

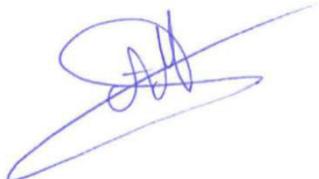
Client

Nom	Ville de Besançon
Adresse	2, Rue Mégevand 25 043 BESANCON
Interlocuteur	Monsieur OBIN Mickaël

ECR Environnement

Coordonnées Agence	Agence de Besançon ZA Sud « Les Prés Chalots » - 3, Rue du Bassin 25 220 ROCHE-LEZ-BEAUPRÉ Tel : 03 81 80 27 10 Mail : besancon@ecr-environnement.com
Responsable de région	F. COME
Responsable d'agence	A. MARION
Chargé d'études	S. RIPOLL

Date	Indice	Observation / Modification	Rédacteur	Vérificateur
12/01/2022	0	-	S. RIPOLL	A. MARION

Rédacteur	Vérificateur	Contrôle interne
 S. RIPOLL Chargé d'études	 A. MARION Responsable d'agence	 F. COME Responsable de Région



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
1.1. OPERATION – INTERVENANTS.....	4
1.2. MISSION	4
1.3. INVESTIGATIONS REALISEES	5
1.4. DOCUMENTS DE REFERENCE.....	5
2. SITE ET PROJET.....	6
2.1. PLANS DE SITUATION	6
2.2. DESCRIPTION DU SITE.....	6
2.3. HISTORIQUE DU SITE.....	7
2.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	7
2.5. RISQUES NATURELS	8
2.6. DESCRIPTION DU PROJET	10
3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS	12
3.1. IMPLANTATION.....	12
3.2. LITHOLOGIE	12
3.3. COMPACITE	14
3.4. HYDROGEOLOGIE.....	14
3.5. ESSAIS DE LABORATOIRE	15
3.6. DONNEES PARASISMIQUES REGLEMENTAIRES.....	16
4. SYNTHESE	17
5. PRECONISATIONS POUR L'ETUDE PREALABLE	19
5.1. TERRASSEMENTS GENERAUX	19
5.1.1. Principe	19
5.1.2. Conditions de terrassement.....	19
5.1.3. Drainage en phase chantier	19
5.1.4. Préparation des plateformes des dallages, des voiries et des substitutions	19
5.2. NIVEAUX BAS	20
5.3. VOIRIES	21
5.4. FONDATIONS	21
5.4.1. Principe	21
5.4.2. Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait / gonflement des argiles	23
5.5. DRAINAGE ET REMBLAIEMENTS PERIPHERIQUES.....	24
6. OBSERVATIONS.....	25



ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500
- Annexe 2 : Conditions particulières
- Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages
- Annexe 4 : Résultats des investigations

1. INTRODUCTION

1.1. Opération – Intervenants

Opération : Renouvellement urbain du quartier Polygones

Adresse : 2, Rue Mégevand – 25 043 BESANCON CEDEX

Maître d'ouvrage : Ville de Besançon

1.2. Mission

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude ECR Environnement, agence de Besançon, à la demande et pour le compte de la ville de Besançon, selon la consultation relative à « Missions d'ingénierie environnementale sur les sites de Grette, Brulard, Polygones et Planoise Lot 2 Etudes des sols ».

Il s'agit de missions de type G1-ES+PGC (étude préalable) au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique dont un extrait est joint en Annexe 1.

L'étude répond aux objectifs suivants :

- Réaliser une enquête géologique bibliographique du site notamment vis-à-vis des aléas et des risques naturels ;
- Reconnaître la géologie du site et mesurer les caractéristiques géomécaniques des horizons rencontrés ;
- Identifier les aléas géotechniques éventuels (effondrements, indice karstiques, présence de vides dans les calcaires...);
- Reconnaître la présence d'eau (eaux superficielles, nappe et ruisseau ...);
- Fournir les principes généraux d'adaptation du projet au terrain : terrassements, fondations, traitement des niveaux bas, voiries, talutage, soutènements éventuels ;
- Évaluer les sujétions d'exécution des travaux de terrassement des voiries liées aux conditions géotechniques du site et aux caractéristiques du projet.



1.3. Investigations réalisées

La campagne d'investigations in-situ suivante a été réalisée pour les besoins de l'étude :

ESSAIS IN-SITU :

- 10 essais au pénétromètre type DPSH-B (PN1 à PN10) descendus entre 2.40 (Refus) et 6.00 m de profondeur ;
- 21 sondages de reconnaissance géologique à la pelle mécanique (PM1 à PM21) descendus entre 0.05 et 4.00 m de profondeur ;
- 2 piézomètres (PZ1 et PZ2) descendus à environ 50 mètres de profondeur.

ESSAIS EN LABORATOIRE :

- 1 mesure des Limites d'Atterberg (NF P 94-051) réalisée dans un échantillon prélevé au droit de PM9 ;
- 1 teneur en eau (NF P 94-50) réalisée dans un échantillon prélevé au droit de PM9.

D'autres sondages et analyses ont été réalisées dans le cadre de l'étude environnementale d'ECR Environnement présentée dans les rapports 2501463 et 2501545.

L'implantation des sondages, les coupes des sondages et les résultats des essais in-situ sont joints en Annexe 3.

1.4. Documents de référence

Les documents suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- Avis d'Appel Public à la Concurrence du 25/06/2021 ;
- Présentation du site et des enjeux écologiques par Mosaique Environnement, datée de Février 2019 ;
- Etude préalable par la ville de Besançon, datée de Janvier 2021.



2. SITE ET PROJET

2.1. Plans de situation

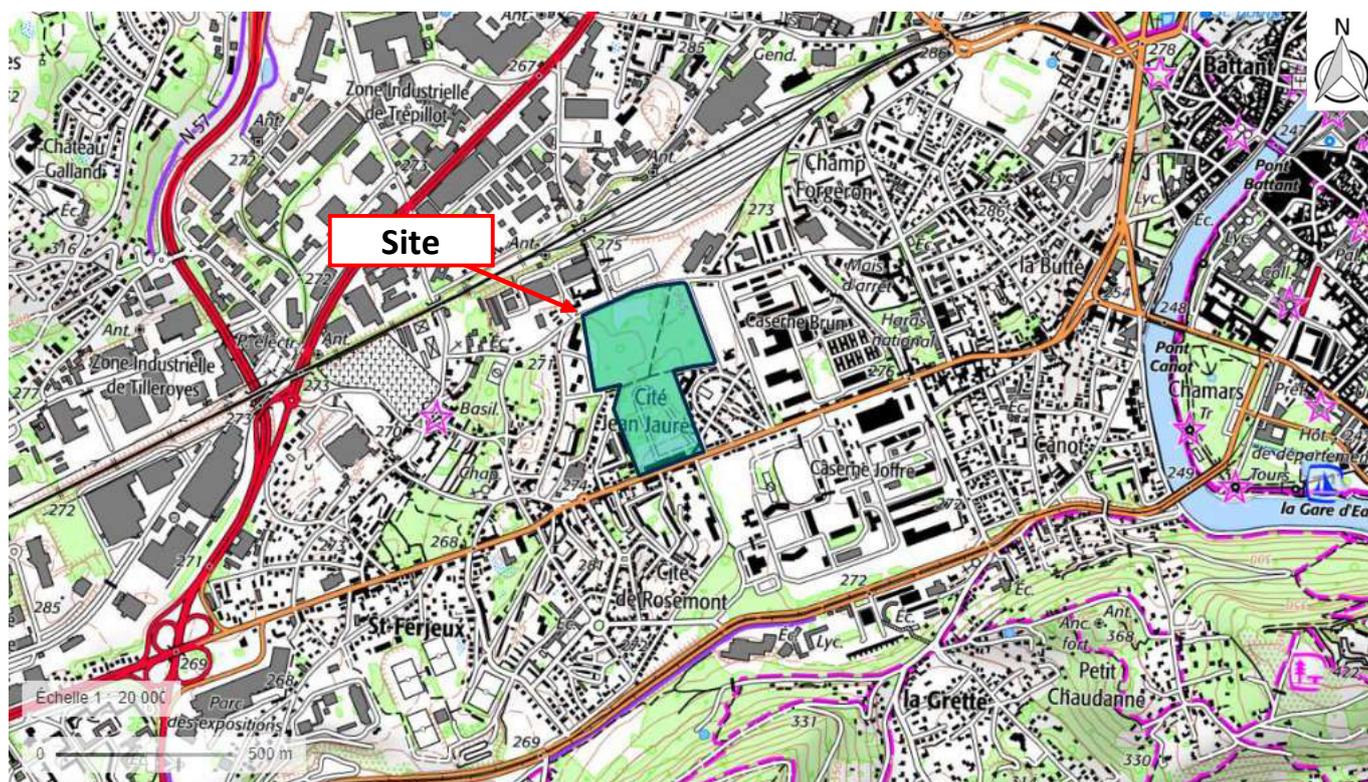


Fig. 1 – Extrait de la carte topographique 1/25 000, Géoportail (IGN)

2.2. Description du site

Le site fait partie du quartier Polygones situé à l'Ouest de la commune de Besançon. Il fait partie d'une emprise militaire délimitée par :

- La caserne militaire Brun à l'Ouest ;
- L'avenue Georges Clémenceau au Nord ;
- La rue de Dole au Sud ;
- La rue de la Pelouse à l'Ouest.

Le site est actuellement occupé par une zone enherbée et en grande partie boisée. Des dépôts divers (Briques, plastiques, bois) sont présents sur l'ensemble de la parcelle. Un ancien bâtiment militaire y est aussi présent.

Le site est globalement plat, avec de faibles dépressions locales. Son altitude se situe entre 266 et 275 m NGF environ.



2.3. Historique du site

Le site d'étude est constitué de 2 entités historiques : le polygone du Génie au Nord et le polygone de la Gendarmerie au Sud.

Le Polygone de la gendarmerie était occupé par de nombreux bâtiments démolis au cours des années. Il ne reste aujourd'hui qu'un seul ouvrage au Sud de la parcelle au niveau de la rue de Dole.

Le Polygone du Génie a été exploité par une carrière puis remblayé.

Au fur et à mesure des années, la végétation a repris sa place sur l'ensemble du site.

2.4. Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique de BESANCON (25) à l'échelle 1/50 000 et nos connaissances locales, le sous-sol du site est constitué, sous d'éventuels remblais et formations de surface, par des calcaires du Bathonien (j2) sur la majeure partie du site et par des dépôts fluviatiles non datés et argiles résiduelles (FR) au Sud-est.

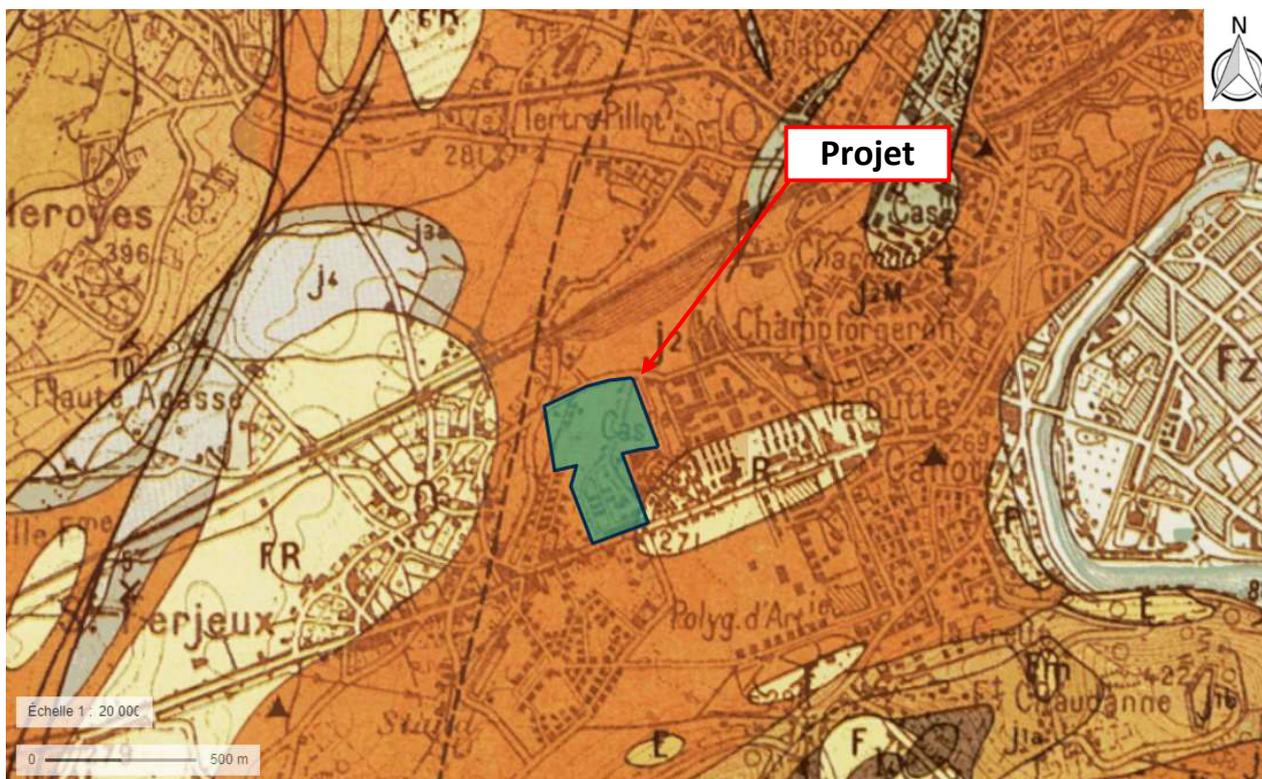


Fig. 2 – Extrait de la carte géologique, Infoterre (BRGM)

D'après la banque de données du Sous-Sol du BRGM et le contexte hydrogéologique du site, ces formations ne sont a priori pas le siège d'une nappe à faible profondeur (< 10 m).



2.5. Risques naturels

Sismique (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) :

La commune de Besançon (25) est située en zone de sismicité 3 (aléa modéré).

La catégorie d'importance des futurs bâtiments est à priori de classe II. Dans ces conditions, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 est obligatoire.

La catégorie d'importance des bâtiments devra être confirmée par le Maître d'Ouvrage.

Inondations :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », huit arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de Besançon (25) entre 1982 et 2018 suite à des inondations et des coulées de boue, dont un avec mouvements de terrains en 1999 et un avec remontée de nappe phréatique en 2018.

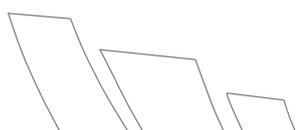
D'après le site « infoterre.fr », le site est classé, en partie, en zone potentiellement sujettes aux débordements de nappe (fiabilité faible).

La commune de Besançon (25) a fait l'objet d'un Plan de Prévention pour les Risques d'Inondations (PPRI du Doubs central) approuvé le 09/03/2017. Toutefois, le site est classé en zone blanche du PPRI, c'est-à-dire sans prescriptions particulières vis-à-vis du risque inondation.

Retrait / gonflement des sols argileux :

D'après le site de prévention des risques majeurs « georisques.gouv.fr », quatre arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle ont été pris sur la commune de Besançon (25) entre 2006 et 2021 suite à des mouvements de terrains différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

D'après le site du BRGM « infoterre.fr », la partie Sud du site est classée en zone d'exposition moyenne vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols.



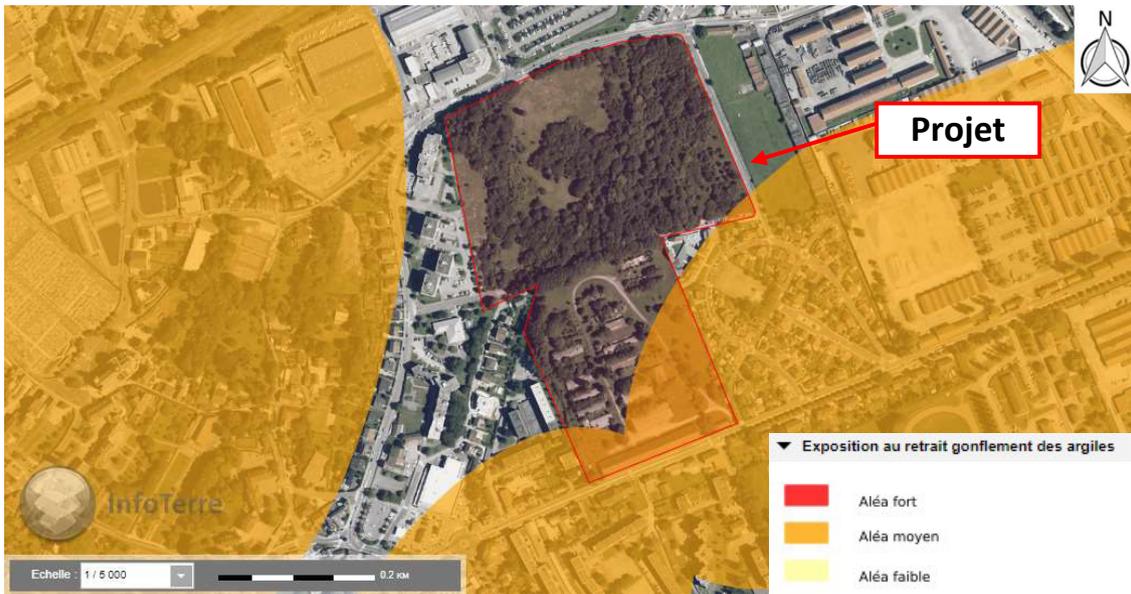


Fig. 4 - Extrait de la carte d'exposition au retrait / gonflement des argiles, Infoterre (BRGM)

Cavités souterraines :

D'après le site « cartelie.application » du ministère du Développement Durable, le site est à proximité d'une zone d'aléa effondrement faible. De plus un indice de cavités est présent au droit du site.

A noter que lors de notre intervention, deux indices karstiques non cartographiés ont été observées sur site.

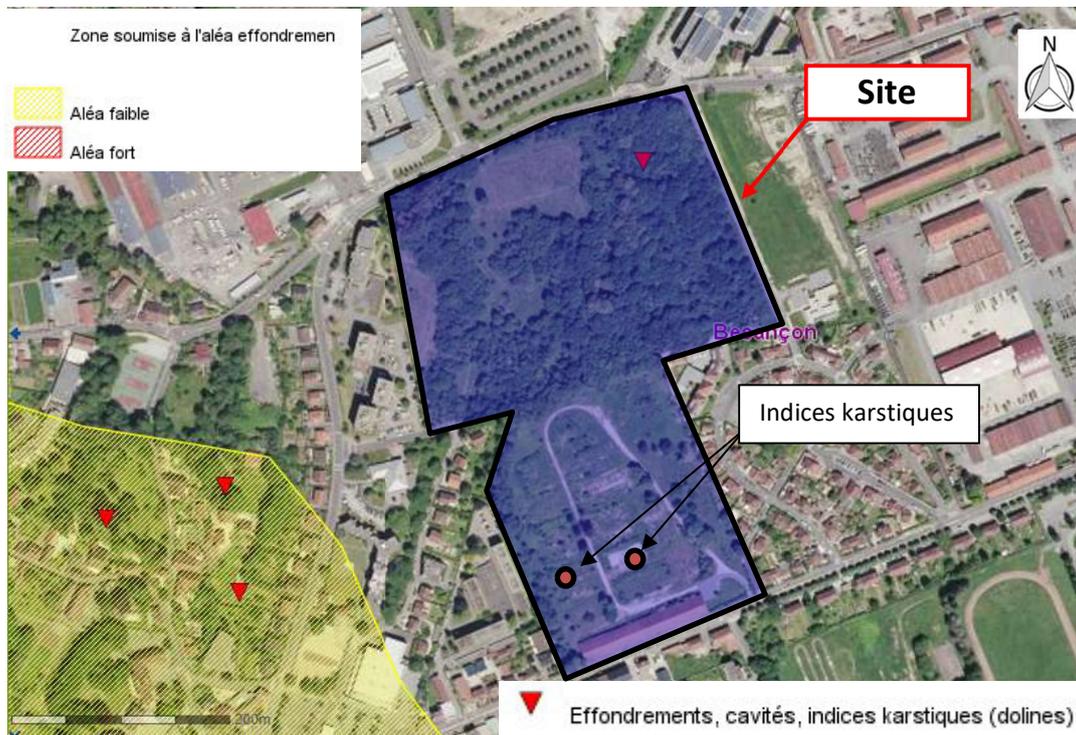


Fig. 3 - Extrait de la cartographie aléa glissement, Cartélie – Ministère du Développement Durable



2.6. Description du projet

Le projet prévoit :

- En termes d'ouvrages :
 - La construction d'un quartier d'habitation ;
 - L'agrandissement de la caserne militaire Brun ;
 - La construction de l'Établissement Public Foncier Doubs BFC.
- Infrastructures :
 - Jonction routière entre Brulard et Jacquard ;
 - Optimisation du réseau TCSP Tram ;
 - Liaison douce entre Rosemont et Chailluz.

Au sein du site, 9 hectares répartis en 4 ensembles seront construits, pour un total de 200 à 300 logements. Les bâtiments collectifs sont prévus en R+2 à R+4 et les bâtiments intermédiaires et individuels en R+1 à R+2.

En première approche et compte tenu de la topographie du site, l'insertion des projets sur le terrain ne consistera qu'en un simple reprofilage avec des terrassements de faible amplitude (< 1.0 m), hors éventuels sous-sol.



Fig. 5 – Schéma de zonages des futurs ouvrages, Ville de Besançon





Collectifs
R+4 - R+3+a

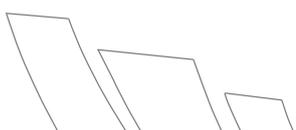


Intermédiaires
R+2



Maisons de ville
R+1

Fig 6 – Vues 3D des potentiels ouvrages, Ville de Besançon



3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Implantation

La position des sondages et des essais figure sur le plan d'implantation des sondages en Annexe 3. L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance et de la présence des réseaux enterrés et aériens.

3.2. Lithologie

Les coupes des sondages sont jointes en Annexe 3. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au niveau du terrain tel qu'il était lors de notre intervention (Décembre 2021).

Les sondages ont permis d'établir la coupe lithologique suivante :

Formation 1 : Terrains de couverture

Cette formation est composée de deux horizons distincts :

- Terre végétale argileuse, au droit des sondages PM10 à PM14 et PM15 à PM21, sur une faible épaisseur : 5 à 20 centimètres environ ;
- Matière végétale en partie décomposée (Terreau naturel), au droit des sondages PM4, PM5 et PM6, sur une faible épaisseur : 30 centimètres environ.

Formation 2 : Remblais

Cette formation est constituée à la fois de terrains naturels remaniés et de dépôts anthropiques. Elle est principalement de nature sablo-argileuse, de couleur brune à noirâtre, et contient des cailloux et blocs calcaires. De nombreux éléments anthropiques (Bétons, enrobés, PVC, métaux, bois ...) y sont présents dans des concentrations variables. Les plus grandes épaisseurs sont situées dans l'axe Nord-Sud central du site. Elle a été observée au droit de l'ensemble des sondages, exceptés PM6, PM10, PM20 et PM21, jusqu'à 0.05 à 4.00 m/TA (Terrain Actuel). Cette formation présente une compacité **médiocre à moyenne**.

Formation 3 : Argiles

Cette formation est constituée d'argiles +/- calcaires et marneuses de couleur orangée, ocre et brun clair, à passées sableuses et/ou à blocs. Elle a été observée au droit des sondages PZ1, PZ2, PM3 à PM9, PM20 et PM21 jusqu'à 1.20 à 18.00 m/TA et présente une compacité **faible à moyenne**.



Formation 4 : Calcaires

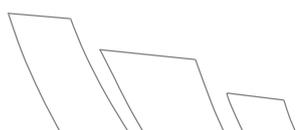
Cette formation est constituée de calcaires blancs +/- fracturés et décomprimés avec quelques cavités à remplissage argileux. Elle a été observée au droit des sondages PZ1, PZ2, PM2, PM10 et PM18 jusqu'à 0.05 / 51.35 m/TA. Le calcaire sain correspond à du rocher compact peu décomprimé. La décompression se matérialise sous la forme soit d'une fracturation (rocher friable), soit d'une karstification (remplissages argileux).

Nous avons récapitulé dans le tableau suivant la profondeur du toit du substratum calcaire et l'état de décompression observé dans les sondages destructifs équipés d'un piézomètre.

Sondage	Prof. toit du rocher calcaire (m/TA)	Etat de décompression général						
		Quasi-nul jusqu'à 19.20 m/TA	Moyen à fort jusqu'à 26.50 m/TA	Quasi-nul jusqu'à 32.30 m/TA	Moyen jusqu'à 33.80 m/TA	Quasi-nul jusqu'à 37.20 m/TA	Moyen à fort jusqu'à 42.80 m/TA	Quasi-nul jusqu'à 51.35 m/TA
PZ1	18.00	Quasi-nul jusqu'à 7.80 m/TA	Fort jusqu'à 10.30 m/TA	Quasi-nul jusqu'à 21.10 m/TA	Moyen à fort jusqu'à 26.20 m/TA	Quasi-nul jusqu'à 50.17 m/TA		

Remarque :

La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions ou des interprétations inhérentes à la méthode de forage en petit diamètre.



3.3. Compacité

Les compacités des formations sont reportées dans le tableau suivant :

Formation	Toit (m/TA)	Résistance dynamique de pointe qd (MPa)	
		Mini	Maxi
1 – Terrains de couverture	0.00	-	
2 – Remblais	0.00 / 0.20	< 1.0	10.7
3 – Argiles	0.05 / >4.00	1.2	31.9
4 – Calcaires	0.05 / 18.00	> 100 (Refus)	

3.4. Hydrogéologie

Au moment de nos investigations (Décembre 2021), aucune arrivée d'eau n'a été observée au sein de nos sondages à la pelle.

Il est vraisemblable que le site soit caractérisé par des venues d'eau aléatoires au sein de passées plus perméables des remblais (formation 2) et des argiles (formation 3), mais également au toit des calcaires (formation 4), notamment après des périodes de précipitations. De plus, la présence de cavités karstiques laisse à penser que d'importantes circulations d'eau s'établissent au sein du site.

Remarque importante :

Le niveau piézométrique d'une nappe est directement influencé par les conditions météorologiques, l'environnement et la perméabilité de l'aquifère. Ce qui peut se traduire par des remontées lors des périodes d'apport ou au contraire conduire à des baisses à la suite de périodes déficitaires



3.5. Essais de laboratoire

Une série d'essais en laboratoire a été réalisée pour déterminer les caractéristiques des terrains du site (formation 3 – Argiles) au droit d'un échantillon prélevé lors de la réalisation du sondage à la pelle PM9.

Le tableau suivant présente les principaux résultats des essais en laboratoire :

Sondage	Formation	Teneur en eau (%)	Wl (%)	IP
PM9	Formation 3 - Argiles	23	40	16

Au sens de la revue française de géotechnique n°120/121 du 4^{ème} trimestre 2007 et de la bibliographie du BRGM, les argiles (formation 3) ont :

- un potentiel de gonflement moyen en considérant la valeur de Wl ;
- un potentiel de gonflement faible en considérant la valeur de IP ;
- une sensibilité au retrait / gonflement moyenne en considérant la valeur de IP.

Nous avons par ailleurs placé les résultats des échantillons au droit du diagramme de plasticité de Casagrande :

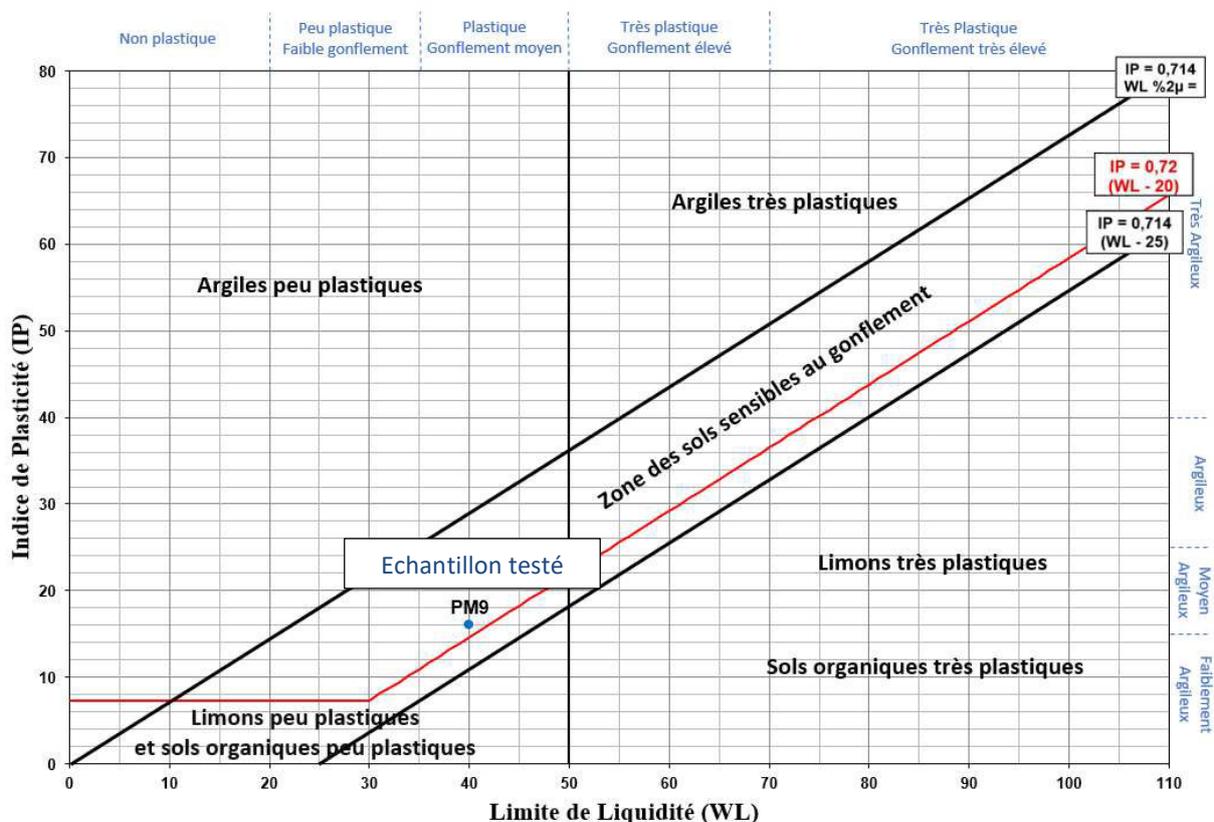


Fig. 7 – Localisation de l'échantillon testé sur le diagramme de plasticité de Casagrande



Il en ressort que les essais réalisés :

- placent les échantillons testés dans la zone des sols sensibles au gonflement ;
- confirment une plasticité et un potentiel de gonflement moyens.

Les procès-verbaux des résultats des essais en laboratoire sont présentés en Annexe.

3.6. Données parasismiques réglementaires

Selon la norme EC8, les principales données parasismiques déduites des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Données parasismiques réglementaires	
Zone de sismicité	Zone 3 – aléa modéré
Catégorie du bâtiment	II
Accélération	$a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$
Classe de sol	A / E
Coefficient de sol S	1.0 / 1.8
Coefficient d'importance Y_1	1.0 (pour un bâtiment de classe II)

La classe du bâtiment devra être confirmée par le maître d'ouvrage.



4. SYNTHÈSE

Il est prévu la construction d'un quartier d'habitation, l'agrandissement de la caserne Brun, la construction de l'Établissement Public Foncier Doubs BFC et l'ajout d'infrastructures. Rappelons que le plan d'aménagement de la zone et les caractéristiques des ouvrages (emprise, implantation, calage altimétrique, descentes de charges ...) ne sont pas connues.

Contexte géotechnique :

- Terrains de couverture (formation 1) sur une faible épaisseur : 5 à 30 centimètres environ ;
- Remblais (formation 2), de compacité **médiocre à moyenne**, jusqu'à 0.05 / 4.00 m/TA ;
- Argiles (formation 3), de compacité **faible à moyenne**, jusqu'à 1.20 / 18.00 m/TA ;
- Calcaires (formation 4), de compacité **élevée**, au droit de PZ1, PZ2, PM2, PM10 et PM18 au-delà ;
- Aucune arrivée d'eau rencontrée lors de nos investigations (Décembre 2021) ;
- Zone de sismicité 3 (aléa modéré).

Éléments importants à prendre en compte pour le projet :

- Nature argileuse jusqu'à 0.05 / 18.00 m/TA ;
- Présence ponctuelle de remblais sur une épaisseur supérieure à 4.00 mètres d'épaisseur ;
- Zone d'exposition moyenne vis-à-vis du risque de retrait / gonflement des sols ;
- Indices karstiques et important remplissage argileux au droit du site.

Orientations à prendre en compte pour le projet :

Les caractéristiques du projet ne sont pas définies à ce stade du projet. Toutefois, si la construction des bâtiments est envisagée, et compte tenu des caractéristiques géomécaniques des terrains en place les solutions suivantes pourront être envisagées :

- Maisons de ville en R+1 :
 - Radiers ancrés dans les argiles (formation 3) ;
 - Fondations superficielles **impérativement filantes** ancrées dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) ou dans les argiles (formation 3) ;
 - Niveaux bas traités en dallage sur terre-plein sur substitution technique partielle ou en dalle portée.
- Bâtiments intermédiaires en R+2 :
 - Fondations superficielles **impérativement filantes** ancrées dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) ou dans les calcaires (formation 4) ;
 - Radiers ancrés dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) ou dans les argiles (formation 3) ;
 - Niveaux bas traités en dallage sur terre-plein sur substitution technique partielle ou en dalle portée.



- Bâtiments collectifs en R+3 et R+4 :
 - o Fondations superficielles ancrées dans les calcaires (formation 4) ;
 - o Dans le cadre d'un fond de forme mixte, fondations superficielles **impérativement filantes** ancrées dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) et des calcaires (formation 4) ;
 - o Radiers ancrés dans une substitution techniques partielles des argiles (formation 3) ;
 - o Fondations profondes types pieux ancrés dans les calcaires (formation 4) ;
 - o Niveaux bas traités en dallage sur terre-plein sur substitution technique partielle ou en dalle portée.

- Voirie : en cas de cheminement piéton et de voiries légères uniquement, réalisation d'une substitution des remblais (formation 2) sur une épaisseur de 1.0 mètre minimum en première approche, puis mise en œuvre des voiries sur couche de forme granulaire correctement compactée. En cas de voiries lourdes, une étude spécifique devra être menée dans la suite du projet.

NOTA : En fonction des descentes de charges réelles des ouvrages, des épaisseurs de remblais au droit de l'implantation des bâtiments et de l'évolution du projet, d'importants terrassements pourraient être nécessaire.

Dans tous les cas, une fois les bâtiments calés en altimétrie, il sera nécessaire de réaliser des essais complémentaires et des missions géotechniques G2, G3 et G4 conformément à la norme NF P 94-500 sur l'enchaînement des missions géotechniques, notamment afin de mesurer la compacité des différents horizons et donner une contrainte admissible.



5. PRECONISATIONS POUR L'ETUDE PREALABLE

5.1. Terrassements généraux

5.1.1. Principe

Il est rappelé que les niveaux bas du projet ne sont pas connus. Compte tenu de la topographie, les terrassements ne consisteront qu'en un simple reprofilage avec des déblais / remblais de faible amplitude (< 1.0 m), à vérifier une fois les ouvrages calés en altimétrie.

Après décapage des terrains de couverture (formation 1), le fond de forme se situera soit dans les remblais (formation 2), soit dans les argiles (formation 3) soit dans les calcaires (formation 4).

5.1.2. Conditions de terrassement

Les terrains du site ont une matrice de nature argileuse et sont donc sensibles à l'eau. Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans les conditions météorologiques favorables pour permettre la circulation des engins sans détériorer la plateforme. Dans le cas contraire, des dispositions particulières pourront être nécessaires (ajout de matériaux granulaires, cloutage du fond de forme ...). Il est donc recommandé de réaliser les terrassements par temps sec pour faciliter la circulation des engins de chantier.

Compte tenu du caractère rocheux de la formation 4, les terrassements seront réalisés au moyen d'un pelle mécanique puissante assistée d'un BRH (Brise Roche Hydraulique, dérocteur). Nous attirons votre attention sur le fait que ces techniques génèrent d'importantes vibrations. Toutes les précautions seront prises afin de ne pas générer de désordres sur les constructions avoisinantes.

5.1.3. Drainage en phase chantier

Les terrassements des matériaux ne devraient pas recouper de venues d'eau importantes. Toutefois, à tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour garder la plateforme au sec (fossés latéraux dirigés vers un exutoire pérenne, pompage, évacuation des eaux en dehors des fouilles ...).

5.1.4. Préparation des plateformes des dallages, des voiries et des substitutions

Après décapage des terrains de couverture (formation 1), il conviendra de purger les éléments suivants sur toute leur épaisseur au droit des ouvrages :

- Les éventuels matériaux évolutifs et les structures enterrées ;
- Les éventuels gros blocs calcaires ;
- Les éventuelles poches de matériaux médiocres, foisonnés ou décomprimés.



Le rattrapage éventuel des cotes du projet devra être réalisé avec des matériaux granulaires, durs, bien gradués, non gélifs, insensibles à l'eau (matériaux type D3, R21, R61, ou équivalent) et soigneusement compactés par couches, conformément aux recommandations du GTR 2000.

Les terrains en place sont pour partie sensibles à l'eau, il est donc recommandé de :

- Réaliser les terrassements en situation météorologique favorable ;
- Terrasse la dernière couche en rétro sans faire évoluer d'engins sur la pleine masse ;
- Régler les plateformes avec des pentes suffisantes pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté ;
- Mettre en place les couches de forme à l'avancement des terrassements ;
- Protéger les plateformes des intempéries (fermeture rapide, protection avec des bâches en polyane, ...).

Remarque : Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, un cloutage de ce dernier pourra s'avérer nécessaire. À tout moment du chantier, toutes les dispositions seront prises pour que les voies d'accès et la plateforme restent au sec.

5.2. Niveaux bas

Il est rappelé qu'à ce stade des projets, le calage des niveaux bas n'est pas connu.

Ils devront impérativement être traités en dalle portée (nécessaire compte tenu de la présence d'argiles sensibles au phénomène de retrait / gonflement sous variations hydriques).

Localement, quand le calcaire est affleurant, un dallage sur terre-plein est envisageable. Il en est de même lorsque des substitutions sont mises en place sur une épaisseur minimum d'un mètre.

Le dallage sera conçu et réalisé conformément au DTU 13.3.

Ce point sera à confirmer en phase avant-projet (mission G2-AVP) lorsque les caractéristiques du projet seront définies (niveaux bas, emprise, descentes de charge ...).



5.3. Voiries

Après préparation de la plateforme, la PST se situera soit dans les remblais (formation 2), soit dans les argiles (formation 3), soit dans les calcaires (formation 4). En fonction de leur nature dans les zones pressenties pour les voiries et les cheminements, il pourra être réalisé pour des voiries légères :

- Au droit des remblais (formation 2) : une substitution des remblais sur une épaisseur minimal de 1 m, un recomptage, la mise en œuvre d'un géotextile anticontaminant puis le montage d'une couche de forme épaisse d'un mètre d'épaisseur minimum ;
- Au droit des argiles (formation 3) : une couche de forme de 0.50 mètre avec mise en place d'un géotextile anti contaminant ;
- Au droit des calcaires (formation 4) : la mise en place d'une simple couche de réglage.

Ces hypothèses (technique envisagée et épaisseurs) devront être validées dans la suite du projet lors de la mission G2-AVP.

En cas de voiries lourdes envisagées pour le projet, une étude spécifique devra être menée.

La conservation ou non des remblais devra en outre être validée par l'étude environnementale en fonction du caractère pollué ou non des matériaux les constituant.

Il sera par ailleurs important de réaliser les terrassements en situation météorologique favorable et de contrôler la teneur en eau de la PST au moment des travaux.

5.4. Fondations

5.4.1. Principe

A ce stade du projet et compte tenu des caractéristiques des terrains en places et de l'importante présence de remblais (formation 2) et de leur hétérogénéité en nature (matériaux anthropiques évolutifs) plusieurs solutions ont été envisagées :

Ouvrage	Maisons de ville R+1	Sondages complémentaires
Argiles	Radiers ancrés dans les argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 15 mètres de profondeur
	Fondations superficielles impérativement filantes ancrées dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) ou dans les argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 10 mètres de profondeur
Mixte (Argiles / Calcaires)	Fondations superficielles impérativement filantes ancrées dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3) ou dans les argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 10 mètres de profondeur



Contexte \ Ouvrage	Bâtiments intermédiaires R+2	Sondages complémentaires
Argiles	Radiers ancrés dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 15 mètres de profondeur
	Radiers ancrés dans les argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 15 mètres de profondeur
	Fondations superficielles impérativement filantes ancrées dans une substitution technique partielles des argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 10 mètres de profondeur
Calcaires	Fondations superficielles ancrées dans les calcaires (formation 4)	Sondages destructifs et pressiométriques à 10 mètres de profondeur
Mixte (Argiles / Calcaires)	Fondations superficielles impérativement filantes ancrées dans une substitution technique partielle	Sondages pressiométriques et destructifs à 10 mètres de profondeur

Contexte \ Ouvrage	Bâtiments collectifs R+3 et R+4	Sondages complémentaires
Argiles	Radiers ancrés dans une substitution technique partielle des argiles (formation 3)	Sondages pressiométriques et destructifs à 15 mètres de profondeur
Calcaires	Fondations superficielles ancrées dans les calcaires (formation 4)	Sondages destructifs et pressiométriques à 10 mètres de profondeur
	Fondations profondes types pieux ancrés dans les calcaires (formation 4)	Sondages pressiométriques et destructifs à 35 mètres de profondeur
Mixte (Argiles / Calcaires)	Fondations superficielles impérativement filantes ancrées dans une substitution technique	Sondages pressiométriques et destructifs à 10 mètres de profondeur

Ces points seront à confirmer en phase avant-projet (mission G2-AVP) lorsque les caractéristiques du projet seront définies (niveaux bas, emprise, descente de charge ...).

Les contraintes admissibles des horizons d'ancrage devront être données lors de la mission G2-AVP.

Le dimensionnement définitif des fondations en fonction des sollicitations réelles du projet (descentes de charges statiques et dynamiques) devra être réalisé lors de la mission de projet (G2-PRO).



5.4.2. Recommandations constructives spécifiques vis-à-vis du retrait / gonflement des argiles

Compte tenu de la sensibilité élevée des sols supports de fondation au phénomène de retrait / gonflement (argiles potentiellement gonflantes et rétractables), les dispositions particulières suivantes seront prises pour éviter toute variation de la teneur en eau au niveau des sols d'assise et pour permettre à la structure de s'adapter aux déformations :

- fondations par semelles filantes et de forte inertie ;
- ancrage à une profondeur homogène pour l'ensemble des fondations ;
- renforcement / rigidification de la structure (chainages horizontaux et verticaux notamment) ;
- encastrement minimum des fondations de 1.2 m/TF (mise hors dessiccation des sols) ;
- fondations coulées pleine fouille sur toute leur hauteur pour éviter toute infiltration préférentielle dans le remblai des fouilles ;
- éloigner au maximum les arbres et arbustes des constructions (distance minimale de 1.5 fois la hauteur adulte de l'arbre ou de l'arbuste) ;
- protéger les fondations par la mise en œuvre d'un revêtement étanche sur le pourtour de la construction ;
- système de drainage indépendant et éloigné des fondations (distance minimum de 2.0 m) ;
- éviter tout épandage d'eau aux abords des fondations ;
- soigner la conception et la réalisation des réseaux EP/EU (prévoir des systèmes de fourreau pour désolidariser les réseaux de la structure).

Il est également important de prévoir de drainer les eaux de ruissèlement et les eaux infiltrées en amont des constructions par des dispositifs adaptés (cunette, tranchées drainantes ...).

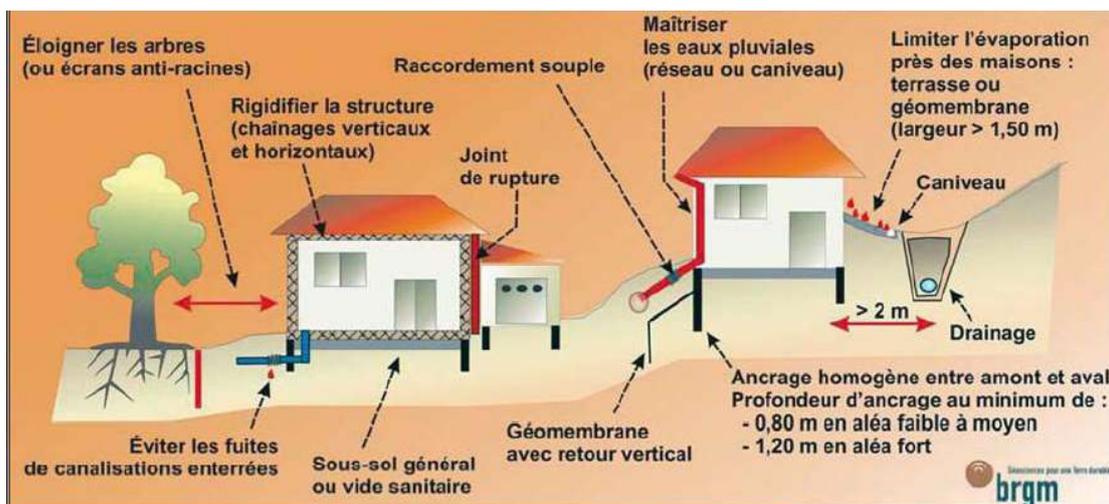
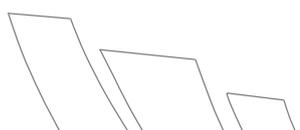


Fig. 5 – Schéma des dispositions préventives contre le phénomène de retrait / gonflement des argiles, BRGM

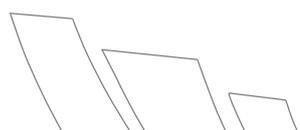


5.5. Drainage et remblaiements périphériques

Compte tenu de la faible perméabilité des terrains (argiles) et afin d'assurer la pérennité des ouvrages, on conseillera de protéger toutes les parties enterrées contre les infiltrations d'eau au moyen d'un dispositif drainant (ex : drains périphériques réalisés selon les règles de l'art).

Le remblaiement autour des ouvrages et le drainage périphérique seront réalisés suivant les recommandations du DTU 20.1 et celles spécifiques aux terrains situés en zone de retrait / gonflement (Cf. 5.4.5). Le drainage périphérique devra faire l'objet d'un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement dans le temps.

Le remblaiement à l'arrière des murs enterrés du vide sanitaire devra être réalisé avec des matériaux granulaires, drainants, soigneusement compactés (sables et graviers sans fines) avec récupération et évacuation des eaux pluviales vers un exutoire adapté.



6. OBSERVATIONS

Cette étude a été réalisée au stade de l'étude préalable (mission G1 ES+PGC). Nous rappelons que, conformément à la norme NF P 94 500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, des études complémentaires doivent être réalisées au stade de l'avant-projet, du projet et de l'exécution (missions G2 AVP, G2 PRO, G3 et G4) pour une analyse détaillée des ouvrages géotechniques.

Au stade de l'avant-projet (mission G2 AVP) puis du projet (G2 PRO), il conviendra notamment de préciser :

- Le prédimensionnement des fondations en fonction des descentes de charges du projet ;
- La vérification des déformations sous charges (tassements) à partir des descentes de charges et surcharges d'exploitation sur dallage réelles des ouvrages projetés ;
- Les dispositions particulières de terrassement à prendre en compte (talutages, drainage, ...).

Des coupes et des plans du projet seront nécessaires à la réalisation des missions géotechniques complémentaires.

Nous nous tenons à la disposition des futurs acquéreurs des différents lots pour réaliser ces missions géotechniques complémentaires.



Annexe 1

Extrait de la norme NF P 94 500



Extrait de la Norme NF P 94-500 - Novembre 2013

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 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.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, 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'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



Annexe 2

Conditions particulières



CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou procès-verbal ainsi que toutes annexes constituent un ensemble indissociable.

La société ECR ENVIRONNEMENT serait dérogée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

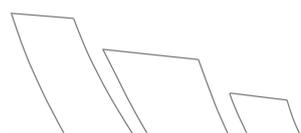
Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à ECR ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du rapport et doivent être portés à la connaissance d'ECR ENVIRONNEMENT.

La société ECR ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain



Annexe 3

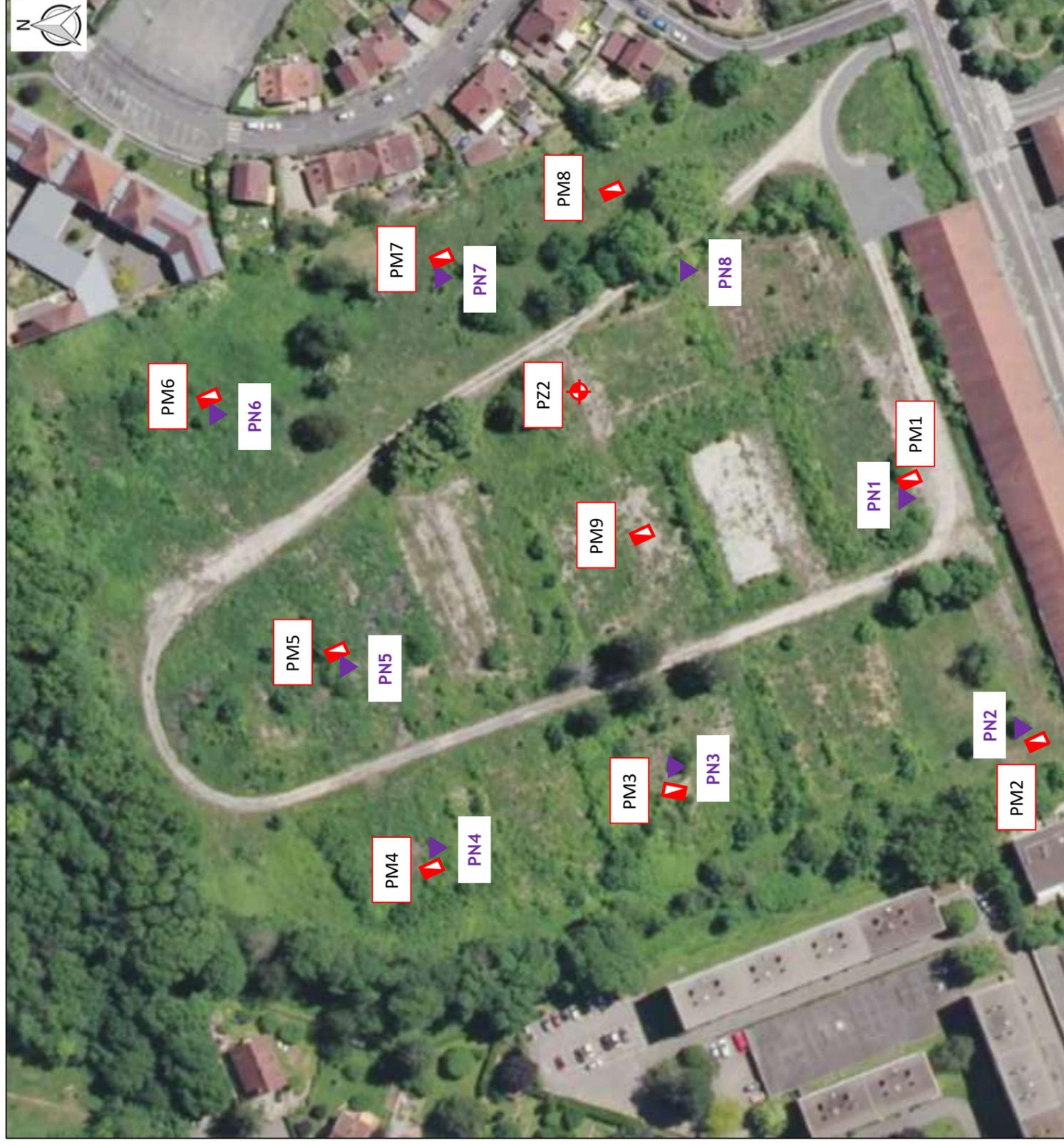
Plan d'implantation des sondages



PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° de Dossier : 2501466

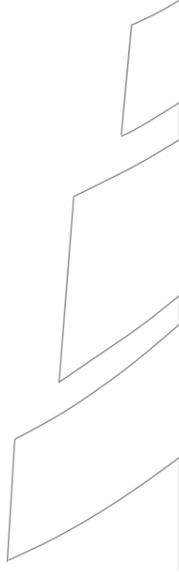


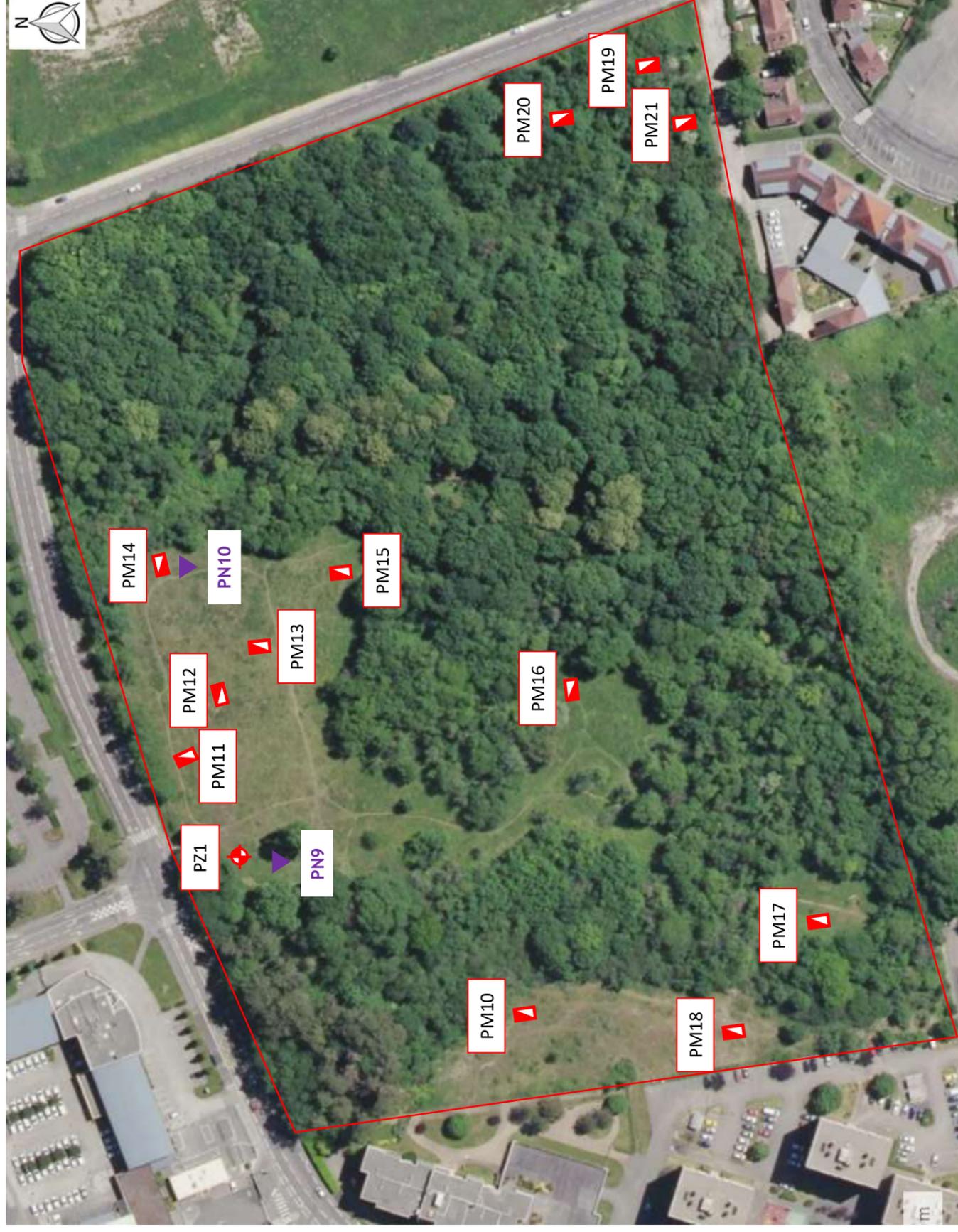
LEGENDE :

Sondage à la pelle mécanique : 

Essais pénétrométriques : 

Piézomètre : 



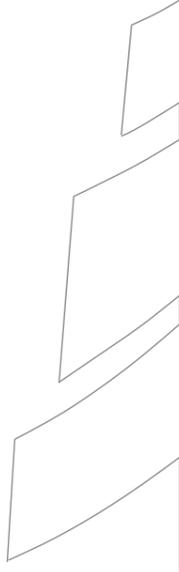


LEGENDE :

Sondage à la pelle mécanique : ▽

Essais pénétrométriques : ▲

Piézomètre : ⊕



Annexe 4

Résultats des investigations





BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

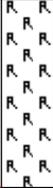
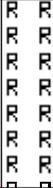
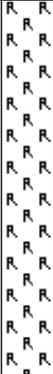
Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM1

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 <p align="center">Blocs, graviers et terres noires</p> <p align="right">0,50 m</p>		Pelle mécanique	Médiocre	
1	 <p align="center">Argiles calcaires orangées</p> <p align="right">1,00 m</p>				
2	 <p align="center">Argiles calcaires orangées ocres avec passages marneux</p> <p align="right">2,00 m</p>				



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

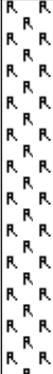
Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 1,70 m

1/20

Forage : PM2

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 <p>Sables et dépôts anthropiques (Bétons, briques et enrobés)</p>		Pelle mécanique	Médiocre	
1	 <p>Argiles orangées avec frange de dépôts noirs</p>				
1,70	 <p>Calcaires Refus sur calcaires à 1.70 m/TA</p>				



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM3

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 0,15 m Concassé calcaire				
1	 Argiles calcaireuses orangées		Pelle mécanique	Médiocre	
2	2,00 m		2,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM4

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terreux 0,30 m				
	Remblais à dépôts anthropiques (briques et plastiques) 0,50 m				
1	Argiles calcaires orangées 1,50 m		Pelle mécanique	Médiocre	
2	Argiles calcaires ocre 2,00 m		2,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 1,70 m

1/20

Forage : PM5

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 <p>Terreux</p> <p>0,30 m</p>				
	 <p>Remblais à dépôts plastiques</p> <p>0,50 m</p>				
	 <p>Argiles calcaires orangées</p> <p>1,00 m</p>		Pelle mécanique	Médiocre	
1	 <p>Argiles calcaires orangées et blocs</p> <p>Refus sur blocs à 1.70 m/TA</p> <p>1,70 m</p>		1,70 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM6

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terreaux				
0,30 m					
1	Argiles calcaires orangées à blocs		Pelle mécanique	Médiocre	
2	2,00 m		2,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

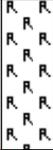
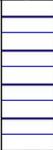
Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 1,50 m

1/20

Forage : PM7

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 <p>Argiles 0,40 m</p>				
	 <p>Argiles orangées 0,80 m</p>		Pelle mécanique	Médiocre	
	 <p>Argiles à blocs 1,00 m</p>				
1	 <p>Blocs calcaires à matrice argileuse orangée 1,50 m</p>				



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

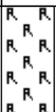
Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM8

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	 <p>Blocs et graviers avec terre noire 0,30 m</p>				
	 <p>Argiles calcaires orangées 0,70 m</p>				
	 <p>Argiles calcaires marneuses grises 1,00 m</p>				
1	 <p>Argiles calcaires marneuses grises très compactes 1,00 m</p>				
2	 <p>2,00 m</p>		Pelle mécanique	Médiocre	



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM9

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Graviers 0,05 m				
	Argiles calcaires orangées 0,70 m		Pelle mécanique	Médiocre	
	Argiles calcaires marneuses orangés ocre 1,00 m				
1	Argiles calcaires marneuses ocre 2,00 m				
2			2,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 0,05 m

1/20

Forage : PM10

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0,00 - 0,05	Terre végétale		0,05 m		

Refus sur calcaires à 0.05 m/TA
0,05 m



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 3,50 m

1/20

Forage : PM11

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
0,10 m					
	Sables et galets avec éléments anthropiques (Plastiques, enrobés, blocs béton)				
1					
1,00 m					
	Argiles sableuses à blocs calcaires et éléments anthropiques (Enrobés, métal)				
2					
2,00 m					
	Argiles noirâtres sableuses à blocs et éléments anthropiques (Enrobés, métaux et bois)				
3					
3,50 m					

Pelle mécanique

Médiocre

3,50 m



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 4,00 m

1/20

Forage : PM12

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
0,10 m	Enrobés				
0,30 m					
1,00 m	Sables beiges à galets noirâtres et éléments anthropiques (Briques)				
1					
2	Sables noirâtres à cailloux calcaires avec éléments anthropiques (Ferrailles, plastiques et enrobés)		Pelle mécanique	Médiocre	
3					
4			4,00 m		

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
	0,10 m				
	Enrobés				
	0,20 m				
	Argiles beiges à cailloux calcaires calcaires et éléments anthropiques (briques)				
1	1,00 m				
2	Argiles à cailloux et blocs calcaires avec éléments anthropiques (Briques et béton)		Pelle mécanique	Médiocre	
3					
4	4,00 m		4,00 m		

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse 0,10 m				
	Argiles beiges à éléments calcaires 0,40 m				
	Enrobés 1,00 m				
1					
2	Sables argileux noirâtres à cailloux calcaires et éléments anthropiques (blocs béton)		Pelle mécanique	Médiocre	
3					
4	4,00 m		4,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 3,90 m

1/20

Forage : PM15

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
0,20 m					
1					
2	Sables argileux noirâtres à cailloux calcaires et éléments anthropiques (Blocs béton)		Pelle mécanique	Médiocre	
3					
3,90 m			3,90 m		

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
0,10 m	Sables noirâtres à cailloux et éléments anthropiques (Briques, enrobés et ferrailles)				
0,50 m					
1					
2	Argiles à cailloux calcaires et éléments anthropiques (PVC et béton)				
3					
3,80 m					

Pelle mécanique

Moyenne



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 3,90 m

1/20

Forage : PM17

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse 0,20 m				
1	Sables à cailloux calcaires et éléments anthropiques (Enrobés) 1,00 m				
2	Sables à cailloux calcaires et éléments anthropiques (PVC et enrobés)		Pelle mécanique	Moyenne	
3	3,90 m		3,90 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 0,20 m

1/20

Forage : PM18

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Ballast bitumineux				
	Refus sur calcaires à 0.20 m/TA		Pelle mécanique		

0,20 m



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM19

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse 0,20 m				
1	Argiles sableuses bun clair à cailloutis et blocs calcaires et éléments anthropiques (Béton, enrobés et plastiques) 2,00 m		Pelle mécanique	Bonne	
2			2,00 m		



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 1,20 m

1/20

Forage : PM20

EXGTE 3.22/GTE

Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse 0,20 m				
1	Argiles sableuses brun clair 1,20 m		Pelle mécanique	Bonne	



BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone
Ville de Besançon

(Contrat 2501466)

Date : 22/11/2021

Machine : Pelle mécanique

Profondeur : 0,00 - 2,00 m

1/20

Forage : PM21

EXGTE 3.22/GTE

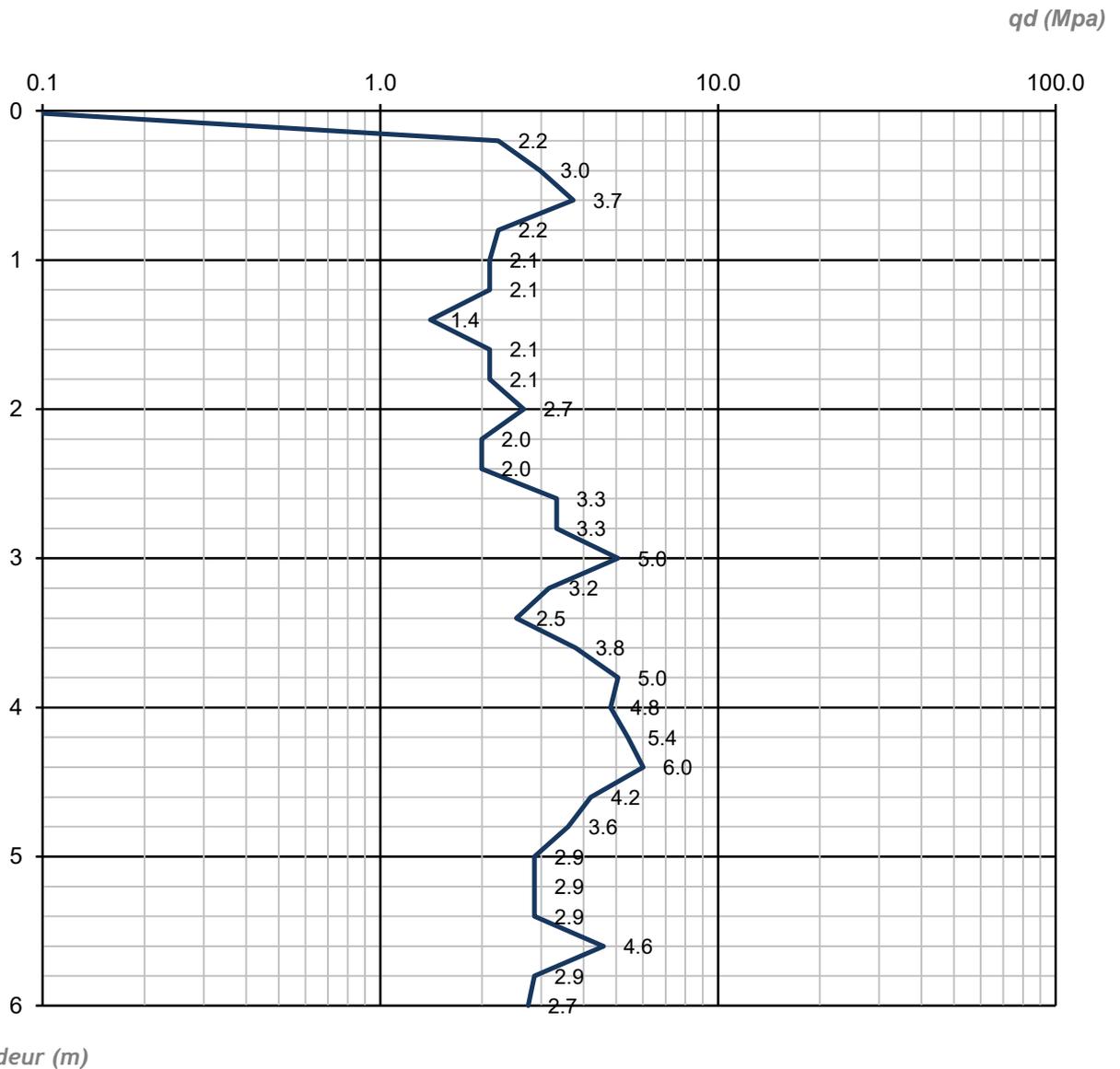
Prof. (m)	Lithologie	Eau	Outil	Tenue des parois	Photo
0	Terre végétale argileuse				
0,20 m					
1	Argiles sableuses brun clair		Pelle mécanique	Bonne	
2	2,00 m		2,00 m		

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétrömètre dynamique lourd type DPSH-B

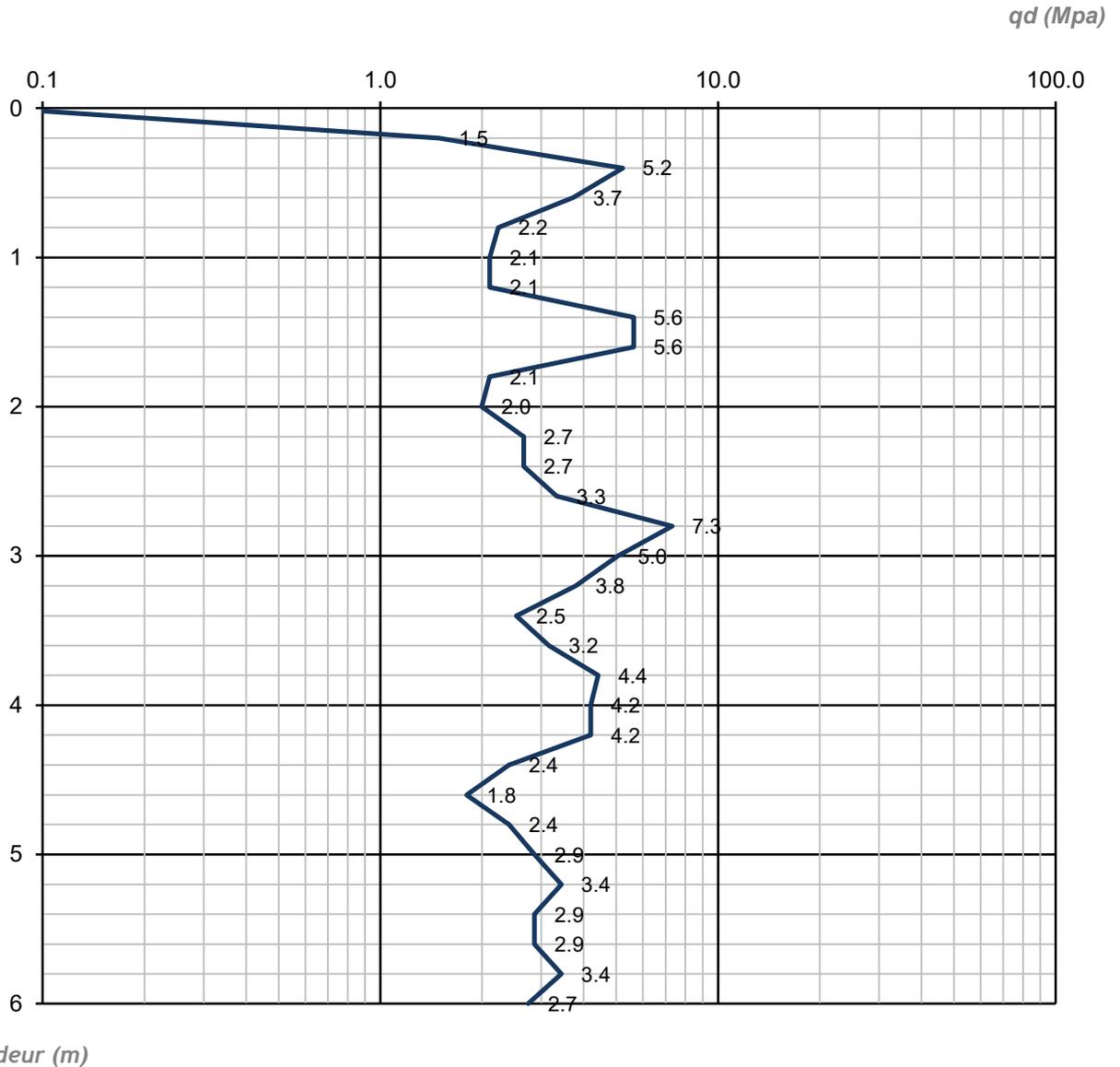
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

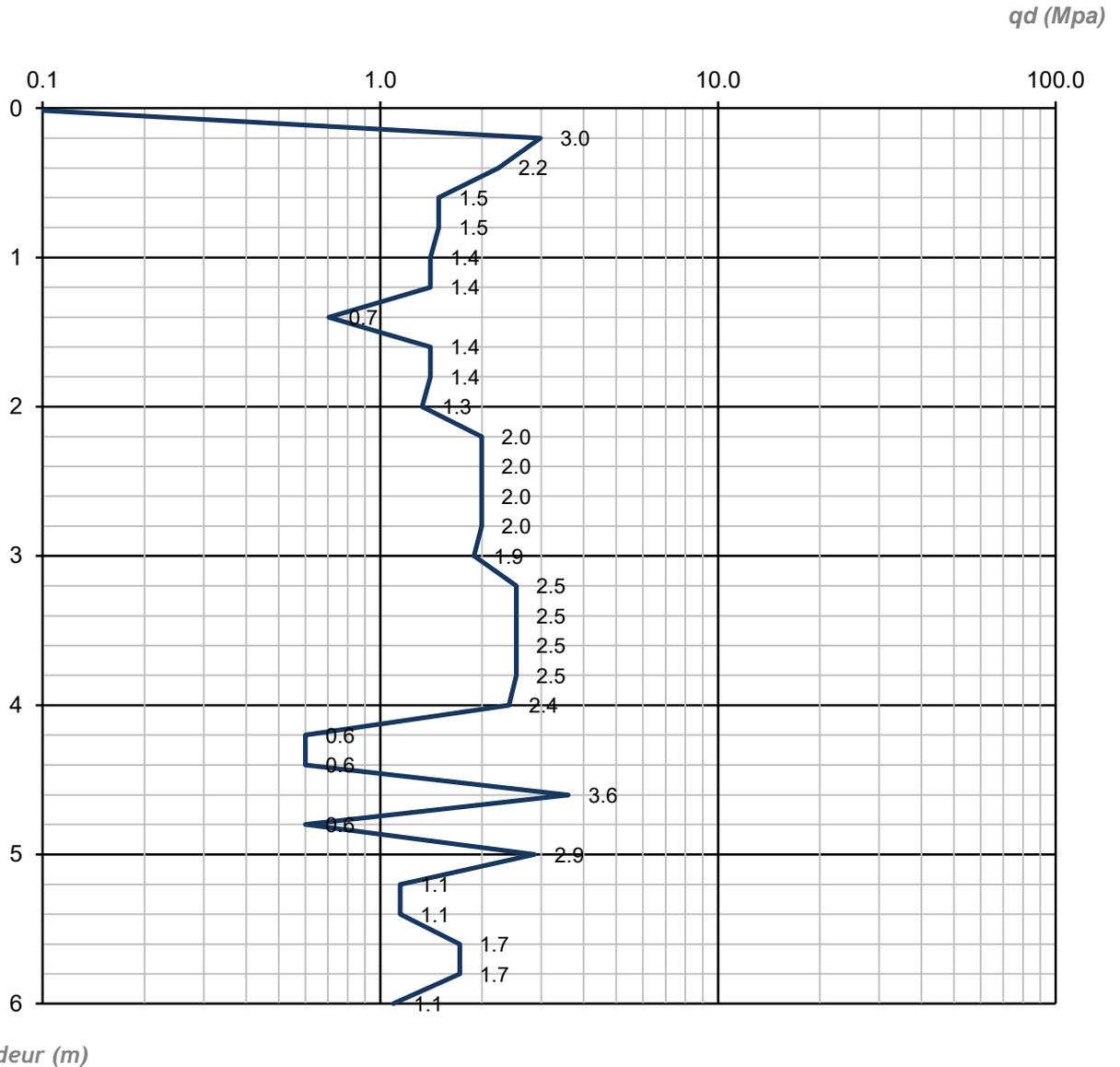
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

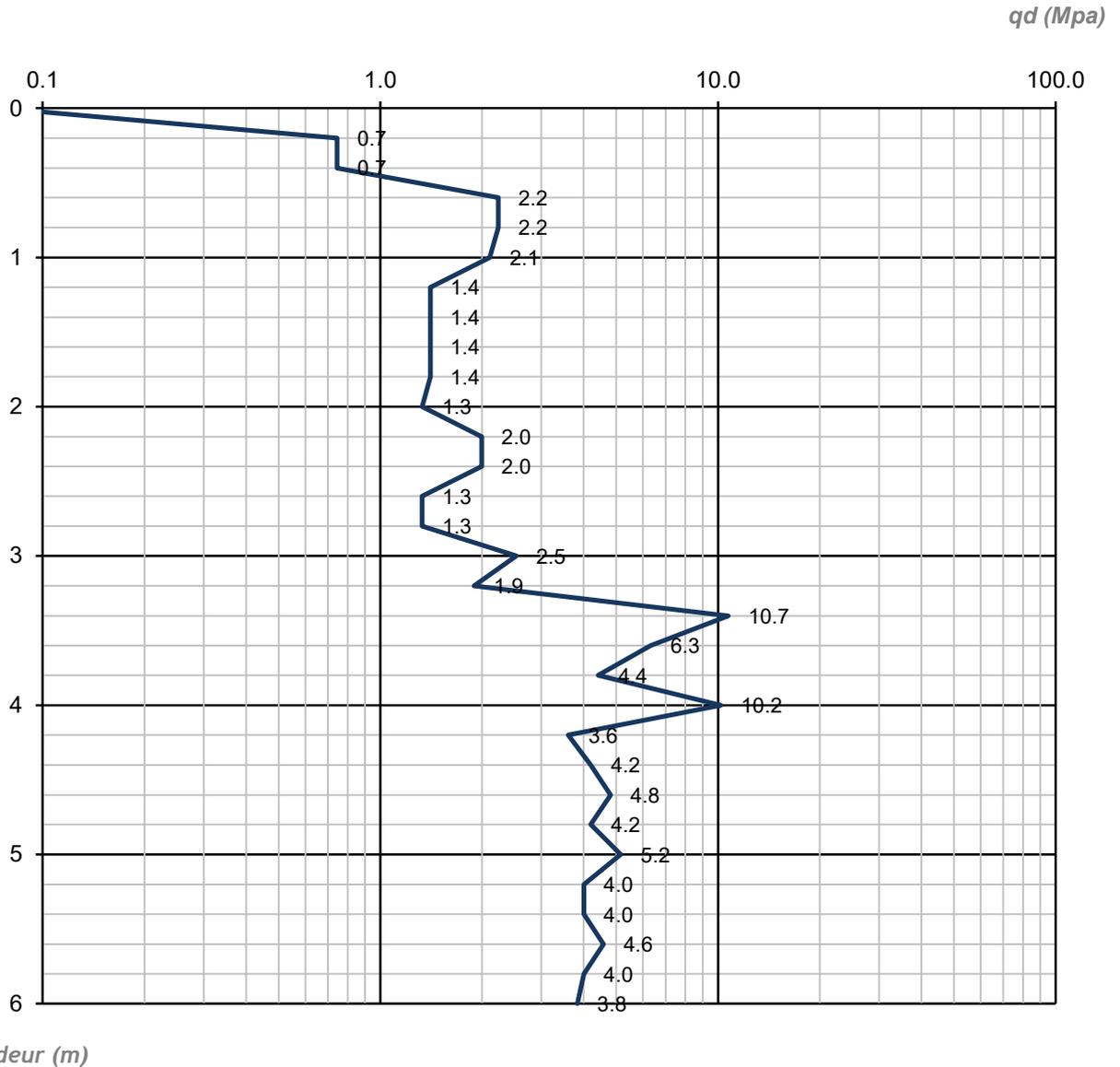
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétrömètre dynamique lourd type DPSH-B

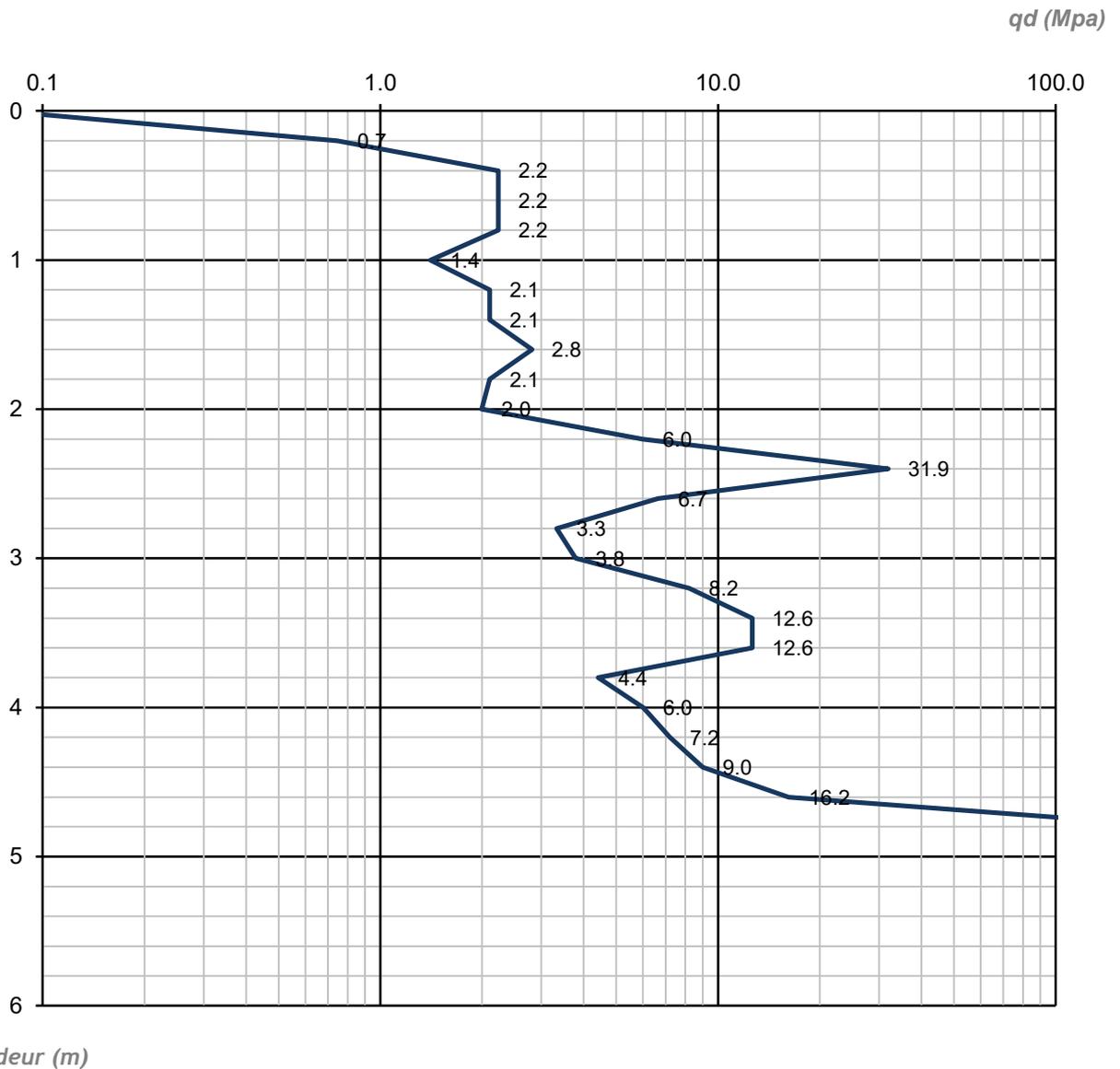
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 4.7 m (Refus)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétrömètre dynamique lourd type DPSH-B

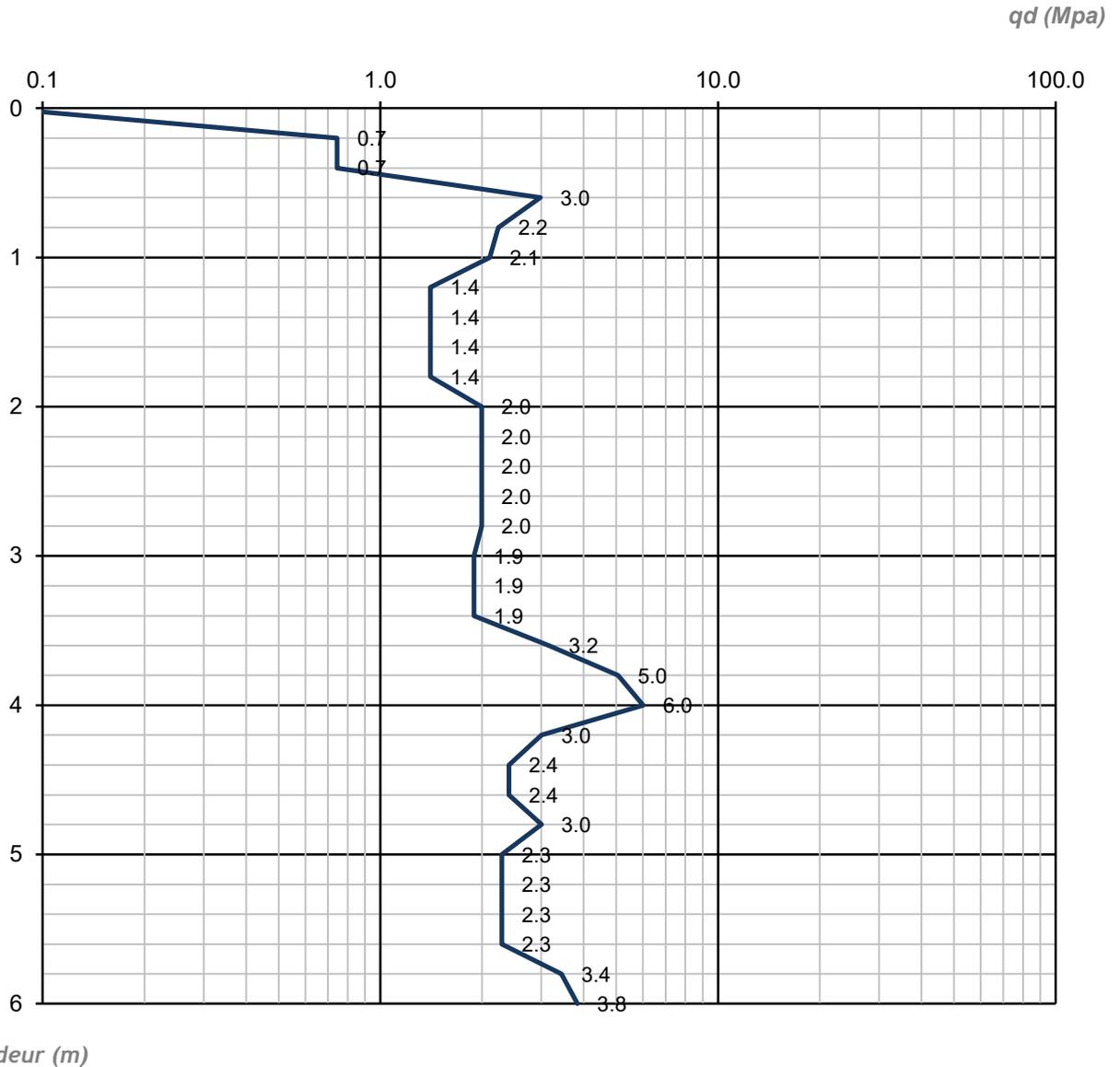
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

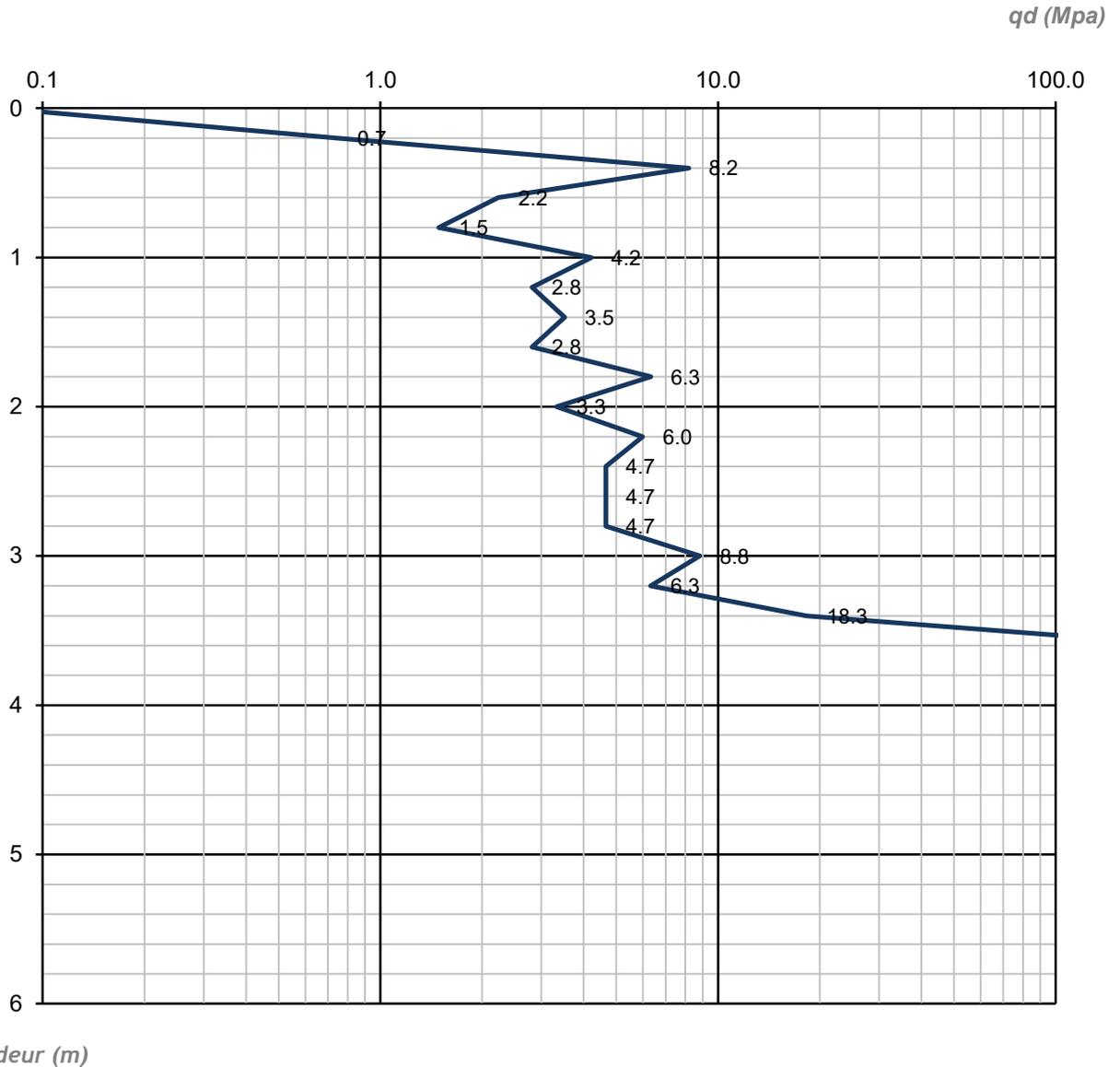
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 3.5 m (Refus)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétrömètre dynamique lourd type DPSH-B

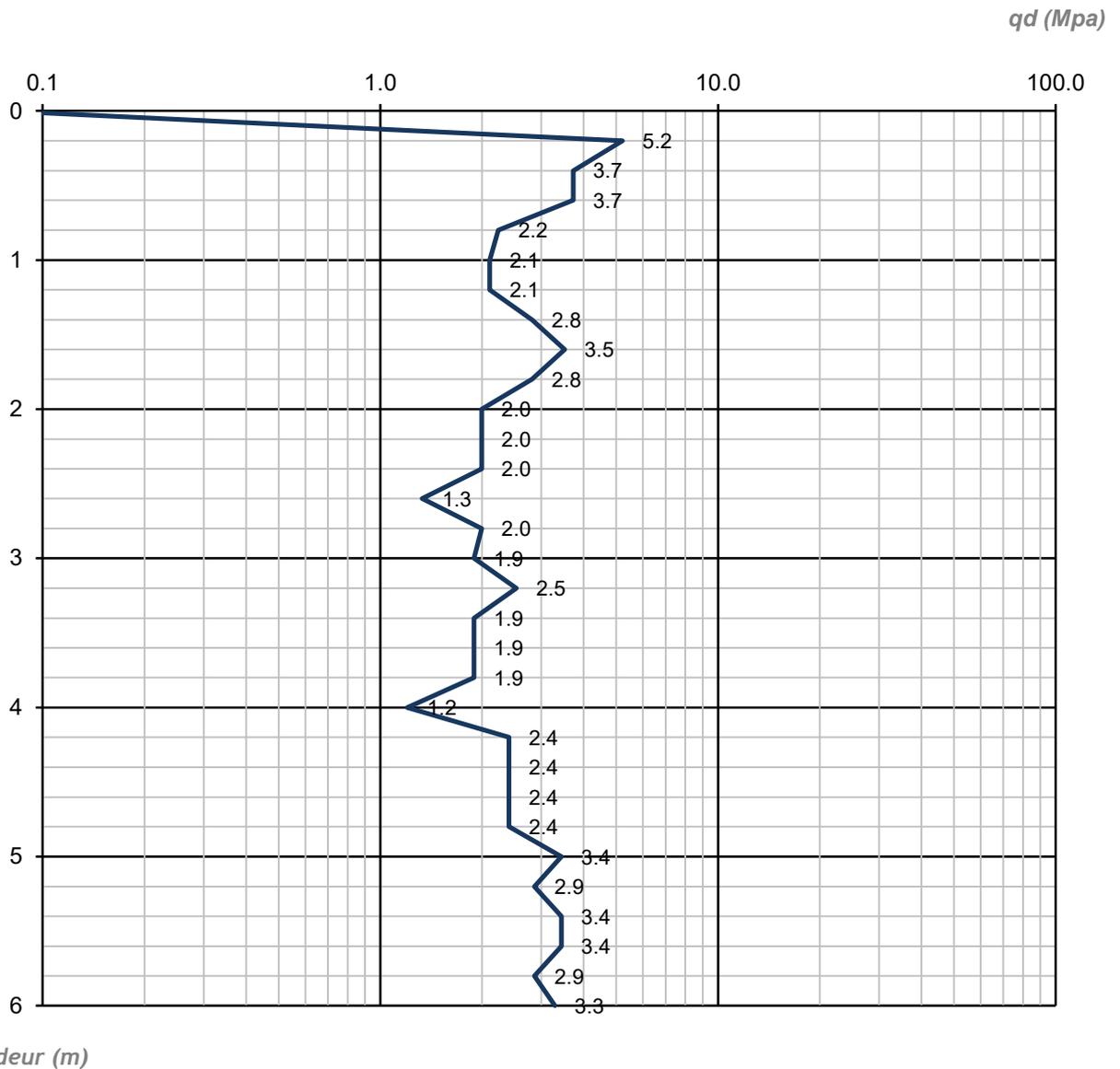
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 16/11/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

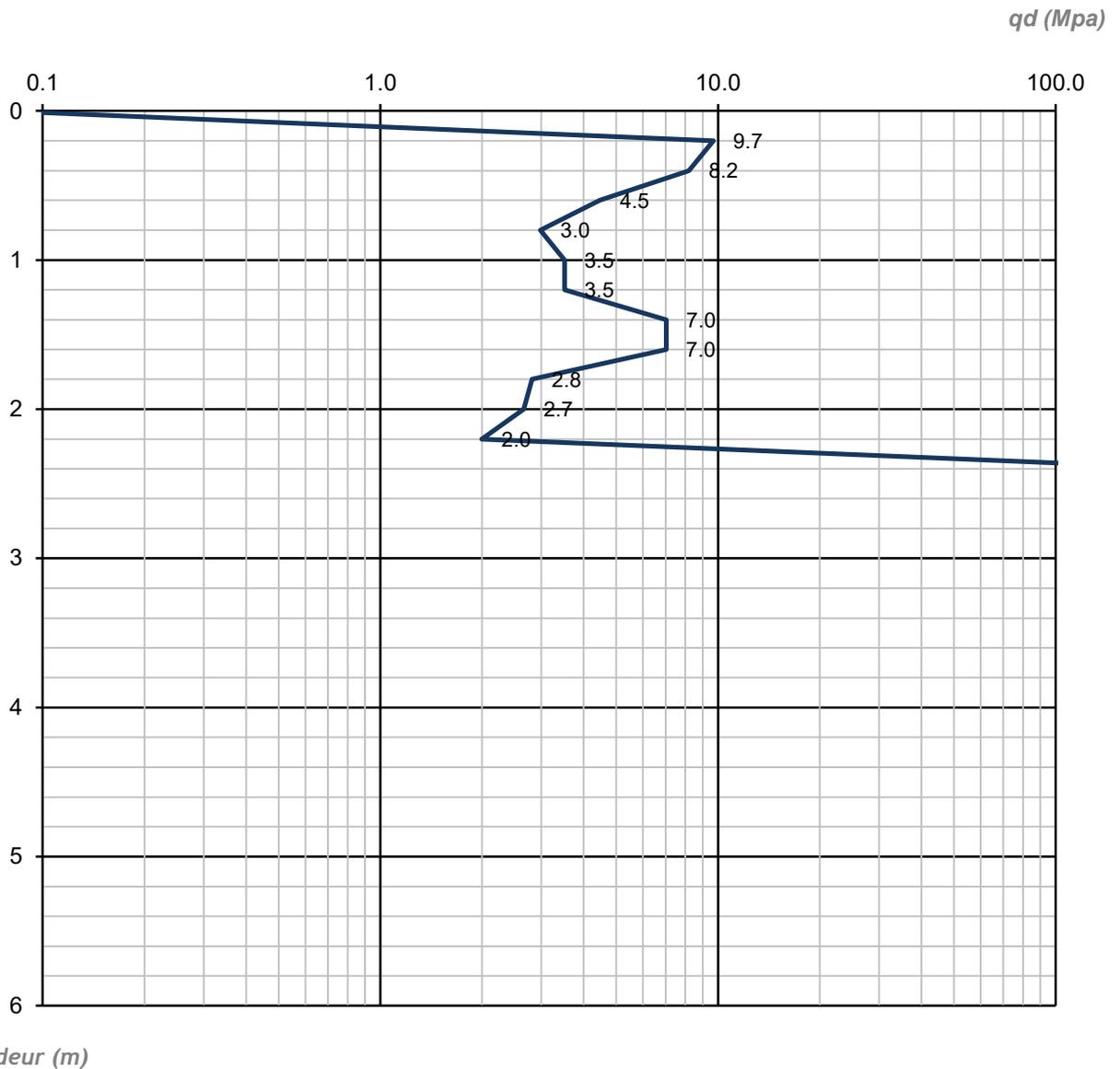
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 01/12/2021

Client : Ville de Besançon



Profondeur d'arrêt : 2.4 m (Refus)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

Pénétrömètre dynamique lourd type DPSH-B

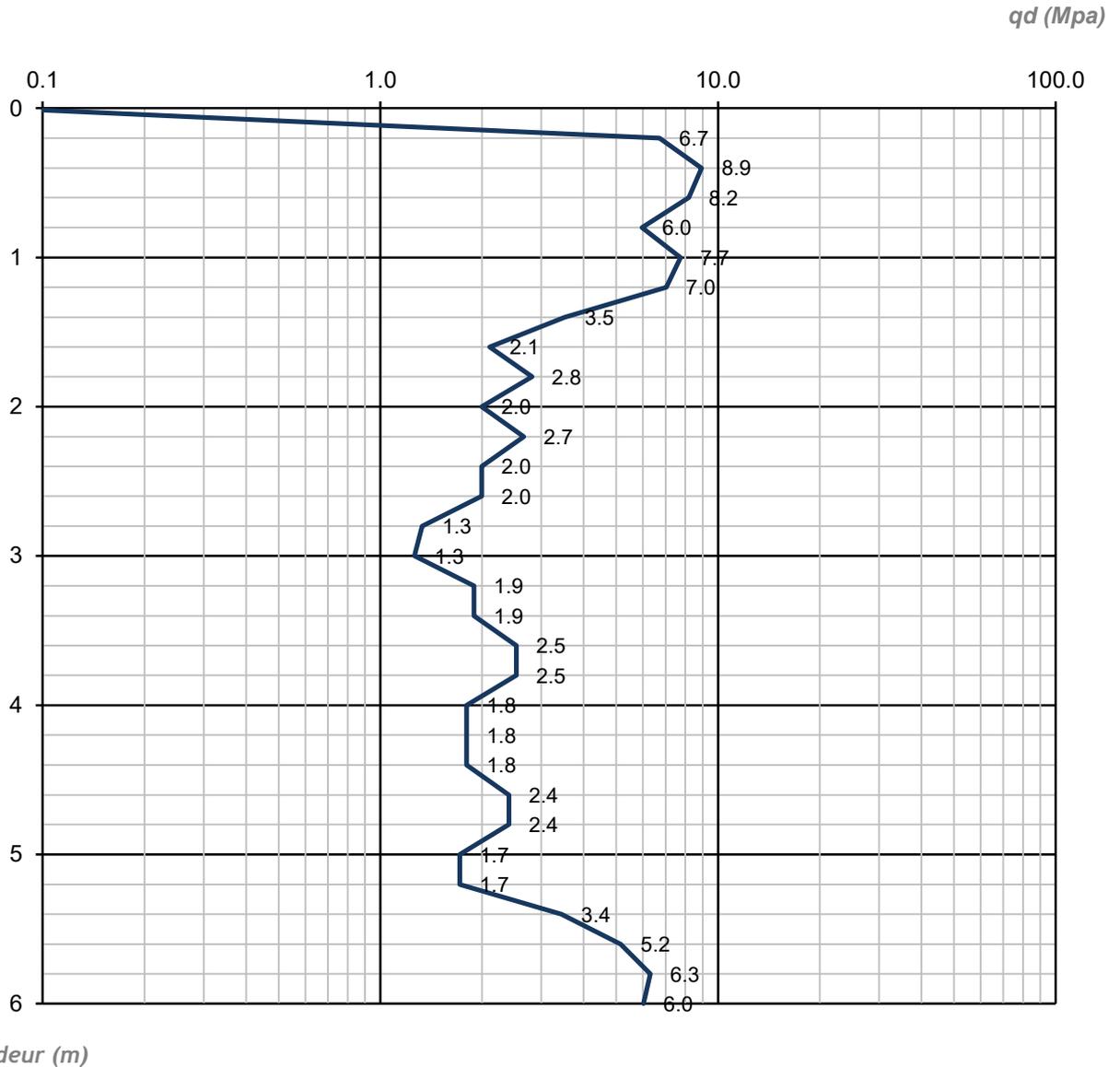
Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Chantier : BESANCON (25)
 Renouvellement urbain du quartier Polygone

N° dossier : 2501466

Date essai : 01/12/2021

Client : Ville de Besançon



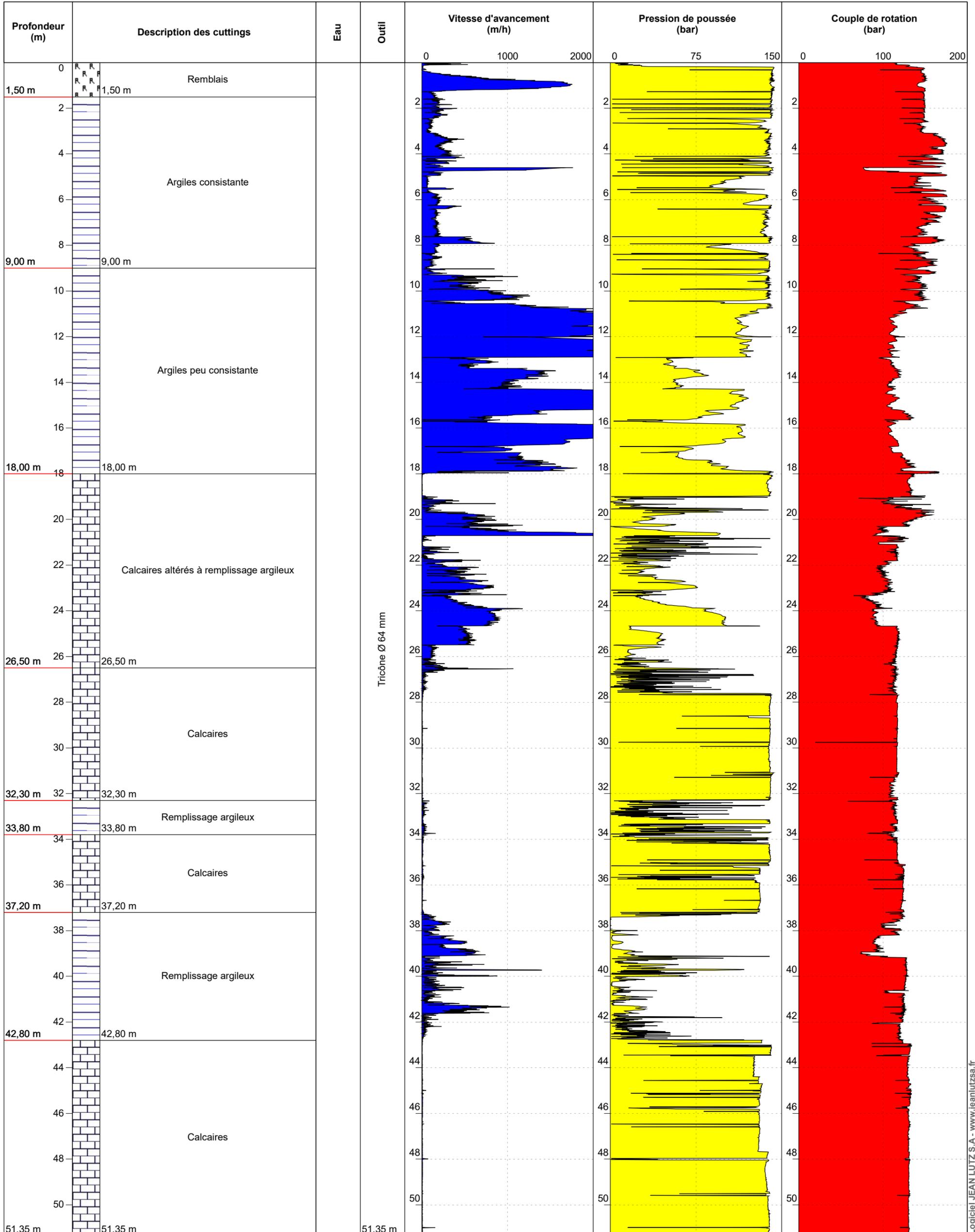
Profondeur d'arrêt : 6.0 m (Arrêt)

Essai réalisé suivant la norme NF EN ISO 22476-2

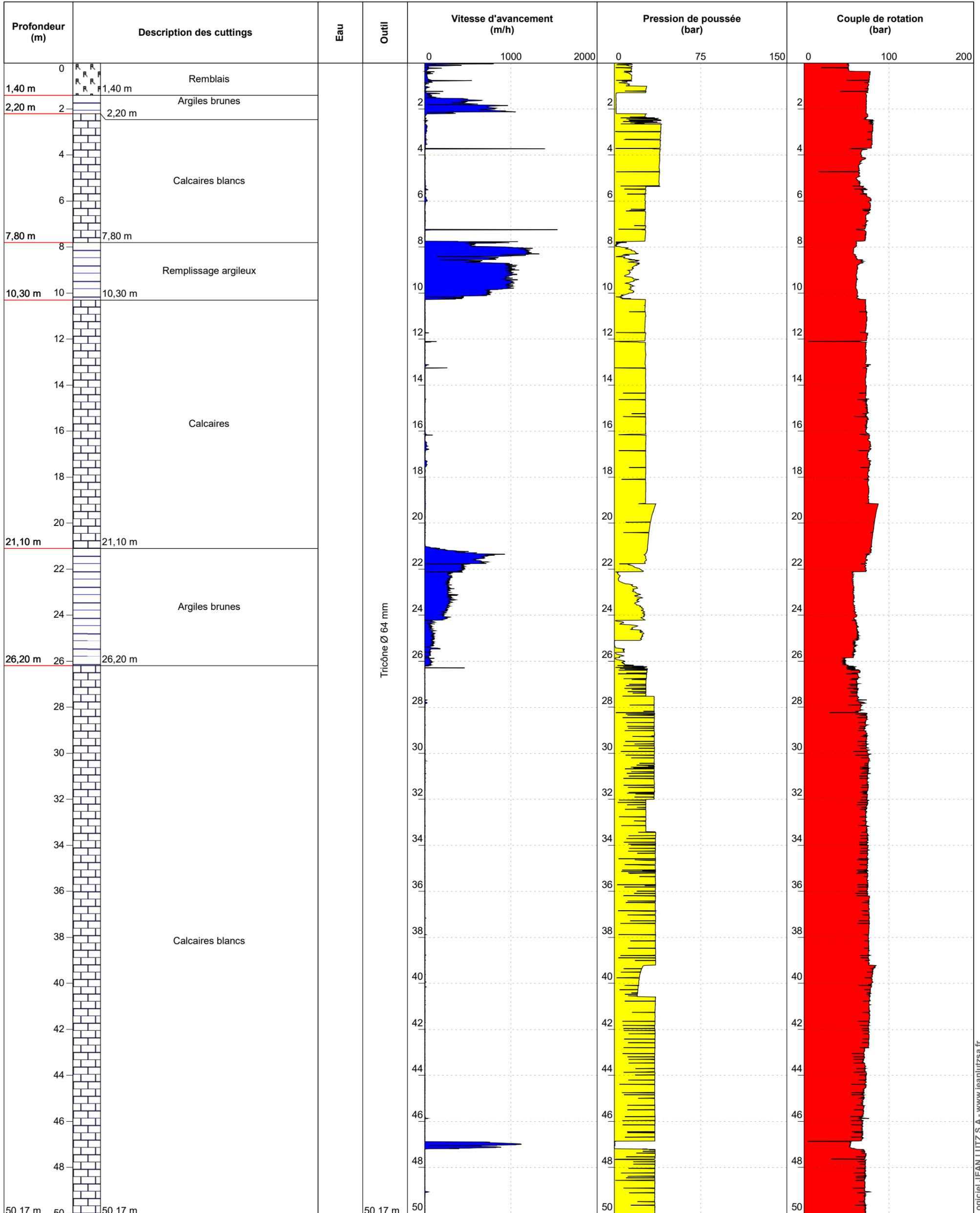
Pénétromètre dynamique lourd type DPSH-B

Masse du mouton : 63,5 kg Hauteur de chute : 75 cm Tige : 1 m / 6 Kg Section des pointes : 20 cm²

Forage : PZ1



Forage : PZ2



Tricône Ø 64 mm

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

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501466	Mode de prélèvement:	PELLE
Chantier :	BESANCON	Date de prélèvement:	-
client :	ECR environnement	Mode de conservation :	SAC
Ouvrage :	-	N° d'identification :	1788
		Date de réception :	25/11/2021
		Sondage n° :	PM9
		Profondeur :	-
		Date d'essai :	29/11/2021
		Description :	visuelle
			argile limonneuse

BESANCON

29/11/2021

Dossier n° 2501466



Le responsable des essais

M. Madelénat

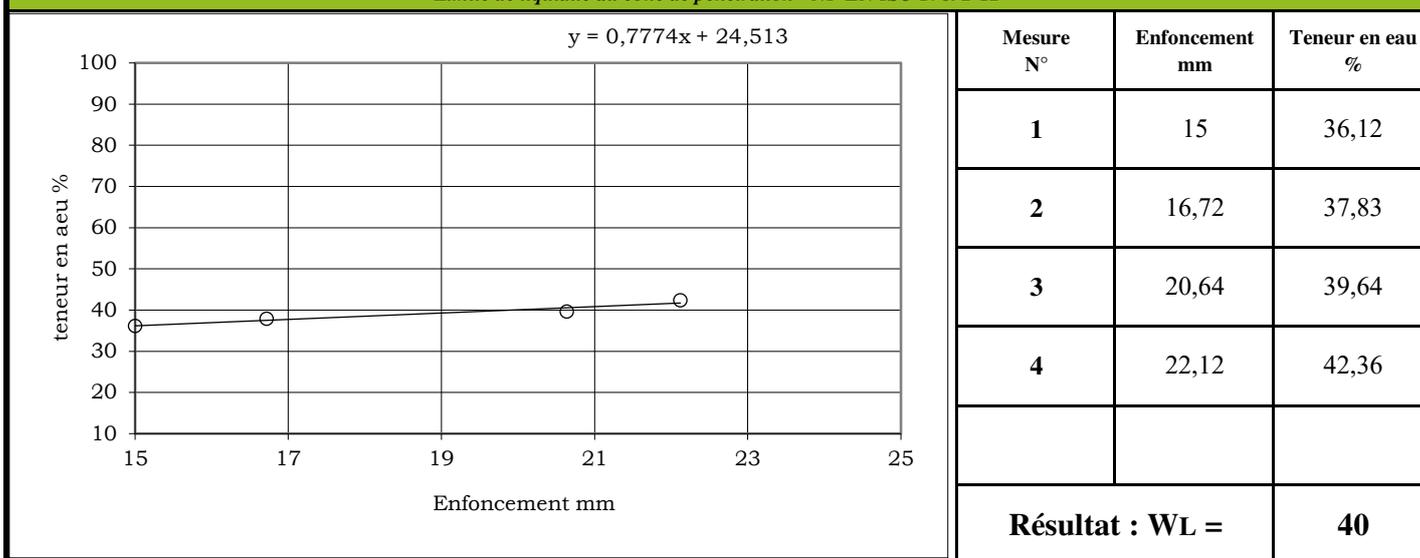
DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

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

Limite de plasticité au rouleau - NF P 94-057

Informations générales		Informations sur l'échantillon	
Dossier n°:	2501466	Mode de prélèvement:	PELLE
Chantier:	BESANCON	Date de prélèvement:	-
client:	ECR environnement	Mode de conservation:	SAC
Ouvrage:	-	N° d'identification:	1788
		Date de réception:	25/11/2021
		Sondage n°:	PM9
		Profondeur:	-
		Date d'essai:	29/11/2021
		Description:	visuelle argile limonneuse

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



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

Mesure	1	2	Résultat Wp =
Teneur en eau %	23,95	23,21	24

Observation

Séchage des matériaux à l'étuve à 105°C

Synthèse des résultats

Teneur en eau	Wnat =	22,25	%
Limite de liquidité	WL =	40	%
Limite de plasticité	WP =	24	%
Indice de plasticité	IP =	16	
Indice de consistance	IC =	1,1	