| 56 | | | | | | | | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | |
| 57 | | | | | | | | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 24/02/2020
Date fin : 25/02/2020
Profondeur: 0,00 - 43,03 m

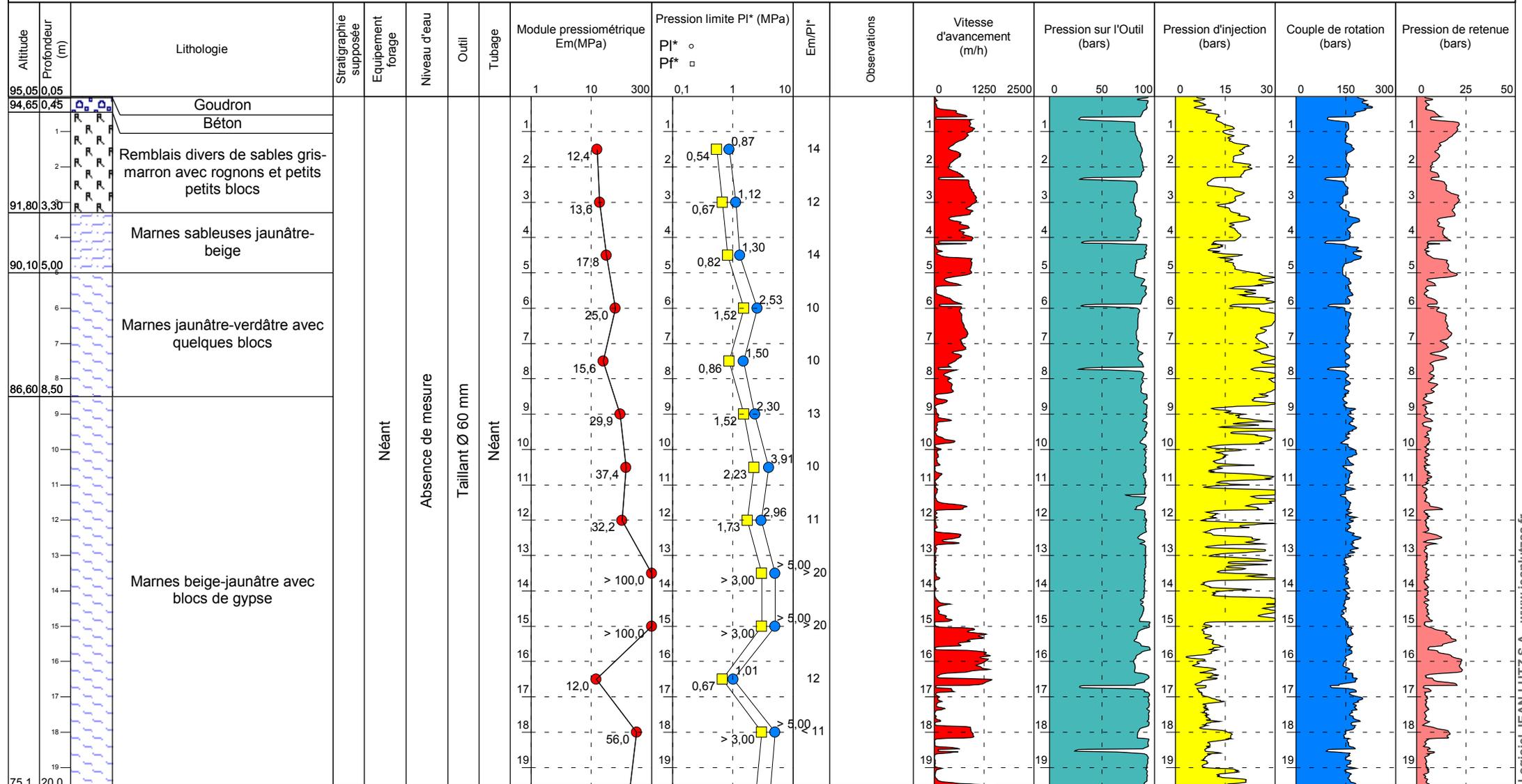
SP16

Cote NGF: 95.1
X :-
Y :-
Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 24/02/2020
 Date fin : 25/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,03 m

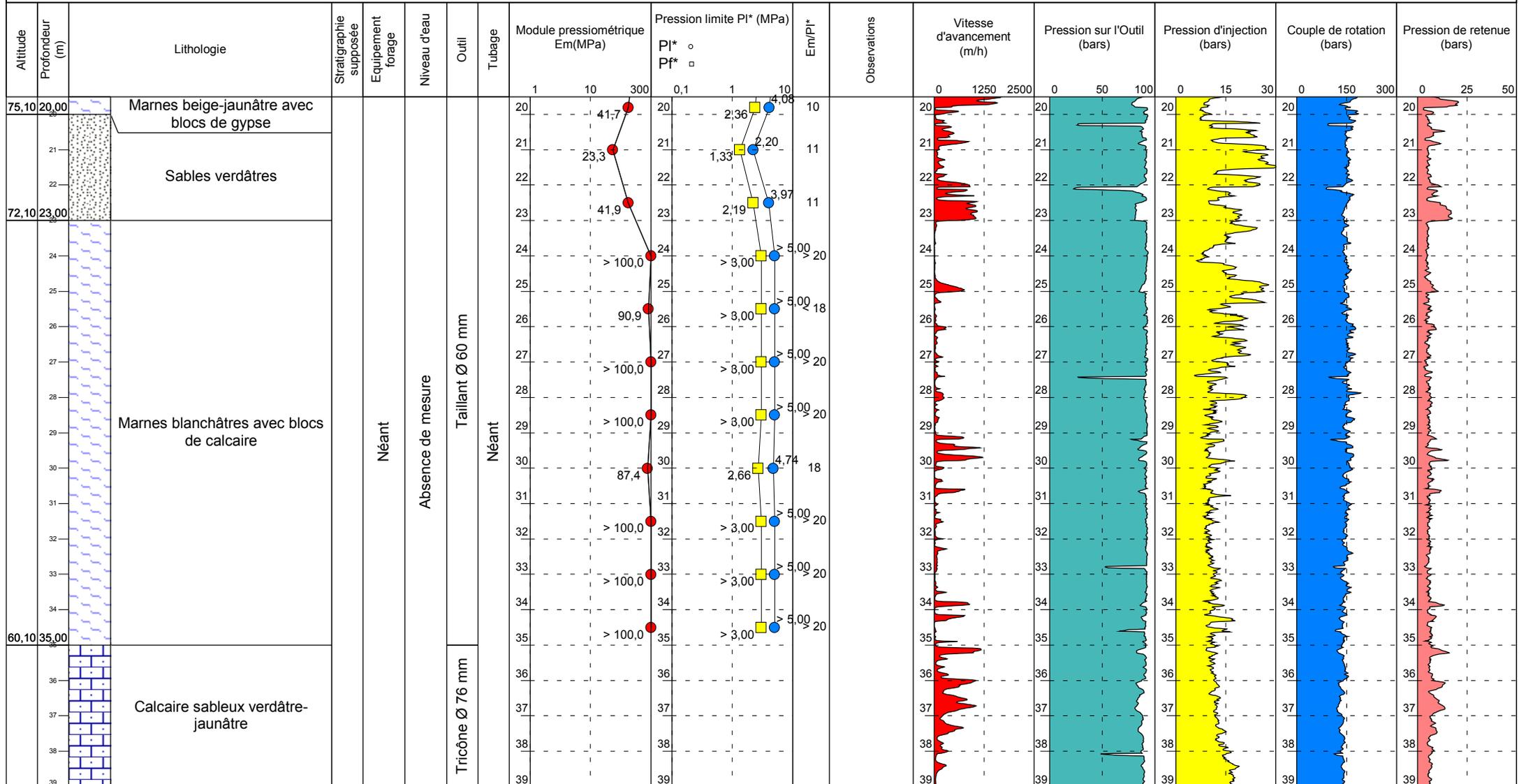
SP16

Cote NGF: 95.1
 X : -
 Y : -
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 10/03/2020
 Date fin : 10/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,02 m

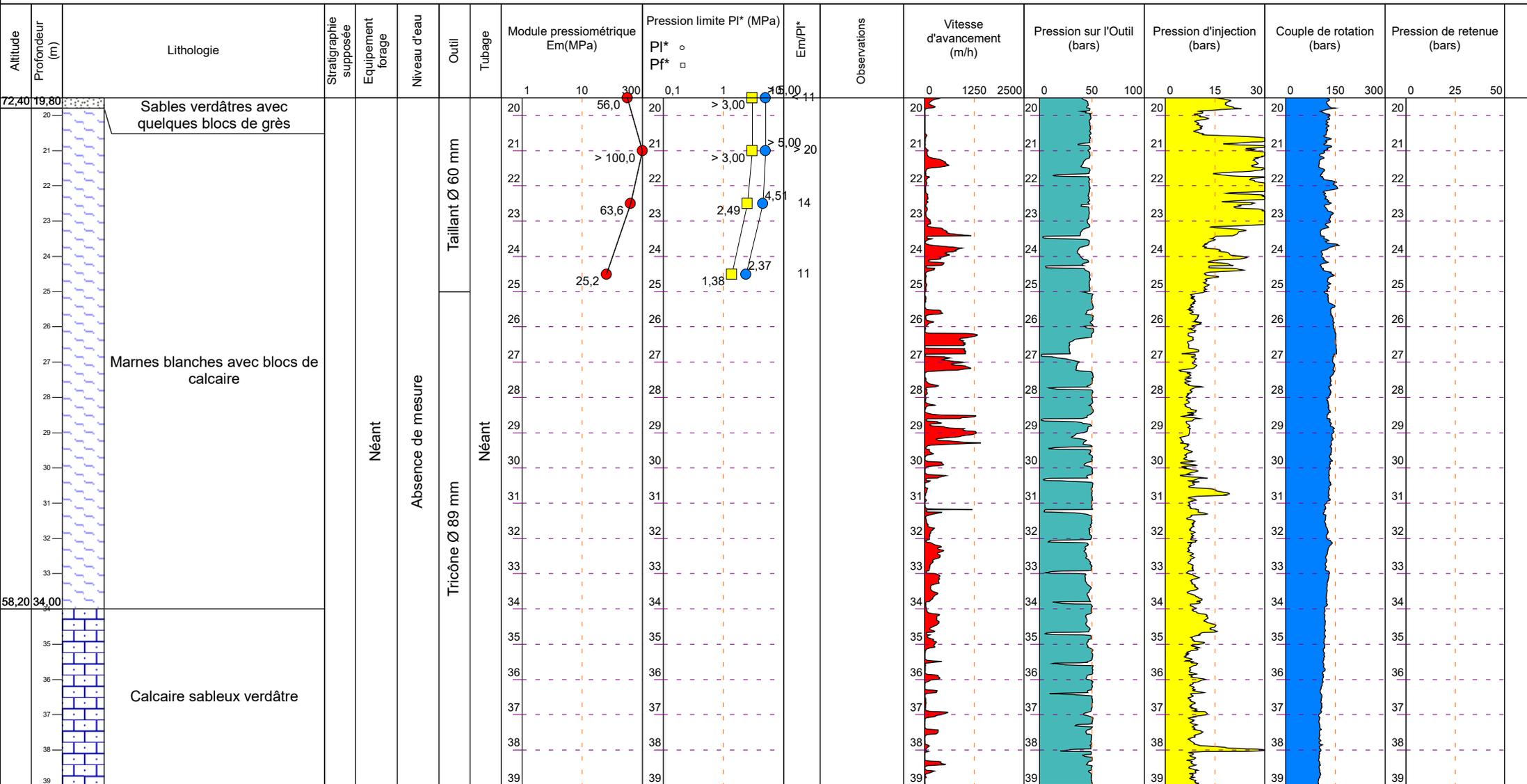
SP17

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE B3.19.2

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 09/03/2020
 Date fin : 09/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

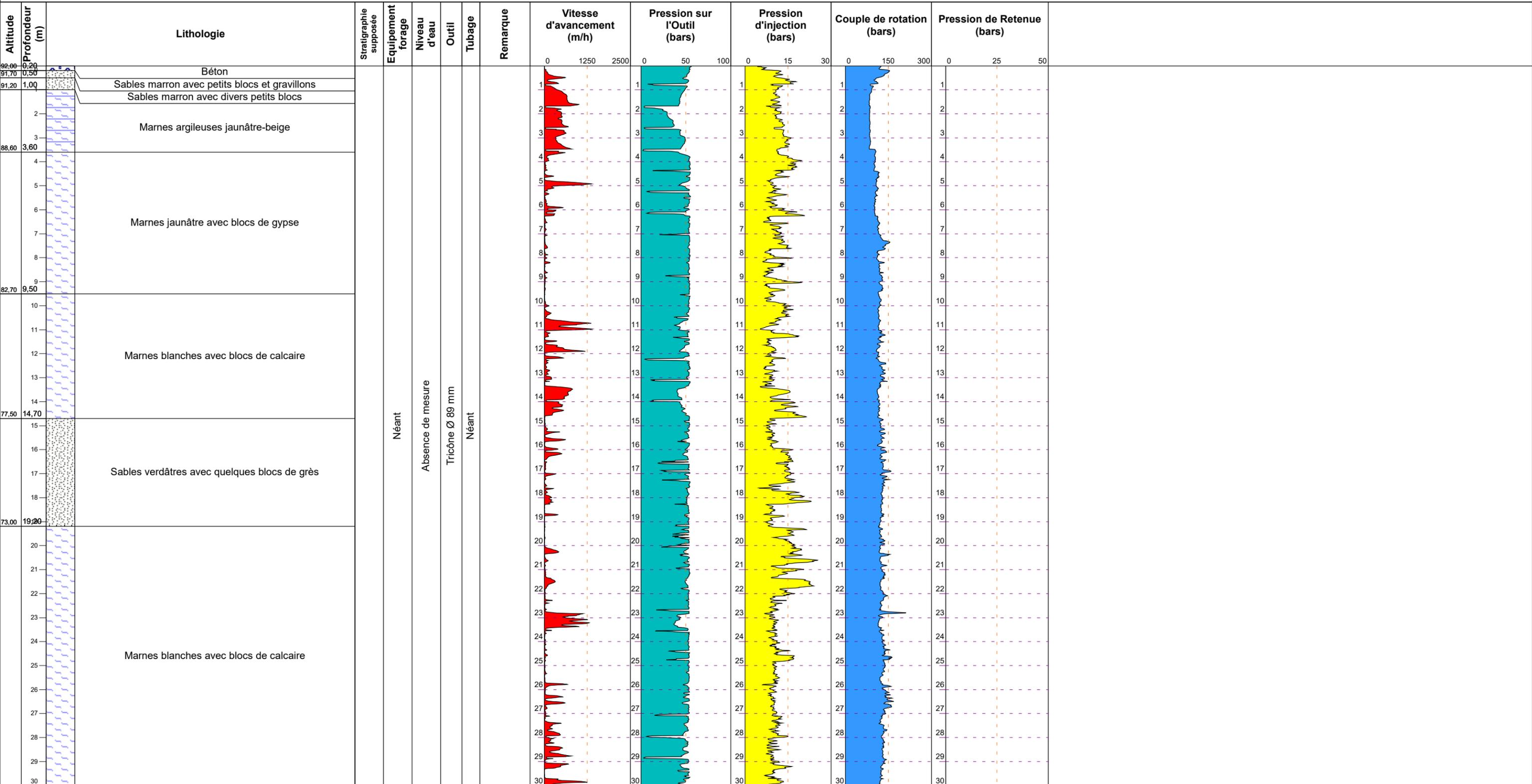
SD18

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/2



Néant

Absence de mesure

Tricône Ø 89 mm

Néant

Observations:

G200045 CHÂTILLON (92)

70-80 avenue de la République

Date début: 09/03/2020
 Date fin : 09/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

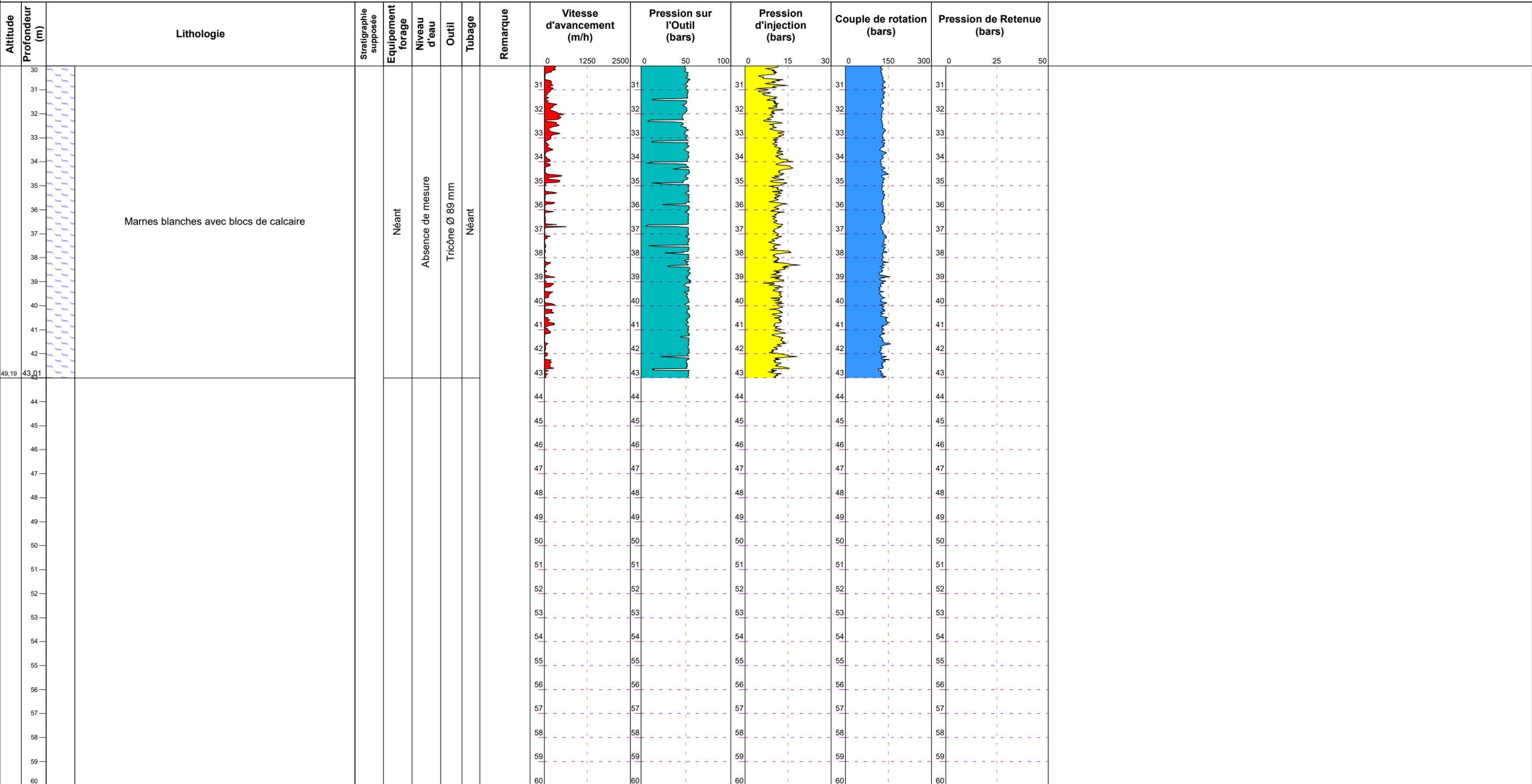
SD18

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/2



Observations:

Date début: 13/03/2020
 Date fin : 13/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

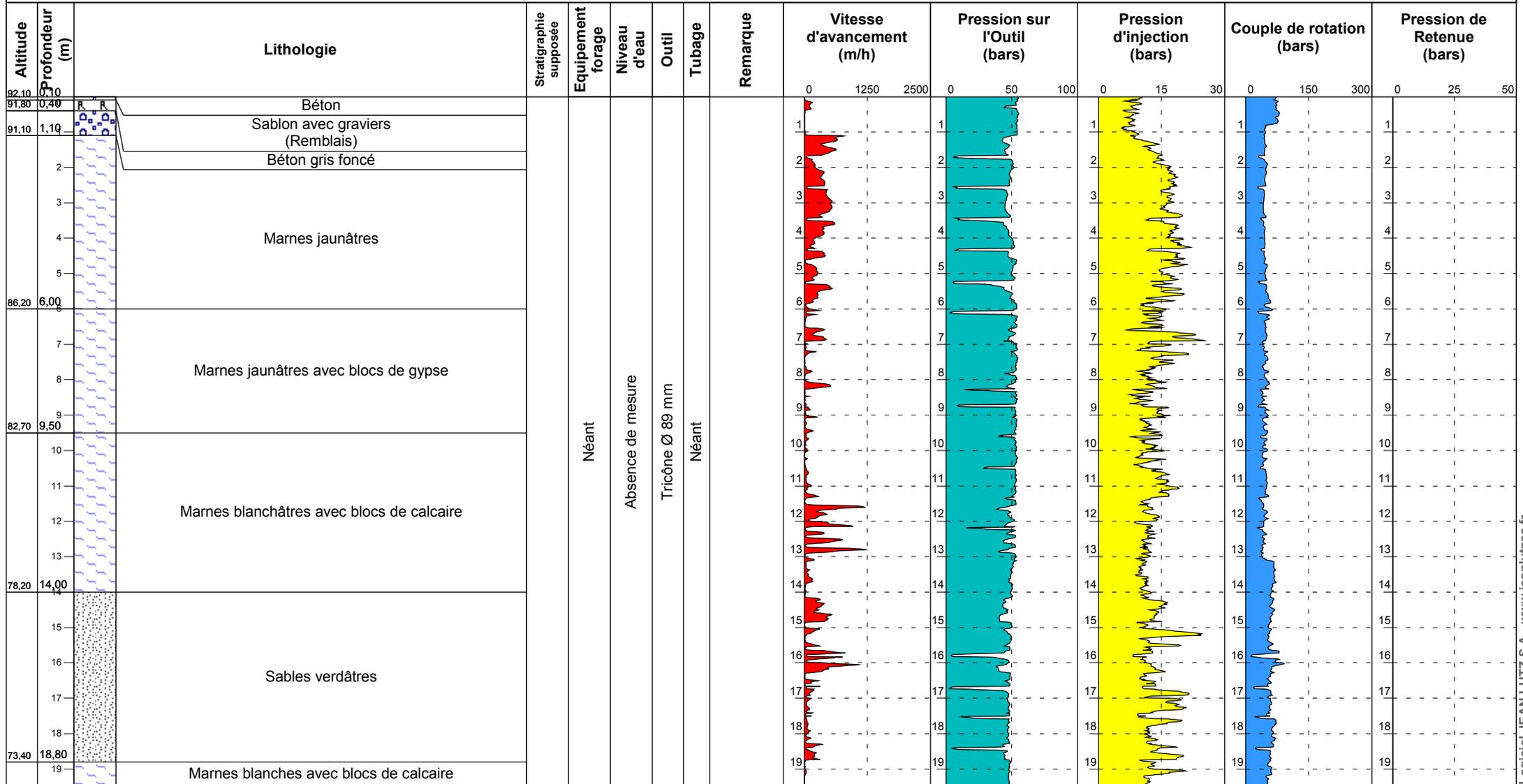
SD19

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 13/03/2020
 Date fin : 13/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

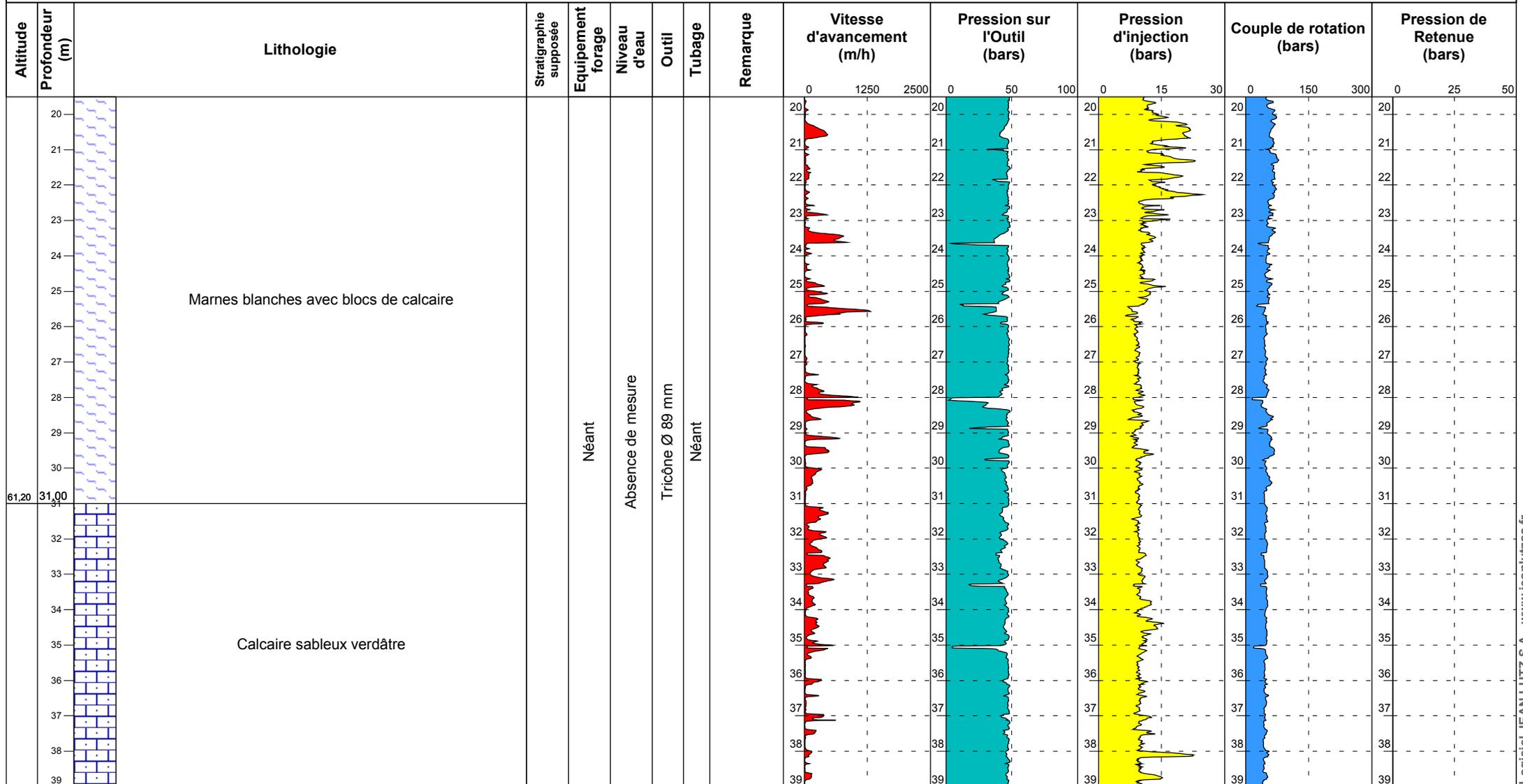
SD19

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 13/03/2020
Date fin : 13/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,01 m

SD19

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150

3/3

| Altitude Profondeur (m) | Lithologie | Stratigraphie supposée | Equipement forage | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Vitesse d'avancement (m/h) | | | Pression sur l'Outil (bars) | | | Pression d'injection (bars) | | | Couple de rotation (bars) | | | Pression de Retenue (bars) | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------|----------|----------------------------------|------|------|-----------------------------------|----|-----|-----------------------------------|----|----|------------------------------|-----|-----|----------------------------------|----|----|----|--|--|
| | | | | | | | | 0 | 1250 | 2500 | 0 | 50 | 100 | 0 | 15 | 30 | 0 | 150 | 300 | 0 | 25 | 50 | | | |
| 39 | Calcaire sableux verdâtre | | Néant | Absence de mesure | Tricône Ø 89 mm | Néant | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | | | |
| 40 | | | | | | | | 40 | | | 40 | | | 40 | | | 40 | | | 40 | | | 40 | | |
| 41 | | | | | | | | 41 | | | 41 | | | 41 | | | 41 | | | 41 | | | 41 | | |
| 42 | | | | | | | | 42 | | | 42 | | | 42 | | | 42 | | | 42 | | | 42 | | |
| 43 | | | | | | | | 43 | | | 43 | | | 43 | | | 43 | | | 43 | | | 43 | | |
| 43,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Observations:

Date début: 10/03/2020
Date fin : 10/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,01 m

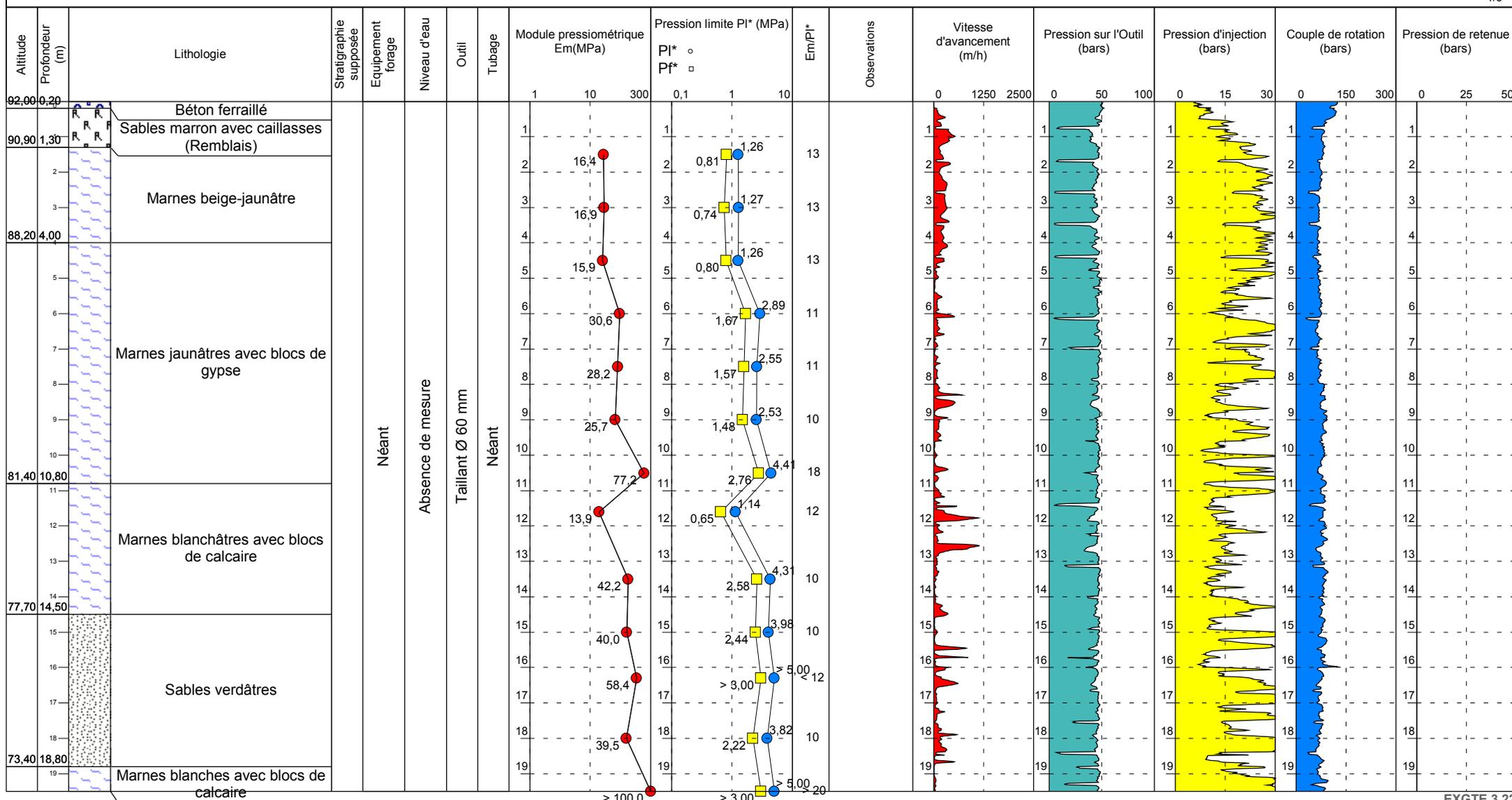
SP20

Cote NGF: 92,2
X :
Y :
Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 10/03/2020
 Date fin : 10/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

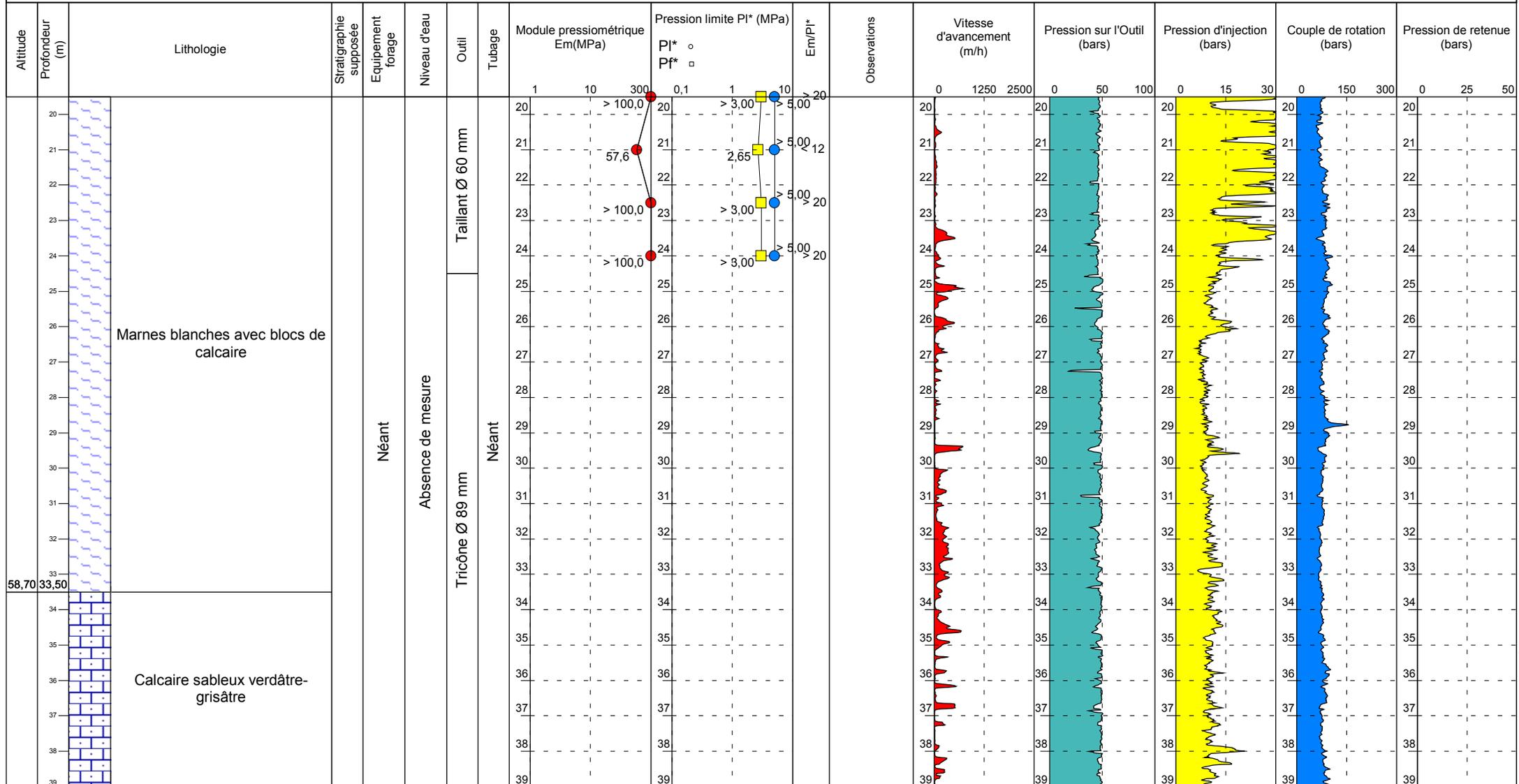
SP20

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 28/02/2020
 Date fin : 28/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 10,48 m

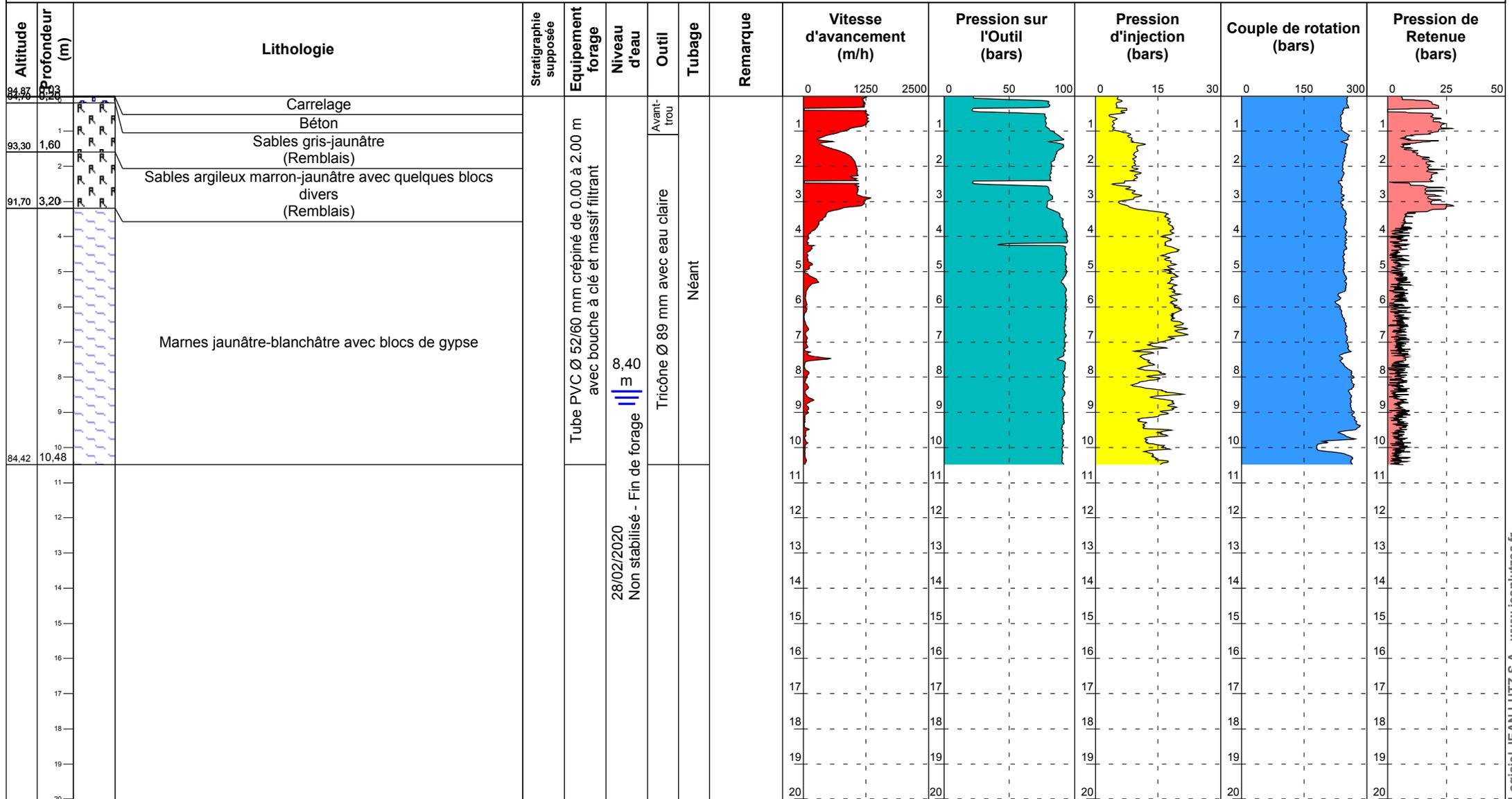
PZ21

Cote NGF: 94,9
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/1



Observations:

EXGTE 3.22

Date début: 28/02/2020
 Date fin : 28/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,00 m

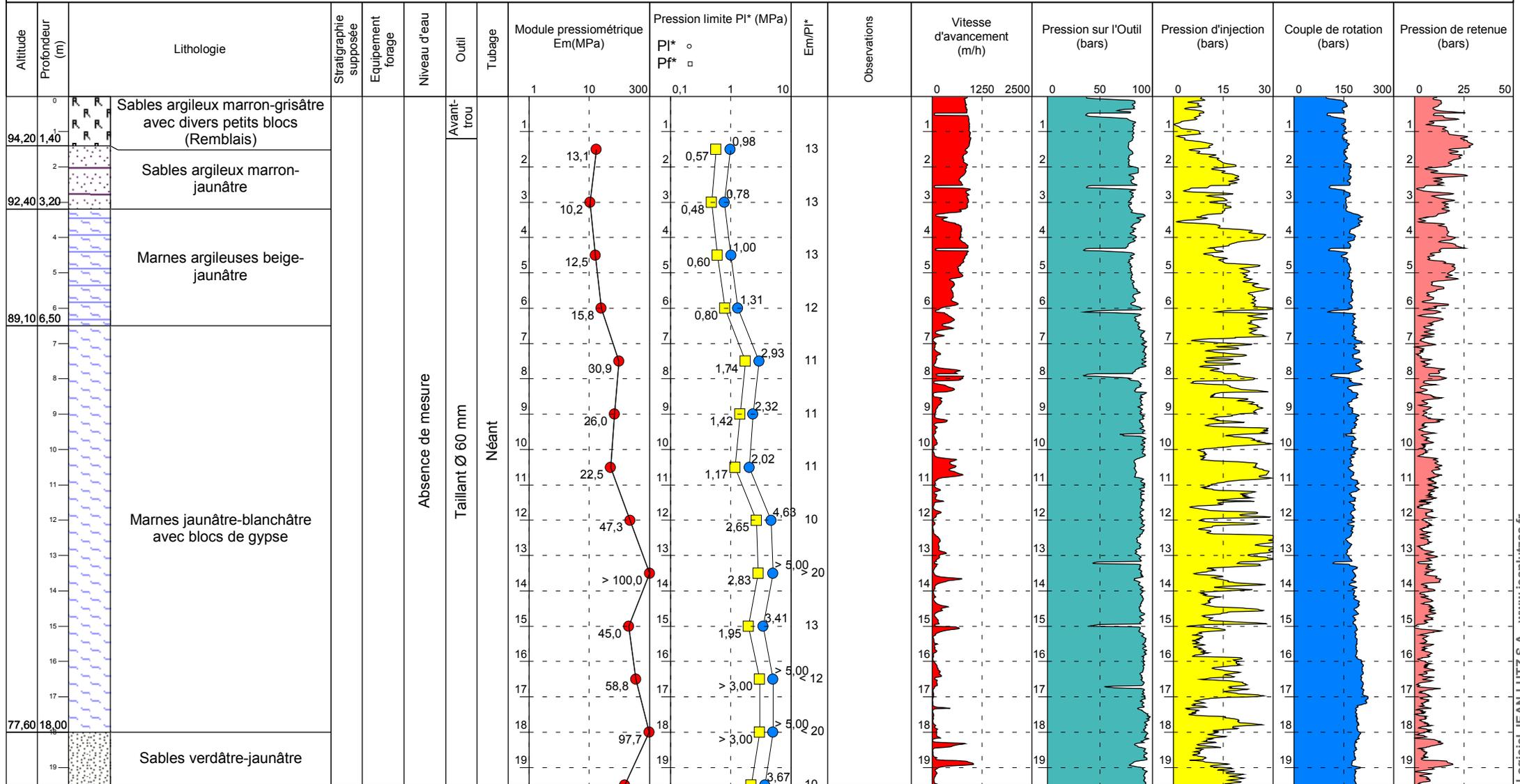
SP22

Cote NGF: 95,6
 X : 648336,9
 Y : 6856015,7
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 28/02/2020
 Date fin : 28/02/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,00 m

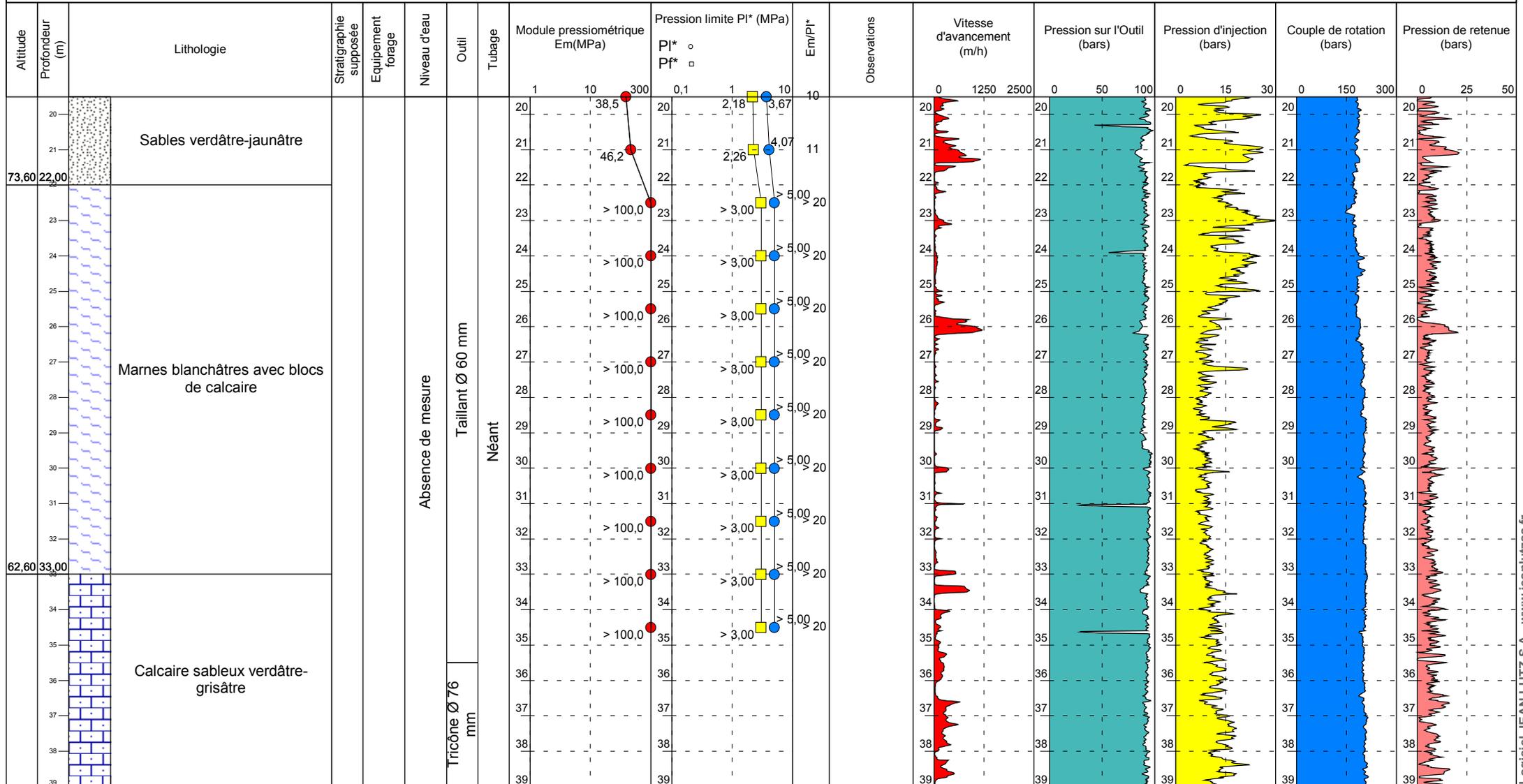
SP22

Cote NGF: 95,6
 X : 648336,9
 Y : 6856015,7
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Machine: Socomafor 65

Client : SAS LES ATELIERS

1/75
 1/2

| Altitude | Profondeur (m) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN | Stratigraphie | Piézomètre | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Carottage (%) | | RQD (%) | |
|----------|----------------|---|---------------|------------|--------------|-------|----------------------|----------|---------------|----|---------|---|
| | | | | | | | | | 0 | 50 | 100 | 0 |
| 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | | | |
| -0,40 | 0,40 | Limons marron avec cailloux et cailloutis de calcaire, silex, rares morceaux de verre, terre cuite et résidus d'incinération (Remblais) | | | | | Tube Ø 127/140 mm PW | | 83 | | 0 | |
| -0,65 | 0,65 | Marnes beige-blanchâtre avec cailloux et cailloutis de calcaire (Remblais) | | | | | | | | | | |
| -1,00 | 1,00 | Limons brun clair avec silex et cailloux de calcaire (Remblais) | | | | | | | 100 | | 0 | |
| -1,15 | 1,15 | Limons marron avec morceaux de verre, terre cuite et résidus d'incinération (Remblais) | | | | | | El n°1 | | | | |
| -1,50 | 1,50 | Limons marron foncé avec morceaux de résidus d'incinération (Remblais) | | | | | | | 140 | | 0 | |
| -2,50 | 2,50 | Limons brun clair EI | | | | | | | 135 | | 0 | |
| -3,50 | 3,50 | Limons bruns sableux avec cailloux et cailloutis de calcaire, silex et trace noire (Remblais?) | | | | | | | | | | |
| -3,65 | 3,65 | Sables et graviers marron foncé | | | | | | | | | | |
| -4,00 | 4,00 | Marnes argileuses crème-beige à blanchâtres par endroit EI | | | | | | El n°2 | | | | |
| -5,00 | 5,00 | Argile marneuse crème-beige-brun clair | | | | | | | 104 | | 0 | |
| -7,30 | 7,30 | Marnes blanchâtres | | | | | | | 104 | | 0 | |
| -8,00 | 8,00 | Sables bru clair-beige | | | | | | | | | | |
| -8,70 | 8,70 | Argile brun-verdâtre | | | | | | | 108 | | 0 | |
| -9,00 | 9,00 | Marnes beige-blanchâtre avec cailloux de calcaire sableux de 10.35 à 10.50 m | | | | | | | 119 | | 0 | |
| -10,50 | 10,50 | Marnes blanchâtre-crème | | | | | | | 111 | | 0 | |
| -14,00 | 14,00 | Marnes brun-beige-blanchâtre | | | | | | | 92 | | 0 | |
| | | | | | | | | | 89 | | 0 | |

Néant

Absence de mesure

Ø 114 mm + Eau claire

Observations:

Date début: 19/06/2020
 Date fin : 11/06/2020
 Profondeur: 0,00 - 20,30 m

SC23

Cote NGF:
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: Socomafor 65

Client : SAS LES ATELIERS

1/75
 2/2

| Altitude | Profondeur (m) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE NATURE DU TERRAIN | Stratigraphie | Piézomètre | Niveau d'eau | Outil | Tubage | Remarque | Carottage (%) | | | RQD (%) | | | | | |
|----------|----------------|---|---------------|------------|-------------------|-----------------------|--------|----------|---------------|----|-----|---------|----|-----|--|--|--|
| | | | | | | | | | 0 | 50 | 100 | 0 | 50 | 100 | | | |
| -14,00 | 14,00 | | | | | | | | 89 | | | 0 | | | | | |
| -16,10 | 16,10 | Marnes brun-beige-blanchâtre | | Néant | Absence de mesure | Ø 114 mm + Eau claire | | | 111 | | | 0 | | | | | |
| -16,80 | 16,80 | Marnes sableuses beige-blanchâtre | | | | | | | | | 108 | | | 0 | | | |
| -17,40 | 17,40 | Marnes sableuses gris-blanchâtre | | | | | | | | | 113 | | | 11 | | | |
| -18,00 | 18,00 | Argile sableuse brune | | | | | | | | | | | | | | | |
| -18,40 | 18,40 | Petits blocs de calcaire fracturé | | | | | | | | | | | | | | | |
| -19,17 | 19,17 | Marnes argileuses brun-beige | | | | | | | | | | | | | | | |
| -19,30 | 19,30 | Bloc de calcaire | | | | | | | | | | | | | | | |
| -20,30 | 20,30 | Marnes blanchâtres | | | | | | | 100 | | | 0 | | | | | |

Observations:

Date début: 11/03/2020
 Date fin : 11/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

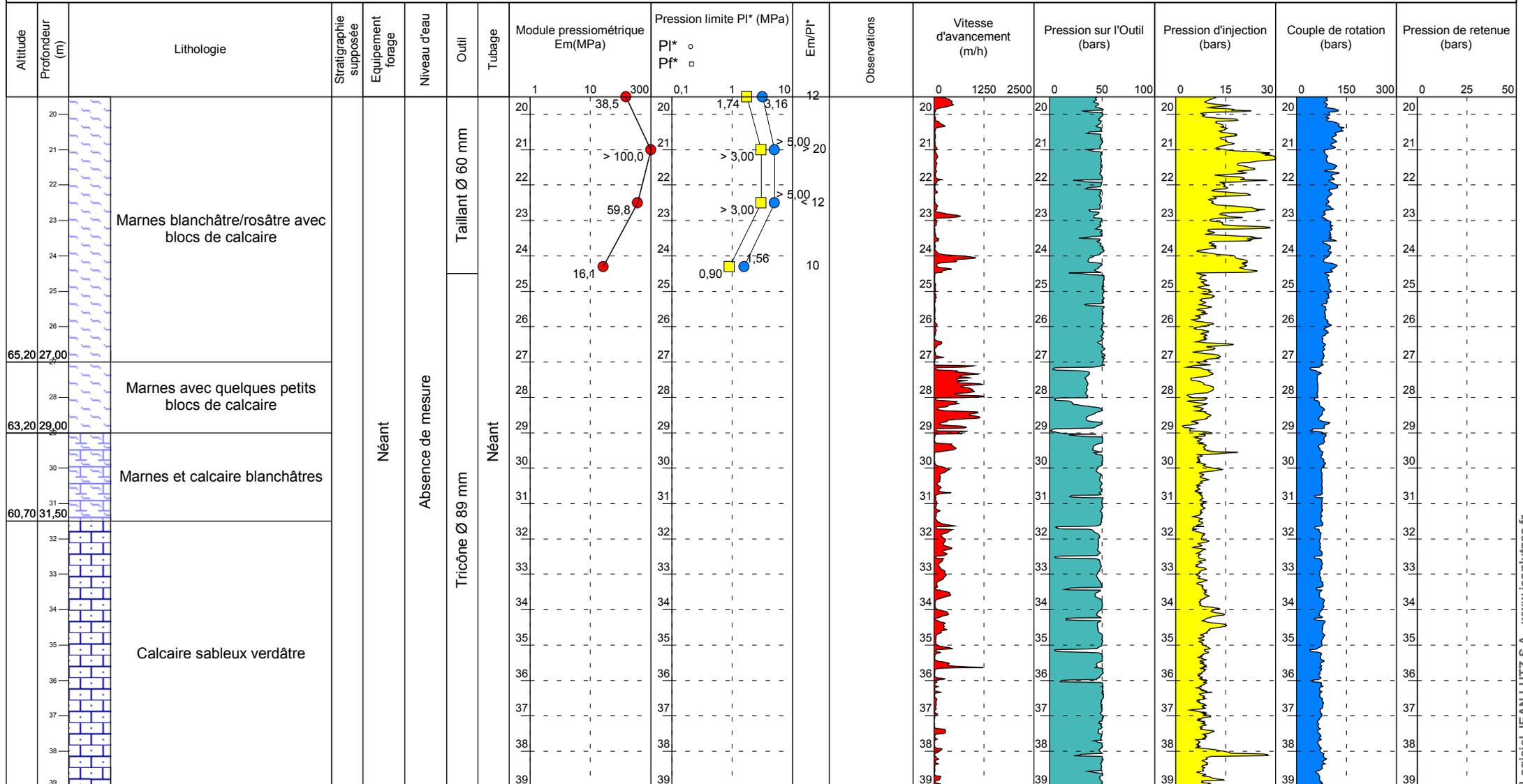
SP24

Cote NGF: 92,2
 X :
 Y :
 Inclinaison: 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3



Observations:

Date début: 13/03/2020
 Date fin : 13/03/2020
 Profondeur: 0,00 - 43,01 m

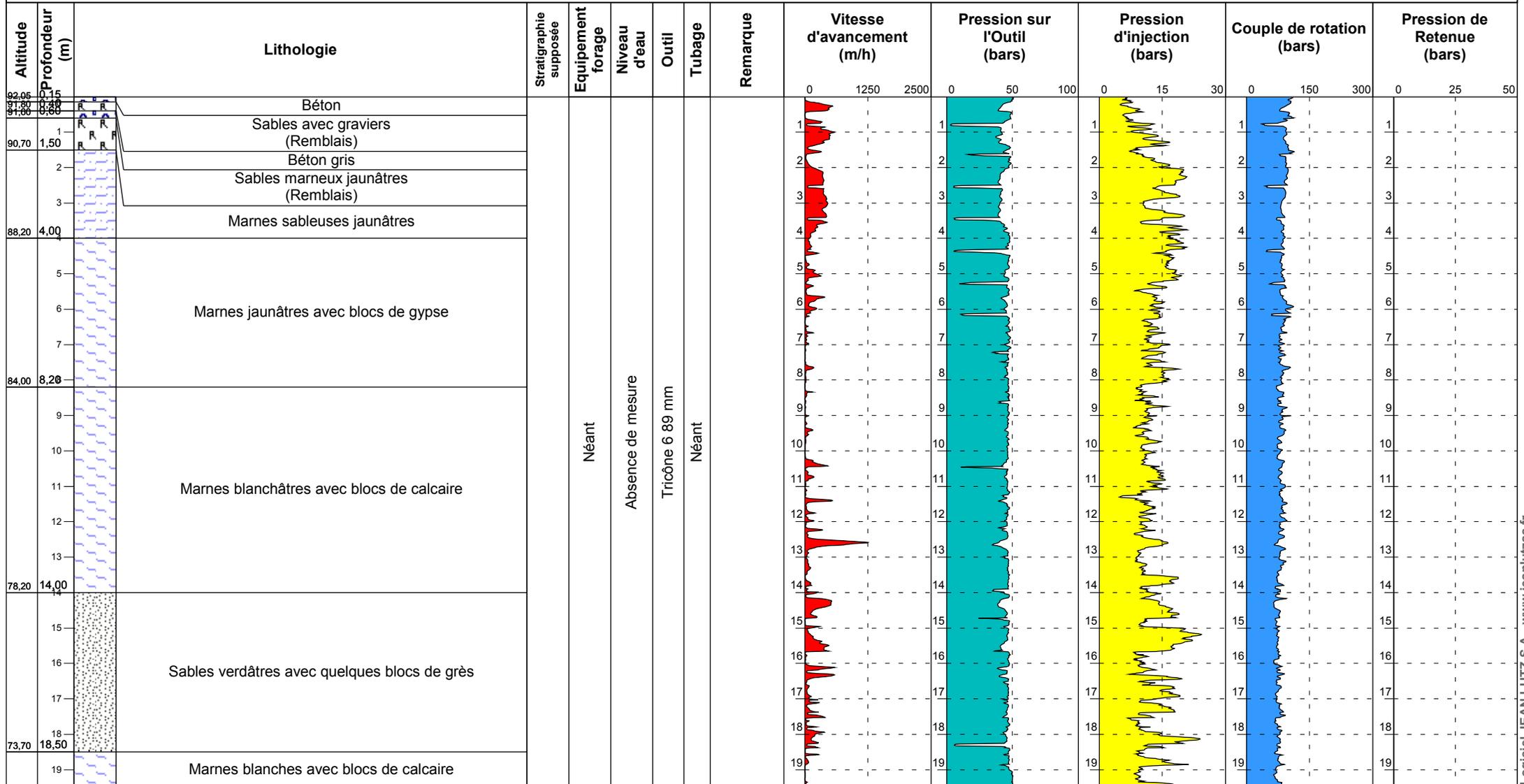
SD25

Cote NGF: 92,2
 X : -
 Y : -
 Inclinaison : 0°

Machine: -

Client : SAS LES ATELIERS

1/150
1/3



Observations:

Date début: 13/03/2020
Date fin : 13/03/2020
Profondeur: 0,00 - 43,01 m

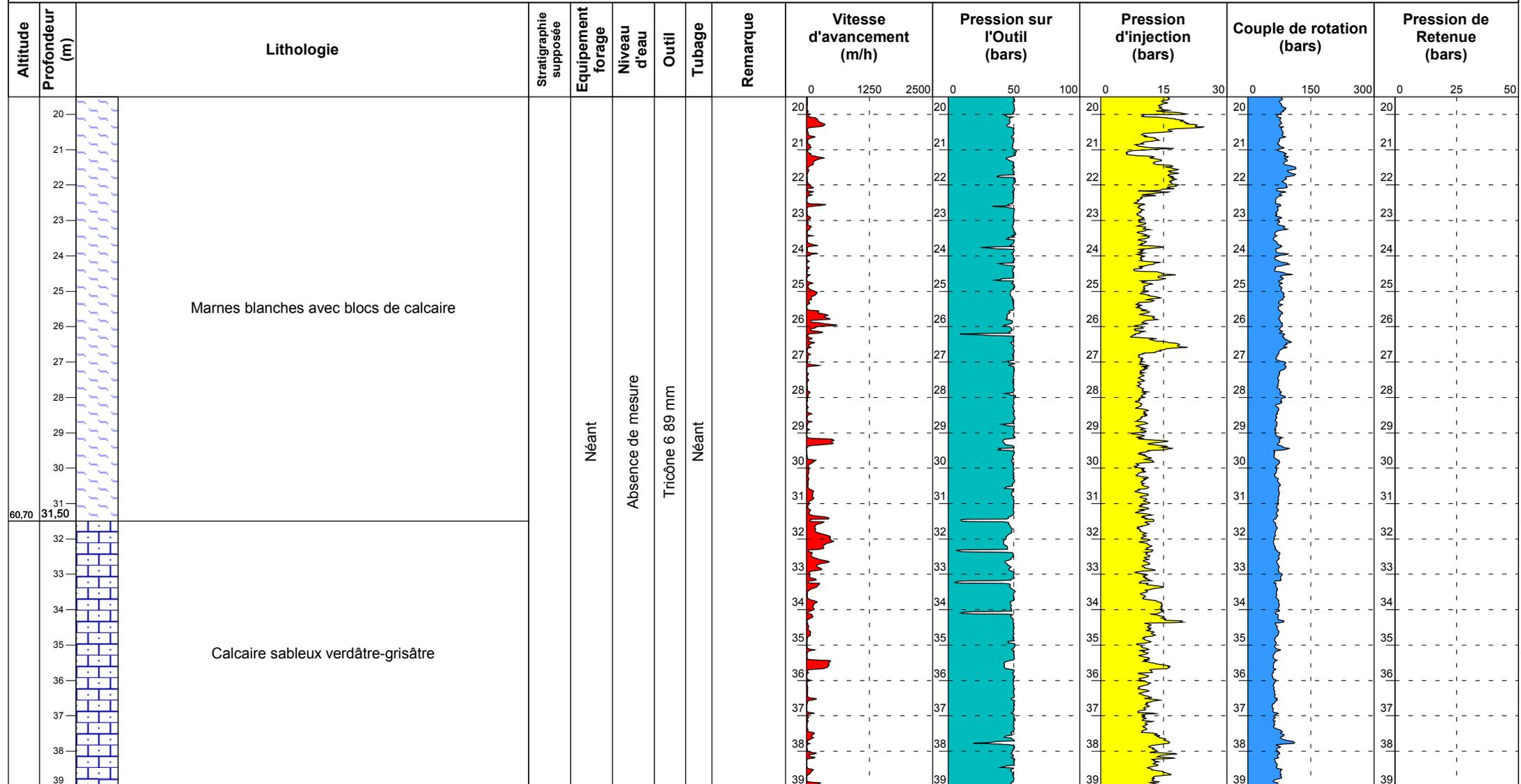
SD25

Cote NGF: 92,2
X : -
Y : -
Inclinaison : 0°

Machine: -

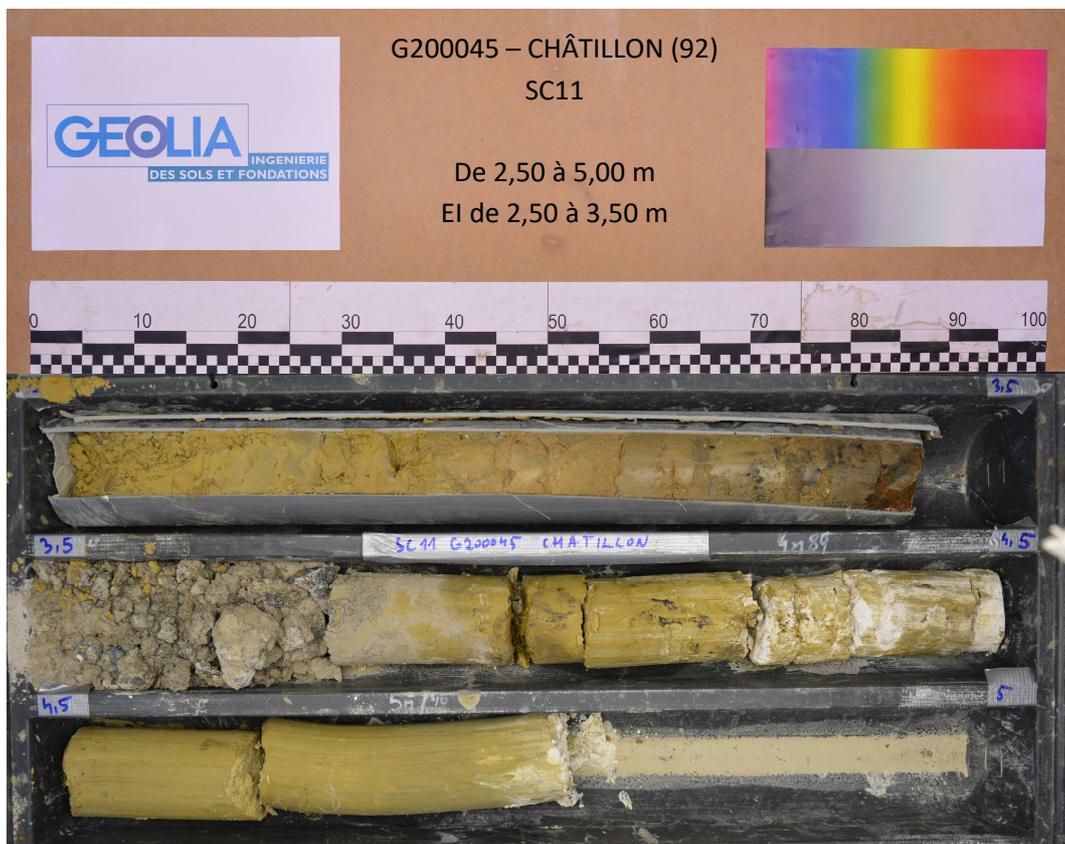
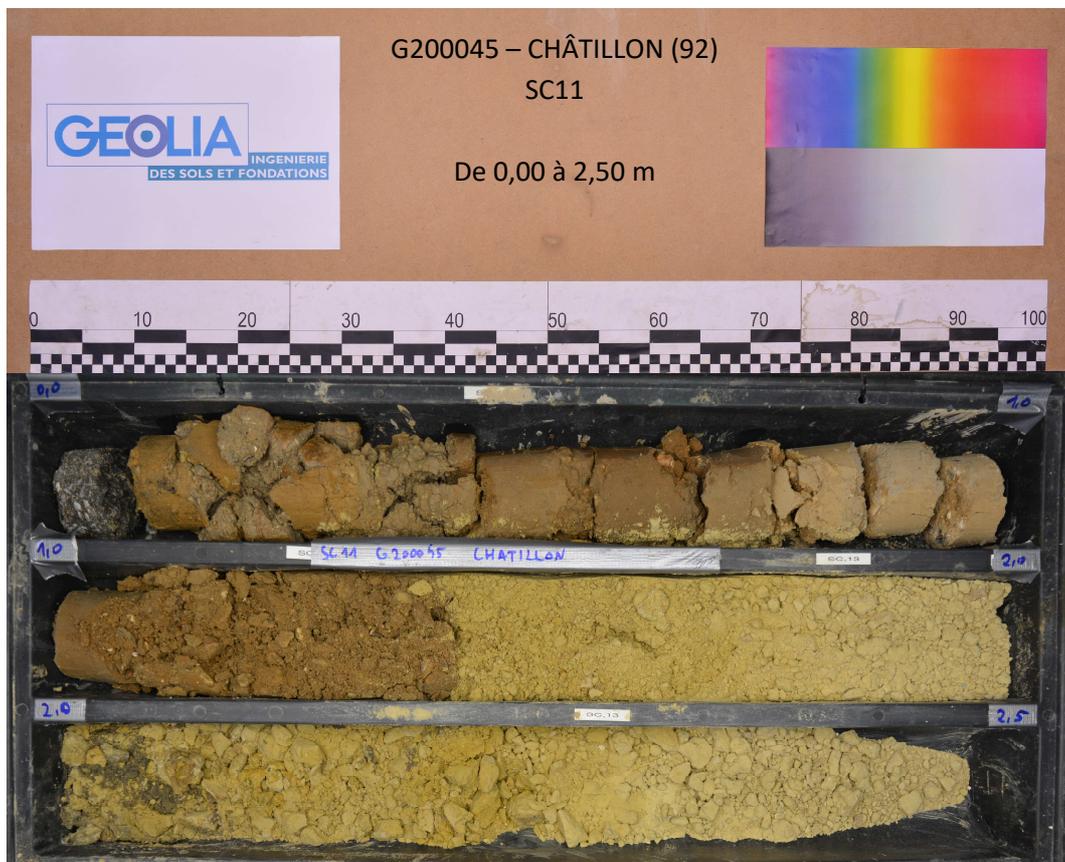
Client : SAS LES ATELIERS

1/150
2/3

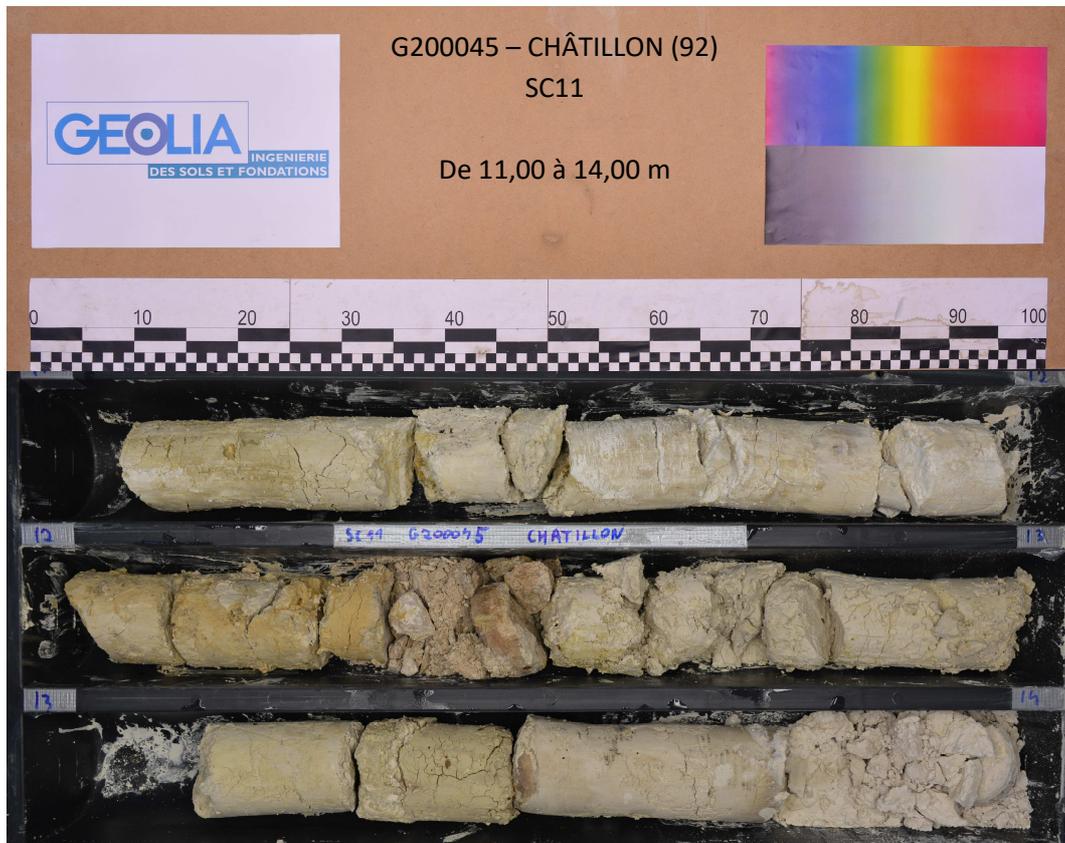


Observations:

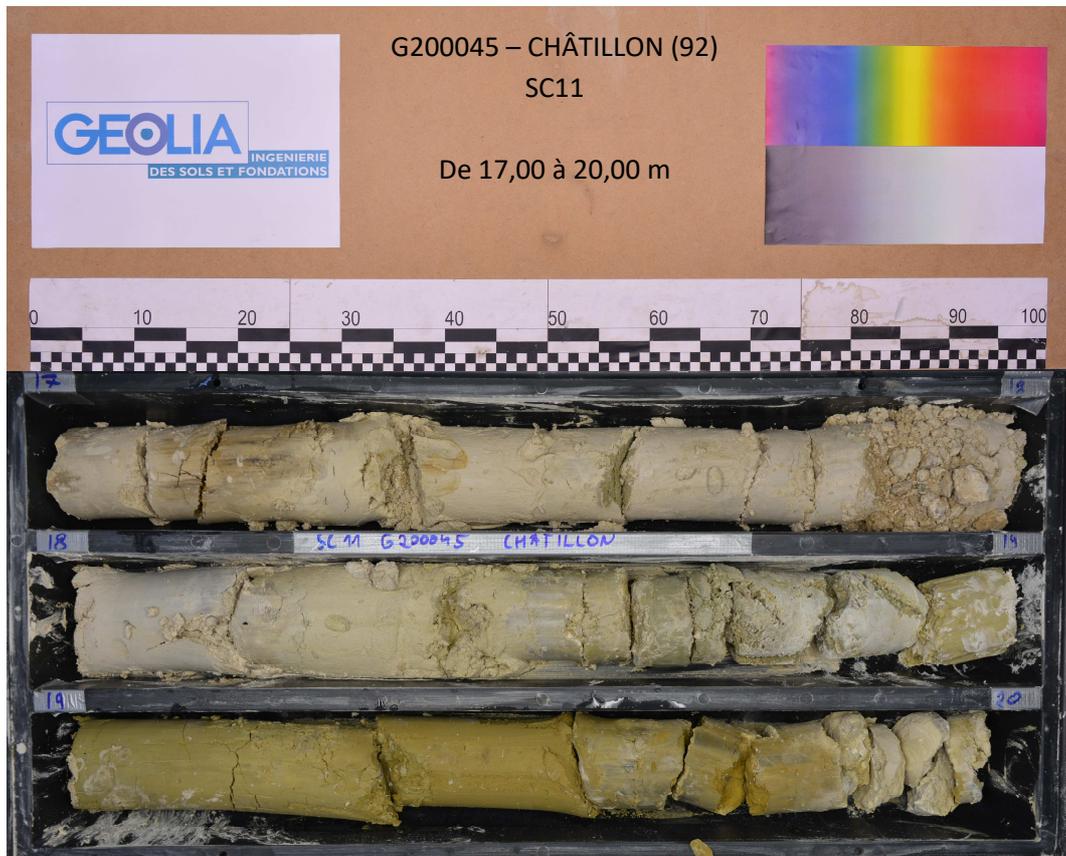
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



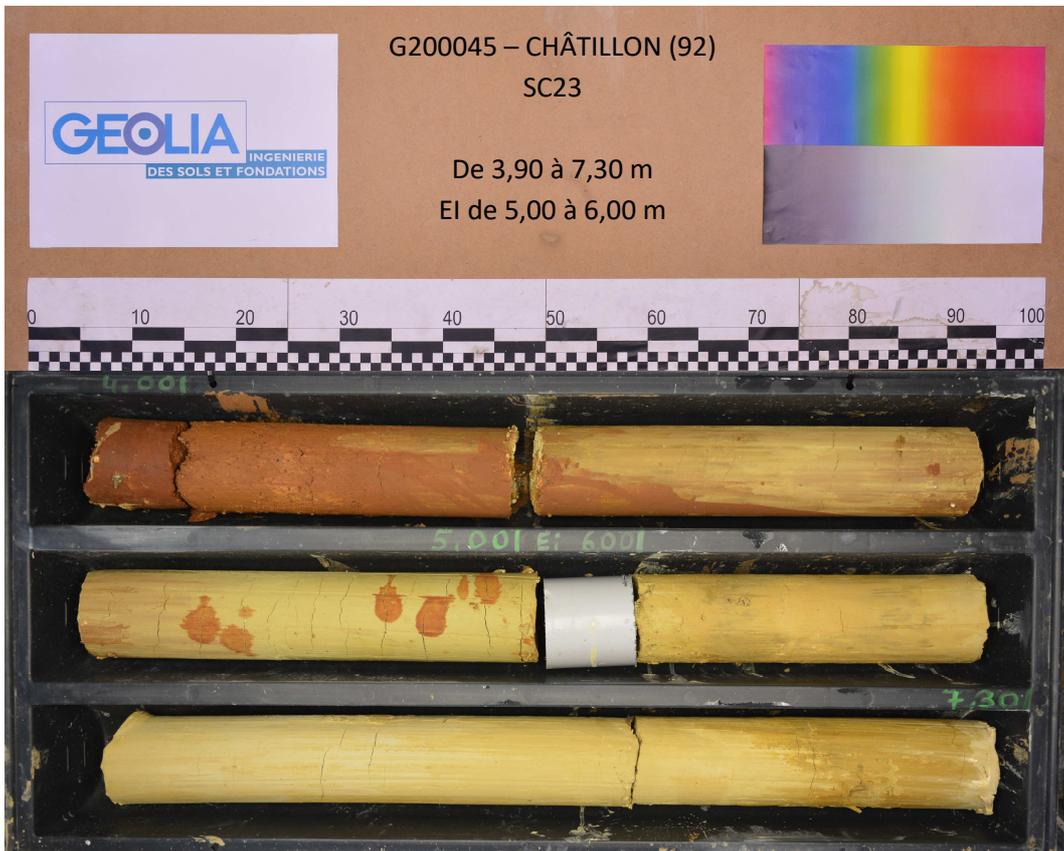
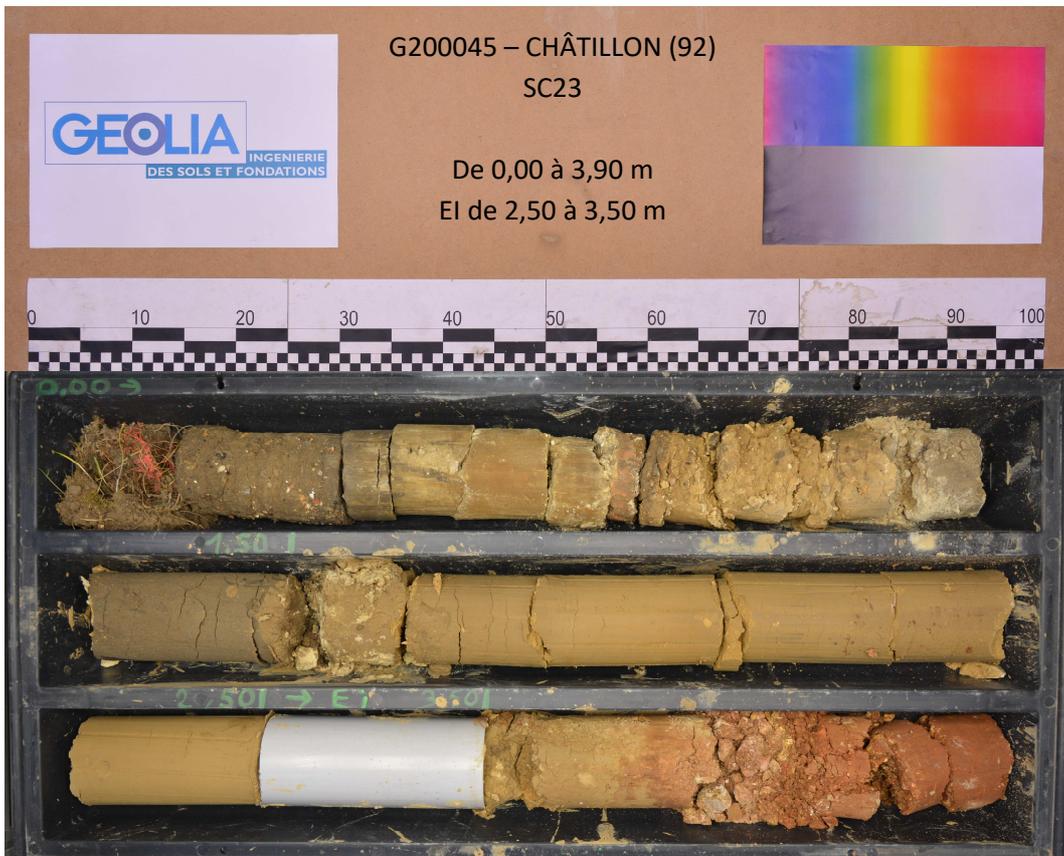
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



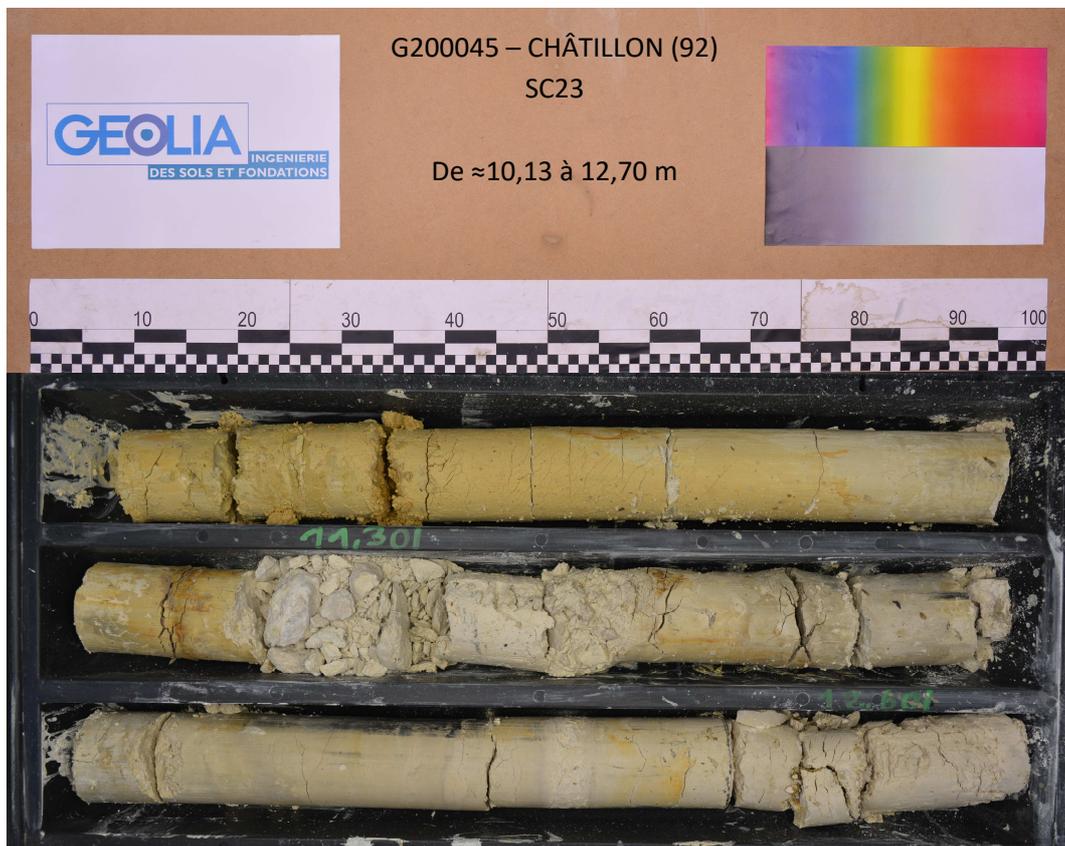
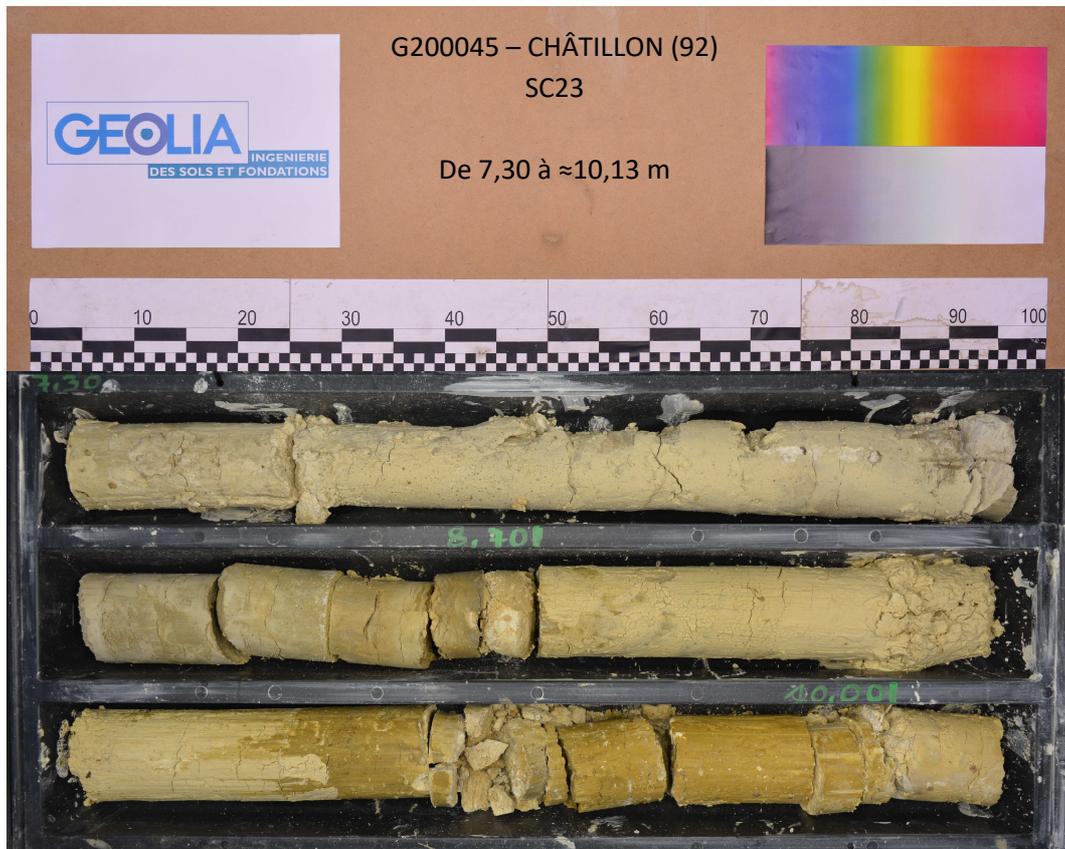
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



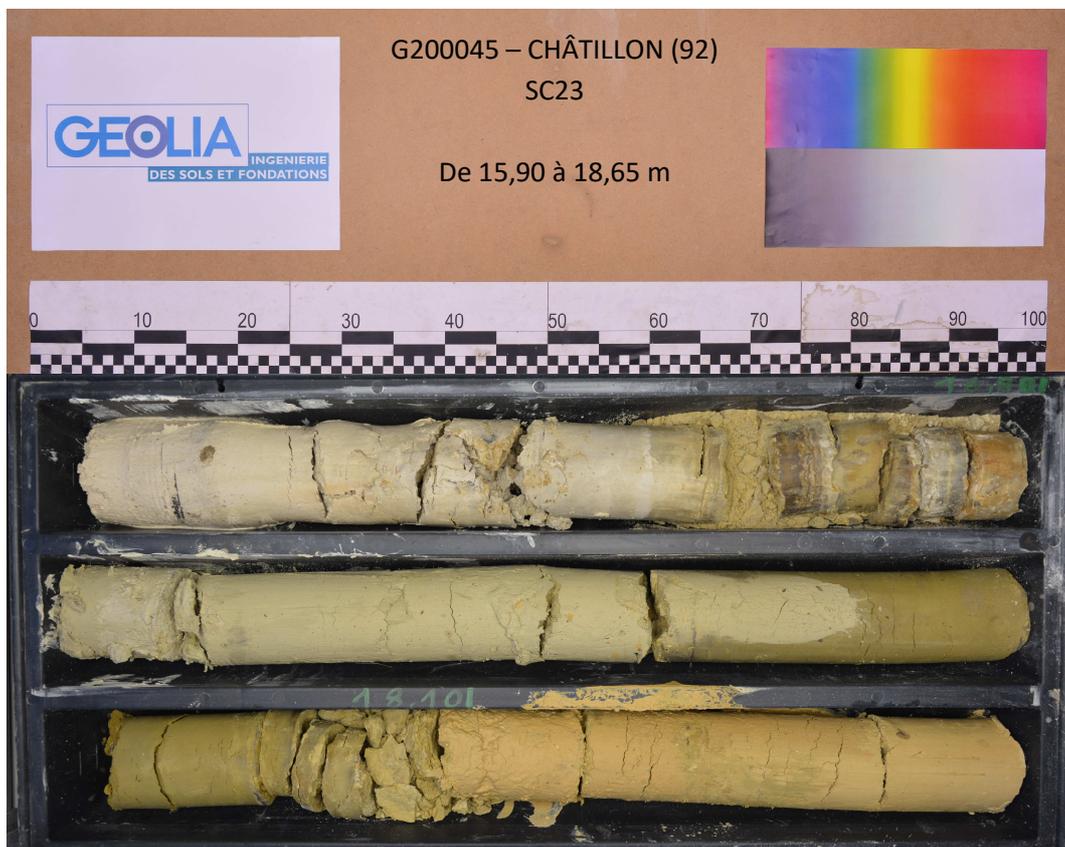
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



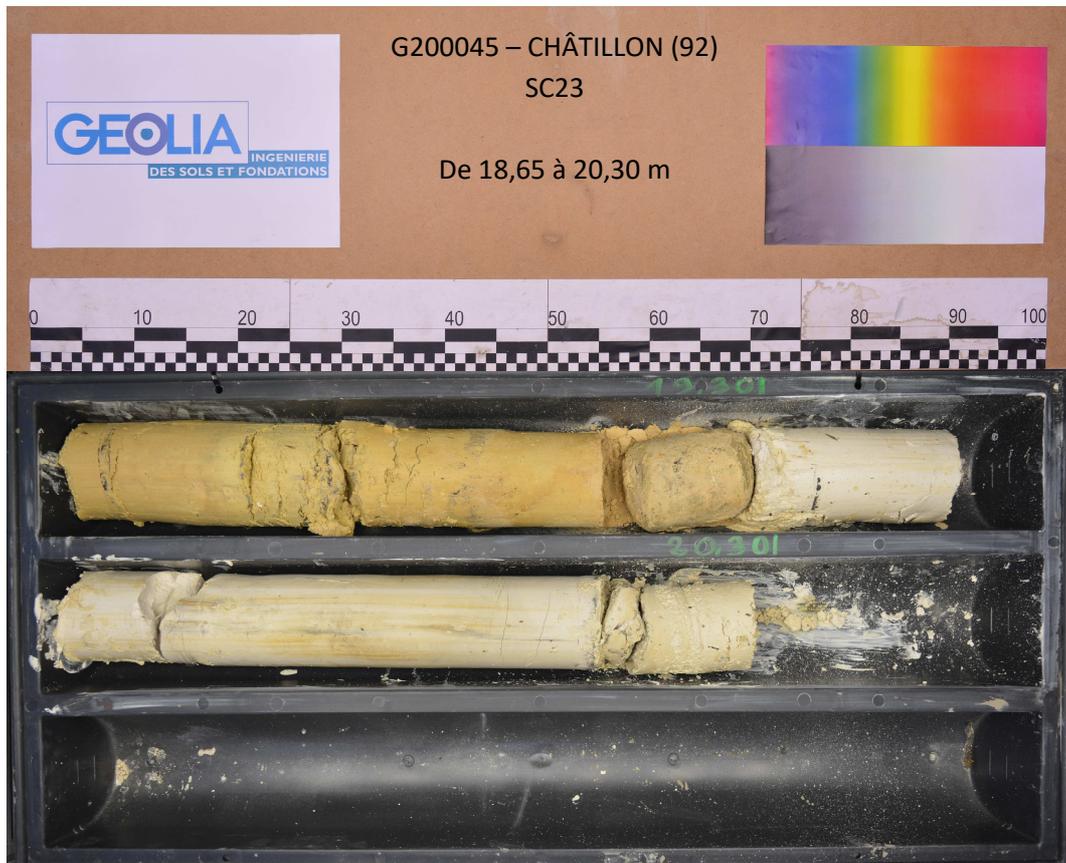
PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



PHOTOGRAPHIES DE CAISSES A CAROTTES



Dossier : **G200045** **CHATILLON**

Echantillon :

Sondage : SC11
 Profondeur : 2,50-3,50 m
 Nature du sol : sable argileux marron à blocs
 de silex

Date de prélèvement : 10-juil.-20

Date de l'essai : 10-juil.-20

Résultats de l'essai :

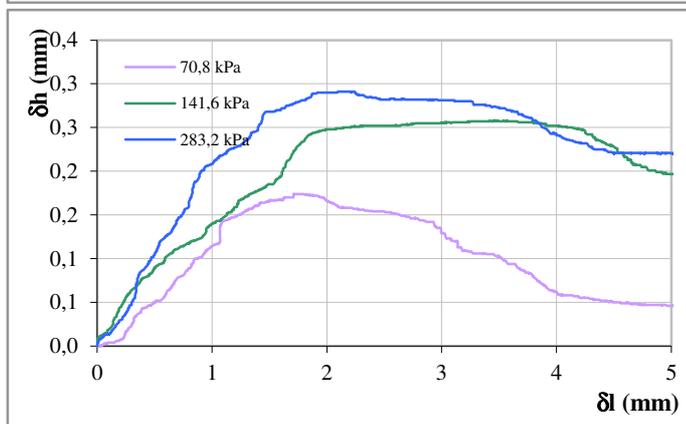
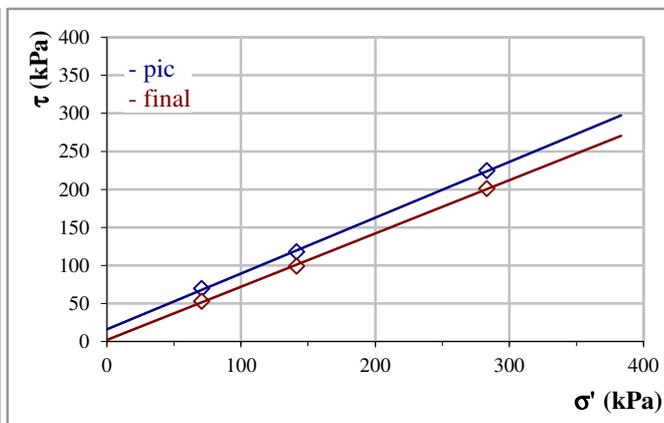
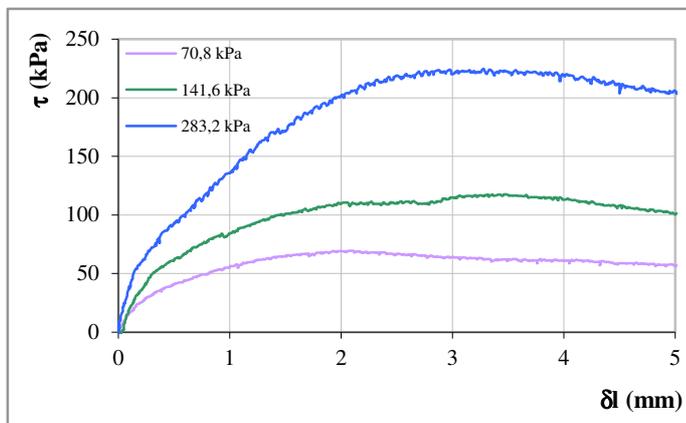
Caractéristiques de l'éprouvette :

| | | | |
|-------------------|------------------|------|--------------------------------|
| hauteur | h = | 20 | mm |
| diamètre | Ø = | 60 | mm |
| masse vol. grains | ρ _s = | 2700 | (kg/m ³) (estimée) |

Conditions de l'essai :

| | | |
|-------------------------|----|--------|
| vitesse de cisaillement | 15 | μm/min |
|-------------------------|----|--------|

| | avant essai | | | | | σ' (kPa) | après consolidation | | après essai | paramètres de résistance au cisaillement | | | |
|----------|------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----|----------|-------------------------------------|------------------------|-------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| | ρ (kg/m ³) | ρ _a (kg/m ³) | w (%) | e | Sr | | ρ _a (kg/m ³) | t ₁₀₀ (min) | | pic | | final | |
| | | | | | | | | | | τ _{r,p} (kPa) | δl _{f,p} (mm) | τ _{r,f} (kPa) | δl _{f,f} (mm) |
| 1 | 2161 | 1965 | 10,0 | 0,374 | 72% | 70,8 | 1946 | 8,41 | 13,7 | 69,4 | 2,07 | 52,8 | 5,75 |
| 2 | 2184 | 1989 | 9,8 | 0,358 | 74% | 141,6 | 1983 | 4,41 | 13,6 | 117,5 | 3,47 | 98,8 | 5,77 |
| 3 | 2113 | 1911 | 10,6 | 0,413 | 69% | 283,2 | 1976 | 3,24 | 12,8 | 224,5 | 3,28 | 200,7 | 5,36 |



| Résultats | c' (kPa) | | Φ' (°) | |
|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | c' pic | c' final | Φ' pic | Φ' final |
| | 15,9 | 1,8 | 36,3 | 35,0 |

Les valeurs c' final et Φ' final sont données à titre indicatif.

Observations :

échantillon écrété à 5 mm.

Etabli par : C.El

Le : 10-07-20

Dossier : CHATILLON

Echantillon : -

Sondage : SC 11

Date de prélèvement : 7-juil.-20

Profondeur : 4,0-5,0m

Description : Argile beige.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 22,9 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 99 %

Passant à 2 mm = 100 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

VBS = / $g_{\text{bleu}}/100g_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 54,7$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

MO = / %

Classe de matériau = **A4**

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,0$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{OPN}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$I_{PI} = /$

Etat hydrique du matériau = **/**

Observations :

Etabli par : AJ

Le: 20/07/2020

Dossier : G200045 CHATILLON

Echantillon :

Sondage : SC11

Profondeur : 5,00-6,00 m

Nature du sol : argile marneuse verdâtre deshydratée (sec)

Date de prélèvement : 15-juil.-20

Date de l'essai : 15-juil.-20

Résultats de l'essai :

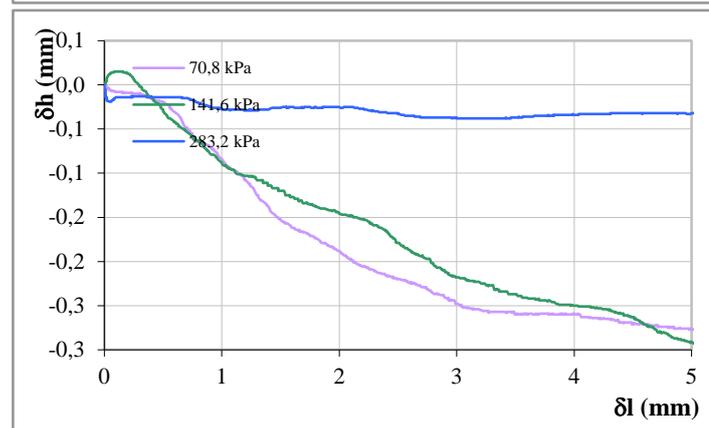
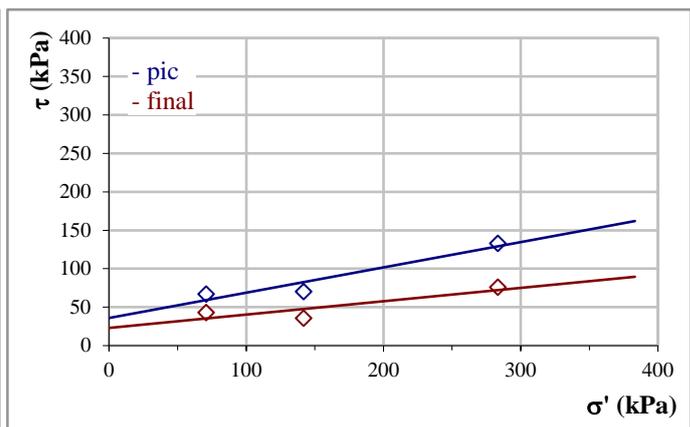
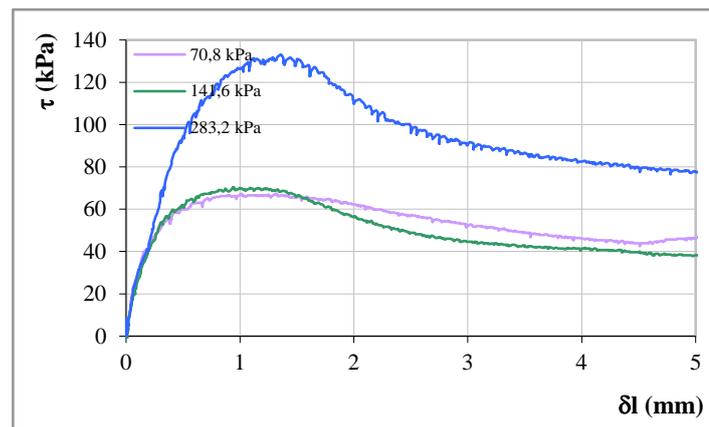
Caractéristiques de l'éprouvette :

| | | | |
|-------------------|------------|------|--------------------------------|
| hauteur | h = | 20 | mm |
| diamètre | Ø = | 60 | mm |
| masse vol. grains | $\rho_s =$ | 2700 | (kg/m ³) (estimée) |

Conditions de l'essai :

| | | |
|-------------------------|----|--------|
| vitesse de cisaillement | 10 | µm/min |
|-------------------------|----|--------|

| | avant essai | | | | | σ' (kPa) | après consolidation | | après essai | paramètres de résistance au cisaillement | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|----------|-------|-----|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------|------|
| | ρ (kg/m ³) | ρ_d (kg/m ³) | w (%) | e | Sr | | ρ_d (kg/m ³) | t_{100} (min) | | pic | | final | |
| | | | | | | | | | $\tau_{f,p}$ (kPa) | $\delta l_{f,p}$ (mm) | $\tau_{f,f}$ (kPa) | $\delta l_{f,f}$ (mm) | |
| 1 | 2121 | 1827 | 16,1 | 0,478 | 91% | 70,8 | 1695 | 2,56 | 27,7 | 67,3 | 1,01 | 43,2 | 5,95 |
| 2 | 1827 | 1378 | 32,6 | 0,959 | 92% | 141,6 | 1314 | 1,44 | 42,5 | 70,5 | 0,94 | 35,8 | 5,96 |
| 3 | 1812 | 1299 | 39,5 | 1,078 | 99% | 283,2 | 1333 | 2,56 | 42,4 | 133,1 | 1,36 | 76,1 | 5,54 |



| Résultats | c' (kPa) | | Φ' (°) | |
|-----------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| | c'_{pic} | c'_{final} | Φ'_{pic} | Φ'_{final} |
| | 35,9 | 23,0 | 18,2 | 9,8 |

Les valeurs c'_{final} et Φ'_{final} sont données à titre indicatif.

Observations :

échantillon très sec.

Etabli par : C.El

Le : 15-07-20

Dossier : CHATILLON

Echantillon : -

Sondage : SC 11

Date de prélèvement : 7-juil.-20

Profondeur : 5,0-6,0m

Description : Argile marneuse beige verdâtre.

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 16,6 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 μm = 97 %

Passant à 2 mm = 100 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

VBS = / $\text{g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = 46,2$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

MO = / %

Classe de matériau = **A4**

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = 1,0$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$I_{PI} = /$

Etat hydrique du matériau = **/**

Observations :

Etabli par : AJ

Le: 20/07/2020

Dossier : **G200045** **CHATILLON**

Echantillon :

Sondage : SC23
 Profondeur : 2,50-3,50 m
 Nature du sol : limon marron à rares cailloux calcaires

Date de prélèvement : 16-juil.-20
 Date de l'essai : 16-juil.-20

Résultats de l'essai :

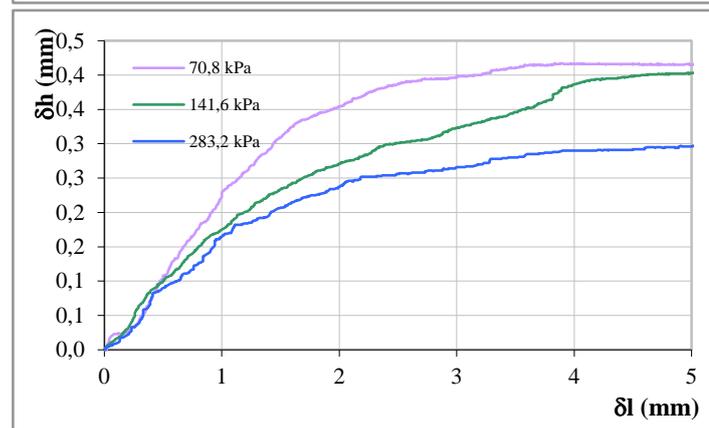
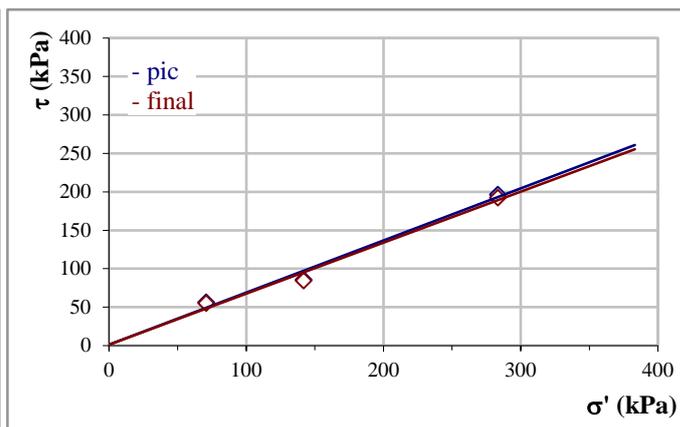
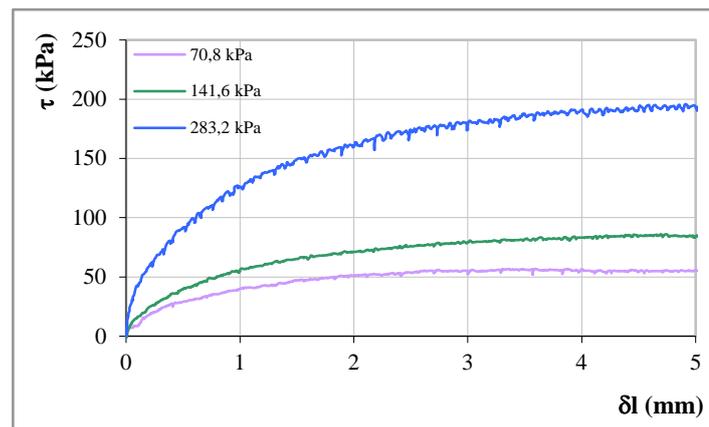
Caractéristiques de l'éprouvette :

| | | | |
|-------------------|------------|------|--------------------------------|
| hauteur | h = | 20 | mm |
| diamètre | Ø = | 60 | mm |
| masse vol. grains | $\rho_s =$ | 2700 | (kg/m ³) (estimée) |

Conditions de l'essai :

| | | |
|-------------------------|----|--------------------------|
| vitesse de cisaillement | 25 | $\mu\text{m}/\text{min}$ |
|-------------------------|----|--------------------------|

| | avant essai | | | | | σ' (kPa) | après consolidation | | après essai | paramètres de résistance au cisaillement | | | |
|----------|--------------------------------|----------------------------------|----------|-------|-----|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------|------|
| | ρ (kg/m ³) | ρ_d (kg/m ³) | w (%) | e | Sr | | ρ_d (kg/m ³) | t_{100} (min) | | pic | | final | |
| | | | | | | | | | $\tau_{f,p}$ (kPa) | $\delta l_{f,p}$ (mm) | $\tau_{f,f}$ (kPa) | $\delta l_{f,f}$ (mm) | |
| 1 | 2019 | 1703 | 18,6 | 0,586 | 86% | 70,8 | 1792 | 1,44 | 19,2 | 56,6 | 3,30 | 55,2 | 5,75 |
| 2 | 2004 | 1674 | 19,7 | 0,613 | 87% | 141,6 | 1872 | 1,44 | 19,0 | 86,0 | 4,69 | 84,6 | 5,79 |
| 3 | 2015 | 1682 | 19,8 | 0,605 | 88% | 283,2 | 1963 | 1,69 | 17,8 | 196,8 | 5,05 | 192,6 | 5,62 |



| Résultats | c' (kPa) | | Φ' (°) | |
|-----------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| | c'_{pic} | c'_{final} | Φ'_{pic} | Φ'_{final} |
| | 1,2 | 1,2 | 34,1 | 33,6 |

Les valeurs c'_{final} et Φ'_{final} sont données à titre indicatif.

Observations :

Etabli par : C.El
 Le : 16-07-20

Dossier : CHATILLON

Echantillon : -

Sondage : SC 23

Date de prélèvement : 7-juil.-20

Profondeur : 4,0-5,0m

Description : Argile rouge, graveleuse (silex et blocs calcaires).

Température d'étuvage : 105°C

Essais de caractérisation de la fraction 0/50 mm

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = 2,8 \%$

Analyse granulométrique selon la NF P 94-056

Passant à 80 $\mu\text{m} = 33 \%$

Passant à 2 mm = 61 %

Passant à 50 mm = 100 %

Valeur au bleu selon la NF P 94-068

VBS = 2,0 $\text{g}_{\text{bleu}}/100\text{g}_{\text{matériau sec}}$

Indice de plasticité selon la NF P 94-051

$I_p = /$

Teneur en matières organiques selon la NF P 94-055

MO = / %

Classe de matériau =

B6

Détermination de l'état hydrique

Indice de consistance selon la NF P 94-051

$I_c = /$

Teneur en eau naturelle selon la NF P 94-050

$w_n = / \times w_{\text{OPN}}$

Indice Portant Immédiat à la teneur en eau naturelle selon la NF P 94-078

$I_{PI} = /$

Etat hydrique du matériau =

/

Observations :

Etabli par : AJ

Le: 20/07/2020

Dossier : G200045 CHATILLON

Echantillon :

Sondage : SC23

Profondeur : 5,00-6,00 m

Nature du sol : marne argileuse beige verdâtre

Date de prélèvement : 17-juil.-20

Date de l'essai : 17-juil.-20

Résultats de l'essai :

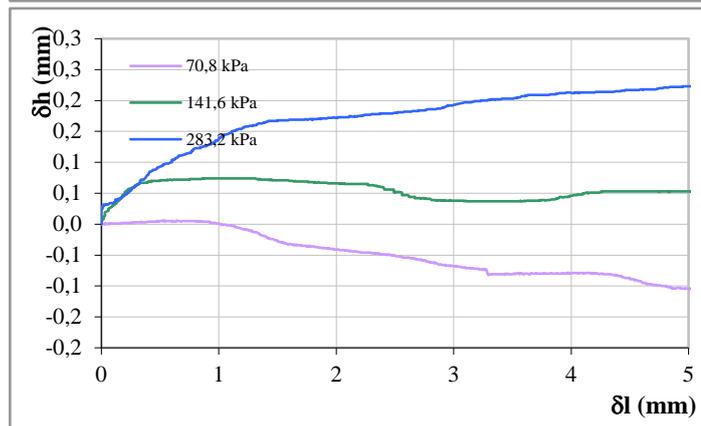
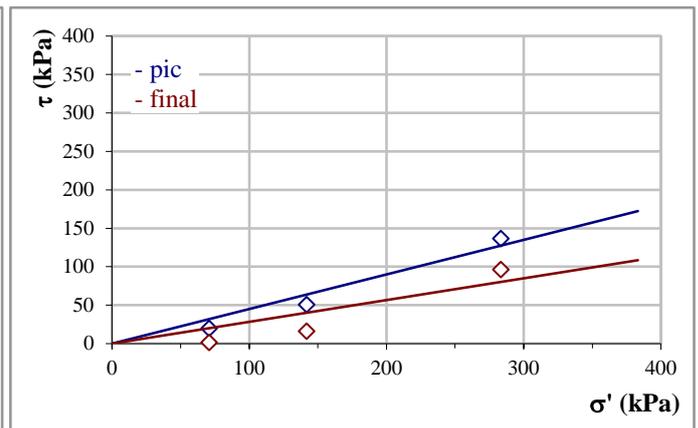
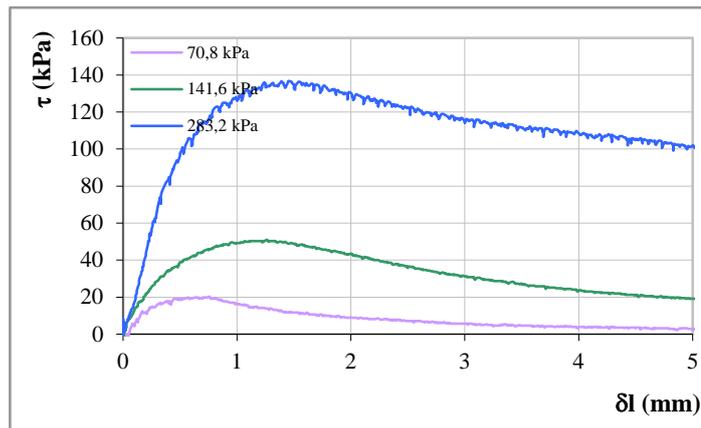
Caractéristiques de l'éprouvette :

| | | | |
|-------------------|------------|------|--------------------------------|
| hauteur | h = | 20 | mm |
| diamètre | Ø = | 60 | mm |
| masse vol. grains | $\rho_s =$ | 2700 | (kg/m ³) (estimée) |

Conditions de l'essai :

| | | |
|-------------------------|----|-------------------|
| vitesse de cisaillement | 11 | $\mu\text{m/min}$ |
|-------------------------|----|-------------------|

| | avant essai | | | | | σ' (kPa) | après consolidation | | après essai | paramètres de résistance au cisaillement | | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|----------|-------|------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------|------|
| | ρ (kg/m ³) | ρ_d (kg/m ³) | w (%) | e | Sr | | ρ_d (kg/m ³) | t_{100} (min) | | pic | | final | |
| | | | | | | | | | $\tau_{f,p}$ (kPa) | $\delta l_{f,p}$ (mm) | $\tau_{f,f}$ (kPa) | $\delta l_{f,f}$ (mm) | |
| 1 | 1977 | 1553 | 27,3 | 0,739 | 100% | 70,8 | 1497 | 4,41 | 34,6 | 20,2 | 0,75 | 1,8 | 5,91 |
| 2 | 1963 | 1527 | 28,6 | 0,768 | 100% | 141,6 | 1544 | 2,25 | 33,8 | 51,0 | 1,26 | 16,3 | 5,93 |
| 3 | 1991 | 1572 | 26,6 | 0,717 | 100% | 283,2 | 1654 | 11,56 | 29,9 | 136,7 | 1,39 | 96,7 | 5,41 |



| Résultats | c' (kPa) | | Φ' (°) | |
|-----------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| | c'_{pic} | c'_{final} | Φ'_{pic} | Φ'_{final} |
| | 0,0 | 0,0 | 24,2 | 15,8 |

Les valeurs c'_{final} et Φ'_{final} sont données à titre indicatif.

Observations :

Etabli par : C.El

Le : 17-07-20

WESSLING France S.A.R.L., 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

GEOLIA
Stephane DEMEULEMEESTER
119/131 Avenue René Morin
91410 MORANGIS

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| N° rapport d'essai | UPA20-021735-1 |
| N° commande | UPA-06671-20 |
| Interlocuteur (interne) | D. Cardon |
| Téléphone | +33 164 471 475 |
| Courrier électronique | David.Cardon@wessling.fr |
| Date | 15.07.2020 |

Rapport d'essai

CHATILLON G200045



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

Les paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A) et leurs résultats sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

La portée d'accréditation DAKKS n° D-PL-14162-01-00 des laboratoires WESSLING Allemands est disponible sur le site www.dakks.de pour les résultats accrédités par ces laboratoires.

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

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

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

Le 15.07.2020

| N° d'échantillon | | 20-106908-01 | 20-106908-02 | 20-106908-03 | 20-106908-04 |
|---------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon | Unité | SC11 2m | SC11 4m | SC11 6m | SC11 8m |

Extraction à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Extrait à l'acide chlorhydrique (A) | MS-A | 14.07.20 | 14.07.20 | 14.07.20 | 14.07.20 |
|-------------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|
|-------------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|

Analyse physique

Matières sèches - DIN ISO 11465 (1996-12) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Matière sèche (A) | % mass MB | 100 | 80,9 | 88,5 | 90,6 |
|-------------------|-----------|-----|------|------|------|
|-------------------|-----------|-----|------|------|------|

Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN 4030-2 (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Degré d'acidité (A) | ml/kg MS-A | <2,0 | 14 | 6,0 | 9,0 |
|---------------------|------------|------|----|-----|-----|
|---------------------|------------|------|----|-----|-----|

Sulfates, HCl extr. B (agress. sur béton et acier) - DIN 4030-2 mod. (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Soufre (S) (A) | mg/kg MS-A | 62,0 | 380 | 590 | 680 |
|--------------------------|------------|------|-------|-------|-------|
| Sulfates (SO4) calc. (A) | mg/kg MS-A | 186 | 1 140 | 1 770 | 2 040 |

MS-A : Matières séchées à l'air
 MB : Matières brutes

Informations sur les échantillons

| | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Date de réception : | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 |
| Type d'échantillon : | Sol | Sol | Sol | Sol |
| Date de prélèvement : | 07.07.2020 | 07.07.2020 | 07.07.2020 | 07.07.2020 |
| Récipient : | 1VB | 1VB | 1VB | 1VB |
| Température à réception (C°) : | 8°C | 8°C | 8°C | 8°C |
| Début des analyses : | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 |
| Fin des analyses : | 15.07.2020 | 15.07.2020 | 15.07.2020 | 15.07.2020 |
| Préleveur : | LABO | LABO | LABO | LABO |

Le 15.07.2020

| N° d'échantillon | | 20-106908-05 | 20-106908-06 | 20-106908-07 | 20-106908-08 |
|---------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon | Unité | SC23 2m | SC23 4m | SC23 6m | SC23 8m |

Extraction à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Extrait à l'acide chlorhydrique (A) | MS-A | 14.07.20 | 14.07.20 | 14.07.20 | 14.07.20 |
|-------------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|
|-------------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|

Analyse physique

Matières sèches - DIN ISO 11465 (1996-12) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Matière sèche (A) | % mass MB | 92,7 | 97,0 | 82,3 | 80,3 |
|-------------------|-----------|------|------|------|------|
|-------------------|-----------|------|------|------|------|

Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN 4030-2 (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Degré d'acidité (A) | ml/kg MS-A | <2,0 | 6,0 | 7,0 | <2,0 |
|---------------------|------------|------|-----|-----|------|
|---------------------|------------|------|-----|-----|------|

Sulfates, HCl extr. B (agress. sur béton et acier) - DIN 4030-2 mod. (2008-06) - Réalisé par WESSLING Oppin (Allemagne)

| Soufre (S) (A) | mg/kg MS-A | 210 | 180 | 620 | 380 |
|--------------------------|------------|-----|-----|-------|-------|
| Sulfates (SO4) calc. (A) | mg/kg MS-A | 629 | 539 | 1 860 | 1 140 |

MS-A : Matières séchées à l'air
 MB : Matières brutes

Informations sur les échantillons

| | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Date de réception : | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 |
| Type d'échantillon : | Sol | Sol | Sol | Sol |
| Date de prélèvement : | 07.07.2020 | 07.07.2020 | 07.07.2020 | 07.07.2020 |
| Récipient : | 1VB | 1VB | 1VB | 1VB |
| Température à réception (C°) : | 8°C | 8°C | 8°C | 8°C |
| Début des analyses : | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 | 13.07.2020 |
| Fin des analyses : | 15.07.2020 | 15.07.2020 | 15.07.2020 | 15.07.2020 |
| Préleveur : | LABO | LABO | LABO | LABO |

Le 15.07.2020

Commentaires sur vos résultats d'analyse :

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

Signataire rédacteur :

David CARDON
Chargé de clientèle



Signataire approbateur :

Célia BARETGE

Responsable Service Client



ANNEXE 4 :
RESULTATS DE LA MODELISATION SUR K-REA

DONNEES

GENERALITES :

| | | | |
|----------------------------|---------------------------------|---|---------|
| Système d'unités : | Métrique, kN, kN/m ² | Niveau phréatique : | 91,00 m |
| Poids volumique de l'eau : | 10,00 kN/m ³ | Nombre d'itérations par phase de calcul : | 100 |
| Pas de calcul : | 0,20 m | Prise en compte moments 2 ordre : | non |
| Définition du projet : | Cotes | | |

CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOL :

| Couche | z [m] | γ [kN/m ³] | γ' [kN/m ³] | φ [°] | c [kN/m ²] | dc [kN/m ² /m] | k0 | kay | kpy | kd | kr | kac | kpc | kh [kN/m ² /ml] | dkh [kN/m ² /m/ml] | δa/φ | δp/φ | kay,min | P,max [kN/m/ml] |
|---------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|------------------------------------|-------|--------|---------|----------------------|
| REMBLAIS | 98,06 | 19,00 | 10,00 | 25,00 | 0,01 | 0,000 | 0,577 | 0,349 | 3,549 | 0,577 | 0,577 | 1,388 | 5,182 | 6538 | 0 | 0,670 | -0,670 | 0,100 | 10000,00 |
| COLLUVIONS | 93,00 | 20,00 | 10,00 | 25,00 | 3,00 | 0,000 | 0,577 | 0,349 | 3,549 | 0,577 | 0,577 | 1,388 | 5,182 | 23375 | 0 | 0,670 | -0,670 | 0,100 | 10000,00 |
| MARNES ARGILEUSES | 91,00 | 20,00 | 10,00 | 28,00 | 10,00 | 0,000 | 0,531 | 0,308 | 4,421 | 0,531 | 0,531 | 1,297 | 5,811 | 48401 | 0 | 0,670 | -0,670 | 0,100 | 10000,00 |
| MARNO-CALCAIRES | 87,00 | 20,00 | 10,00 | 30,00 | 10,00 | 0,000 | 0,500 | 0,282 | 4,987 | 0,500 | 0,500 | 1,238 | 6,303 | 126768 | 0 | 0,670 | -0,670 | 0,100 | 10000,00 |
| SABLES +/- ARGILEUX | 78,00 | 20,00 | 10,00 | 30,00 | 1,00 | 0,000 | 0,500 | 0,282 | 4,987 | 0,500 | 0,500 | 1,238 | 6,303 | 163834 | 0 | 0,670 | -0,670 | 0,100 | 10000,00 |

CARACTERISTIQUES DE L'ECRAN :

| Section | z,base [m] | EI [kNm ² /ml] | W [kN/m/ml] |
|---------|-----------------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 82,00 | 94287 | 0,00 |

Cote de la tête de l'écran : z0 = 98,06 m

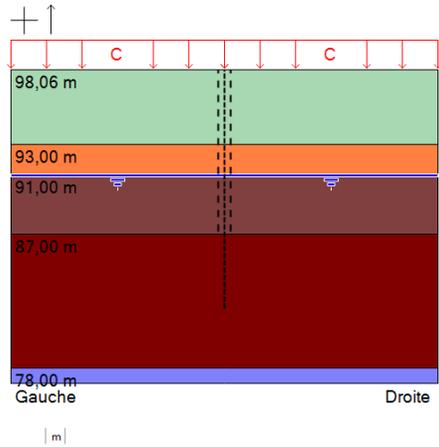
DONNEES

| BUTON | Phase | za [m] | K [kN/m/ml] | P [kN/ml] | α [°] |
|-------|-------|-------------|------------------|----------------|-------------------|
| 1 | 2 | 96,50 | 30000 | 0,00 | 45,00 |
| 2 | 6 | 91,00 | 30000 | 0,00 | 45,00 |

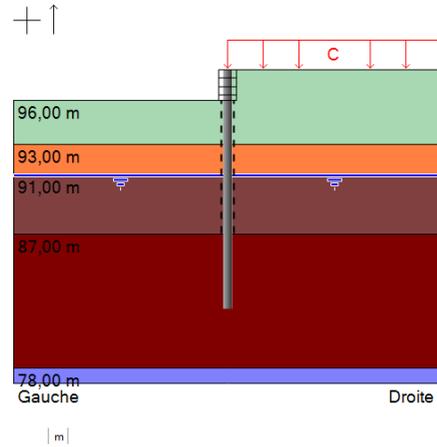
| SURCHARGE CAQUOT | Phase | z [m] | q [kN/m/ml] |
|------------------|-------|------------|------------------|
| 1 | 0 | 98,06 | 10,00 |

SYNTHESE PHASAGE

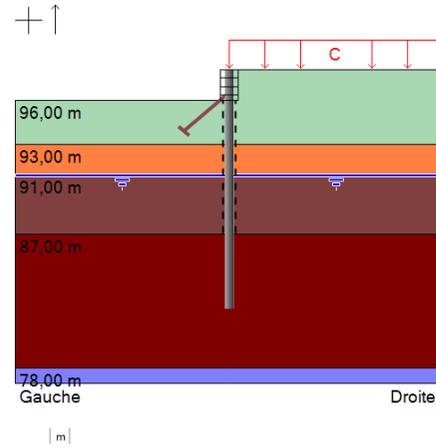
Phase initiale



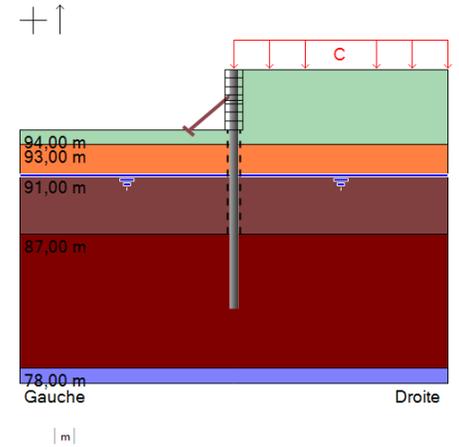
Phase 1 : Provisoire



Phase 2 : Provisoire



Phase 3 : Provisoire



- Poussée réduite :
 z_t [m] = 98,06
 z_b [m] = 86,80
 $R = 0,840$
 $C = 1,000$
- Surcharge de Caquot : (côté gauche) :
 q [kN/m/ml] = 10,00
- Surcharge de Caquot : (côté droit) :
 q [kN/m/ml] = 10,00

- Excavation (côté gauche) :
 z_h [m] = 96,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :
 z [m] = 96,00

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°1
 z_a [m] = 96,50
 K [kN/m/ml] = 30000
 α [°] = 45,00
 P [kN/ml] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
 z_h [m] = 94,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :
 z [m] = 94,00

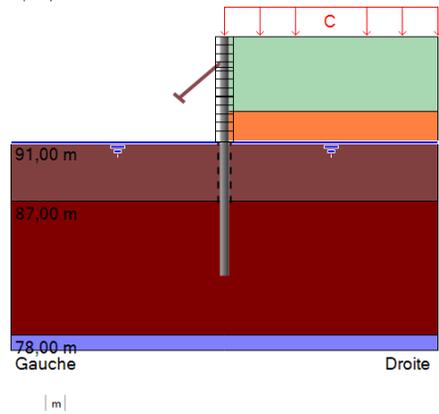


Calcul réalisé par : GEOLIA

SYNTHESE PHASAGE

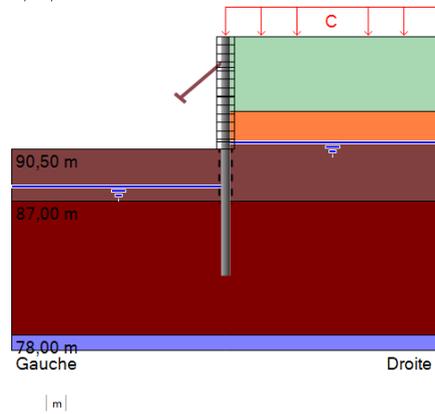
Phase 4 : Provisoire

+ ↑



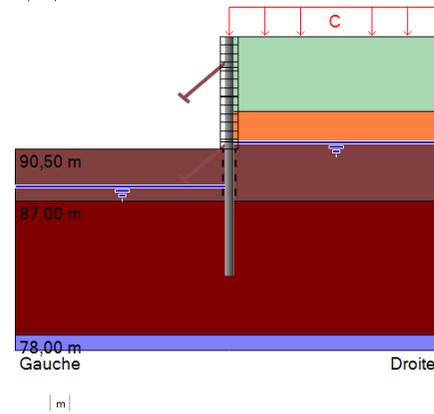
Phase 5 : Provisoire

+ ↑



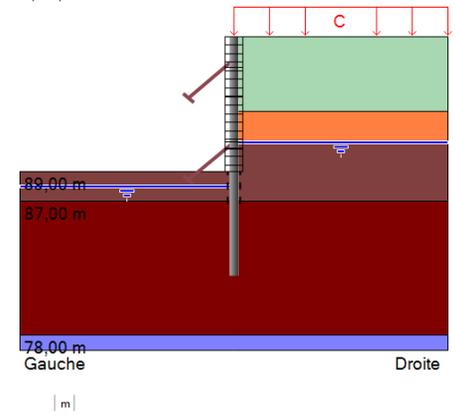
Phase 6 : Provisoire

+ ↑



Phase 7 : Provisoire

+ ↑



- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 91,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :
z [m] = 91,00

- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 88,00
- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 90,50
- Pose de blindage (Berlinoise) :
z [m] = 90,50

- Mise en place du buton (côté gauche) : n°2
za [m] = 91,00
K [kN/m/ml] = 30000
 α [°] = 45,00
P [kN/ml] = 0,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 89,00
- Pose de blindage (Berlinoise) :
z [m] = 89,00

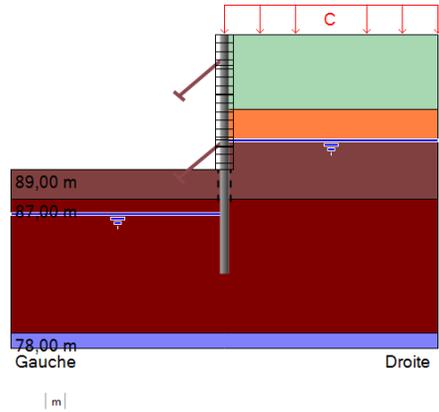


Calcul réalisé par : GEOLIA

SYNTHESE PHASAGE

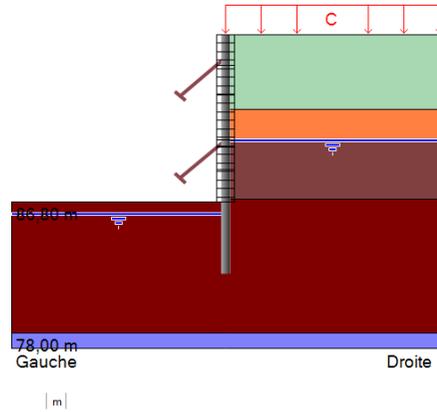
Phase 8 : Provisoire

+ ↑



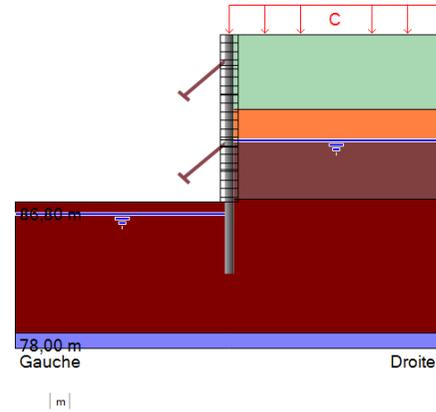
Phase 9 : Provisoire

+ ↑



Phase 10 : Provisoire

+ ↑



- Action hydraulique : (gauche)
zw [m] = 86,00

- Excavation (côté gauche) :
zh [m] = 86,80

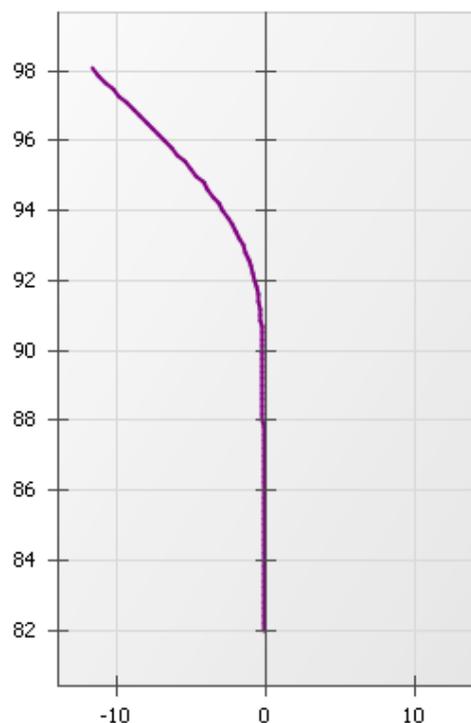
- Pose de blindage (Berlinoise) :
z [m] = 86,80



Calcul réalisé par : GEOLIA

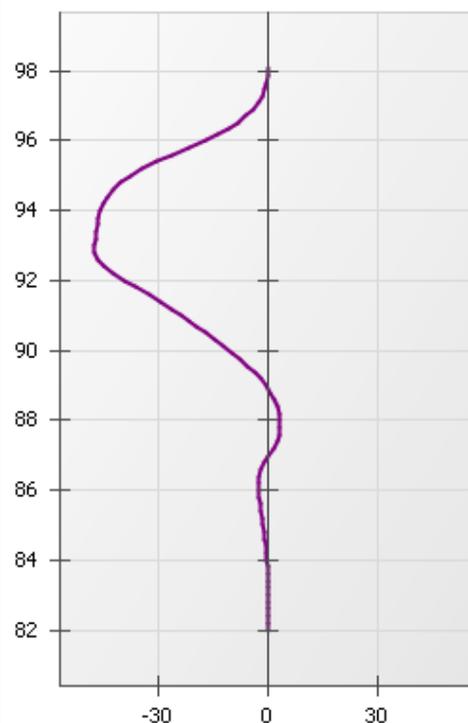
RESULTATS (Phase 1)

Déplacements [mm]



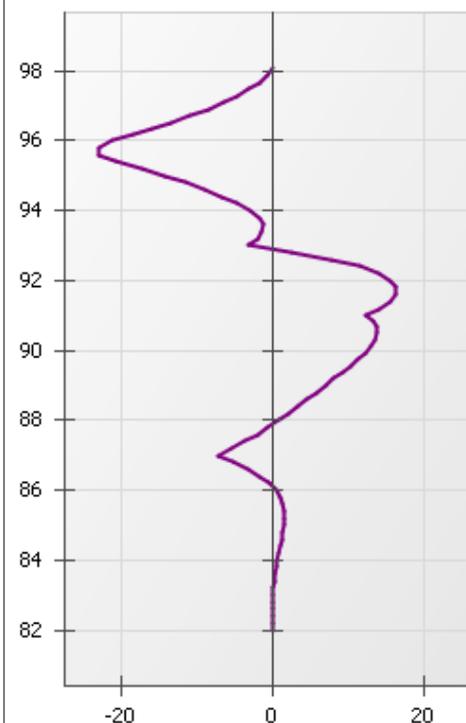
Dmin = -11,63 - Dmax = -0,09

Moment [kNm/m]



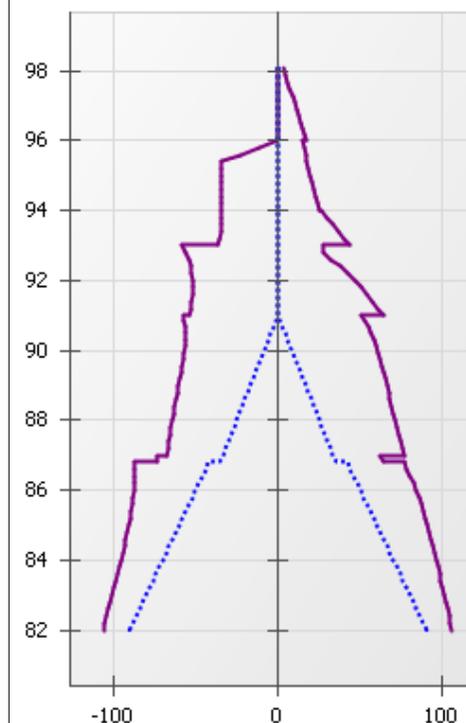
M.k min = -47,47 - M.k max = 3,22

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -23,08 - V.k max = 16,23

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -105,90 - P.k max = 105,67
Pw.k min = -90,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

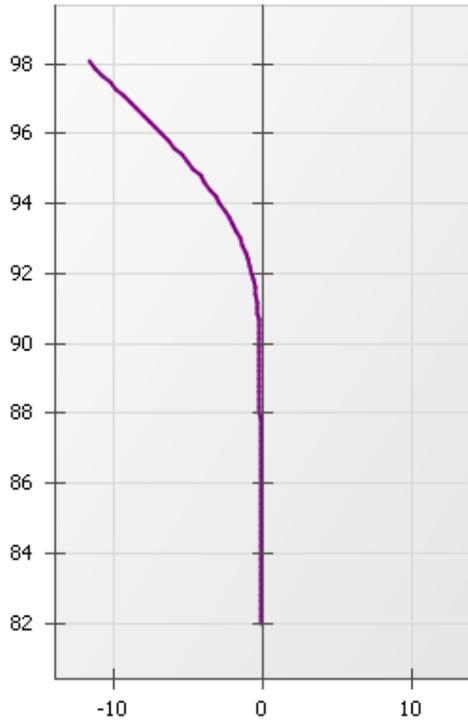
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

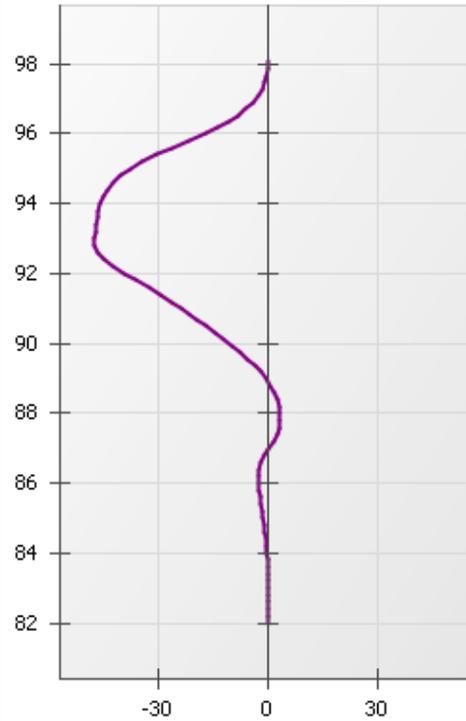
RESULTATS (Phase 2)

Déplacements [mm]



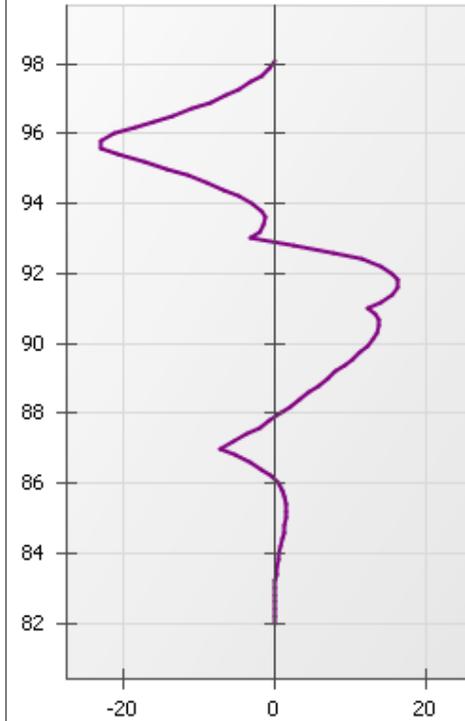
Dmin = -11,63 - Dmax = -0,09

Moment [kNm/m]



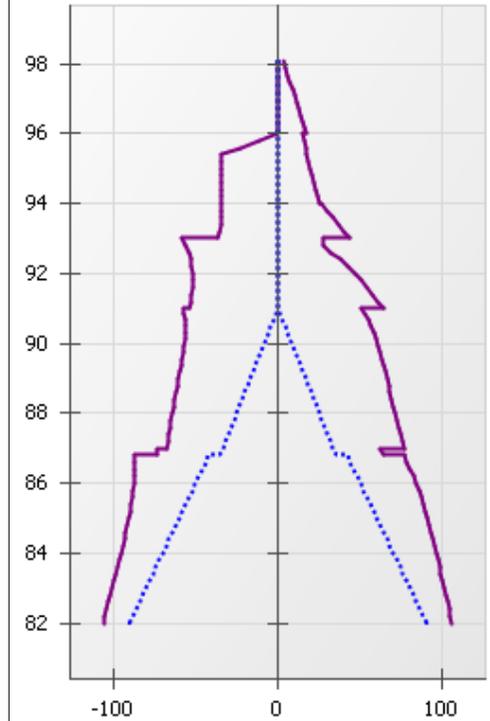
M.k min = -47,47 - M.k max = 3,22

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -23,08 - V.k max = 16,23

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -105,90 - P.k max = 105,67
Pw.k min = -90,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

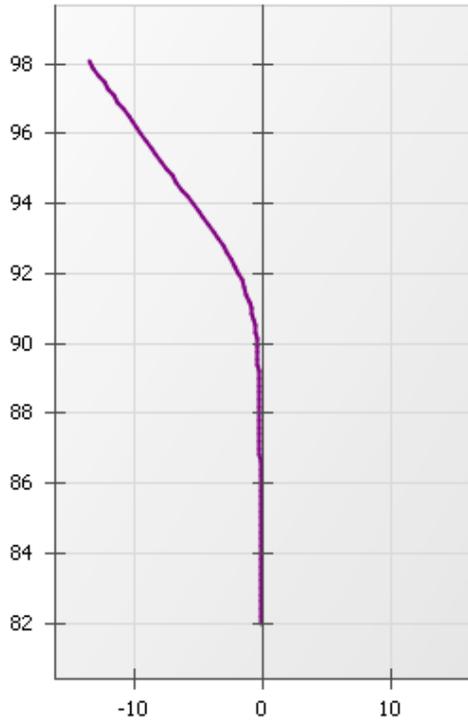
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

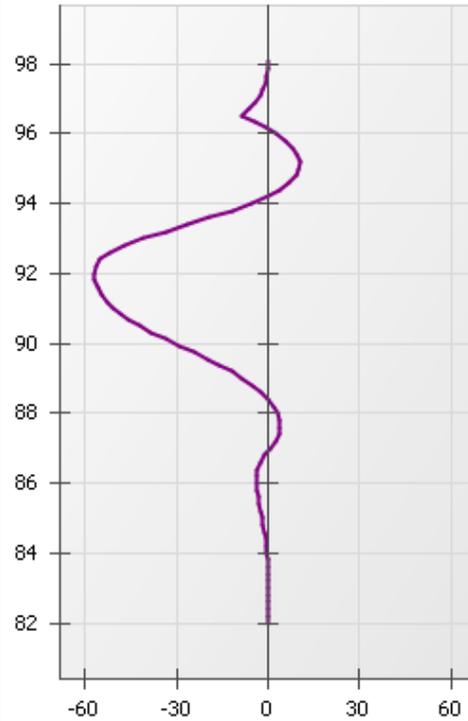
RESULTATS (Phase 3)

Déplacements [mm]



Dmin = -13,61 - Dmax = -0,17

Moment [kNm/m]



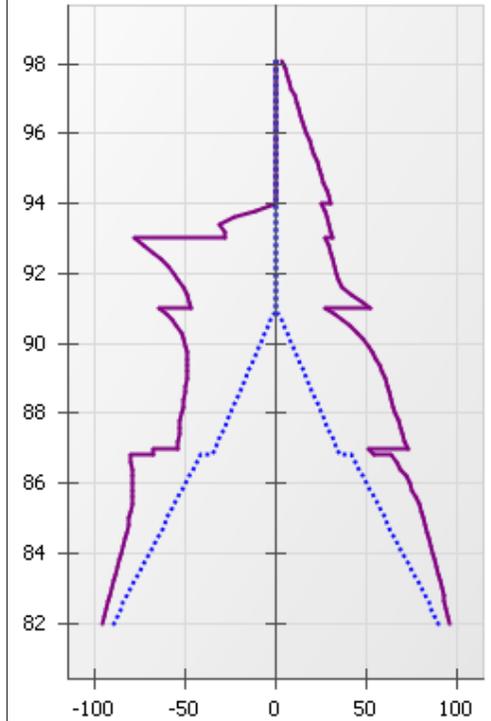
M.k min = -57,39 - M.k max = 10,35

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -36,63 - V.k max = 25,29

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -96,45 - P.k max = 96,12
Pw.k min = -90,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

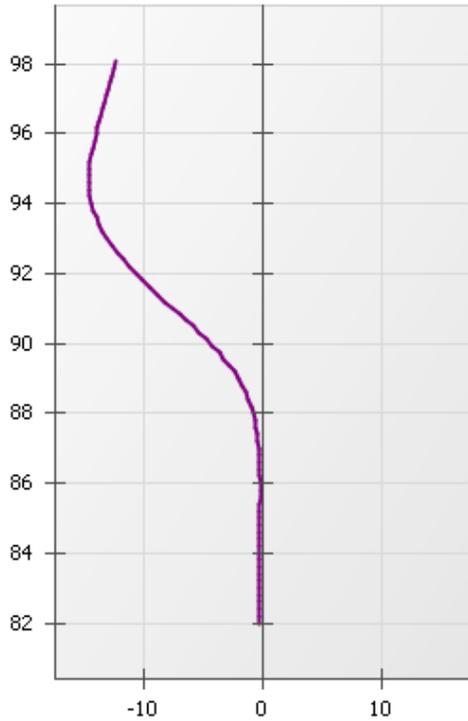
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

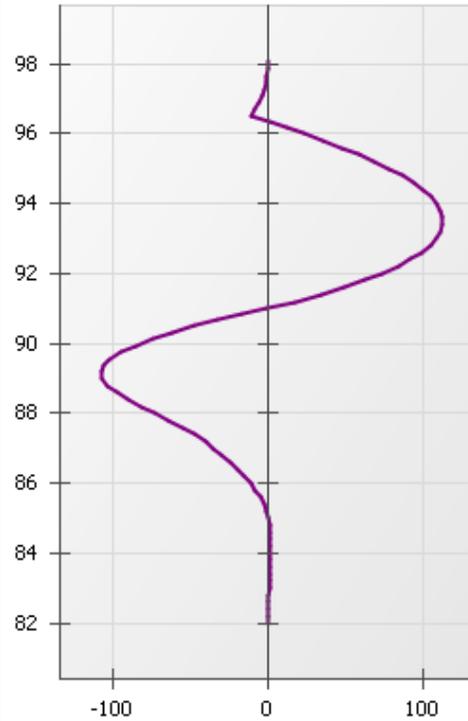
RESULTATS (Phase 4)

Déplacements [mm]



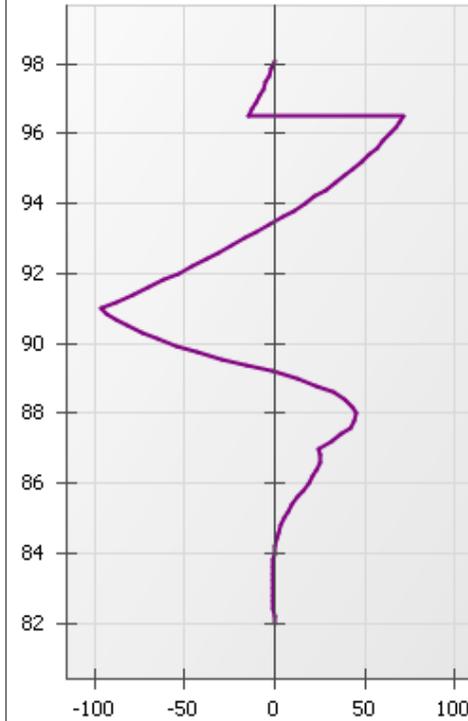
Dmin = -14,77 - Dmax = -0,23

Moment [kNm/m]



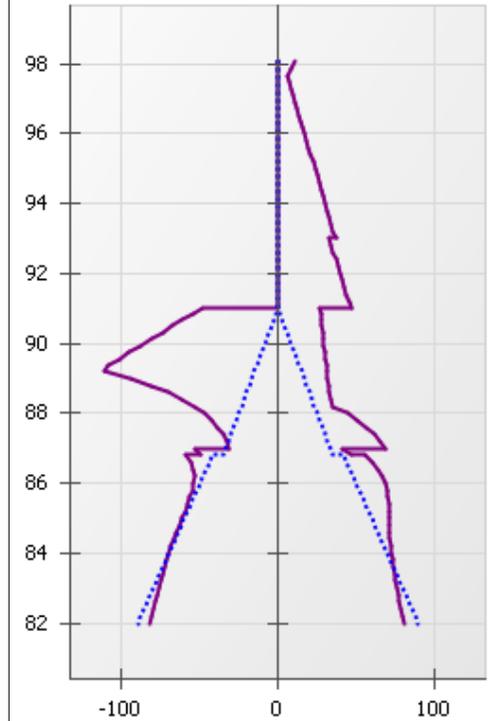
M.k min = -107,28 - M.k max = 112,10

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -97,04 - V.k max = 71,66

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -111,95 - P.k max = 80,70
Pw.k min = -90,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

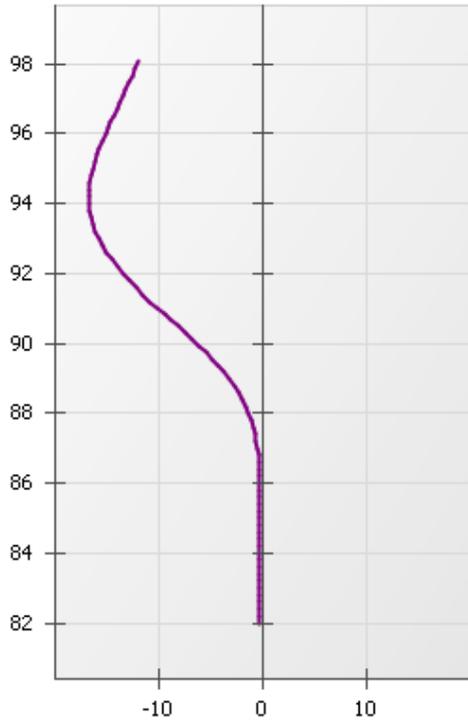
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

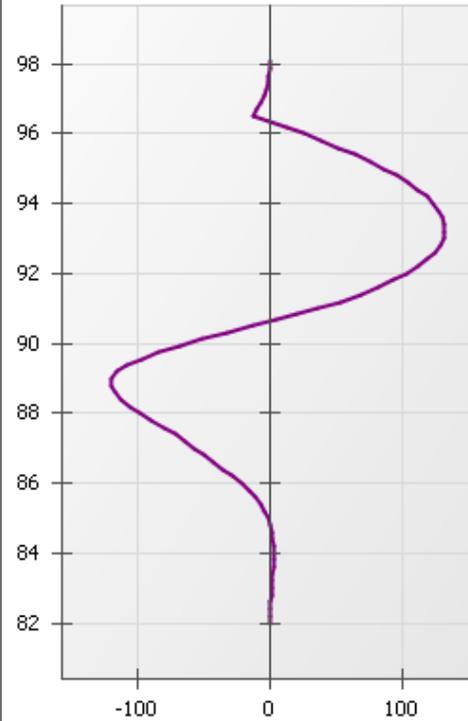
RESULTATS (Phase 5)

Déplacements [mm]



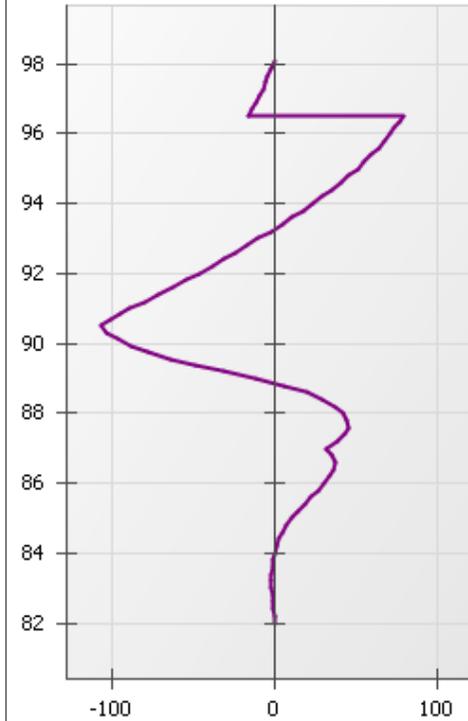
Dmin = -16,67 - Dmax = -0,28

Moment [kNm/m]



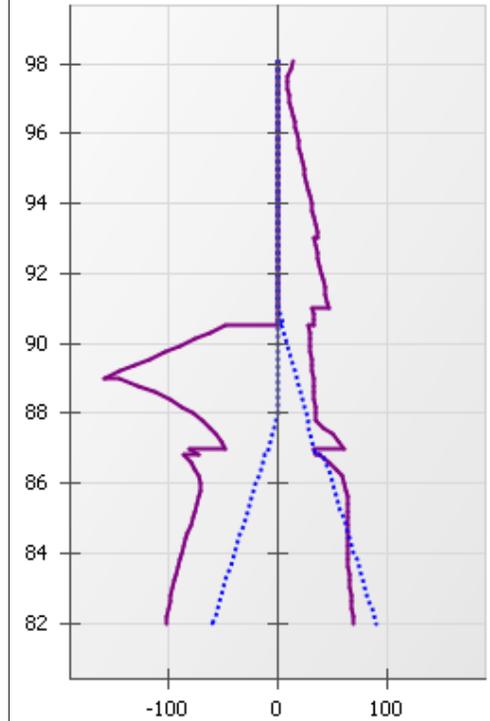
M.k min = -120,91 - M.k max = 132,83

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -107,54 - V.k max = 78,82

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -160,22 - P.k max = 70,00
Pw.k min = -60,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

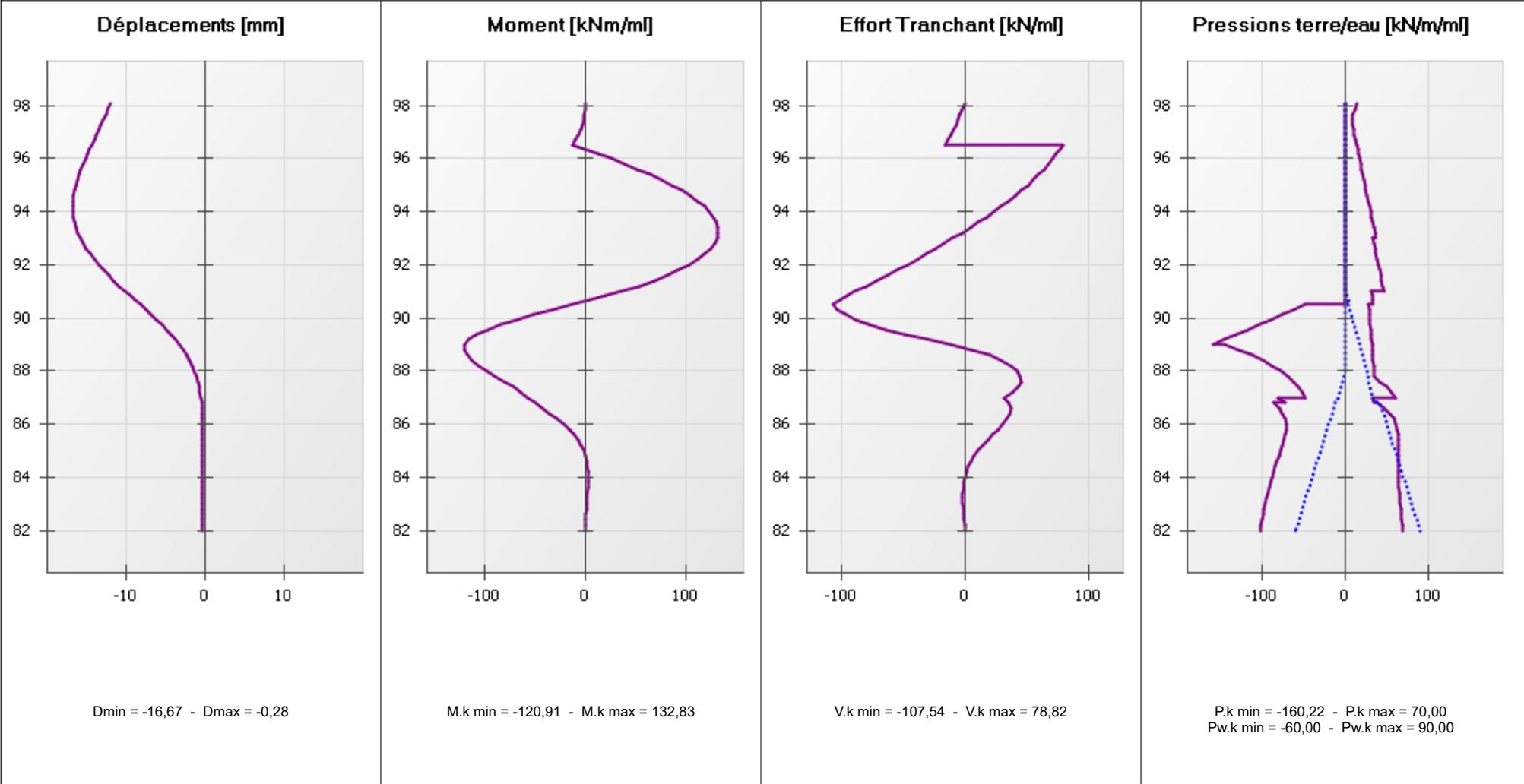
--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

RESULTATS (Phase 6)



Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

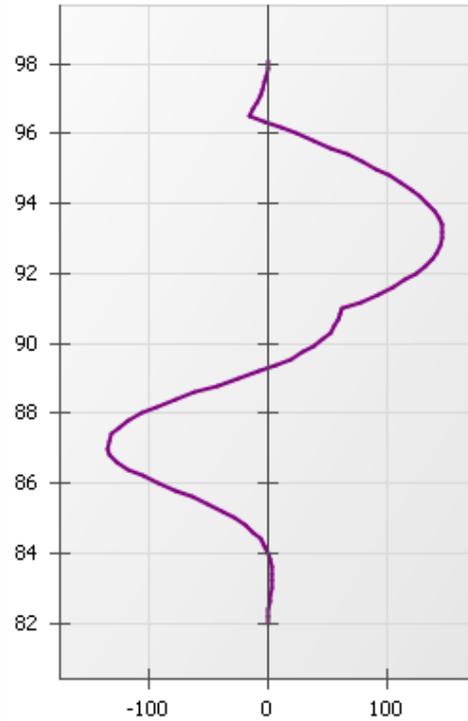
RESULTATS (Phase 7)

Déplacements [mm]



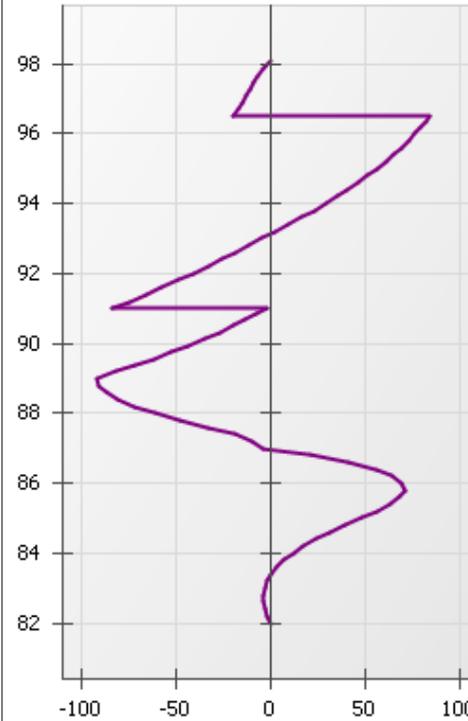
Dmin = -20,04 - Dmax = -0,26

Moment [kNm/m]



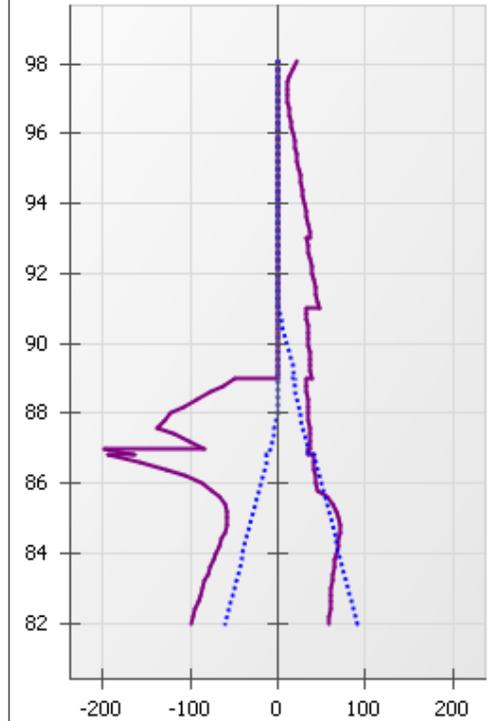
M.k min = -135,05 - M.k max = 146,33

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -92,54 - V.k max = 84,17

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -199,84 - P.k max = 70,75
Pw.k min = -60,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

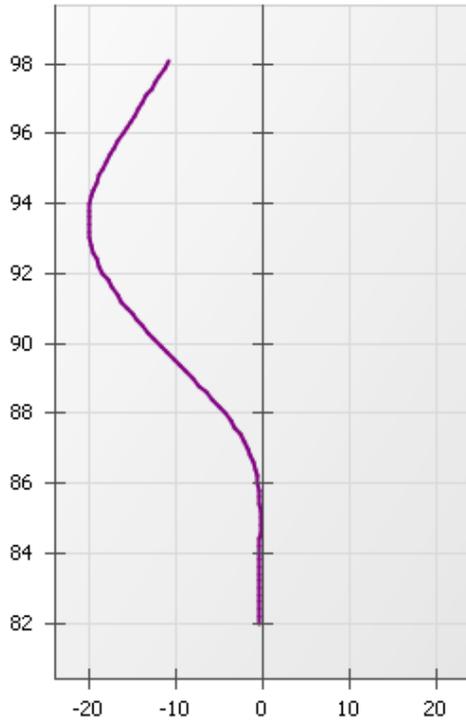
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

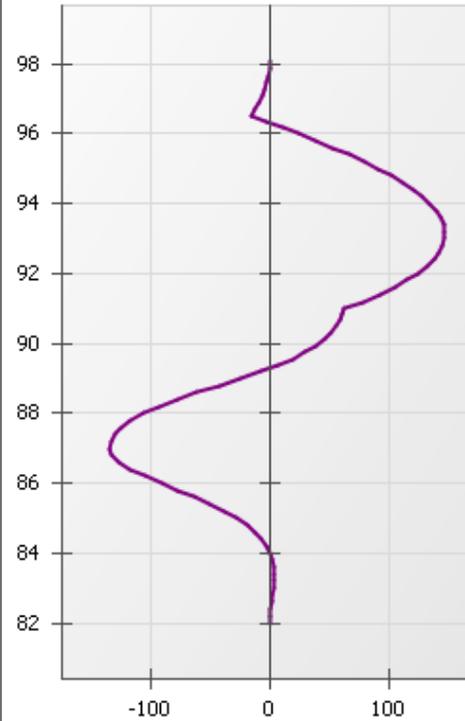
RESULTATS (Phase 8)

Déplacements [mm]



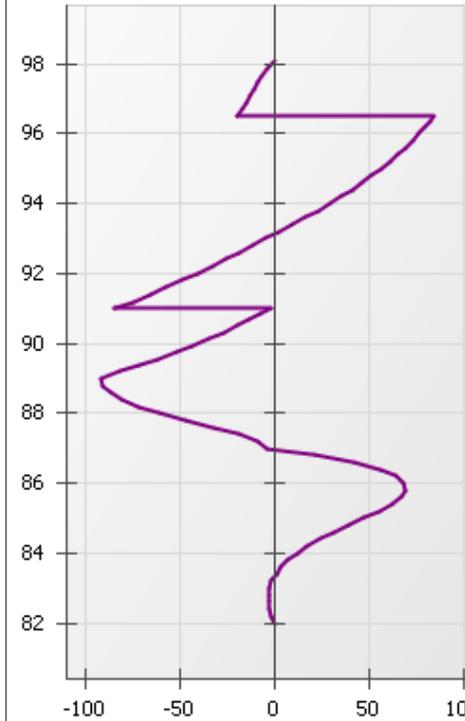
Dmin = -20,04 - Dmax = -0,31

Moment [kNm/m]



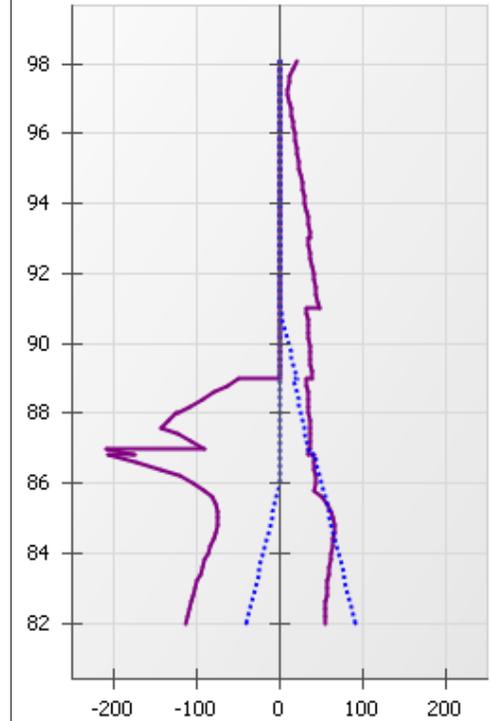
M.k min = -134,36 - M.k max = 146,17

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -92,37 - V.k max = 84,13

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -209,40 - P.k max = 65,34
Pw.k min = -40,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

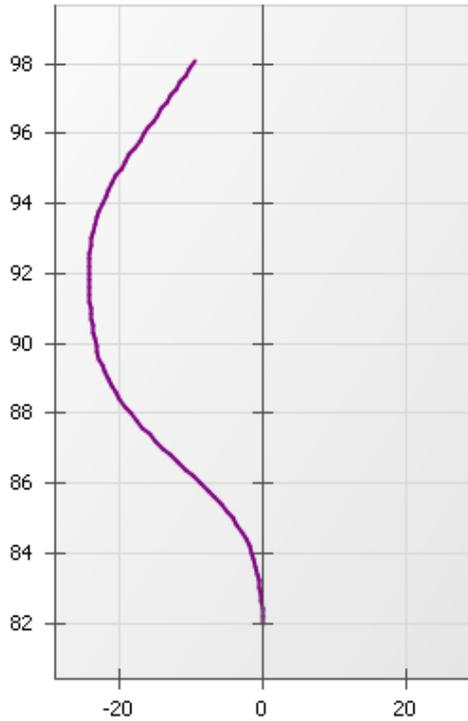
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

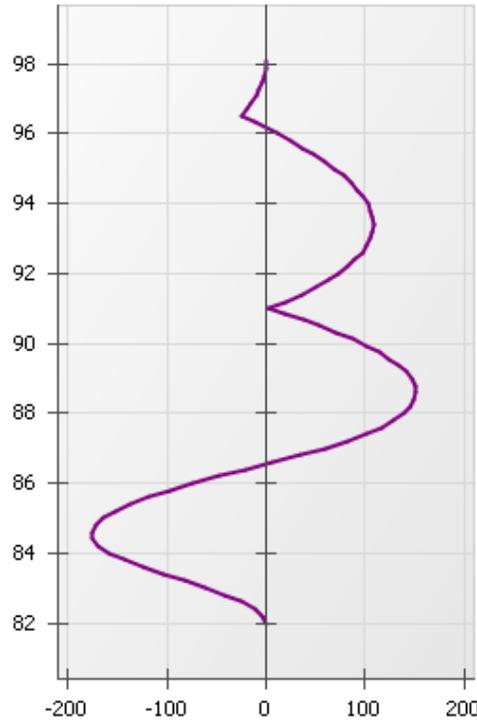
RESULTATS (Phase 9)

Déplacements [mm]



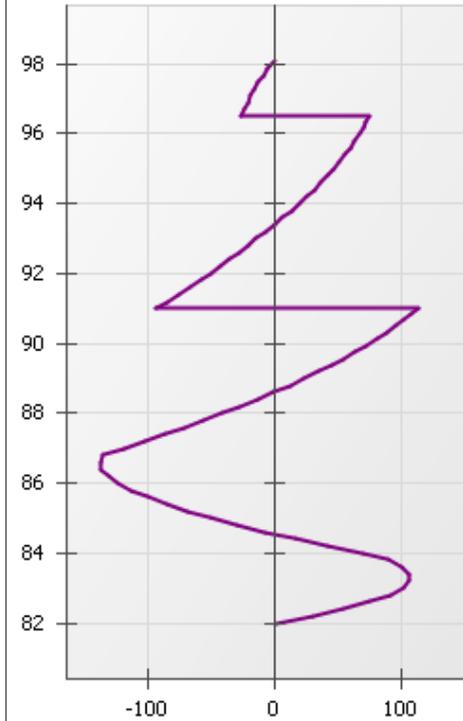
Dmin = -24,20 - Dmax = 0,07

Moment [kNm/m]



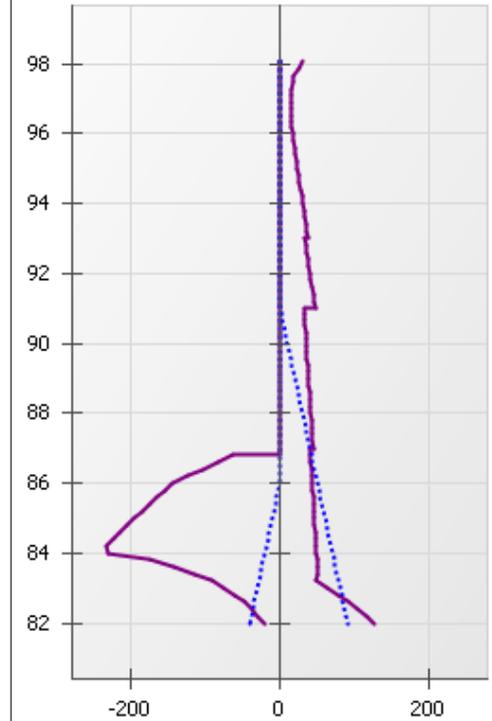
M.k min = -176,48 - M.k max = 151,23

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -137,92 - V.k max = 113,35

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -232,59 - P.k max = 126,53
Pw.k min = -40,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

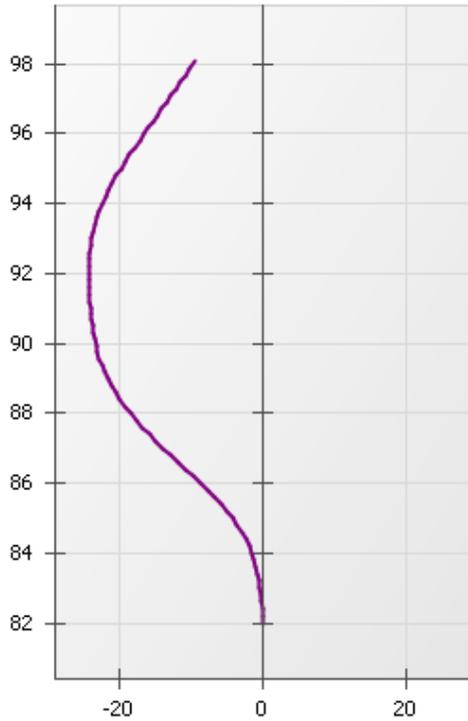
--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

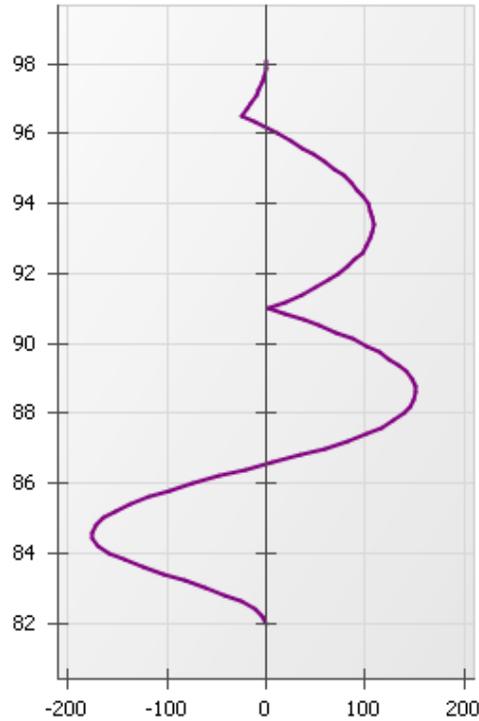
RESULTATS (Phase 10)

Déplacements [mm]



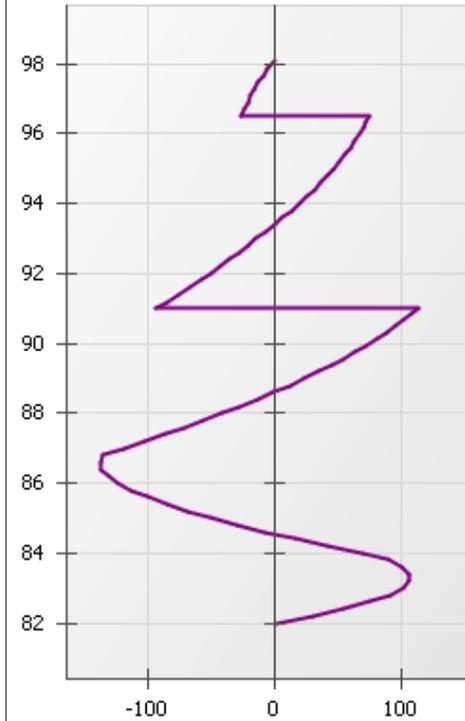
Dmin = -24,20 - Dmax = 0,07

Moment [kNm/m]



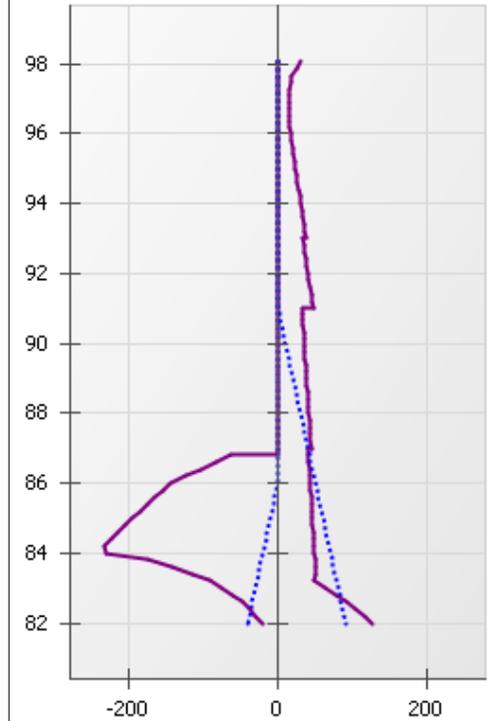
M.k min = -176,48 - M.k max = 151,23

Effort Tranchant [kN/m]



V.k min = -137,92 - V.k max = 113,35

Pressions terre/eau [kN/m/m]



P.k min = -232,59 - P.k max = 126,53
Pw.k min = -40,00 - Pw.k max = 90,00

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



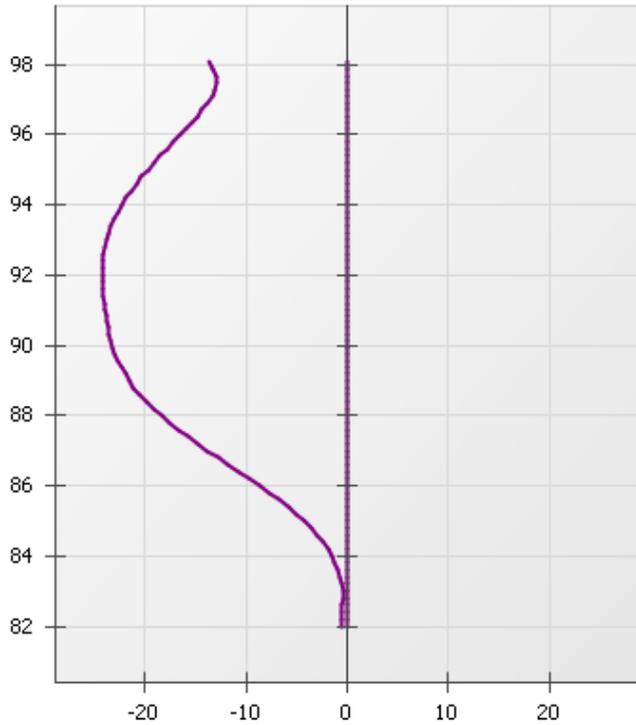
Calcul réalisé par : GEOLIA

RESULTATS (Synthèse)

| PHASE | Déplac. en tête mm | Déplac. max mm | Moment max kNm/ml | Tranch. max kN/ml | Rapport butées | Buton 1 kN/ml | Buton 2 kN/ml |
|---------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | -11,63 | -11,63 | -47,47 | -23,08 | 7,698 | - | - |
| 2 | -11,63 | -11,63 | -47,47 | -23,08 | 7,698 | 0,00 | - |
| 3 | -13,61 | -13,61 | -57,39 | -36,63 | 6,556 | 54,85 | - |
| 4 | -12,43 | -14,77 | 112,10 | -97,04 | 4,001 | 122,71 | - |
| 5 | -11,93 | -16,67 | 132,83 | -107,54 | 4,023 | 134,52 | - |
| 6 | -11,93 | -16,67 | 132,83 | -107,54 | 4,023 | 134,52 | 0,00 |
| 7 | -10,90 | -20,04 | 146,33 | -92,54 | 2,941 | 146,88 | 116,31 |
| 8 | -10,90 | -20,04 | 146,17 | -92,37 | 3,297 | 146,85 | 116,62 |
| 9 | -9,55 | -24,20 | -176,48 | -137,92 | 1,634 | 144,20 | 293,31 |
| 10 | -9,55 | -24,20 | -176,48 | -137,92 | 1,634 | 144,20 | 293,31 |
| Extrema | -13,61 | -24,20 | -176,48 | -137,92 | 1,634 | 146,88 | 293,31 |

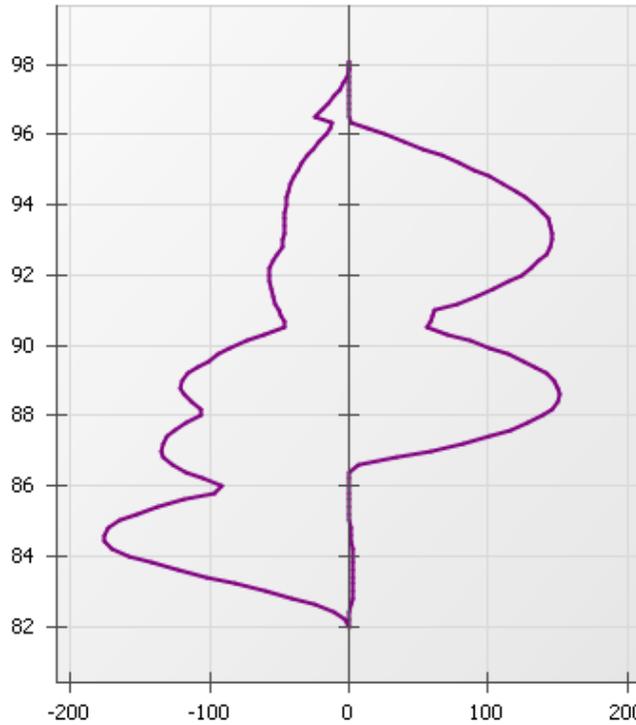
RESULTATS (Enveloppe phases 1 à 10)

Déplacements [mm]



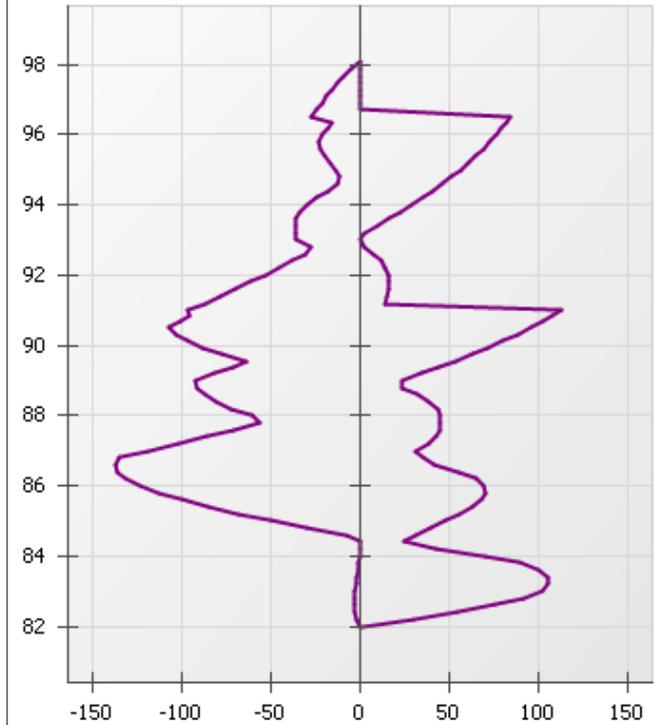
Min = -24,20 - Max = 0,07

Moment [kNm/m]



Min = -176,48 - Max = 151,23

Effort Tranchant [kN/m]



Min = -137,92 - Max = 113,35

Légende des graphiques :

--- Valeurs ELS

--- Valeurs ELU

--- Eau



Calcul réalisé par : GEOLIA

ANNEXE 5 :

CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET SCHEMA

D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES SELON LA NORME

NF P 94-500 DE NOVEMBRE 2013

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et 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.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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