

UNIVERSITE DE LYON / CNSMD

Création d'une salle modulable et requalification de la cour des platanes

3 Quai Chauveau
à LYON 9

Rapport d'étude RLY2.P.133 - Indice A

étude géotechnique de conception (G2) - phase G2 AVP

08/10/2025



Agence de Lyon • 53 Rue Jean Zay, 69800 ST PRIEST
Tél. 04 72 79 59 59 - cebtlyon@groupeginger.com

UNIVERSITE DE LYON / CNSMD							
CREATION D'UNE SALLE MODULABLE ET REQUALIFICATION DE LA COUR DES PLATANES							
LYON 9							
RAPPORT - étude géotechnique de conception (G2) - phase G2 AVP – phase AVP							
Dossier : RLY2.P.133				Contrat : RLY2.P.0254			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
A	08/10/25	Thomas ROUSSEAU	TR	Claude ANGLADA	CA	53 pages 2 annexes	-

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

I. CONTEXTES.....	5
I.1. Contexte du projet.....	6
I.1.1. Données générales.....	6
I.1.2. Description du projet	6
I.1.3. Documents communiqués	9
I.1.4. Ouvrages projetés.....	10
I.1.5. Sollicitations	10
I.1.6. Voiries projetées	13
I.2. Mission de Ginger CEBTP	13
I.3. Description du site	14
I.3.1. Extrait de la carte IGN	15
I.3.2. Image aérienne	15
I.3.3. Topographie.....	16
I.3.4. Photographies aériennes historiques et état des connaissances archéologiques/balms	17
I.4. Contextes géologique, géotechnique et hydrogéologique – Risques majeurs	23
I.4.1. Contextes géologique et géotechnique prévisionnels.....	23
I.4.2. Contexte hydrogéologique.....	24
I.4.3. Risques majeurs naturels ou anthropiques.....	24
II. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	27
II.1. Préambule	28
II.2. Implantation et nivellement.....	28
II.3. Sondages, essais et mesures in situ	28
II.3.1. Investigations in situ	28
II.3.2. Essais de perméabilité et d'infiltration in situ	29
II.3.3. Identification et caractéristiques mécaniques des sols	29
III. INTERPRETATIONS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – MODELE GEOTECHNIQUE.....	30
III.1. Synthèse des investigations - Interprétations.....	31
III.1.1. Lithologie	31
III.1.2. Caractéristiques pressiométriques.....	32
III.1.3. Résistances dynamiques.....	32
III.1.4. Caractéristiques physiques des sols	32
III.1.5. Reconnaissances des fondations existantes	33
III.2. Interprétation et synthèse hydrogéologique	34

III.2.1. Niveaux d'eau caractéristiques	34
III.2.2. Perméabilité	35
III.3. Modèle géotechnique	35
IV. ETUDE DES OUVRAGES	36
IV.1. Zone d'Influence Géotechnique : ZIG	37
IV.2. Traitement des risques majeurs ou anthropiques	38
IV.2.1. Inondations - Débordement de cours d'eau	38
IV.2.2. Risque sismique	38
IV.3. Adaptations du terrain au projet – Calage altimétrique.....	38
IV.4. Terrassements généraux - Fouilles	39
IV.4.1. Traficabilité en phase chantier.....	39
IV.4.2. Terrassabilité des matériaux	39
IV.4.3. Drainage de la plateforme en phase chantier	39
IV.4.4. Réemploi des matériaux du site en remblais	40
IV.4.5. Réalisation des remblais	40
IV.4.6. Talus.....	40
IV.4.7. Forabilité des matériaux	41
IV.5. Fondations.....	41
IV.5.1. Fondations profondes par pieux	41
IV.5.2. Fondations profondes par micropieux	45
IV.6. Niveau bas	49
IV.7. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau	49
IV.8. Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique	49
IV.9. Zones de voiries et réseaux divers (VRD).....	50
IV.9.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase	50
IV.9.2. Couche de forme.....	51
V. ENCHAINEMENT DES ETUDES ULTERIEURES	52

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS

I. CONTEXTES

I.1. Contexte du projet

I.1.1. Données générales

I.1.1.1. Généralités

Nom de l'opération :	Création d'une salle modulable et requalification de la cour des platanes
Adresse :	3 Quai Chauveau
Commune :	LYON 9
Code postal :	69009
Demandeur de la mission :	UNIVERSITE DE LYON / CNSMD
Client :	UNIVERSITE DE LYON / CNSMD

I.1.1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage :	UNIVERSITE DE LYON / CNSMD
Architecte :	VURPAS ARCHITECTES
B.E.T. structure :	INGEROP
B.E.T. infra / V.R.D. :	PRESENTS

I.1.1.3. Phase du projet

D'après les éléments communiqués, le projet est au stade d'avancement suivant :

Etudes d'esquisse	Etudes d'avant-projet	Etudes de projet	Etablissement DCE	Consultation ACT	Réalisation des ouvrages
	X				

I.1.2. Description du projet

Le projet porte sur la réalisation d'une salle modulable de spectacle en extension d'un bâtiment existant du CNSMD à Lyon 9. Le projet prévoit aussi la réhabilitation du bâtiment Saône avec de nouvelles fondations à prévoir. L'emprise du projet sera en partie sur la cour en enrobé existante et à l'emplacement de la partie du bâtiment existant (avec un niveau de sous-sol) datant de 1988 qui sera démolie pour la construction du projet.

Le projet aura une emprise au sol d'environ 30 m par 30 m en mitoyenneté du bâtiment existant Saône (partie datant de 1952) avec un niveau de sous-sol. La hauteur du projet sera d'environ 13 m. A noter qu'une fosse de dimension 16 x 16 m environ et d'une profondeur maximale de 1 m environ (sous la future scène modulable) sera réalisée. Cette fosse sera située à l'Est du projet et en mitoyenneté du bâtiment existant.

Il est à noter que le site d'implantation du projet est impacté par de nombreux aménagements passés et historiques (ancienne église, anciennes écuries, bâtiment à démolir de 1988, etc...).

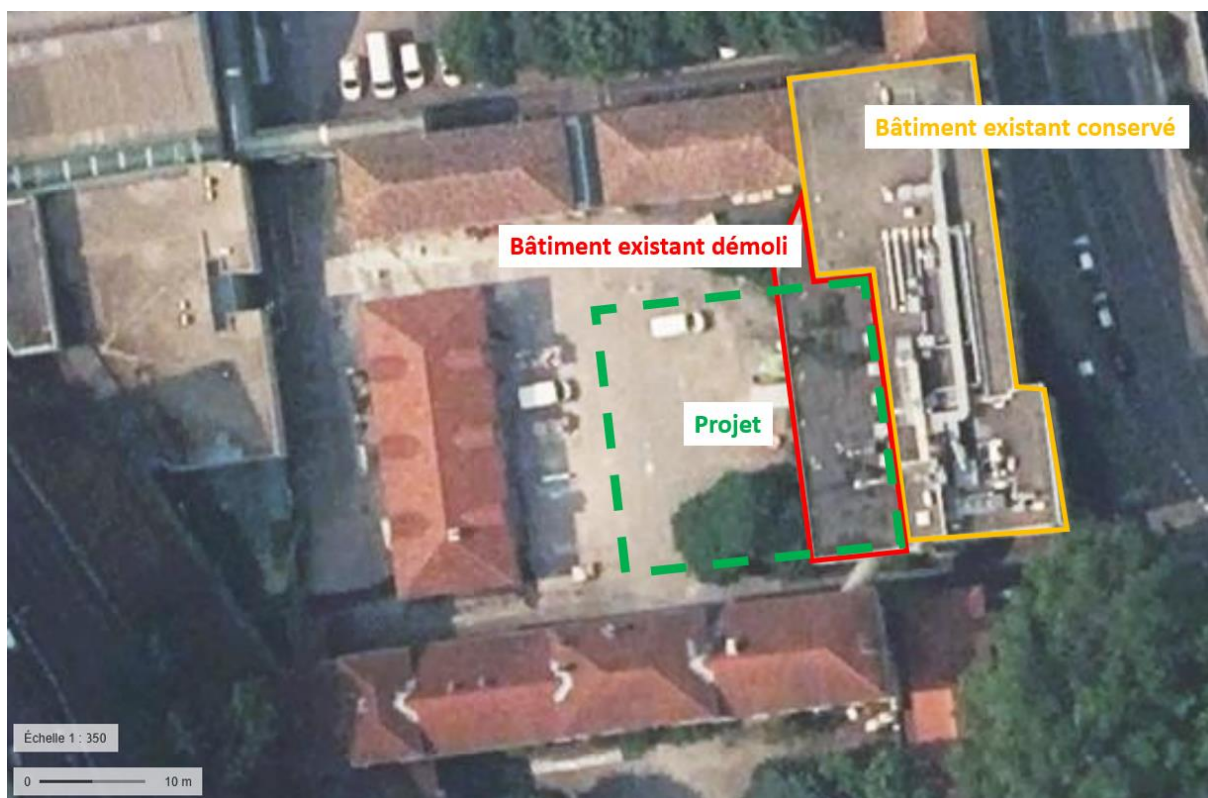


Figure 1 : Implantation du projet et des bâtiments conservés/démolis en mitoyenneté du projet – source : Géoportail

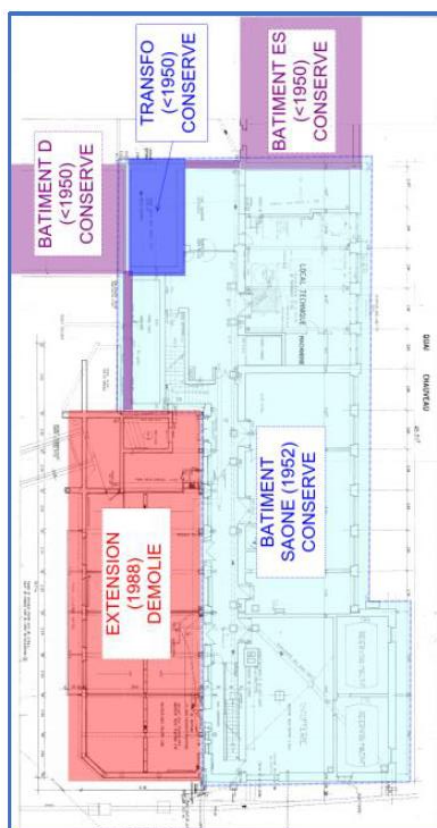


Figure 2 : Repérage des bâtiments existants à gauche – Plan projet esquisse à droite – source : CCTP

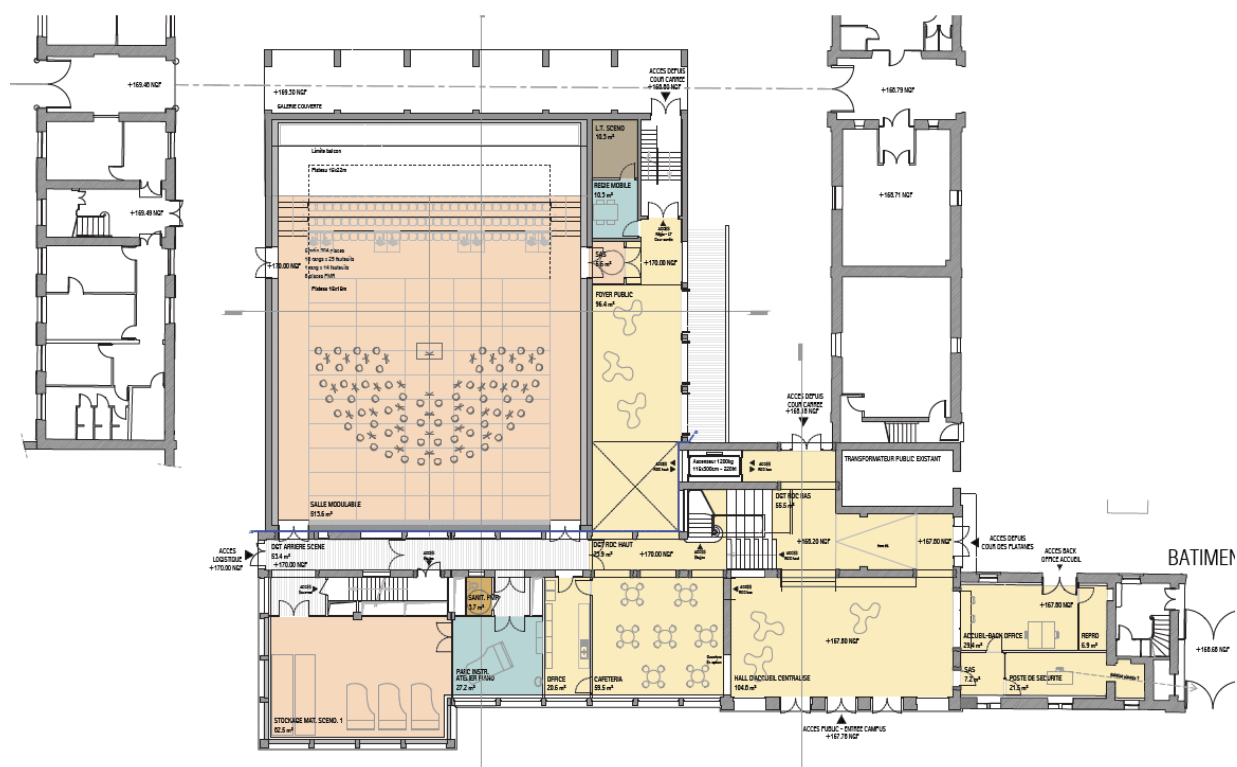


Figure 3 : Plan graphique projet, phase APS - source : Carnet plans pièces graphiques

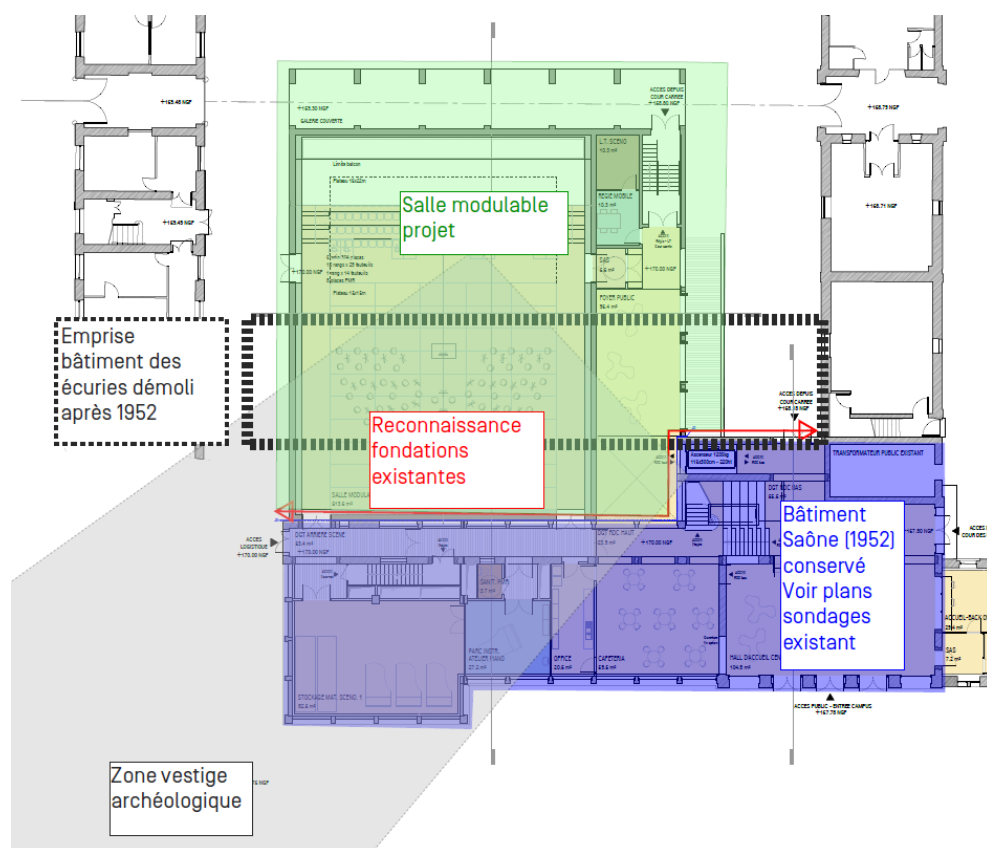


Figure 4 : Emprise projet, bâtiments existants et vestiges anciens – source : annexe plans CCTP

I.1.3. Documents communiqués

Les documents transmis dans le cadre de cette étude sont les suivants :

Tableau 1 : Liste des documents transmis et utilisés dans le cadre de ce rapport

Document	Echelle	Origine / référence	Indice	Date
CCTP	(-)	CNSMD_AC Geotechnique Phase 1_CCTP_MAJ 270525	(-)	27/05/2025
Carnet de pièces graphiques	(-)	24005_ESQ2_Carnet pièces graphiques_2025-02-21	(-)	21/05/2025
Coupes géomètres du bâtiment Saône	(-)	(-)	(-)	11/07/2022
Plan topographique	1/200	21229 Plan Topographique Planche Est	1	11/07/2022
Courrier du service des balmes sur l'emprise du projet	(-)	(-)	(-)	26/09/2025
Emprise des sites archéologiques au droit du projet	(-)	Archeo site CNSMD emprise Phase 1	(-)	(-)
Plan de recollement des fondations de l'ancienne église rencontrées lors des travaux de construction du bâtiment Saône	(-)	(-)	(-)	(-)
Plan des anciennes écuries démolies au droit du projet	(-)	(-)	(-)	(-)
Descentes de charges sur micropieux dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment Saône	(-)	CNSMD-APD-ING-GOE-MIN-EXIST-DDCmp	1	19/09/2025
Descentes de charges sur pieux du projet	(-)	CNSMD-APD-ING-GOE-PrincipeFondations	1	04/09/2025
Mission G2 AVP – Batiment ISERE	(-)	AF/69/21/15704/G2 AVP/V2	2	15/09/2021
Mission G1 PGC – Projet	(-)	PR.RAGT.0249	1	27/08/2024
Etude INFOS – Projet	(-)	PR.RAGT.24.0249-DTEN	1	20/08/2024
Estimation NPHE – Projet	(-)	PR.RAGT.24.0249-DTHY	A	10/09/2025

I.1.4. Ouvrages projetés

Les ouvrages géotechniques et travaux nécessaires à la construction du projet sont les suivants :

- Démolition d'une partie du bâtiment Saône de 1988 et remblaiement de son sous-sol ;
- Préparation du terrain, terrassements de la plateforme au droit du projet ;
- Fondations du projet (pieux) ;
- Fondations complémentaires dans le bâtiment Saône conservé dans le cadre de sa réhabilitation (micropieux) ;
- Dallage à réaliser dans le cadre du projet (dalle portée) ;
- Structure sous voirie (sol support et couche de forme).

Hormis la démolition, le présent rapport traite de leur étude au stade de l'avant-projet (mission G2 AVP).

NB : le rapport comprend une partie diagnostic géotechnique G5 suite à la réalisation de reconnaissances de fondation dans le sous-sol du bâtiment Saône conservé.

I.1.5. Sollicitations

INGEROP nous a fourni les premières estimations des descentes de charges pour la construction de la salle de concert modulable et la réhabilitation du bâtiment Saône.

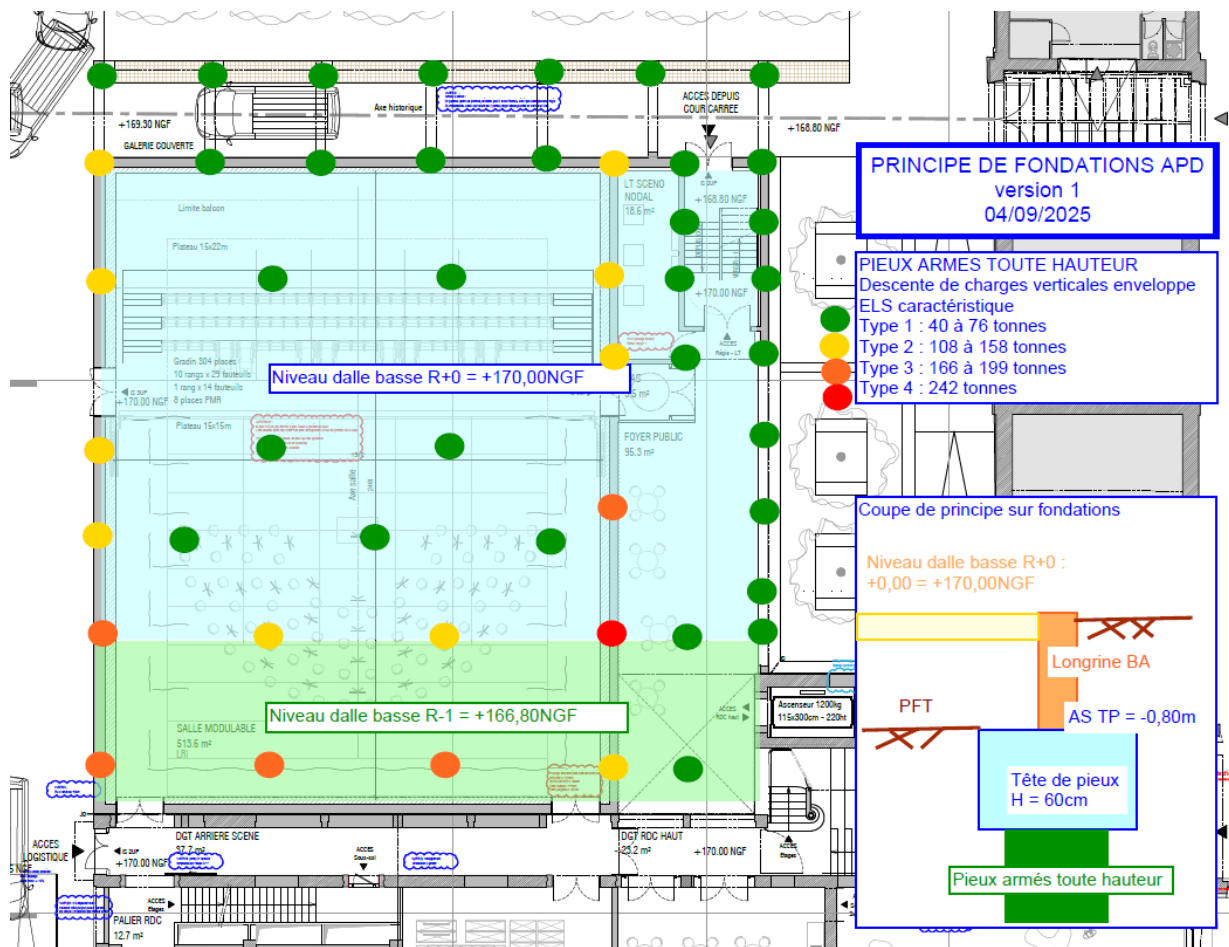


Figure 5 : Descentes de charges enveloppes sur les pieux de la salle de concert modulable – source : INGEROP

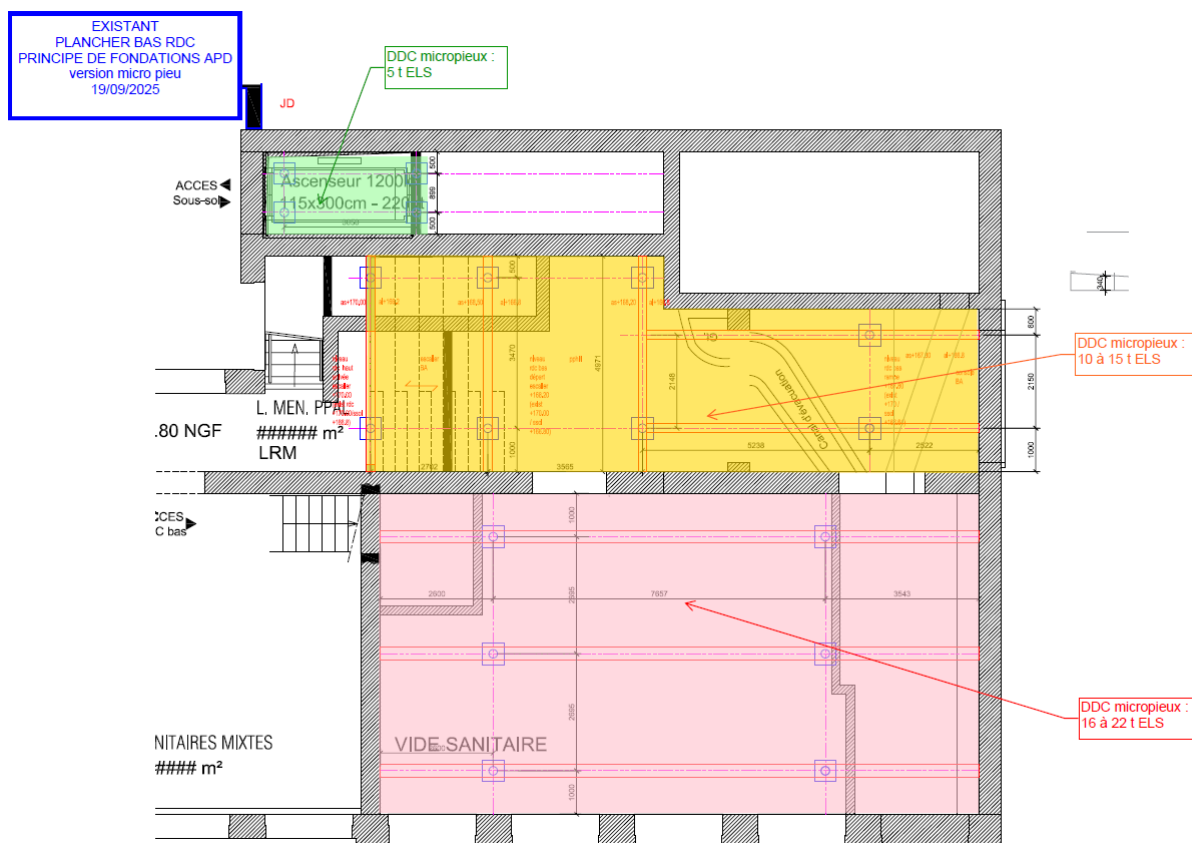


Figure 6 : Charges enveloppes par zone sur nouveaux appuis dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment Saône – source : INGEROP

Les sollicitations fournies au stade G2 AVP sur les pieux de la salle de concert modulable sont :

- Pieux type 1 : 40 à 76 tonnes (ELS) ;
- Pieux type 2 : 108 à 158 tonnes (ELS) ;
- Pieux type 3 : 166 à 199 tonnes (ELS) ;
- Pieu type 4 : 242 tonnes (ELS).

Au vu du projet, nous recommandons de faire porter la dalle sur les fondations. Le plan fourni indique sur la coupe de principe que les charges estimées ci-dessus comprennent les charges de la dalle. Ce point sera toutefois à confirmer par la BE structure pour validation.

Les sollicitations fournies au stade G2 AVP sur les micropieux à réaliser dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment Saône sont :

- Zone verte : 5 tonnes/micropieu (ELS) ;
- Zone jaune : 10 à 15 tonnes/micropieu (ELS) ;
- Zone rouge : 16 à 22 tonnes/micropieu (ELS).

Les micropieux seront à réaliser en espace contraint et limité (sous-sol du bâtiment Saône). Des prescriptions et adaptations spécifiques seront à considérer et détailler dans la suite de ce rapport.

I.1.6. Voiries projetées

Le projet comprend le maintien des voiries non impactées par le projet de construction de la salle de concert modulable. Leur étude ne fait pas partie de la mission qui nous a été confiée. Toutefois, les recommandations concernant le sol support des VRD sont abordées dans le présent rapport.

I.2. Mission de Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°RLY2.P.0254.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception (G2) - phase G2 AVP réalisée en phase Avant-Projet (AVP) et d'un diagnostic géotechnique (G5), selon la norme AFNOR NF P94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

Les résultats de l'étude réalisée au stade de la phase Avant-Projet (G2 AVP) ne sont pas suffisants pour être utilisés dans le DCE (Dossier de Consultation des Entreprises) car les risques importants sont traités à la fin de la mission G2 phase PRO. De ce fait, cette étude d'Avant-Projet devra être suivie des études G2 PRO puis G2 DCE/ACT.

La mission de diagnostic (G5) comprend :

- La réalisation d'une enquête documentaire géologique (et non historique) pour décrire le cadre géotechnique du site ;
- Réaliser des reconnaissances de fondations en sous-sol du bâtiment Saône existant et conservé dans le cadre du projet ;
- Fournir les géométries des fondations existantes et observations associées.

Cette mission ne comprend pas un diagnostic de l'état général de l'ouvrage existant.

L'étude de phase G2 AVP comprend, conformément au contrat et à la norme NF P94-500 de Novembre 2013, les prestations suivantes :

- L'ébauche des contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique :
 - Etablir une première approche d'un modèle géologique,
 - Etudier les différents risques naturels identifiés,
 - Fournir une première approche d'un modèle hydrogéologique (niveaux d'eaux et relevés piézométriques dans le temps, ordres de grandeur des perméabilités locales, interprétation en termes de nappes et aquifères),
 - Présenter une première ébauche du contexte sismique et qualifier le risque de liquéfaction sous séisme,
 - Faire une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes et des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,

- Donner les principes de construction envisageables (terrassements, fondations, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants), ainsi qu'une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique (pieux et micropieux),
- Préciser les dispositions vis à vis des avoisinants et des ouvrages situés dans la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG).

I.3. Description du site

Lors de notre intervention (août pour les sondages dans la cour et septembre pour les reconnaissances de fondations), le terrain était en grande partie occupé par une cour en enrobé faisant office en partie de parking. Les reconnaissances de fondations ont quant à elles été réalisées dans le sous-sol du bâtiment Saône.



Figure 7 : Photographie de l'accès à la cour par le Quai Chauveau – source : GINGER – 07/08/2025



Figure 8 : Photographie du bâtiment Saône depuis la cour intérieure en enrobé – source : GINGER – 07/08/2025

L'emprise du projet sera en mitoyenneté d'un bâtiment existant (bâtiment Saône) et s'insère dans une cour intérieure autour de laquelle nous retrouvons plusieurs bâtiments (Rhône, Isère, D).

I.3.1. Extrait de la carte IGN

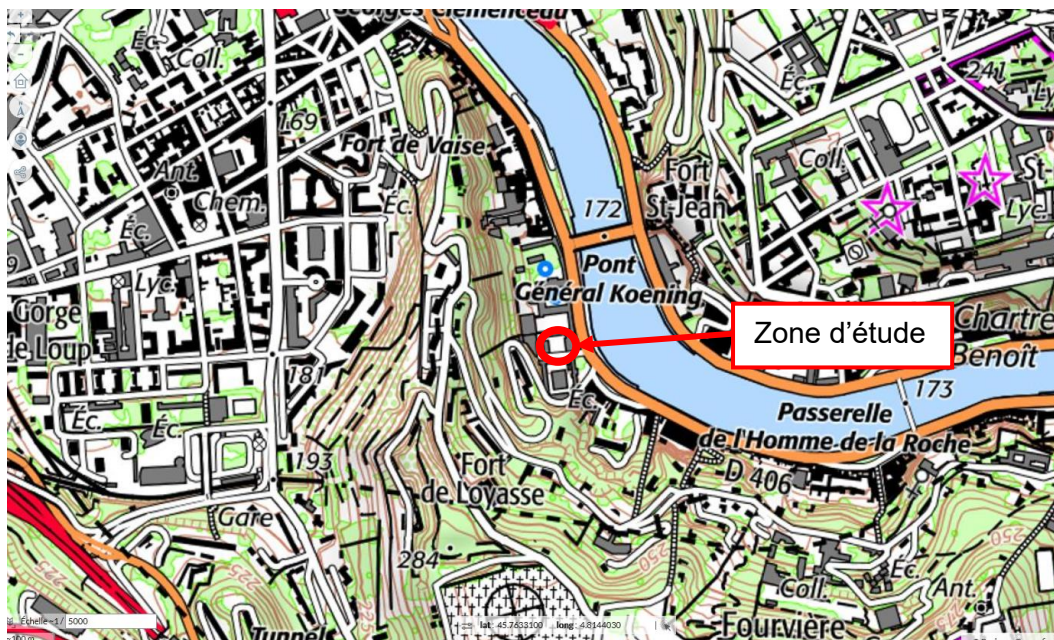


Figure 9 : Extrait de la carte topographique - source : IGN

I.3.2. Image aérienne

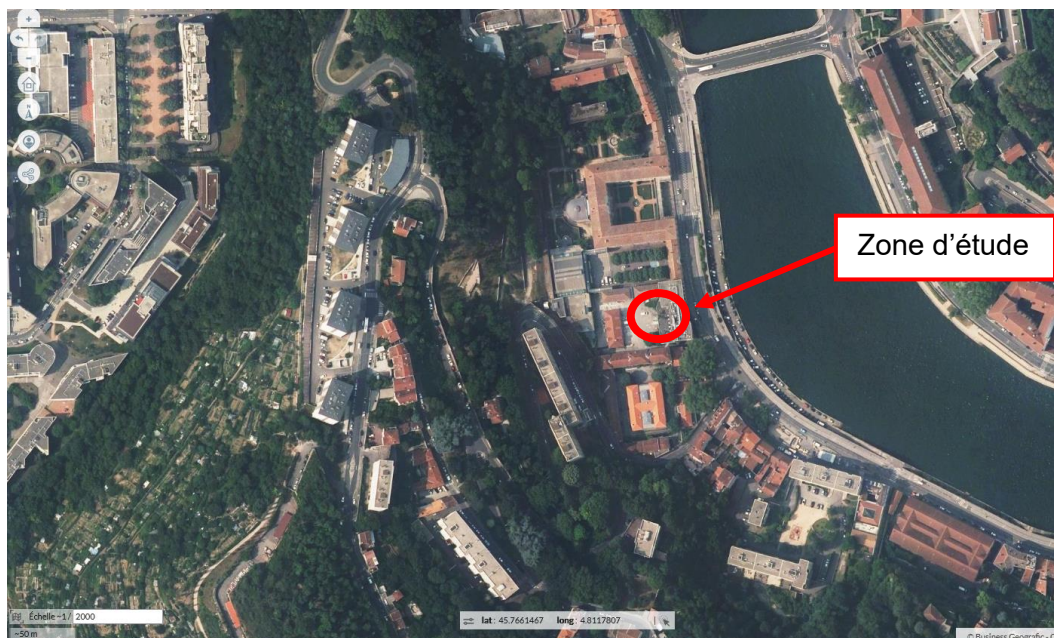


Figure 10 : Photographie aérienne du site d'étude – source : IGN

I.3.3. Topographie

Le site concerné par les investigations est relativement plat et horizontal. Sa cote altimétrique moyenne est d'environ 169.3 mètres NGF (plan topographique fourni).

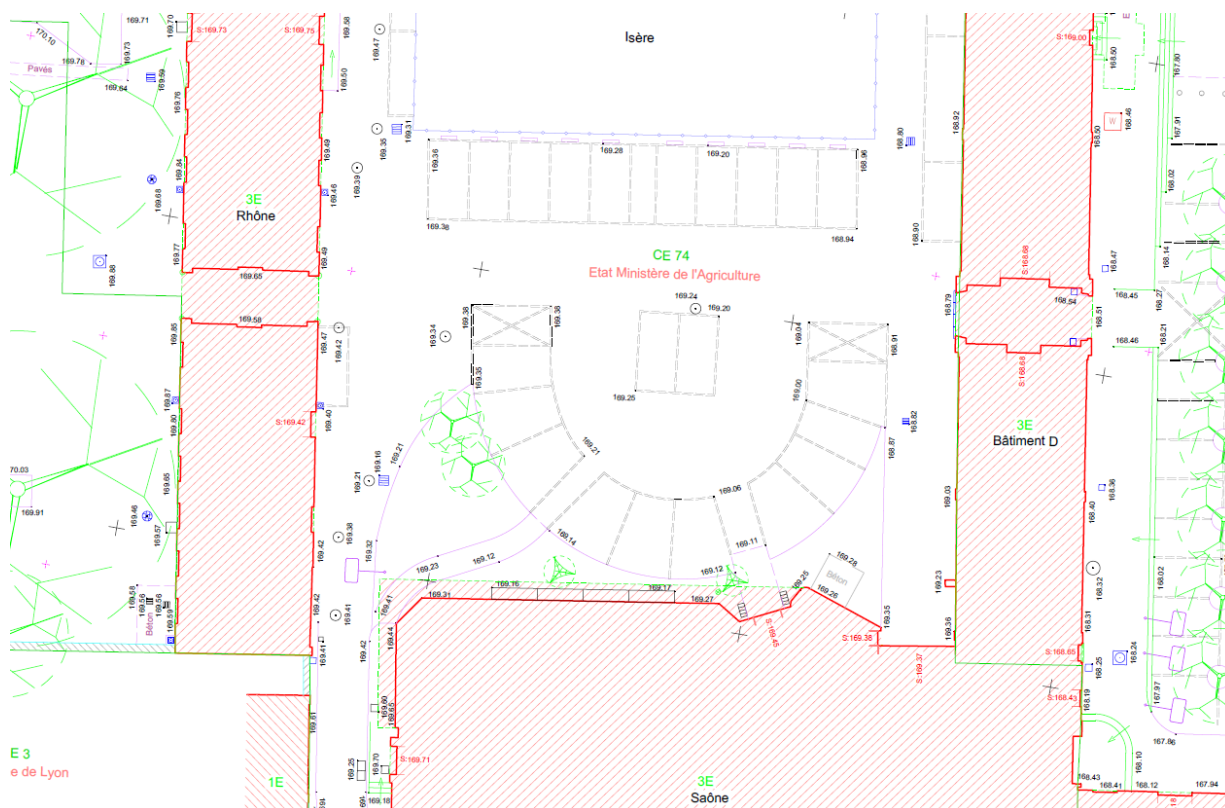


Figure 11 : Extrait plan topographique au droit du site d'étude - source : GEOMETRE EXPERT

Le site d'étude est encadré :

- A l'Est par la Saône située de l'autre côté du Quai Chauveau ;
- A l'Ouest par la balme de la Montée de l'Observance.



Figure 12 : Profil altimétrique général entre la Saône et la Montée de l'Observance – source : Géoportail

I.3.4. Photographies aériennes historiques et état des connaissances archéologiques/balmes

La zone d'étude est concernée par la présence de nombreux ouvrages et vestiges issus de plusieurs siècles d'aménagement. Ce paragraphe reprend les informations fournies et disponibles à la date de la rédaction de ce rapport. Il est fortement recommandé de réaliser une étude historique spécifique par un BE spécialisé afin d'étudier plus finement l'évolution du site d'étude dans le temps.

L'emprise du projet (bâtiment Saône et cour intérieure) est impactée par une série d'aménagements passés :

- Présence d'une ancienne église (hachurés verts sur le plan ci-dessous) démolie avant le XIV^{ème} siècle. Des vestiges de fondations et soubassements de cette église ont été retrouvés lors des travaux de construction et d'extension du bâtiment Saône en 1951 et 1988 ;
- Construction et agrandissement de l'école vétérinaire (maintenant CNSMD) entre 1846 et 1847 ;
- Présence d'anciennes écuries dans la cour intérieure en mitoyenneté du bâtiment Saône actuel, démolies lors de la construction de l'extension du bâtiment Saône en 1988.

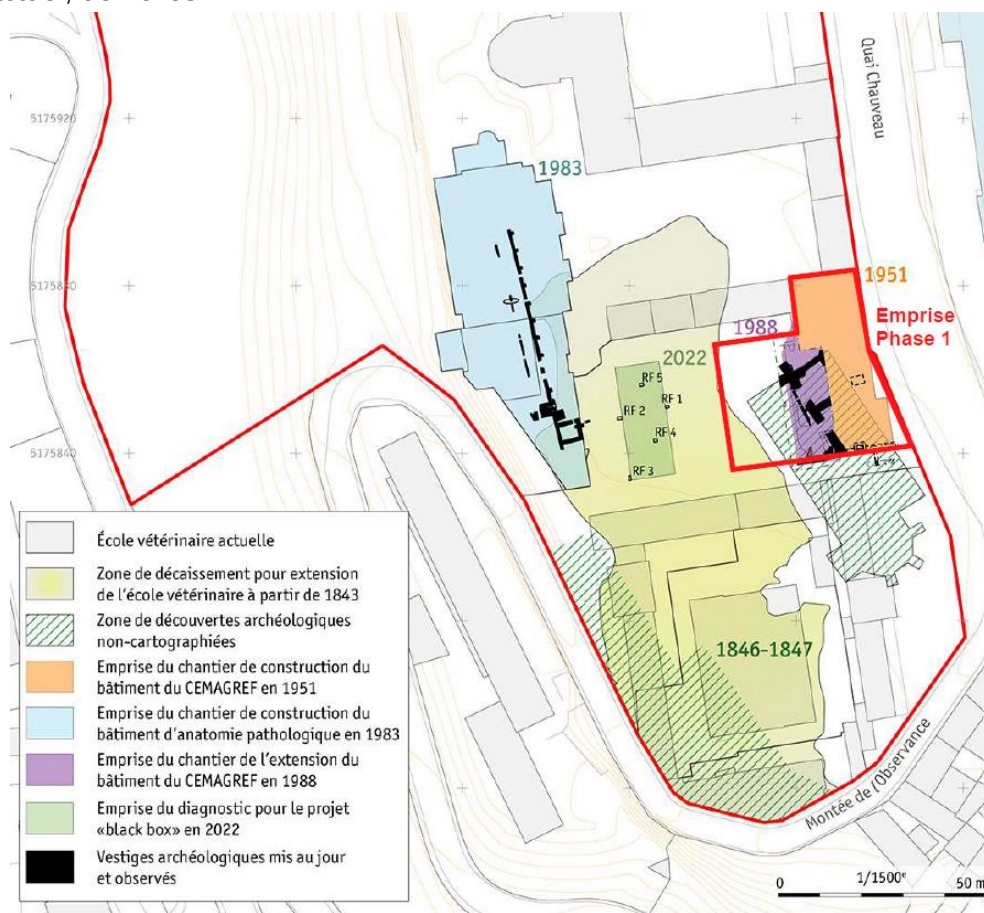


Figure 13 : Cartographie des anciens aménagements au droit du site du projet

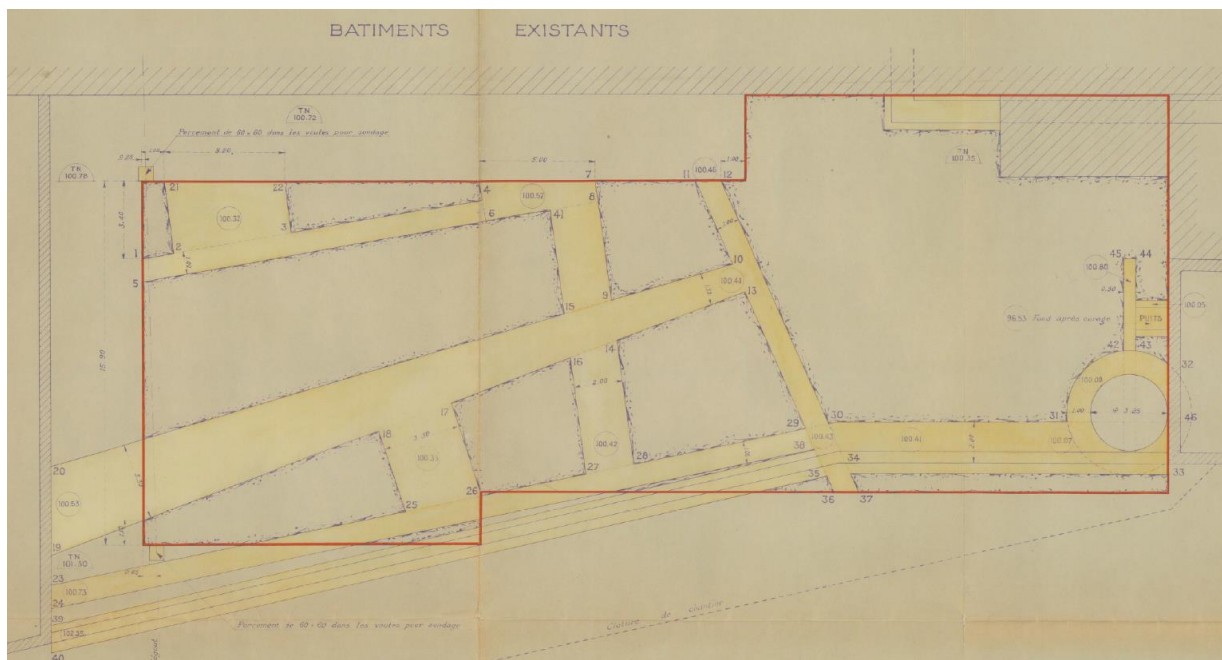


Figure 14 : Plan des fondations/soubassements de l'ancienne église rencontrés lors des travaux de construction du bâtiment Saône – source : Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

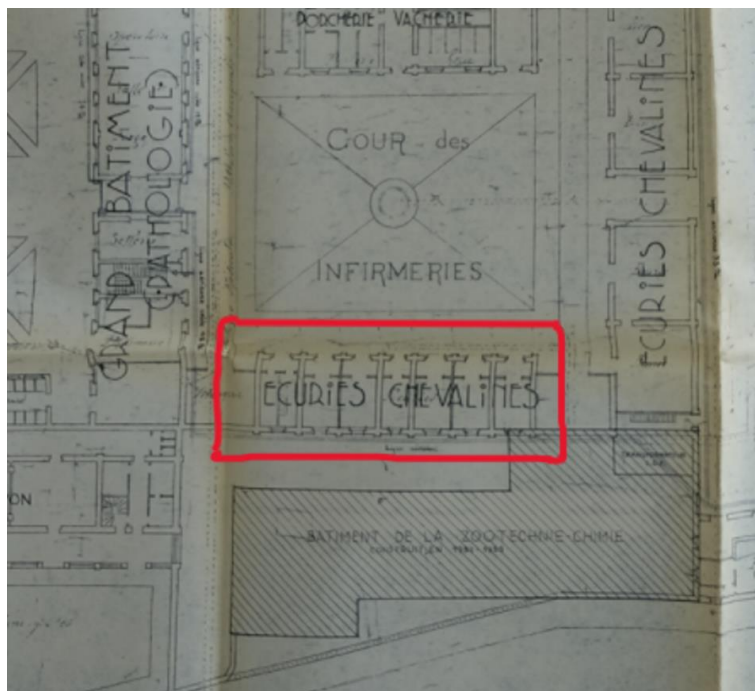


Figure 15 : Extrait de plan masse des anciennes écuries présentes au droit de l'extension du bâtiment Saône et de la cour intérieure - source : Ecole Vétérinaire de Lyon

L'occupation du site au cours du temps peut être renseignée par les photographies aériennes historiques, disponibles sur le site internet « Remonter le temps » (source : geoportail.gouv.fr).



Figure 16 : Photographie aérienne de 1938 - source : Remonter le temps



Figure 17 : Photographie aérienne de 1946 - source : Remonter le temps



Figure 18 : Photographie aérienne de 1953 - source : Remonter le temps



Figure 19 : Photographie aérienne de 1963 - source : Remonter le temps



Figure 20 : Photographie aérienne de 1989 - source : Remonter le temps

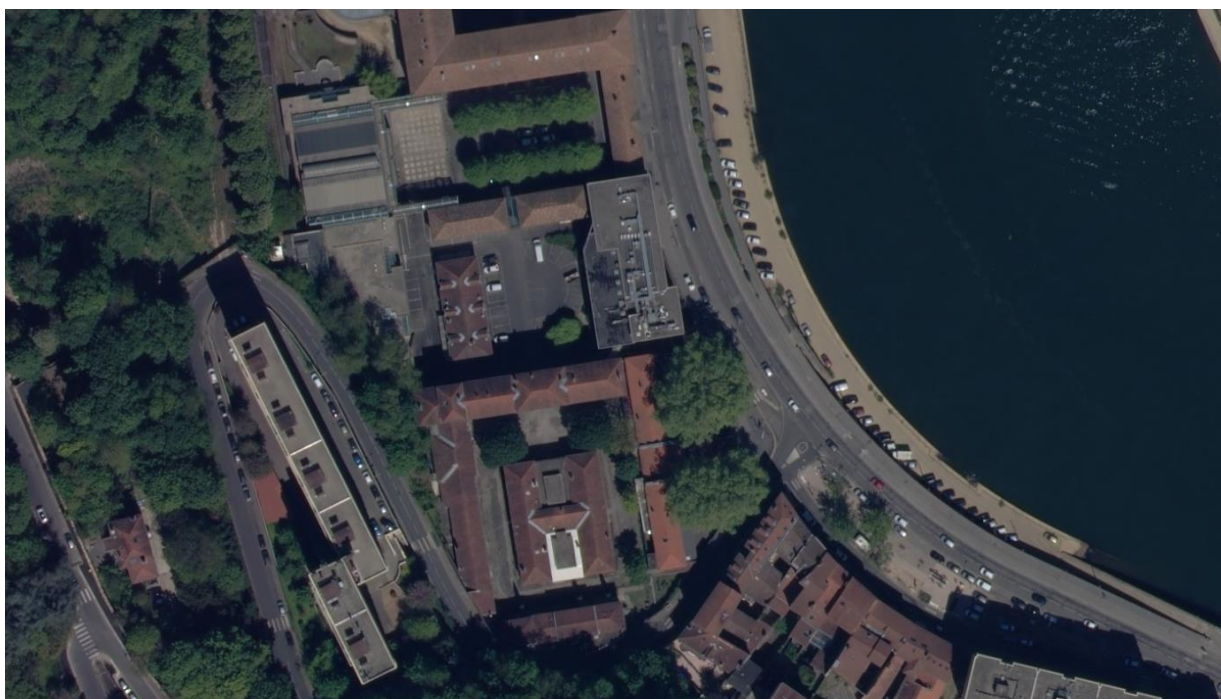


Figure 21 : Photographie aérienne de 2017 - source : Remonter le temps

Les photographies aériennes permettent de constater la construction du bâtiment Saône avant 1953, l'aménagement de la cour intérieure en parking autour de 1963, la démolition des écuries et la construction de l'extension du bâtiment Saône avant 1989. Depuis 1989, le site d'étude n'a que très peu évolué d'après les photographies aériennes disponibles.

En complément des documents fournis et de nos recherches sur la base des photographies aériennes anciennes, Ginger CEBTP a contacté le service des balmes de la Métropole de Lyon afin d'obtenir les informations disponibles au droit du site d'étude.

Il en ressort que le service des balmes de la Métropole de Lyon n'a pas connaissance de réseau de galerie de captage répertorié au droit du site d'étude. Cependant il existe à proximité des ouvrages répertoriés. Ces ouvrages sont situés en-dehors de notre zone d'étude et n'interféreront donc pas sur le projet.

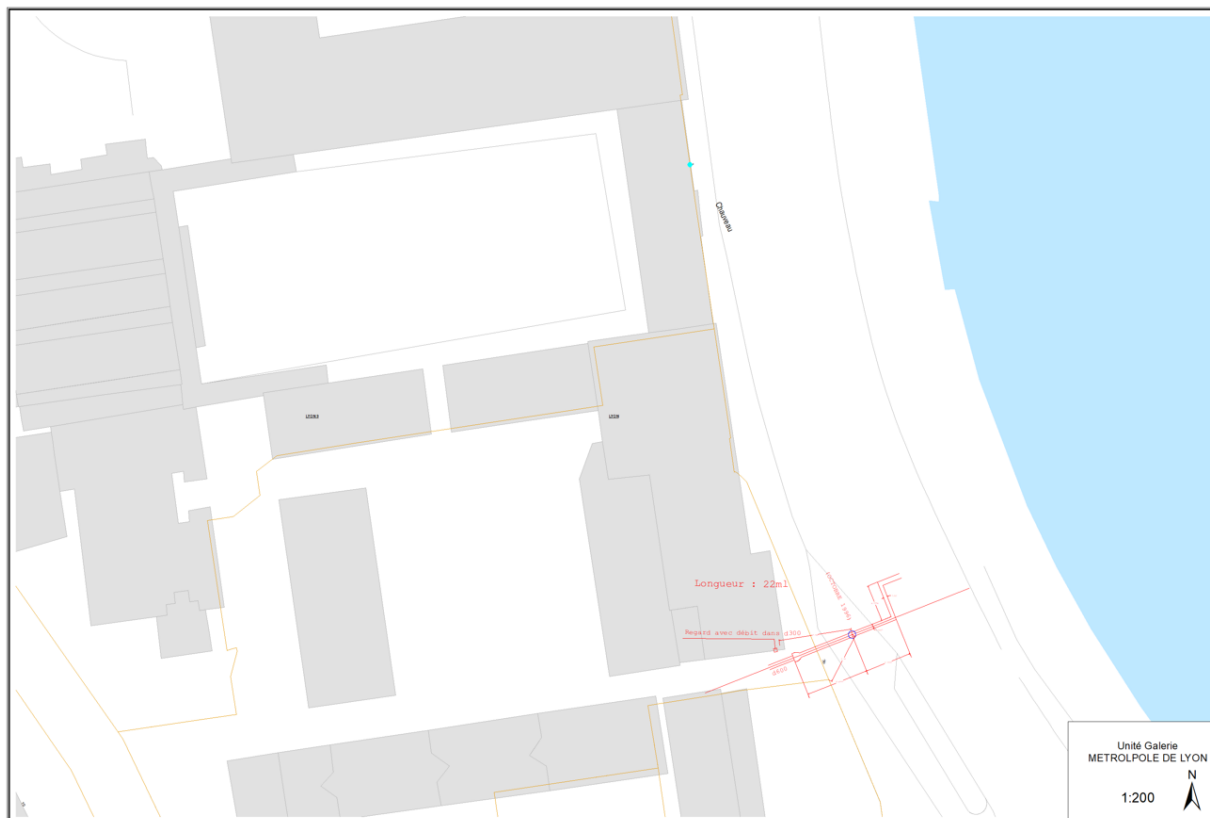


Figure 22 : Cartographie des ouvrages répertoriés par le service des balmes à proximité du projet - source : Métropole de Lyon

I.4. Contextes géologique, géotechnique et hydrogéologique – Risques majeurs

I.4.1. Contextes géologique et géotechnique prévisionnels

D'après notre expérience locale et la carte géologique de LYON à l'échelle 1/50000, le site serait constitué des formations suivantes sous des remblais d'aménagement, de haut en bas :

- Alluvions fluviales modernes (Fy-z) ;
- Alluvions fluviales anciennes (Fx) ;
- Substratum constitué de roche métamorphique – M² (anatexite à biotite ou à deux micas).

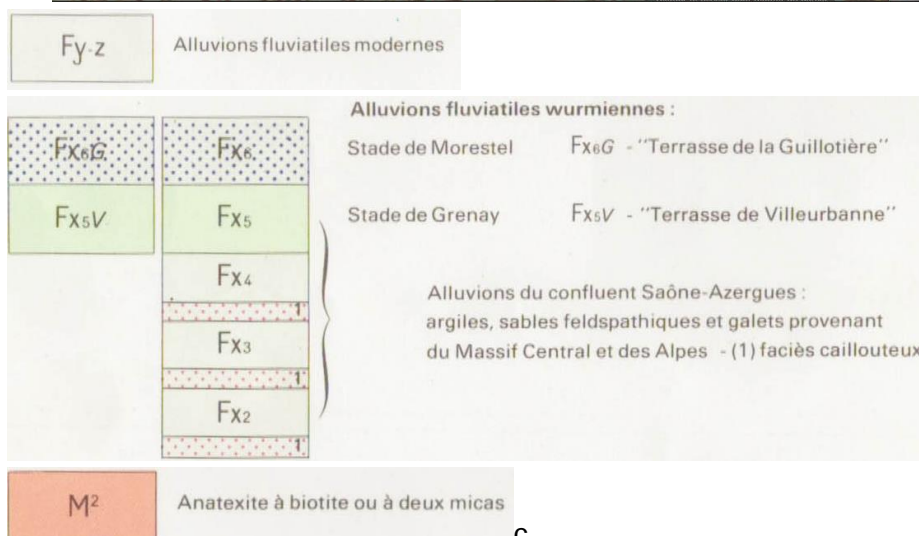


Figure 23 : Extrait de la carte géologique de Lyon - source : BRGM

I.4.2. Contexte hydrogéologique

D'un point de vue hydrogéologique, une nappe d'accompagnement de la Saône se développe dans les alluvions modernes à une profondeur de 5 à 6 mètres environ.

Par ailleurs des circulations anarchiques / ponctuelles ne sont pas exclues au sein des formations superficielles.

I.4.3. Risques majeurs naturels ou anthropiques

Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.georisques.gouv.fr et site de la préfecture) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Risques et aléas géologiques au droit du site d'étude

Risques majeurs	Informations documentaires
Inondations/débordement de cours d'eau	Terrain situé en zone B2 selon le zonage réglementaire du PPRi en vigueur. Terrain sujet au crue exceptionnelle entre 167.6 et 169.1 m NGF.
Cavités naturelles ou anthropiques carrières	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet
Argiles (retrait/gonflement – carte 2020)	Niveau exposition : moyen
Mouvements de terrains Instabilité – Glissement – Chute de blocs	Plusieurs glissements de terrain sont recensés à proximité du projet dont celui de la Montée de l'Observance en décembre 2013
Séismes	Zone 2 – Aléa faible

I.4.3.1. Inondation / débordement de cours d'eau

D'après les informations disponibles, la parcelle présente une sensibilité forte aux risques d'inondations par remontée de la nappe / débordement de rivière. Le site peut donc être inondé en période de crue.

Aléa inondation par remontée de nappe



Source : Georisques.gouv.fr / Zones sensibles aux remontées de nappes

Figure 24 : Aléa inondation par remontée de nappe

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

I.4.3.2.Argiles (aléa retrait/gonflement – carte 2020)

A noter que, d'après les informations données par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), le niveau d'exposition vis-à-vis du retrait / gonflement des terrains argileux au droit du projet est Moyen.

Aléa au retrait gonflement des argiles

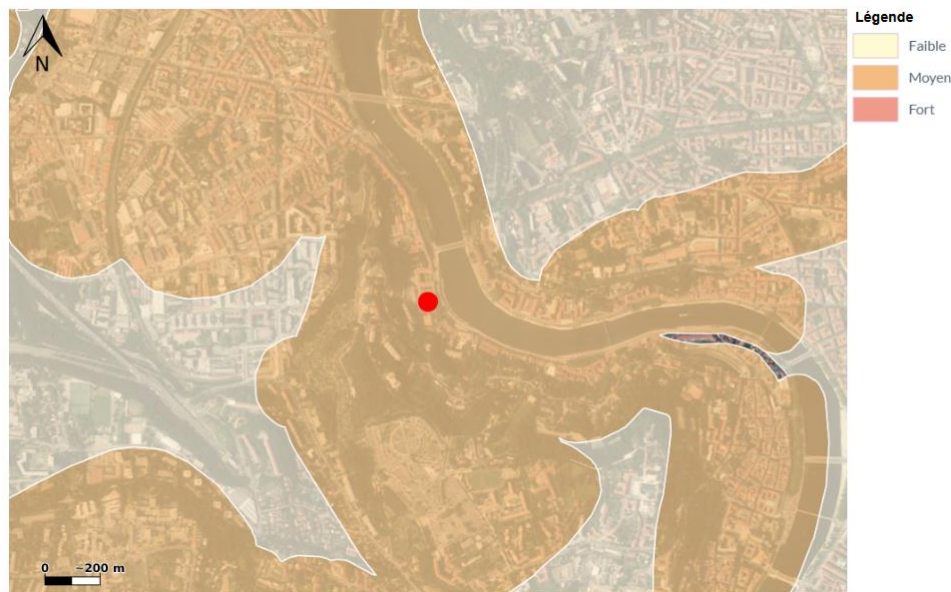


Figure 25 : Aléa retrait / gonflement des argiles

I.4.3.3.Mouvements de terrains – Instabilité – Glissement – Chute de blocs

D'après les informations données par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), il est signalé la présence de mouvements de terrain à proximité du site d'étude. Cependant ces mouvements se sont produits dans des contextes différents de celui de notre site. Ainsi notre site n'est pas concerné par cet aléa.

Aléa mouvements de terrain



Figure 26 : Aléa mouvement de terrain

I.4.3.4. Séisme

Le site étudié est classé en zone de sismicité 2 (faible).

Dans le cas d'un ouvrage de catégorie d'importance III, l'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

II. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

II.1. Préambule

La campagne d'investigations a été définie par Ginger CEBTP en accord avec le client.

Dans le cadre de notre étude, il sera pris en compte les sondages réalisés dans le cadre des missions antérieures. Le lecteur se référera aux rapports des missions précédentes pour le détail des investigations réalisées (Tableau 1).

II.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par Ginger CEBTP en fonction du projet.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain actuel au moment des investigations, noté « TA » dans la suite de ce rapport.

Les coordonnées X et Y fournies en annexe ne résultent pas d'un nivellement GPS mais du report sur le logiciel SoilCloud.

II.3. Sondages, essais et mesures in situ

II.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Tableau 3 : Investigations in-situ réalisées par Ginger CEBTP dans le cadre de cette mission

Type de sondage	Quantité	Sondage	Nombre d'essais*	Prof. m/TA
Sondage carotté Ø 114 mm avec exécution d'essais de perméabilité	1	SC1		3.5
Sondage destructif au tricône Ø 66 mm avec enregistrement des paramètres de forage *Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF EN ISO 22476-4	1	SP1	19	28
Reconnaissance manuelle des fondations prolongée par percement au perforateur	5	RF1 RF2 RF3 RF4 RF5		1.8 1.8 1.45 1.65 1.75
Essai pénétrométrique de type PANDA en fond de fouille de reconnaissance des fondations	5	PD1 PD3 PD4		< 0.5 3.0 < 0.5

Les essais PANDA PD2 et PD5 au droit des reconnaissances de fondation RF2 et RF5 n'ont pas pu être réalisés faute d'emplacement disponible (béton sur toute la surface excavée).

Les coupes des sondages et les pénétrogrammes sont présentés en annexe 2.

Par ailleurs, le sondage SP1 de cette campagne d'investigation étant réalisé à l'eau (ou boue de forage, bentonite...), les niveaux d'eau en forage ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés.

II.3.2. Essais de perméabilité et d'infiltration in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

Tableau 4 : Essais de perméabilité réalisés dans le cadre du projet

Type d'essai de perméabilité in situ	Quantité	Sondage de référence	Prof. essai / Terrain Actuel (m/TA)
Essais de perméabilité de type NASBERG ou LEFRANC par injection à niveau constant ou à niveau variable	3	SC3	0.5
			1.5
			2.5

Les résultats des essais de perméabilité sont fournis en annexe 2.

II.3.3. Identification et caractéristiques mécaniques des sols

Les essais suivants ont été réalisés :

Tableau 5 : Essais laboratoires réalisés dans le cadre du projet

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	1	NF EN ISO 17892-1
Analyse granulométrique par tamisage	1	ISO 17892-4
Valeur au bleu du sol (VBS)	1	NF EN 17542-3
Classification des sols (GTR)	1	NF EN 16907-2 (anciennement NF P 11 300 selon GTR 1992)

Nota : les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebus.

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés en annexe 2.

III. INTERPRETATIONS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – MODELE GEOTECHNIQUE

III.1. Synthèse des investigations - Interprétations

Cette synthèse devra être affinée par l'ingénierie géotechnique lors de l'étude géotechnique de conception en phase PROJET (G2 PRO), puis en phase d'élaboration du dossier de consultation des entreprises et d'assistance au contrat de travaux (G2 DCE/ACT).

III.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain actuel tel qu'il était au moment de la reconnaissance (août et septembre 2025).

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante :

Formation n°1 : Remblais

Profondeur : de 0.5 à 2.5 m/TA ;

Description : cette formation se compose de la structure de la voirie actuelle au droit de la cour intérieure et des remblais issus des aménagements passés et entre autre des démolitions de bâtiments à l'emplacement du projet (anciennes écuries).

De par son origine, cette formation peut être de nature variable et des surprofondeurs locales ne sont pas à exclure.

Formation n°2 : Alluvions récentes

Profondeur : de 2.5 à environ 16.5 m/TA (base de la formation observée uniquement en SP1) ;

Description : sable argilo-graveleux marron peu compact.

Formation n°3 : Alluvions anciennes supposées

Profondeur : de 16.5 à 20 m/TA (observée uniquement en SP1) ;

Description : sables et galets marron/beige compacts.

Formation n°4 : Rocher (substratum)

Profondeur : de 20 à > 28 m/TA (observée uniquement en SP1) ;

Description : substratum rocheux.

Remarques :

- Nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.

III.1.2. Caractéristiques pressiométriques

L'analyse des essais pressiométriques disponibles aboutit aux valeurs suivantes :

Tableau 6 : Résultats des essais pressiométriques au droit du projet

Formation / type de sol	Nbr d'essais	PI*				EM			
		Min	Max	Moyen	Valeur retenue	Min	Max	Moyen	Valeur retenue
1 – RB	4	0.16	0.89	0.44	0.3	0.7	9.9	5.8	3
2 – All récentes	20	0.11	1.17	0.54	0.3	1.2	13.7	4.2	3
3 – All anciennes	2	(-)	>4.9	(-)	5.0	220.6	268	(-)	250
4 – Rocher	6	(-)	> 4.5	(-)	5.0	273.4	> 500	(-)	500

Les résultats des essais pressiométriques des missions antérieures ont été pris en compte.

III.1.3. Résistances dynamiques

Au regard des essais au pénétromètre dynamique réalisés lors des missions antérieures, on obtient :

Formation n°1 - Remblais : qd entre 5 et 30 MPa,

Commentaire : les résistances dynamiques relevées dans cet horizon sont hétérogènes.

Formation n°2 – Alluvions récentes : qd entre 0.5 et 4 MPa,

Commentaires : les résistances dynamiques relevées dans cet horizon sont très faibles à faibles.

Les essais pénétrométriques ont été arrêtés dans la formation n°2 des alluvions récentes. Aucune résistance n'a été relevée dans les formations sous-jacentes (n°3 et n°4).

III.1.4. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 2.

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats des essais d'identification sur matériaux non rocheux :

Tableau 7 : Résultats des essais d'identification en laboratoire

Référence échantillon	Formation / type de sol	Prof. (m) échantillon	W (%)	VBS	Tamisé < 63 µm	Dmax	Classe G.T.R.
25RLY-2612	2 – Alluvions récentes	0.8 – 1.5	16.8	1.95	52.9	50	F1

Les alluvions récentes, identifiées de classe F1 correspondent à des matériaux sensibles à l'eau.

III.1.5. Reconnaissances des fondations existantes

Compte tenu de la présence de mitoyens à la salle de concert modulable et du projet de réhabilitation du bâtiment Saône, une campagne de reconnaissances de fondations du bâtiment Saône a été réalisée conformément à ce qui était prévu au contrat. Les reconnaissances de fondations ont été réalisées dans le sous-sol (R-1) du bâtiment Saône à la main. Ces reconnaissances ont été complétées par un percement des semelles au perforateur et à la réalisation d'essais de pénétration manuelle PANDA.

Les coupes des fouilles de reconnaissance des fondations existantes sont insérées en annexe 2, accompagnées des photographies prises. La figure ci-dessous rappelle l'implantation des différentes reconnaissances réalisées.

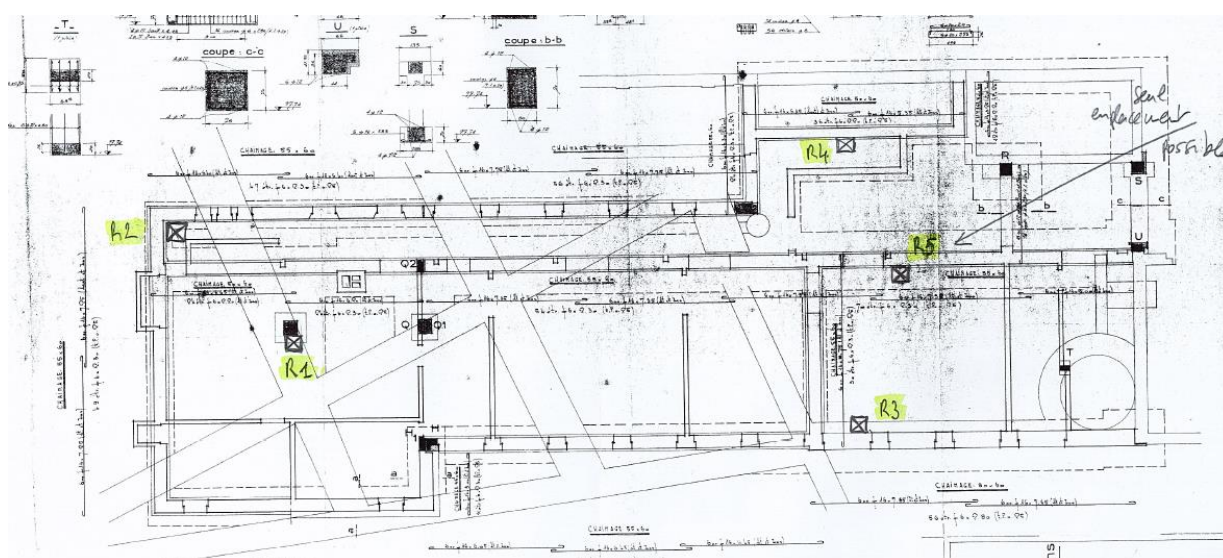


Figure 27 : Implantation des reconnaissances des fondations au sous-sol du bâtiment Saône

D'après les observations faites dans les fouilles, les caractéristiques géométriques des fondations reconnues sont les suivantes :

Tableau 8 : Caractéristiques des fondations reconnues

Sondage	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5
Type de fondation	Massif isolé	Isolé ou filante ?	Filante	Filante	Isolé ou filante ?
Hauteur de la longrine / massif de tête (m)	0.6	0.3	NO	0.25	0.25
Epaisseur de la fondation (m)	> 1.0*	> 1.0*	> 1.0*	> 1.0*	> 1.0*
Largueur du débord (m)	0.70	> 0.9	0.55	0.44	> 1.06
Profondeur d'assise (m/TA)**	> 1.8	> 1.8	> 1.45	> 1.65	> 1.75
Nature du sol d'assise (horizon)	NO	NO	NO	NO	NO

Observations / Remarques	L'assise des fondations n'a pas pu être observée. Des percements complémentaires au droit des fondations ont été réalisés afin d'essayer de trouver la base des fondations. Les reconnaissances de fondations ont été contraintes par l'espace disponible et le mode de réalisation (manuel).
--------------------------	---

* l'épaisseur de la fondation a été reconnue en partie par perforation sur 1.0 m de profondeur

** le TA étant la partie supérieure de la dalle du sous-sol du bâtiment Saône

NO : non observée

III.2. Interprétation et synthèse hydrogéologique

III.2.1. Niveaux d'eau caractéristiques

La MOA nous a fourni l'étude NPHE réalisée dans le cadre du projet. Cette étude a été réalisée par FONDASOL (ref : PR.RAGT.24.0249-DTHY-003.IndA). Le lecteur se référera à ce rapport pour plus de détails quant à l'étude NPHE complète.

Nous rappelons ci-dessous les résultats de l'étude NPHE fournie :

Tableau 9 : Extrait de l'étude NPHE de FONDASOL PR.RAGT.24.0249-DTHY-003.IndA

Ouvrage	EB	EH	EE
SPI (169,4 m NGF)	164,1 m NGF, soit 5,3 m/TA	166,9 m NGF, soit 2,5 m/TA	169,4 m NGF, soit le TA
SD3 (167,7 m NGF)	164,2 m NGF, soit 3,5 m/TA	167,0 m NGF, soit 0,7 m/TA	169,4 m NGF, soit le TA

- Le niveau des plus basses eaux "EB" correspondant à un niveau susceptible d'être dépassé pendant la moitié du temps de référence T_r ($T_r=50$ ans),
- Le niveau des hautes eaux "EH" qui correspond au niveau caractéristique défini par le niveau de période de retour de 50 ans,
- Le niveau exceptionnel et conventionnel de l'eau "EE", correspondant au niveau accidentel défini au projet.

NB : Ces différents niveaux d'eau sont définis dans l'annexe nationale de l'Eurocode 0 (NF EN 1990/NA Clause A1.3.1).

On constatera que dans le cadre des NPHE, le sous-sol du bâtiment Saône est inondable dans le cadre des niveaux EH et EE. De plus, notre projet comporte une fosse de 16 x 16 m sur 1.0 m de profondeur. La profondeur de cette fosse interceptera les niveaux représentatifs EH et EE et donc cet ouvrage pourra être inondé. Des dispositions constructives spécifiques seront donc à considérer dans le cadre du projet.

III.2.2. Perméabilité

Afin d'estimer l'ordre de grandeur de la perméabilité des terrains en place, des essais de perméabilité relatifs aux normes ISO 22282-2 à 6, ont été réalisés dans le sondage SC1.

Les résultats de ces essais de perméabilité sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Résultats des essais de perméabilité réalisés dans le cadre du projet

Sondage	Nature du sol	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité K
			m/s
SC1	Sable argilo-limoneux peu compact	0.5 – 1.5 m	$2,5 \cdot 10^{-6}$
SC1	Sable argilo-limoneux peu compact	1.5 - 2.5 m	$9,0 \cdot 10^{-7}$
SC1	Sable argilo-limoneux peu compact	2.5 – 3.5 m	$6,0 \cdot 10^{-7}$

Comme les essais de perméabilité ont été réalisés dans des forages de faible diamètre (114 mm), la perméabilité obtenue est locale car elle intéresse un volume très limité par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues et cette valeur ne peut être retenue pour l'ensemble de la formation. Les résultats de ces essais ne peuvent être utilisés que pour une étude de gestion des eaux pluviales.

III.3. Modèle géotechnique

D'après les reconnaissances réalisées, les hypothèses géotechniques retenues en mission G2 phase AVP pour la zone d'étude sont les suivantes :

Tableau 11 : Hypothèses géotechniques retenues en mission G2 AVP

Formation /type de sol	Profondeur retenue en base des formations (m/TA)	Caractéristiques mécaniques		α
		p_l^* (MPa)	E_m (MPa)	
1 – Remblais	0.5 à 2.5	0.3	3	1/2
2 – Alluvions récentes	16.5	0.3	3	1/2
3 – Alluvions anciennes supposées	20	5.0	250	1/2
4 – Substratum – Rocher	> 28	5.0	500	1/2

Légende : p_l^* : pression limite nette équivalente, E_m : module pressiométrique ; α : coefficient rhéologique du sol donné par le tableau H.2.1.1.1 de la norme NF P94-261/A1.

IV. ETUDE DES OUVRAGES

IV.1. Zone d'Influence Géotechnique : ZIG

Le projet s'insère dans la cour intérieure du CNSMD. Ainsi le projet est concerné par les avoisinants suivants :

- Le bâtiment Saône qui sera partiellement démoli (extension de 1988) et réhabilitée (bâtiment principal de 1951). A noter que l'ensemble de ce bâtiment est sur un niveau de sous-sol. Ainsi il sera nécessaire de remblayer en partie le sous-sol de la partie démolie dans le cadre du projet
- Les bâtiments Rhône, Isère et D entourant le projet et formant le pourtour de la cour intérieure actuelle.
- Les réseaux enterrés présents au droit du site.

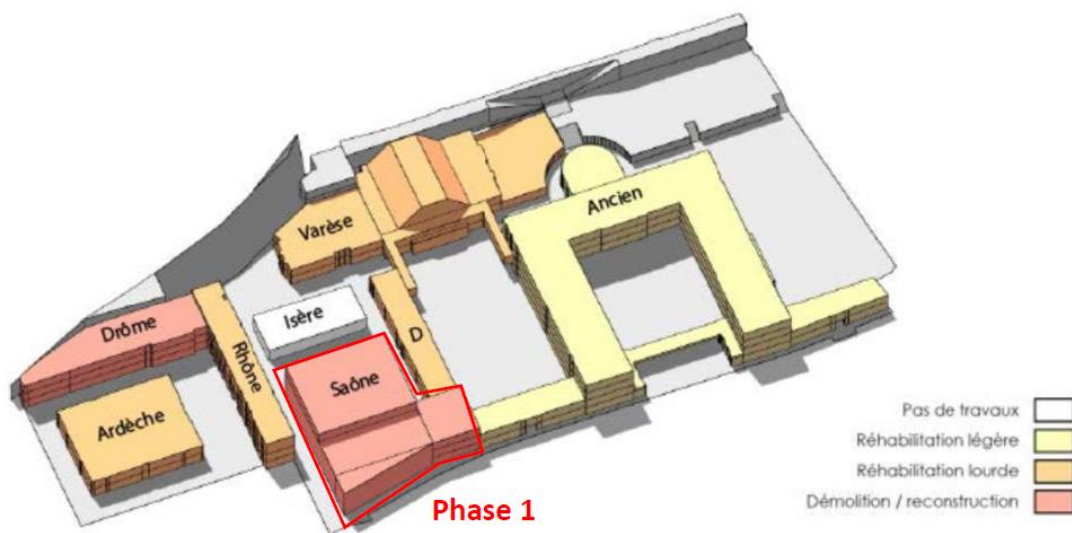


Figure 28 : Représentation du projet et de ses avoisinants – source : Cahier des charges

Nous demandons au MOA de nous communiquer la sensibilité de ces ouvrages, leurs tolérances aux déformations afin de les prendre en considération dans l'étude de projet.

Nous noterons aussi que le projet s'insère dans une zone où d'anciens aménagements ont été démolis par le passé (anciennes écuries, ancienne église). Des vestiges pourront être rencontrés lors des travaux de construction et des adaptations pourront être nécessaires.

Pour finir, aucun ouvrage répertorié au sein du service des balmes de la Métropole de Lyon n'est présent au droit du projet. Le seul ouvrage cartographié se situe à l'entrée du site au niveau du Quai Chauveau.

IV.2. Traitement des risques majeurs ou anthropiques

IV.2.1. Inondations - Débordement de cours d'eau

Compte tenu de la cote d'inondation, les niveaux bas du projet doivent être dimensionnés en fonction des niveaux d'eau retenus. Pour rappel le niveau NPHE EE se situe au niveau du TA de la cour (ref : PR.RAGT.24.0249-DTHY-003.IndA).

La protection des parties enterrées vis-à-vis des venues d'eau doit faire l'objet d'une étude spécifique qui ne rentre pas dans le cadre de la mission qui nous a été confiée.

IV.2.2. Risque sismique

IV.2.2.1. Données réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents, figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	2 - Faible
Type de sol	E
Paramètre de sol S	1.8

La classe d'ouvrage devra être confirmée à *minima* avant les études de la phase projet.

Les accélérations sismiques ont été définies par corrélations avec les essais réalisés à ce stade. Le cas échéant, compte tenu de l'ouvrage et du contexte sismique, dans un objectif de meilleure précision et d'optimisation, nous recommandons fortement de réaliser avant les études de la phase projet, des mesures de type géophysiques adaptées : cross-hole, sismocône, voire MASW si l'environnement le permet, notamment pour un ouvrage III ou IV avec des sols C, D et E.

IV.2.2.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (faible), l'étude de la liquéfaction des sols sous séisme n'est pas requise d'après l'arrêté du 22 octobre 2010.

IV.3. Adaptations du terrain au projet – Calage altimétrique

Le projet prévoit la réalisation d'une fosse de 16 x 16 m sur 1.0 m de profondeur. Les terrassements impliqueront donc principalement cette zone. Le reste du projet est calé au niveau du TA (terrain actuel) et les terrassements seront donc limités.

IV.4. Terrassements généraux - Fouilles

IV.4.1. Traficabilité en phase chantier

Les essais d'identification ont permis de classer les sols extraits comme suit selon le GTR :

- Formation n°2 : classe F1.

Compte tenu de la classification précédente, les sols sont sensibles à l'eau. En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, cet état hydrique est susceptible de varier sensiblement. Les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent, par conséquent, évoluer fortement.

IV.4.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les formations n°1 et n°2 ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Toutefois, bien que nous n'en ayons pas trouvé au droit des sondages, il n'est pas exclu de rencontrer des blocs ou des vestiges d'anciens soubassements en phase travaux. Cela nécessitera alors l'emploi d'engins adaptés ou d'outils adaptés tels qu'éclateur, BRH, dérocteur, etc...

Nous attirons l'attention sur le fait que ces procédés génèrent des vibrations dont il faudra tenir compte notamment vis-à-vis des avoisinants. Dans tous les cas, la technique de déroctage retenue devra tenir compte de leur présence afin d'éviter tout désordre (limitation des vibrations, ...).

Une étude spécifique, qui ne relève pas de nos missions d'ingénierie géotechnique, pourra être réalisée par les concepteurs du projet.

De plus, la réalisation du projet implique la démolition d'un bâtiment existant (extension de 1988 du bâtiment Saône). En conséquence, il conviendra de prévoir l'évacuation de tout vestige enterré (fondations, cuves, réseaux...) au droit du projet. Une attention particulière sera apportée au comblement des fouilles ainsi créées et du sous-sol de la partie du bâtiment démolie.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations des normes et guides en vigueur.

IV.4.3. Drainage de la plateforme en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec. Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître exceptionnellement en cours de terrassement. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment (notamment merlon ou fossé périphérique pour protéger le chantier des eaux extérieures)

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

IV.4.4. Réemploi des matériaux du site en remblais

Sans essais spécifiques, les conditions d'utilisation des matériaux du site en remblais ne peuvent être définies.

IV.4.5. Réalisation des remblais

Le projet nécessitera le remblaiement partiel du sous-sol de l'extension de 1988 du bâtiment Saône.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront alors répondre aux recommandations « Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations » du L.C.P.C. de 1980.

L'épaisseur de chacune des couches mises en œuvre ne dépassera pas les valeurs limites indiquées dans les recommandations GTR, en tenant compte de la classe de sol et du type d'engin de compactage utilisé.

Un contrôle régulier sera nécessaire au fur et à mesure de l'avancement de l'élévation du remblai. Ce contrôle est à prévoir à chaque couche unitaire d'apport, et au minimum tous les mètres d'épaisseur. Les critères de réception du remblai par essais à la plaque $\varnothing$ 60 cm devront être :

- Un module $EV2 \geq 50$ MPa,
- $EV2/EV1 \leq 2.2$.

Ou bien :

- L'objectif de densification est q_4 , soit une densité en place $\geq 95\%$ de l'Optimum Proctor Normal, sera vérifié par couche à l'aide d'un gammadensimètre

Ou bien :

- La compacité du remblai sera vérifiée au pénétromètre densitographe

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

IV.4.6. Talus

Les talus **provisoires** des fouilles pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane soigneusement fixées et des cunettes étanches en tête de talus.

IV.4.7. Forabilité des matériaux

Nous attirons l'attention sur la présence de matériaux indurés, abrasifs, cimentés... qui sont difficilement forables (entre autres les formations n°3 et n°4 mais aussi les vestiges d'infrastructures). L'entreprise devra mettre en place les moyens nécessaires afin de traverser ces matériaux lors des opérations de forage.

De plus nous attirons l'attention sur la présence de matériaux lâches, et peu compacts, qui peuvent présenter des difficultés de forage (formations n°1 et n°2) et de tenues des parois (formations n°1, n°2 et n°3). L'entreprise devra mettre en place les moyens nécessaires afin de traverser ces matériaux lors des opérations de forage.

IV.5. Fondations

Compte tenu des éléments précédents, les systèmes de fondations suivants sont envisageables :

- Pour la construction de la salle de concert modulable :
 - Profondes par pieux ancrés dans le substratum rocheux (formation n°4) dont le toit se situe à 20 m de profondeur par rapport au TA,
- Pour les nouveaux appuis dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment Saône :
 - Profondes par micropieux ancrés dans les alluvions récentes ou anciennes (formations n°2 et n°3) dont le toit a été observé directement sous les remblais (formation n°1) entre 0.5 et 2.5 m/TA.

Au vu des déblais et remblais à réaliser et du risques de vestiges de soubassements anciens, le niveau bas est à prévoir en plancher porté par les fondations (en contact du sol, sur vide sanitaire ou sur vide technique).

IV.5.1. Fondations profondes par pieux

Etant donné la nature et la faible tenue des terrains à traverser pour atteindre la formation d'ancrage (n°4), il est proposé de mettre en œuvre des pieux forés et tubés (classe 1 catégorie 4 suivant la NF P94-262) provisoirement à l'avancement sur la hauteur des formations n°1, n°2 et n°3.

Et afin de garantir l'ancrage dans la formation d'ancrage (n°4), il est proposé de mettre en œuvre des pieux simplement forés (classe 1 catégorie 1 suivant la NF P94-262) jusqu'au niveau d'ancrage prévu dans le substratum rocheux soit dans la formation n°4. Des outils adaptés

seront nécessaires pour s'ancrer dans le substratum rocheux (trépan ou carottier par exemple). La mise en place d'une virole en tête est indispensable pour assurer le maintien du terrain en tête d'une part pour des raisons de sécurité d'autre part.

A noter que les pieux devront être ancrés de 1.5 m minimum dans la formation n°4 tout en respectant les conditions d'ancrage de la Norme NF P94-262.

Nous attirons l'attention sur la présence de matériaux indurés, abrasifs, cimentés... qui sont difficilement forables. L'entreprise devra mettre en place les moyens nécessaires afin de traverser ces matériaux lors des opérations de forage.

Nous attirons l'attention sur la présence de matériaux lâches, sans cohésion, qui peuvent présenter des difficultés de forage et de tenues des parois. L'entreprise devra mettre en place les moyens nécessaires afin de traverser ces matériaux lors des opérations de forage.

Dans des conditions sismiques avec des sols D ou E, pour des ouvrages de catégorie III ou IV, les fondations profondes sont soumises à l'interaction cinématique, à prendre en compte a minima en phase projet.

IV.5.1.1. Calcul de la capacité portante

Nous développons ci-après un exemple de calcul de la capacité portante de fondations profondes de classe 1 et de catégorie 4 (foré tubé – virole récupérée) dans les formations n°1, n°2 et n°3 (remblais, alluvions récentes et alluvions anciennes supposées) et de classe 1 et de catégorie 1 (foré simple) dans la formation n°4 (alluvions anciennes supposées et substratum rocheux) selon la Norme NF P94-262 de Juillet 2012.

NOTE : il appartiendra à l'Entrepreneur de s'assurer de l'adéquation de cette technologie de mise en œuvre et de son matériel avec les sols en présence révélés par les investigations géotechniques.

L'approche retenue est celle du « modèle de terrain ». Selon les données transmises, les pieux sont ici considérés avec un comportement isolé, ce qui implique :

- Une distance bord à bord entre pieux supérieure à 2 fois leur diamètre (entraxe de 3 diamètres),
- L'absence d'effet de groupe.

IV.5.1.2.Coefficients de modèle

S'agissant d'une procédure « modèle de terrain » avec analyse statistique des données, on retiendra pour la méthode pressiométrique :

Tableau 12 : Coefficient de sécurité à retenir dans le cadre de la procédure « Modèle de terrain »

Procédure Modèle de terrain		
Coefficient	Compression	Traction
$\gamma_{R,d1}$	1.15	1.40
$\gamma_{R,d2}$	1.10	1.10

IV.5.1.3.Valeurs caractéristiques des sols

On retiendra pour chaque couche :

- Au droit des remblais : pas de frottement, sur une épaisseur de 2.5 mètres,
NB : épaisseur retenue entre autre dans le cadre des fondations à prévoir au droit de l'ancien sous-sol de l'extension de 1988 du bâtiment Saône.
- Au droit des formations n°2, n°3 et n°4 : caractéristiques liées à la couche pour le type de pieux retenu :

Tableau 13 : Caractéristiques liées aux couches selon le type de pieux retenu

	N°2 : Alluvions récentes	N°3 : Alluvions anciennes supposées	N°4 : Substratum rocheux
Courbe :	Q1	Q2	Q5
a	0.003	0.01	0.01
b	0.04	0.06	0.08
c	3.5	1.2	3
Pieux	Classe 1 – Cat 4 – Foré tubé		Classe 1 – Cat 1 – Foré simple
$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	1.25	1	1.6
q_s (kPa)	40	90*	200*
k_p max	(-)	(-)	1.45

* valeurs maximales de frottement axial unitaire selon le tableau F.5.2.3 de la NF P94-262

IV.5.1.4.Facteurs partiels

Aux Etats Limites Ultimes :

Facteurs partiels de résistance	γ_b	γ_s	γ_t	$\gamma_{s,t}$
Situations durables et transitoires	1.10	1.10	1.10	1.15
Situations accidentelles	1.00	1.00	1.00	1.05

Aux Etats Limites de Services :

Facteurs partiels de résistance	Résistance	Symboles	Valeurs
ELS Caractéristiques	Fût en compression	Y_{cr}	0.9
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.1
ELS quasi permanents	Fût en compression	Y_{cr}	1.1
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.5*

* Si l'effort $F_{t;d}$ est supérieur à 0,15 Rs, se reporter au tableau 8.9.2 de la NF P94 262 pour les essais à mener.

IV.5.1.5.Résultats en compression

Pour un pieu foré tubé (classe 1 – catégorie 4) dans les formations n°1, n°2 et n°3 et foré simple (classe 1- catégorie 1) dans la formation n°4 selon la Norme NF P94-262 de juillet 2012, il vient, en kN :

Tableau 14 : Résultats en compression des résistances des fondations selon les types de pieux définis par INGEROP

Type de pieux selon INGEROP	Diamètre (m)	Longueur (m)	Ancrage dans la formation n°4 (m)	$R_{c;d}$ ELU Fond.	$R_{c;cr;d}$ ELS Carac.
1	0.4	21.5	1.5	1720 kN	1320 kN
2	0.6	21.5	1.5	2930 kN	2190 kN
3	0.6	21.5	1.5	2930 kN	2190 kN
4	0.7	21.5	1.5	3630 kN	2690 kN

Les différents types de pieux sont rappelés dans la Figure 5.

Avec :

- $R_{c;d}$: valeur de calcul de la portance pour la combinaison correspondante (ELU fondamentale),
- $R_{c;cr;d}$: valeur de calcul de la charge de fluage de compression pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique).

NOTE : on veillera à ne pas dépasser la contrainte admissible dans le béton pour chaque situation. Les profondeurs indiquées sont données par rapport au TA.

IV.5.1.6.Efforts horizontaux

La résistance des pieux aux efforts horizontaux sera vérifiée au plus tard lors des études de projet, sur la base d'une descente de charges établie actualisée. Ces efforts sont repris par butée sur la partie supérieure des pieux, et outre les caractéristiques des sols, la résistance est très liée au diamètre de la fondation profonde.

Des augmentations du diamètre de certains pieux ou leur doublement, sont donc envisageables.

IV.5.1.7. Dispositions constructives

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- L'entrepreneur vérifiera que le type de pieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues,
- L'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations voisines (reconnaissance complémentaires de fondations, déport de la machine, tonnage limité),
- Le dimensionnement des pieux doit tenir compte de la présence ou non de longrines permettant de recentrer les charges sur l'axe des pieux.

Conformément aux prescriptions de la norme NF P94-262, un contrôle de continuité et de la qualité du fût des pieux en béton pourra être prévu par carottage sonique ou impédance. Ginger CEBTP se tient à la disposition du client pour la réalisation de ces essais de contrôle.

Lors de la réalisation des pieux, il conviendra :

- De vérifier précisément la nature des matériaux extraits pour s'assurer du bon ancrage dans la formation n°4 dans le cadre d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G3 qui incombe à l'entrepreneur et G4 que Ginger CEBTP est en mesure de réaliser,
- De curer soigneusement la base des pieux avant coulage du béton, ce dernier devant absolument être coulé dans la foulée,
- D'armer impérativement les pieux sur toute la hauteur s'ils sont en traction ou participe au mode de fondation d'un ouvrage d'art, et sur la hauteur nécessaire s'ils sont soumis à des efforts horizontaux et/ou des moments (NF P94-262 §12.2.1),
- Prévoir le relevé X, Y, Z des têtes de pieux (recentrage à prévoir le cas échéant ou efforts parasites).

IV.5.2. Fondations profondes par micropieux

IV.5.2.1. Généralités

Il est proposé de mettre en œuvre des micropieux ancrés dans les formations n°2 ou n°3 (alluvions récentes et anciennes) tout en respectant les conditions d'ancrage de la Norme NF P94-262.

La capacité portante de chaque micropieu prendra en compte le frottement latéral dans les formations n°2 et 3.

A noter que les micropieux seront réalisés dans le sous-sol du bâtiment Saône. Ainsi le TA des têtes des micropieux correspond à la partie supérieure de la dalle du sous-sol.

NOTE : il appartiendra à l'Entrepreneur de s'assurer de l'adéquation des moyens de mise en œuvre selon les contraintes pour la réalisation des micropieux.

IV.5.2.2.Calcul de la capacité portante

Nous développons ci-après un exemple de calcul de la capacité portante de fondations profondes de classe 1 et de catégorie 18 (micropieux de type II) assimilée à un mode de foration de classe 1 et de catégorie 4 (foré tubé – virole récupérée) selon la Norme NF P94-262 de Juillet 2012.

NOTE : il appartiendra à l'Entrepreneur de s'assurer de l'adéquation de cette technologie de mise en œuvre et de son matériel avec les sols en présence révélés par les investigations géotechniques.

Selon les données transmises, les micropieux sont ici considérés :

- Sous sollicitations axiales et verticales uniquement (pas de sollicitations transversales ou inclinées),
- Travailler uniquement en compression,
- Avec un comportement isolé, ce qui implique :
 - Une distance bord à bord entre micropieux supérieure à 2 fois leur diamètre, (entraxe de 3 diamètres),
 - L'absence d'effet de groupe.

IV.5.2.3.Coefficients de modèle

S'agissant d'une procédure « modèle de terrain » avec analyse statistique des données, on retiendra pour la méthode pressiométrique :

Tableau 15 : Coefficient de sécurité à retenir dans le cadre de la procédure « Modèle de terrain »

Procédure Modèle de terrain		
Coefficient	Compression	Traction
$\gamma_{R,d1}$	1.4	1.7
$\gamma_{R,d2}$	1.1	1.1

IV.5.2.4.Valeurs caractéristiques des sols

On retiendra pour chaque couche :

- Au droit des remblais : les micropieux étant réalisés en sous-sol du bâtiment Saône, les fondations ne traverseront pas cette formation.
- Au droit des formations n°2, et n°3 : caractéristiques liées à la couche pour le type de micropieux retenu :

Tableau 16 : Caractéristiques liées aux couches selon le type de micropieux retenu

	N°2 : Alluvions récentes	N°3 : Alluvions anciennes supposées
Courbe :	Q1	Q2
a	0.003	0.01
b	0.04	0.06
c	3.5	1.2
Micropieux	Classe 1 – Cat 18 – Micropieu type II assimilée à un mode de foration Classe 1 – Cat 4 – Foré tubé	
$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	1.25	1.4
q_s (kPa)	40	90*
K_p max	(-)	(-)

* valeurs maximales de frottement axial unitaire selon le tableau F.5.2.3 de la NF P94-262

IV.5.2.5.Facteurs partiels

Aux Etats Limites Ultimes :

Facteurs partiels de résistance	Y_b	Y_s	Y_t	$Y_{s;t}$
Situations durables et transitoires	1.10	1.10	1.10	1.15
Situations accidentelles	1.00	1.00	1.00	1.05

Aux Etats Limites de Services :

Facteurs partiels de résistance	Résistance	Symboles	Valeurs
ELS Caractéristiques	Fût en compression	Y_{cr}	0.9
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.1
ELS quasi permanents	Fût en compression	Y_{cr}	1.1
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.5*

* Si l'effort $F_{t,d}$ est supérieur à 0,15 R_s , se reporter au tableau 8.9.2 de la NF P94 262 pour les essais à mener.

IV.5.2.6.Résultats en compression

Pour un micropieu de type II (classe 1 – catégorie 18) assimilé à un mode foration foré tubé (classe 1 – catégorie 4) dans les formations n°2 et n°3 selon la Norme NF P94-262 de juillet 2012, il vient, en kN :

Tableau 17 : Résultats en compression des résistances des fondations selon les types de micropieux définis par INGEROP

Zone de micropieux selon INGEROP	Diamètre (m)	Longueur/TA* (m)	$R_{c,d}$ ELU Fond.	$R_{c,cr,d}$ ELS Carac.
Verte	0.2	7	104 kN	88 kN
Jaune	0.2	12	178 kN	152 kN
Rouge	0.2	16	284 kN	243 kN

* TA correspondant au niveau supérieur de la dalle du sous-sol du bâtiment Saône

Les différents types de micropieux sont rappelés dans la Figure 6.

Avec :

- $R_{c,d}$: valeur de calcul de la portance pour la combinaison correspondante (ELU fondamentale),
- $R_{c,cr,d}$: valeur de calcul de la charge de fluage de compression pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique).

NOTE : on veillera à ne pas dépasser la contrainte admissible dans l'armature pour chaque situation. Les profondeurs indiquées sont données par rapport au TA (sous-sol du bâtiment Saône).

IV.5.2.7.Efforts horizontaux

La résistance des micropieux aux efforts horizontaux sera vérifiée au plus tard lors des études de projet, sur la base d'une descente de charges fournies. Compte tenu des faibles diamètres des micropieux, la butée du sol et la résistance resteront modestes.

Il pourra être envisagé le doublement des micropieux, ou le renforcement de la partie supérieure de l'armature.

IV.5.2.8.Dispositions constructives

Lors de la réalisation des micropieux, il conviendra :

- D'utiliser une technique de forage adaptée aux sols rencontrés,
- D'enregistrer les paramètres de forage et de vérifier la nature des cuttings à l'avancement pour s'assurer du bon ancrage dans le cadre d'une mission G3 qui incombe à l'entrepreneur et d'une mission G4 que Ginger CEBTP peut réaliser,
- De mesurer précisément les volumes de coulis de ciment injectés.

NOTE IMPORTANTE : on accordera une attention particulière à l'implantation des micropieux, ces derniers étant très sensibles aux moments en flexion générés par les excentrement. On rappelle à toutes fins utiles que les règles d'usage considèrent une tolérance de 4 centimètres sur l'implantation des micropieux. Cette tolérance devra être prise en compte dans le calcul des sections d'acier.

IV.6. Niveau bas

Les aménagements passés du site ainsi que les déblais et remblais à réaliser ne permettent pas la réalisation d'un dallage sur terre-plein (risque de fissurations aux interfaces trop important). Le niveau bas de la construction devra être traité en plancher porté sur vide sanitaire.

IV.7. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents que le terrain n'est pas inondable. Au vu des résultats de l'étude NPHE (niveau EE au TA de la cour intérieure), les parties enterrées sont susceptibles d'être inondées.

Nous rappelons que la technique retenue devra tenir compte du degré de protection souhaité des parties enterrées et des possibilités de rejet disponibles. Aussi, en fonction du projet, plusieurs solutions sont envisageables pour se prémunir contre l'action de l'eau. :

- Un drainage périphérique réalisé selon les règles de l'Art (DTU 20.1) ;
- Une étanchéité relative associée à des cunettes périphériques avec forme de pente et évacuation par pompage des eaux de suintement recueillies,
- Un tapis drainant mis en place sous le dallage qui sera défini avec soin, de façon à assurer son efficacité et sa pérennité (granulométrie de type d/D, pente suffisante, drains en épis si nécessaire, géotextile anti-contaminant, etc...). Nous rappelons que dans ce cas, le dallage devra être équipé de cheminées de décompression ; le niveau bas restera inondable,
- **Un cuvelage étanche jusqu'au TA au minimum (DTU 14.1) de novembre 2020 – Travaux de cuvelage).**

Les drainages seront raccordés à une évacuation adaptée (gravitaire ou pompe de relevage), et rejetés dans les réseaux sous réserve de l'autorisation des services compétents concernés.

Dans tous les cas, un entretien régulier des ouvrages de drainage est nécessaire afin d'assurer la pérennité de son fonctionnement.

Dans l'hypothèse où le Maître d'Ouvrage accepte la possibilité d'une inondation du sous-sol, des dispositions spécifiques devront être étudiées.

IV.8. Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique

Les dispositions générales suivantes sont à respecter :

- Système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des parties par joints parasismiques,

- Ne pas fonder les constructions à cheval sur deux ou plusieurs types de sol de caractéristiques géotechniques très différentes, ou sur des discontinuités naturelles du sol : fractures, ressauts, brusque changement de pente, etc...
- Encastrer fortement les fondations dans les sols meubles,
- Veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale,
- Avoir un seul niveau de fondation et un niveau identique de fondation pour un même corps d'ouvrage. En cas de niveaux enterrés, les prévoir sur toute l'emprise de la construction ou, à défaut, sur une partie séparée par un joint parasismique. Si la stratification des couches géologiques est inclinée, la totalité des fondations doit descendre dans un niveau de sol identique, éventuellement avec décrochement de niveaux bas, de préférence inférieur à 1.2 m,
- Eviter impérativement toute accumulation d'eau de ruissellement autour des constructions (drainage périphérique efficace avec des regards de visite),
- Prévoir tous les éléments raidisseurs dans la structure, tels que chaînages, voiles, même courts en longueur, poteaux de même hauteur plutôt longs que courts, notion de couple poteaux forts / poutres faibles à respecter.

IV.9. Zones de voiries et réseaux divers (VRD)

L'étude de dimensionnement de la structure des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une étude spécifique. Néanmoins, nous présentons les recommandations liées aux sols support de la zone VRD.

La cour étant déjà aménagée, les structures de chaussée (couche de forme, etc...) pourront être conservées à condition de respecter le critère suivant :

- $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$

Si ce critère n'est pas obtenu, les préconisations des paragraphes suivants seront à appliquer.

IV.9.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase

La partie supérieure des terrassements est constituée par des remblais ou des sols argilo-sableux (alluvions récentes) de type F1.

Lorsque les terrassements en déblai / remblai sont exécutés, la PST peut être estimée, en fonction des sols en présence, pour le sol support sans drainage ni amélioration, entre PST n°1, AR1 (état hydrique humide), et PST3, AR1 (état hydrique moyen).

Ces classes peuvent évoluer en fonction des conditions météorologiques et chuter en PST n°0 avec AR0.

Des travaux préparatoires (drainage, purge et substitution, cloutage, mise en place de géogrilles, etc...) pourront être nécessaires pour obtenir une portance AR1 minimum.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme.

IV.9.2. Couche de forme

Les caractéristiques de la couche de forme (matériaux utilisés et épaisseurs) sont fournies dans le fascicule I du GTR24, en fonction des classes de PST et AR.

Pour obtenir une PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa), il est nécessaire d'appliquer les préconisations suivantes :

Etat hydrique de la PST	Classe PST / AR	Amélioration de la PST	Couche de forme
th	PST0 AR0	- opérations de terrassement (purge, substitution) sur 0.5 m d'épaisseur minimum avec un géotextile à la base, - cloutage sur 0,5 m minimum avec un géotextile sur le cloutage.	0,5 m de matériaux de type G1/G2 ou R3Li/R3Vo/R3Me (0/80)
h	PST1 AR1	Pas obligatoire	0,5 m de matériaux de type G1/G2 ou R3Li/R3Vo/R3Me (0/80)
m	PST3 AR1	Pas nécessaire	0,4 m de matériaux de type G1/G2 ou R3Li/R3Vo/R3Me (0/80)

Nota : si trafic PL, pour obtenir une PF2qs ($EV2 \geq 80$ MPa), il faut prévoir une surépaisseur de 30 cm de couche de forme par rapport au tableau ci-dessus.

V. ENCHAINEMENT DES ETUDES ULTERIEURES

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve de nos conditions générales et des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 de novembre 2013 (extrait en annexe).

Nous rappelons que cette étude est une mission de niveau G2 menée en phase Avant-Projet et un diagnostic géotechnique G5.

Ginger CEBTP se tient à disposition pour la réalisation des missions géotechniques suivantes.

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, il est nécessaire d'enchaîner les études d'ingénierie géotechniques avec les phases suivantes :

- Etude géotechnique de conception phase PROJET (G2 PRO),
- Etude géotechnique de conception phase DCE/ACT (G2 DCE / ACT),
- Puis, après attribution du marché de travaux, les études géotechniques de réalisation G3 et G4.

Enfin, Ginger CEBTP peut également assurer la maîtrise d'œuvre des ouvrages géotechniques.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		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

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

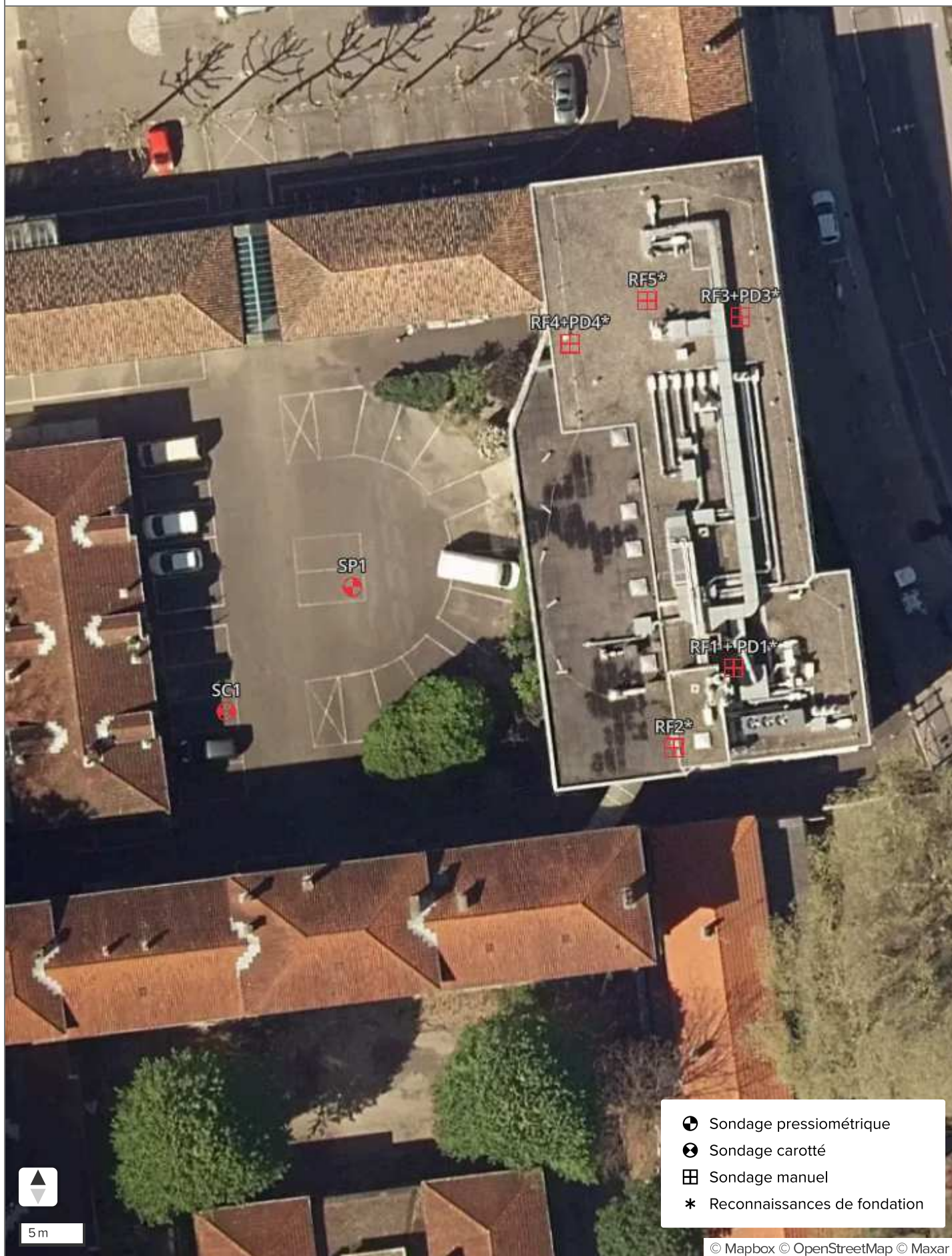
L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases : <u>Phase Étude de Site (ES)</u> 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'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> 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 : <u>Phase Avant-projet (AVP)</u> 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 avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <u>Phase Projet (PRO)</u> 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 avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <u>Phase DCE / ACT</u> 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, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

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 : <u>Phase Étude</u> — 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. <u>Phase Suivi</u> — 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 : <u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u> — 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. <u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u> — 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES ET RESULTATS DES INVESTIGATIONS

PLAN D'IMPLANTATION

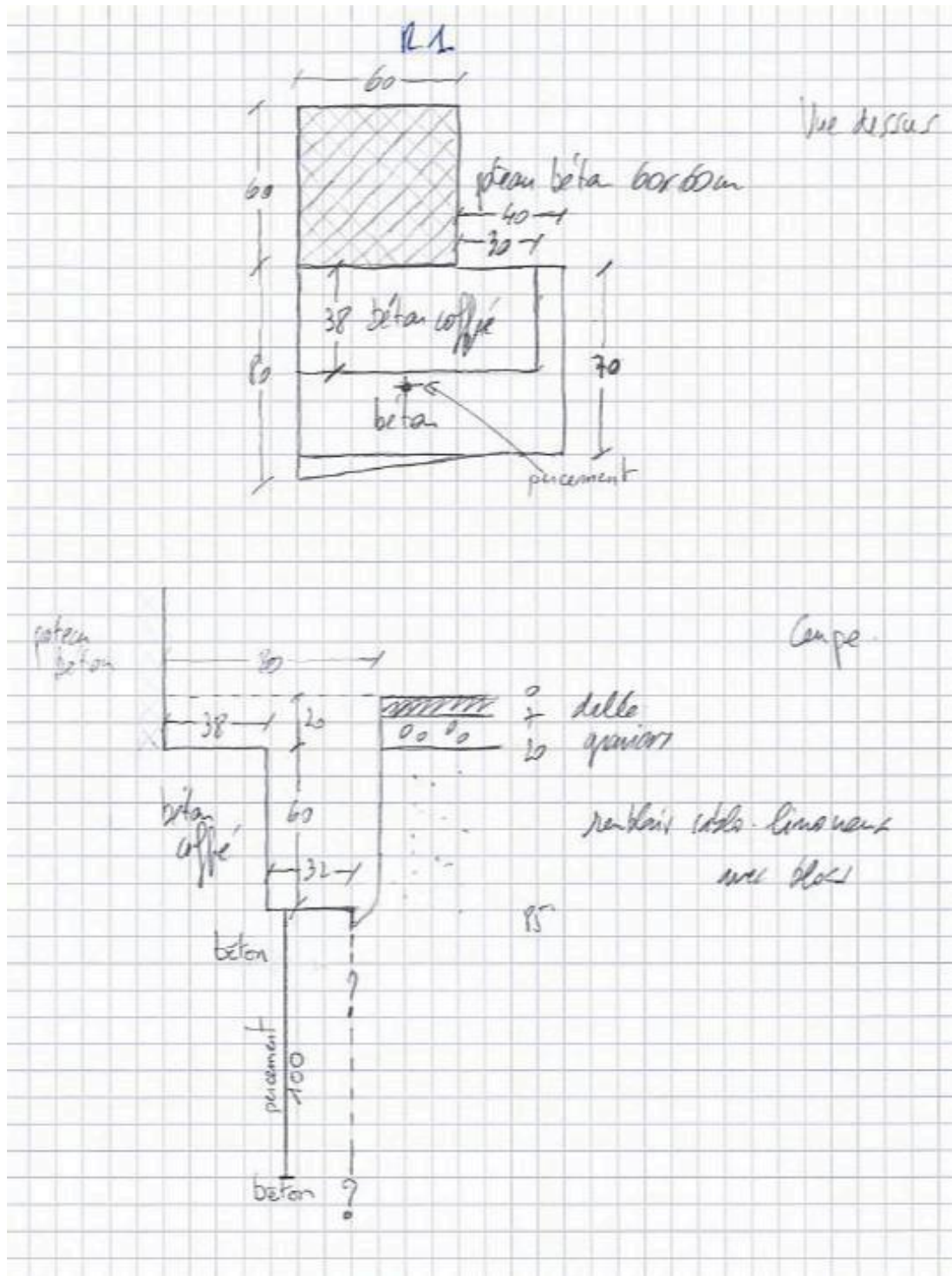


Sondage
RF1 + PD1

Élévation
-0,0 m

Prof. atteinte
Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF1 + PD1	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS

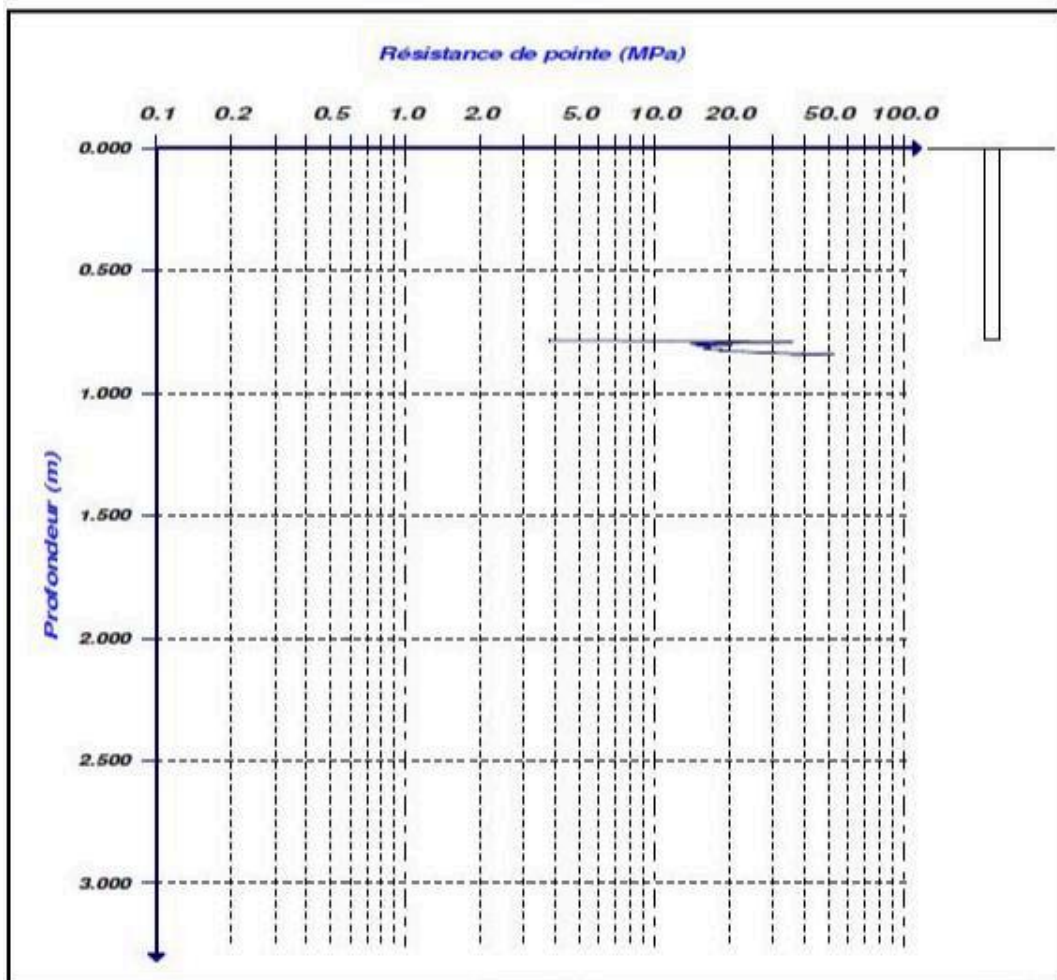


Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF1 + PD1	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS

Contrôle de compactage au pénétromètre dynamique à énergie variable

Document : T:\essais\Panda - Compactlog\Fichiers PANDA\Panda 2025\2025-09-23_CNSMD.pd2			
Site : LYON 9ème (69) CNSMD			
Sondage : PD1			
Enrobé : 0.00 m	Prof. pré-forage : 0.780 m	Section : 0.0002 m²	Prof. nappe : Indéterminée
Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 23/09/2025	Heure : 12:35:00
Opérateur : P. CIZERON		Organisme : GINGER CEBTP	
Commentaires :			
essai réalisé dans sondage R1 : avant-rou de 0.78 m			



Sondage

Élévation

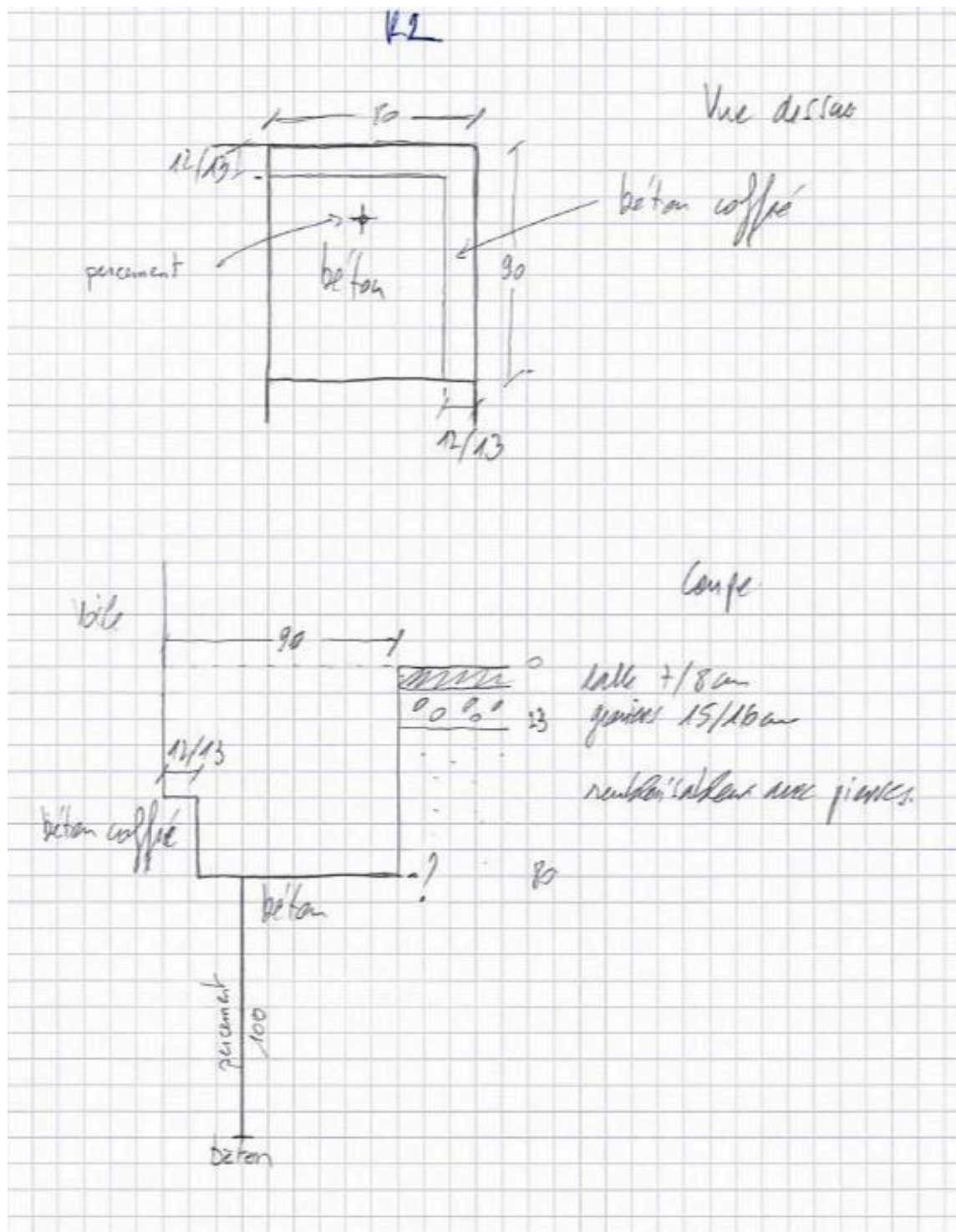
Prof. atteinte

RF2

-0,0 m

Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF2	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage

RF3+PD3

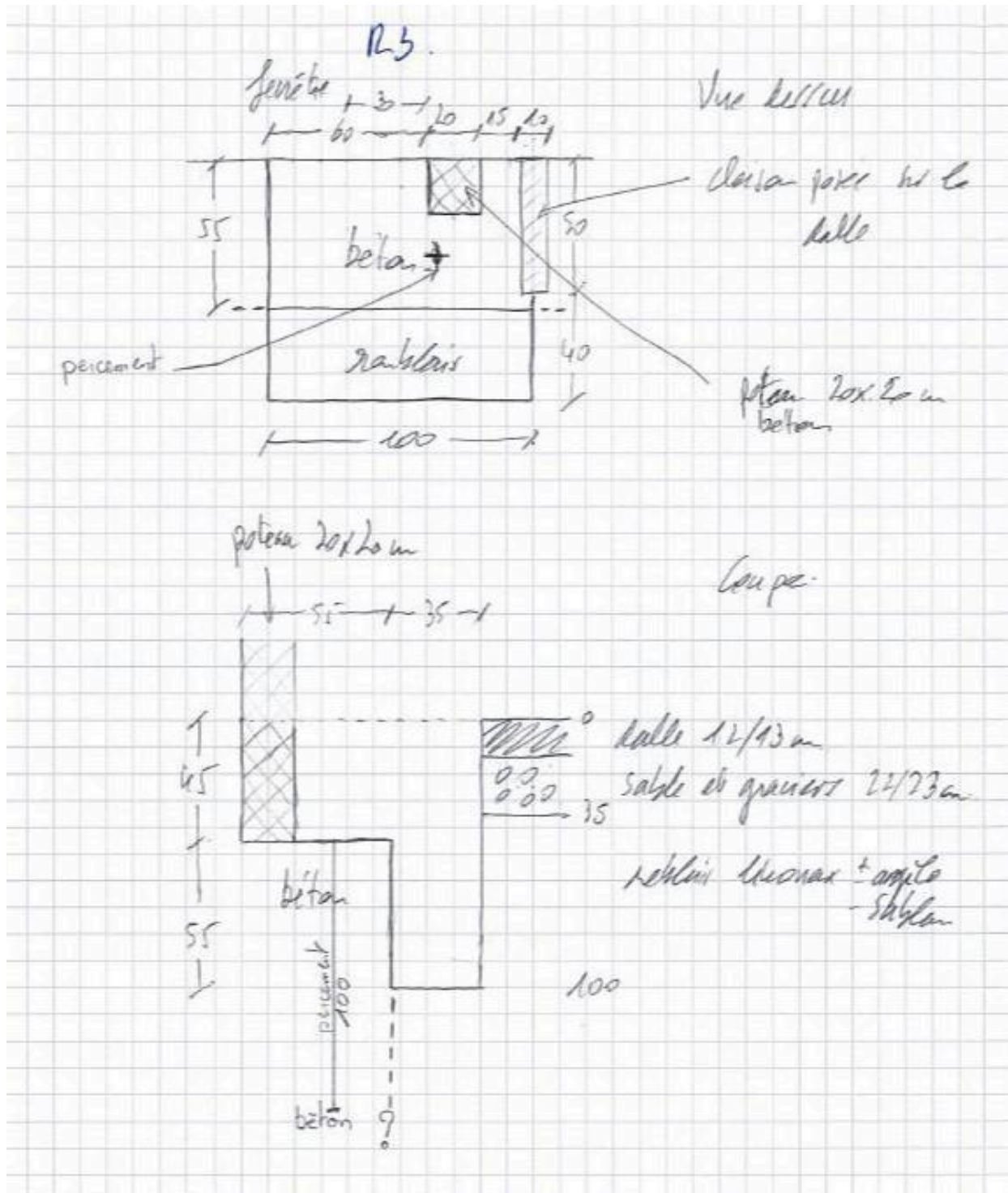
Élévation

-0,0 m

Prof. atteinte

Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF3+PD3	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF3+PD3	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS

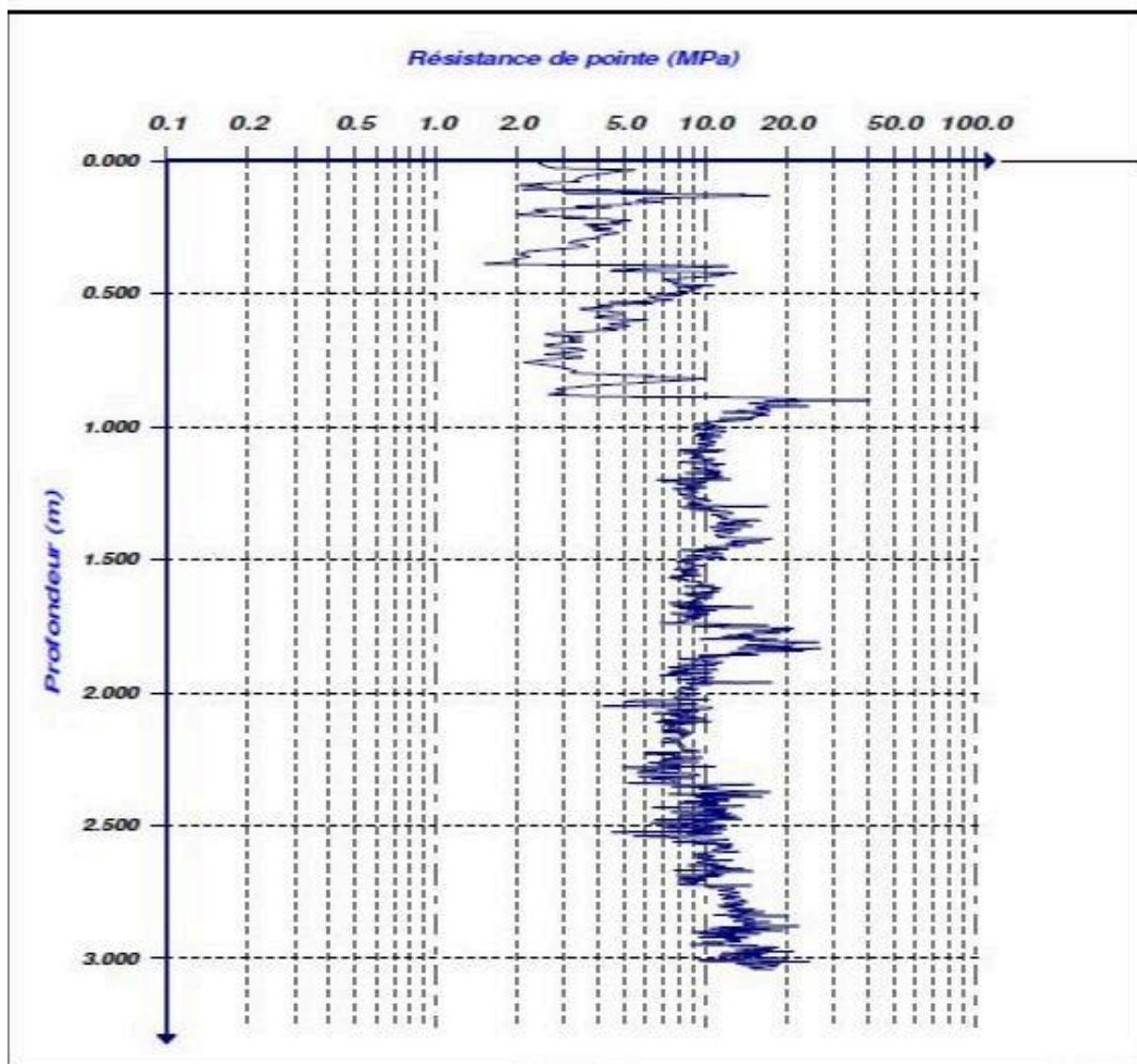
Site : LYON 9ème (69) CNSMD

Sondage : PD3

Enrobé : 0.00 m	Prof. pré-forage : 0.000 m	Section : 0.0002 m²	Prof. nappe : Indéterminée
Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 23/09/2025	Heure : 13:14:00
Opérateur : P. CIZERON	Organisme : GINGER CEBTP		

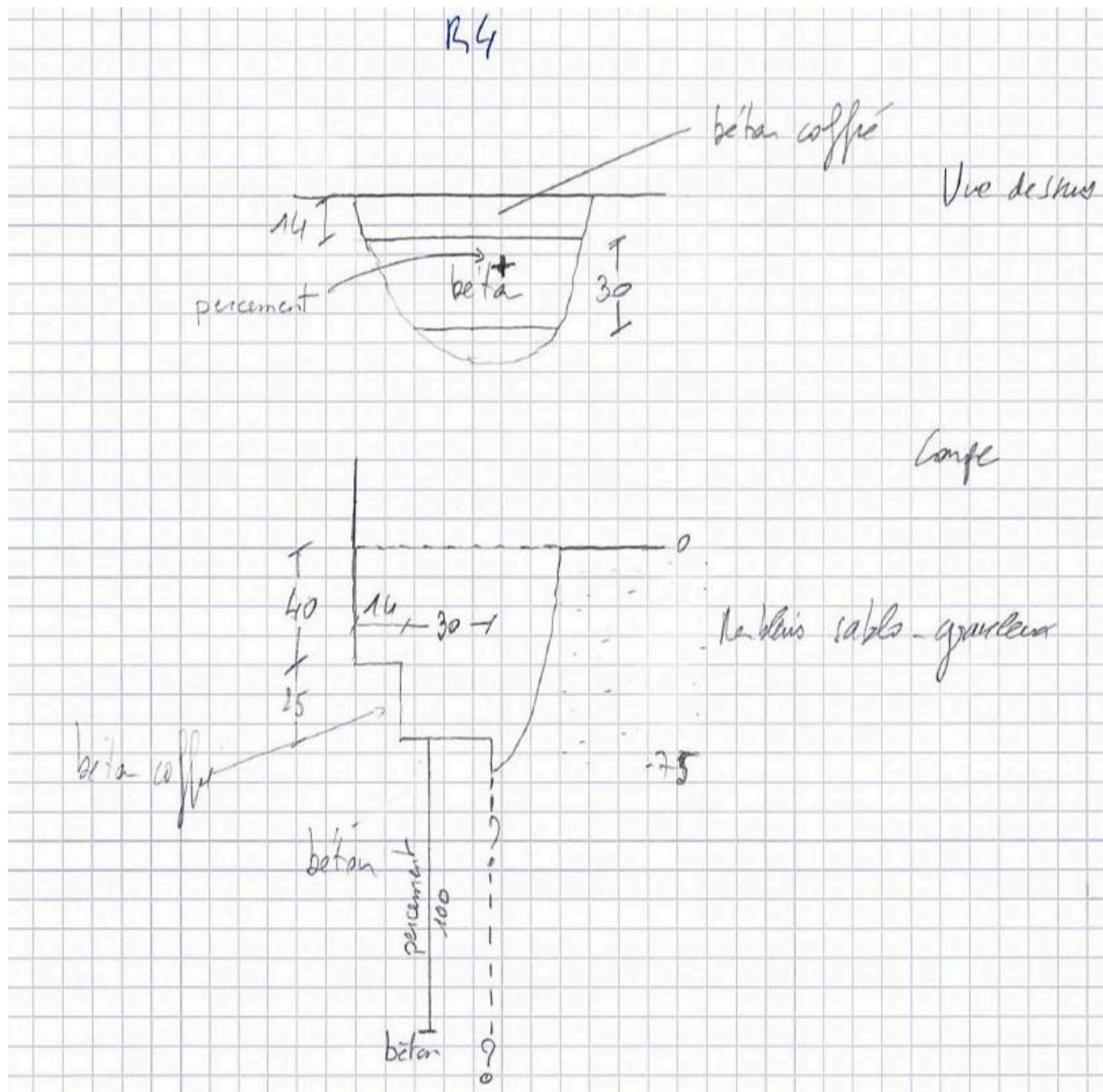
Commentaires :

essai réalisé dans le sondage R3



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF4+PD4	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage

RF4+PD4

Élévation

-0,0 m

Prof. atteinte

Non renseigné

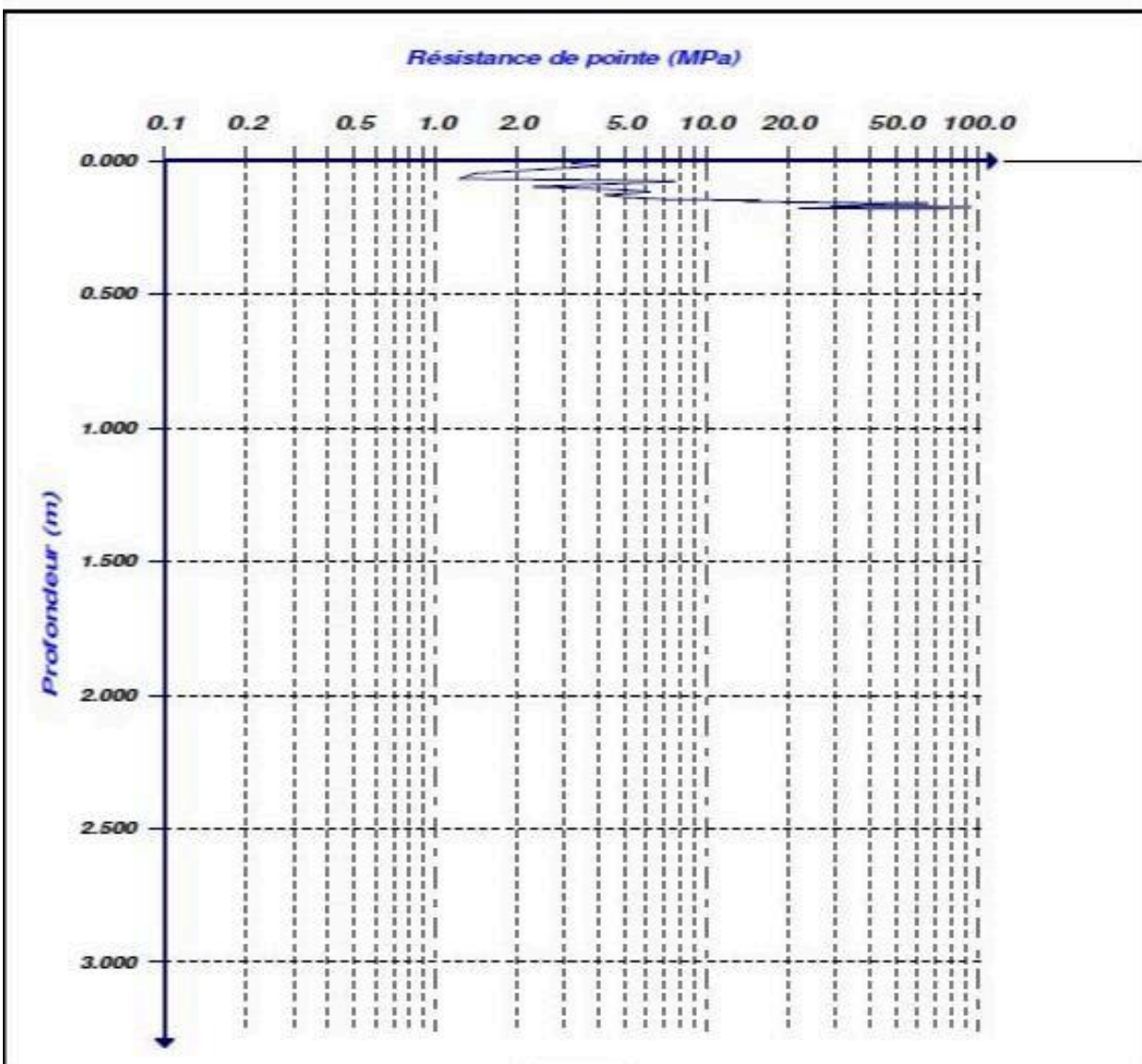
RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF4+PD4	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS

Site : LYON 9ème (69) CNSMD			
Sondage : PD4 ter			
Enrobe : 0.00 m	Prof. pré-forage : 0.000 m	Section : 0.0002 m²	Prof. nappe : Indéterminée
Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 23/09/2025	Heure : 14:07:00
Opérateur : P. CIZERON		Organisme : GINGER CEBTP	
Commentaires : essai réalisé dans sondage R4			



Sondage

RF5

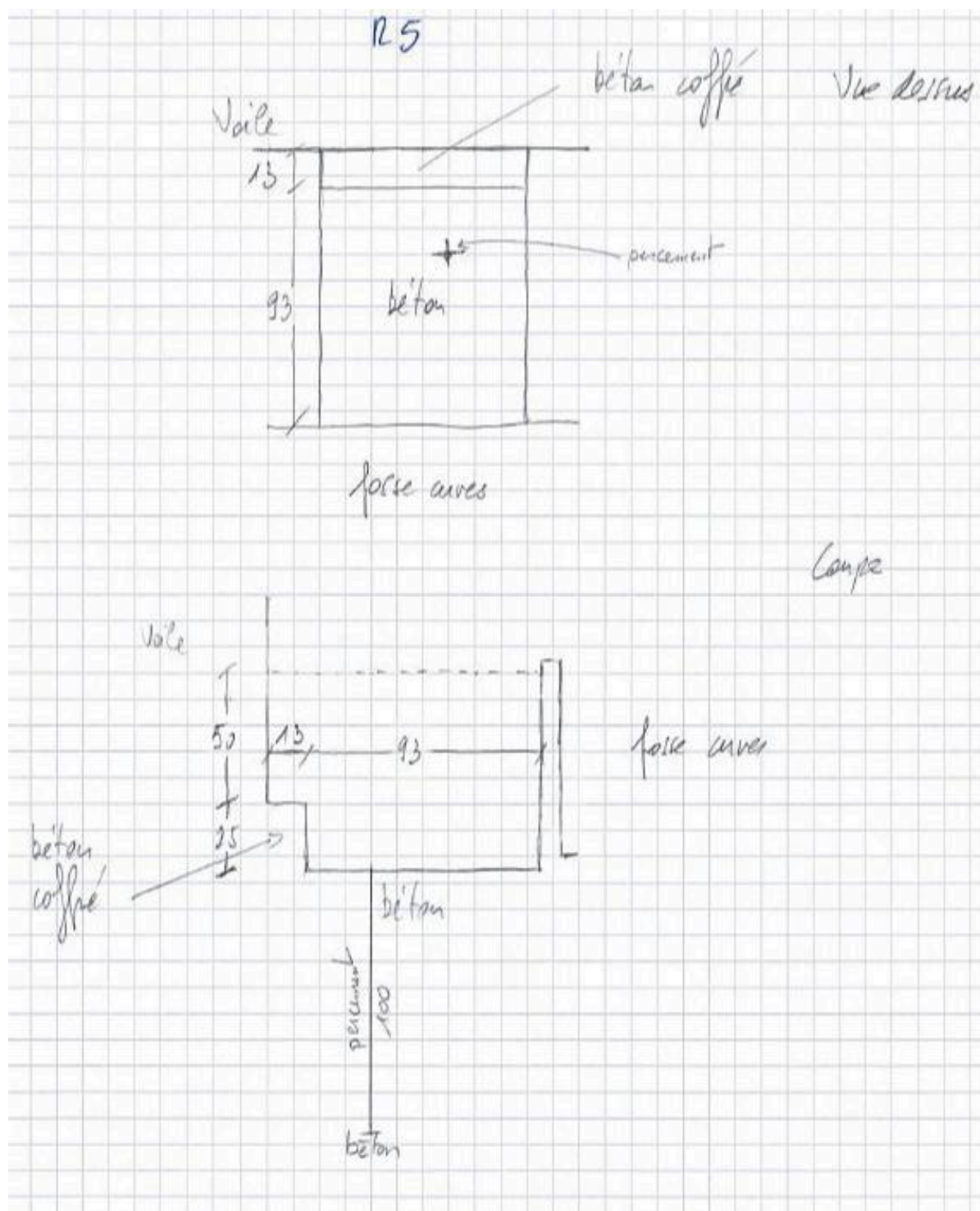
Élévation

-0,0 m

Prof. atteinte

Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



Sondage	Élévation	Prof. atteinte
RF5	-0,0 m	Non renseigné

RECONNAISSANCE DE FONDATIONS



SC1	Longitude	Latitude	Système de coordonnées			Précision des relevés
	4,8121	45,7682	WGS 84			Non renseigné
	Élévation	Prof. atteinte	Angle	Azimut	Nivellement	Précision des nivellements
	Non renseigné	Non renseigné	-	-	Non renseigné	Non renseigné

Début	Fin	Machine	Opérateur
Non renseigné	Non renseigné	-	-

Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Echantillons	Perméabilité
0		Enrobé 0,03 m	Carottier Ø114mm	25RLY-2612	k = 2,5 x 10 ⁻⁶ m/s (*N)
		Couche de forme sablo-graveleuse 0,35 m			
1		Argile ± sablo-graveleux			
2		2,2 m Argile peu sablo-graveleux			
3		3 m Sable et graviers 3,5 m			
			3,5 m		

Sondage	Élévation	Prof. atteinte
SC1	-0,0 m	Non renseigné

RAPPORT PHOTOGRAPHIQUE

0,0 m		2,0 m
2,0 m		3,5 m

MESURE DE PERMEABILITE type Nasberg injection à niveau variable

GINGER CEBTP

Affaire : LYON - CNSMD

Sondage : SP1

Essai N° : 3

Dossier : RLY2.P.133

Date: (-)

Nature du sol :Sable argilo-limoneux peu compact

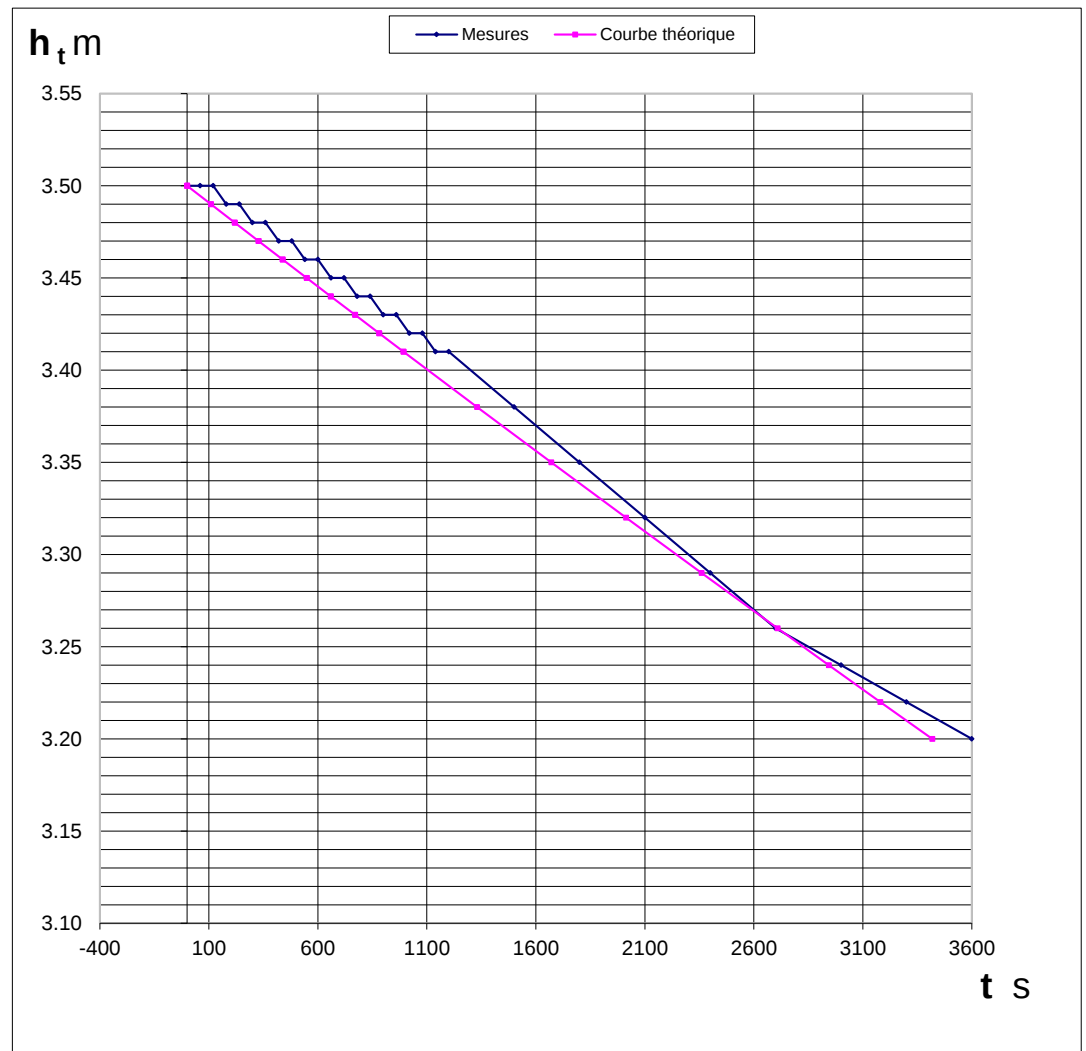
Aire intérieure du tubage :	S= 0.0079 m ²	Cote du tubage /TN :	Ht= 0.20 m
		Charge initiale :	h0= 3.00 m
Débit d'apport :	Qa= 0.00E+00 m ³ /s	Cavité	L= 1.00 m
			B= 0.114 m
Tubage :	Diam = 100/114 mm		m= 19
Cavité de :	Prof sup = 2.50 m		
	Prof inf = 3.50 m	Niveau d'eau en forage :	100.00 m

MESURES

t(s)	Z (m)
0	0.00
60	0.00
120	0.00
180	0.01
240	0.01
300	0.02
360	0.02
420	0.03
480	0.03
540	0.04
600	0.04
660	0.05
720	0.05
780	0.06
840	0.06
900	0.07
960	0.07
1020	0.08
1080	0.08
1140	0.09
1200	0.09
1500	0.12
1800	0.15
2100	0.18
2400	0.21
2700	0.24
3000	0.26
3300	0.28
3600	0.30

Coefficient de PERMEABILITE :

k= 6.0E-07 m/s



MESURE DE PERMEABILITE type Nasberg injection à niveau variable

GINGER CEBTP

Affaire : LYON - CNSMD

Sondage : SP1

Essai N° : 1

Dossier : RLY2.P.133

Date: (-)

Nature du sol :Sable argilo-limoneux peu compact

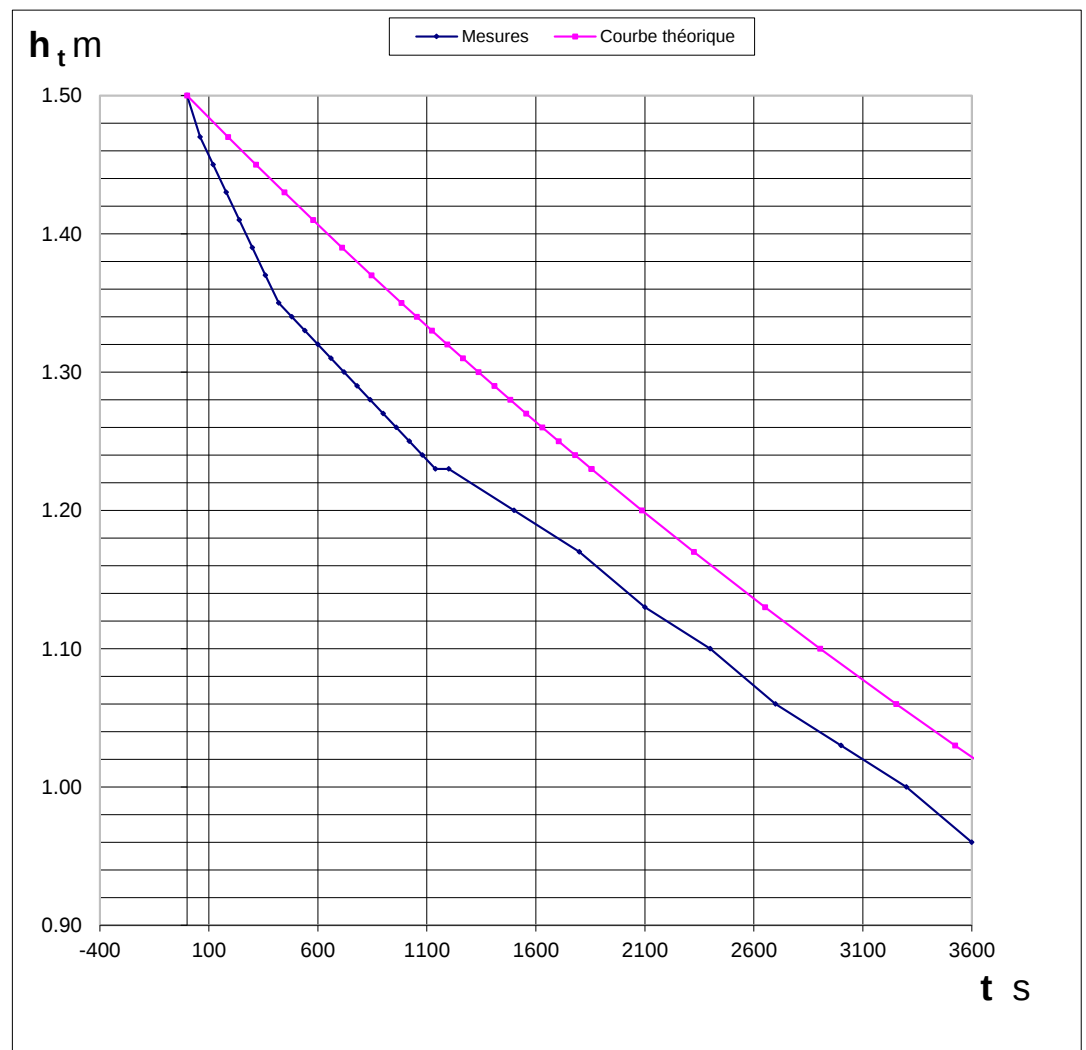
Aire intérieure du tubage :	S= 0.0079 m ²	Cote du tubage /TN :	Ht= 0.20 m
		Charge initiale :	h0= 1.00 m
Débit d'apport :	Qa= 0.00E+00 m ³ /s	Cavité	L= 1.00 m
			B= 0.114 m
Tubage :	Diam = 100/114 mm		m= 19
Cavité de :	Prof sup = 0.50 m		
	Prof inf = 1.50 m	Niveau d'eau en forage :	100.00 m

MESURES

t(s)	Z (m)
0	0.00
60	0.03
120	0.05
180	0.07
240	0.09
300	0.11
360	0.13
420	0.15
480	0.16
540	0.17
600	0.18
660	0.19
720	0.20
780	0.21
840	0.22
900	0.23
960	0.24
1020	0.25
1080	0.26
1140	0.27
1200	0.27
1500	0.30
1800	0.33
2100	0.37
2400	0.40
2700	0.44
3000	0.47
3300	0.50
3600	0.54

Coefficient de PERMEABILITE :

k= 2.5E-06 m/s



MESURE DE PERMEABILITE type Nasberg injection à niveau variable

GINGER CEBTP

Affaire : LYON - CNSMD

Sondage : SP1

Essai N° : 2

Dossier : RLY2.P.133

Date: (-)

Nature du sol :Sable argilo-limoneux peu compact

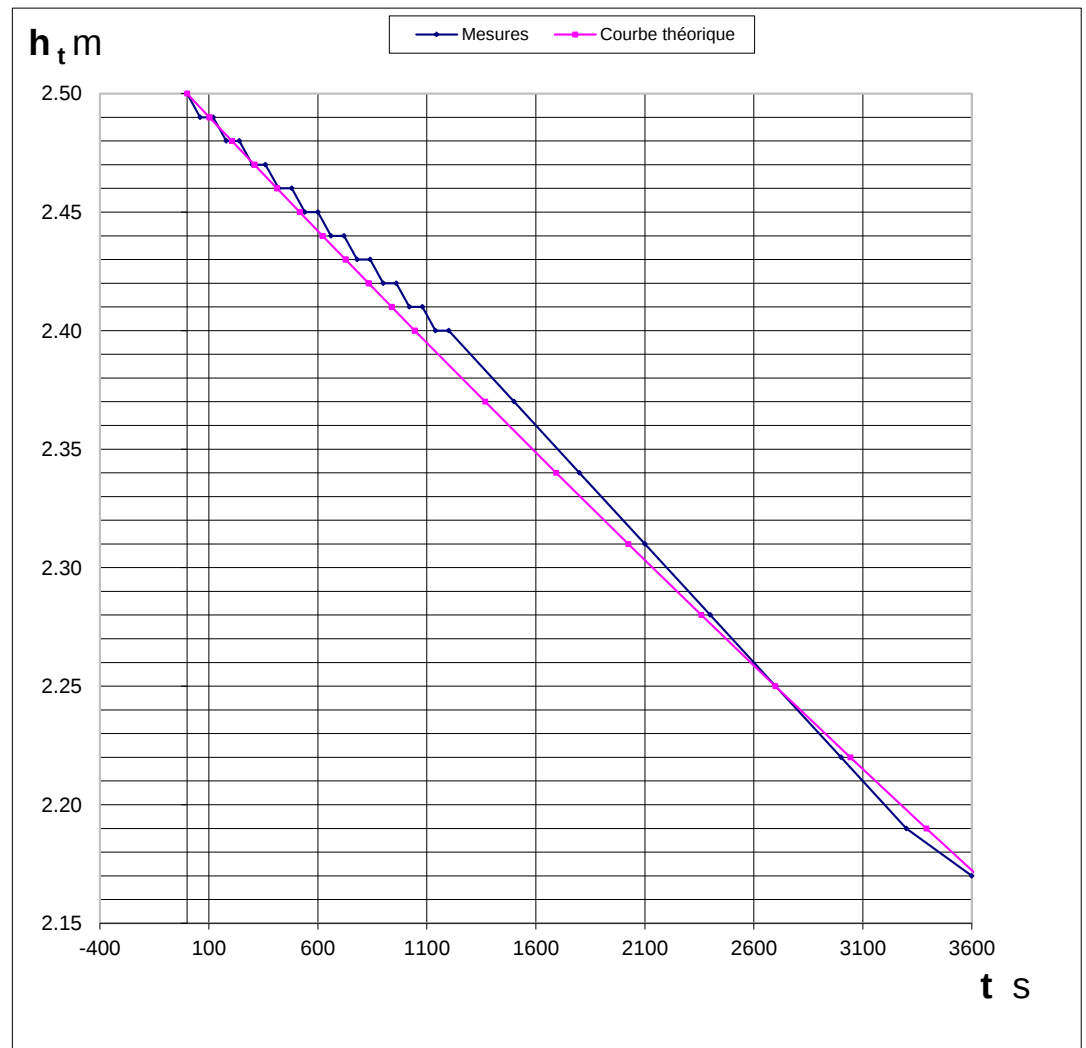
Aire intérieure du tubage :	S= 0.0079 m ²	Cote du tubage /TN :	Ht= 0.20 m
		Charge initiale :	h0= 2.00 m
Débit d'apport :	Qa= 0.00E+00 m ³ /s	Cavité	L= 1.00 m
			B= 0.114 m
Tubage :	Diam = 100/114 mm		m= 19
Cavité de :	Prof sup = 1.50 m		
	Prof inf = 2.50 m	Niveau d'eau en forage :	100.00 m

MESURES

t(s)	Z (m)
0	0.00
60	0.01
120	0.01
180	0.02
240	0.02
300	0.03
360	0.03
420	0.04
480	0.04
540	0.05
600	0.05
660	0.06
720	0.06
780	0.07
840	0.07
900	0.08
960	0.08
1020	0.09
1080	0.09
1140	0.10
1200	0.10
1500	0.13
1800	0.16
2100	0.19
2400	0.22
2700	0.25
3000	0.28
3300	0.31
3600	0.33

Coefficient de PERMEABILITE :

k= 9.0E-07 m/s



Informations générales

N° dossier : **RLY2.P133.**
Désignation : LYON 9 - CNSMD - SALLE MODULABLE
Localité : LYON
Chargé d'affaire : ASLAN BERIVAN

Client / MO : COMMUNAUTE D'UNIVERSITES ET ETABLISSEMENTS (COMUE)

Demandeur / MOE : COMMUNAUTE D'UNIVERSITES ET ETABLISSEMENTS (COMUE)

Informations sur l'échantillon N° 25RLY-2612

Mode de prélèvement : Sondage carotté
Prélevé par : GINGER CEBTP
Date prélèvement : 25/08/25
Mode de conservation : Sol non intact
Date de livraison : 25/08/25
Description : Limon sableux marron

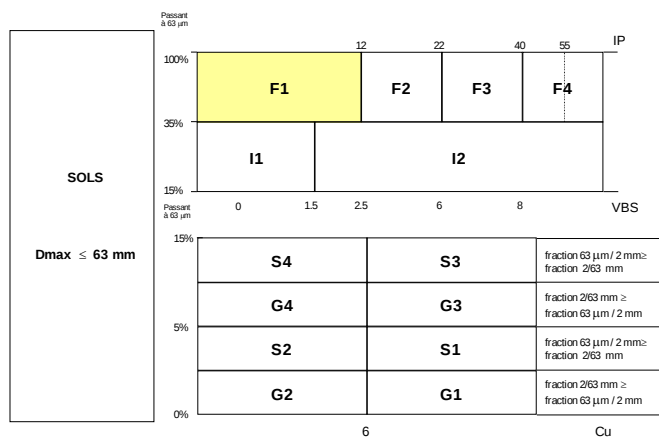
Sondage : SC1
Profondeur : 0.80/1.50 m

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax / Lmax	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	50 / 55	mm
Passant à 63 mm	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	83.7	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	57.4	%
Passant à 63 µm (fraction 0/63 mm)	Granulométrie selon NF EN ISO 17892-4	52.9	%
Passant à 2 µm	ME selon NF P 94-057		%
Limite de liquidité - WL	NF EN ISO 17892-12		%
Limite de plasticité - WP	NF EN ISO 17892-12		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF EN 17542-3	1.95	g /100 g
MV des particules solides ρs	NF EN ISO 17892-3		Mg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF EN ISO 17892-2		Mg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - CMOC	XP P 94-047		%

CLASSIFICATION NF EN 16907-2: F1

Equivalence Classification NF P 11 300: **A1**



SOLS
Dmax ≤ 63 mm

VC1	Matériaux roulés et matériaux anguleux très charpentés (fraction 0/63 mm ≤ 60 à 80 %)
VC2	Matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (fraction 0/63 mm > 60 à 80 %)

Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - w	NF EN ISO 17892-1	16.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice I.CBR.Immersion	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

SOLS
Dmax > 63 mm

Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	CH
		Calcaires	Li
	Roches argileuses ou dégradables	Marnes, argilites, pélites ...	Cl
	Roches siliceuses	Grès	Sa
		Brèches, poudingues, conglomérats	Co
	Roches salines	Sel gemme, gypse	SR
Roches magmatiques		Granites, basaltes, trachytes, andésites	Vo
Roches métamorphiques		Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardoisiers	Me

Matériaux rocheux

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF EN 17542-2		
Dégradabilité - DG	NF EN 17542-1		
micro-Deval - MDE	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA	NF EN 1097-2		
Friabilité des sables - FS	NF P18-576		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	

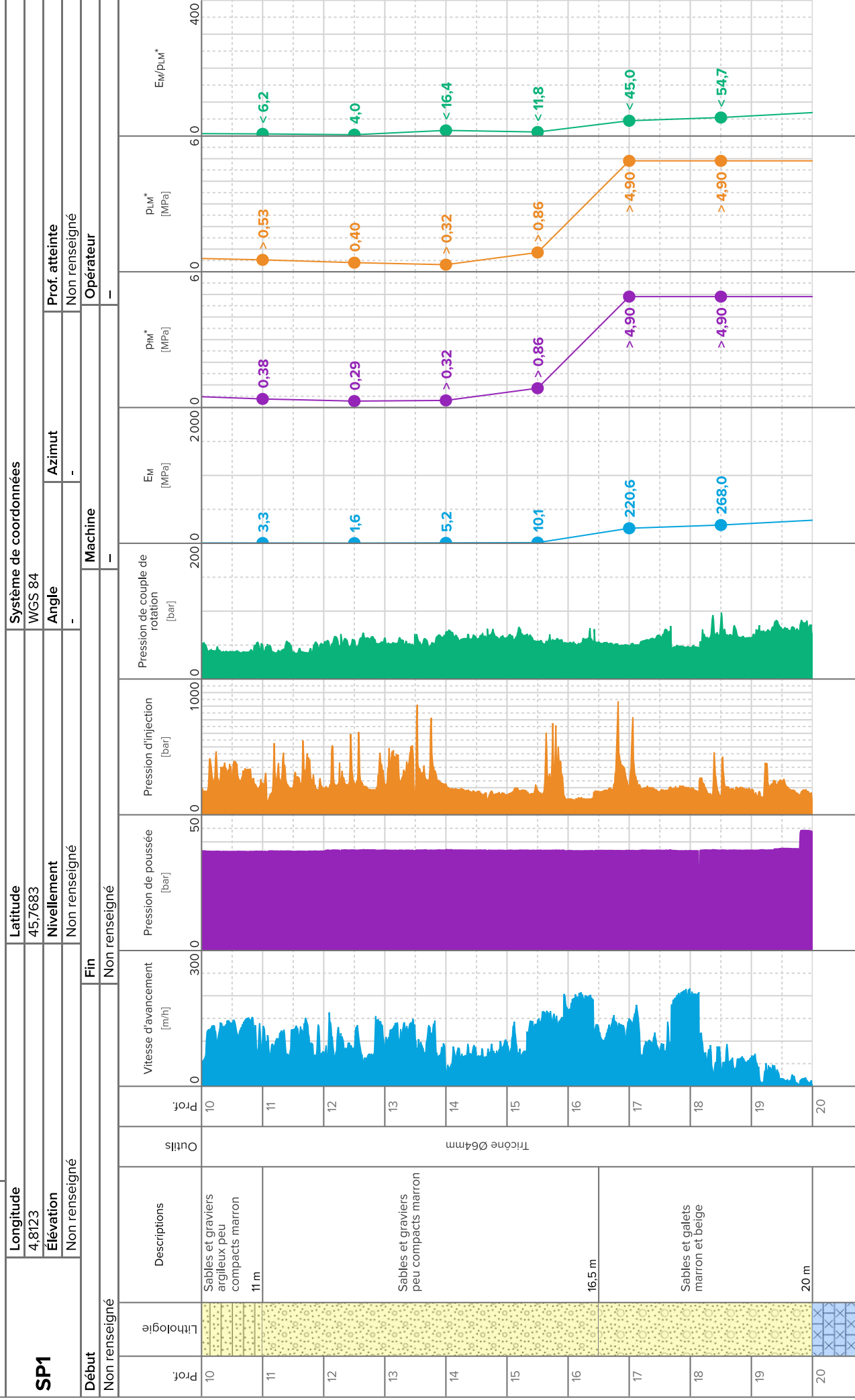
Observations :

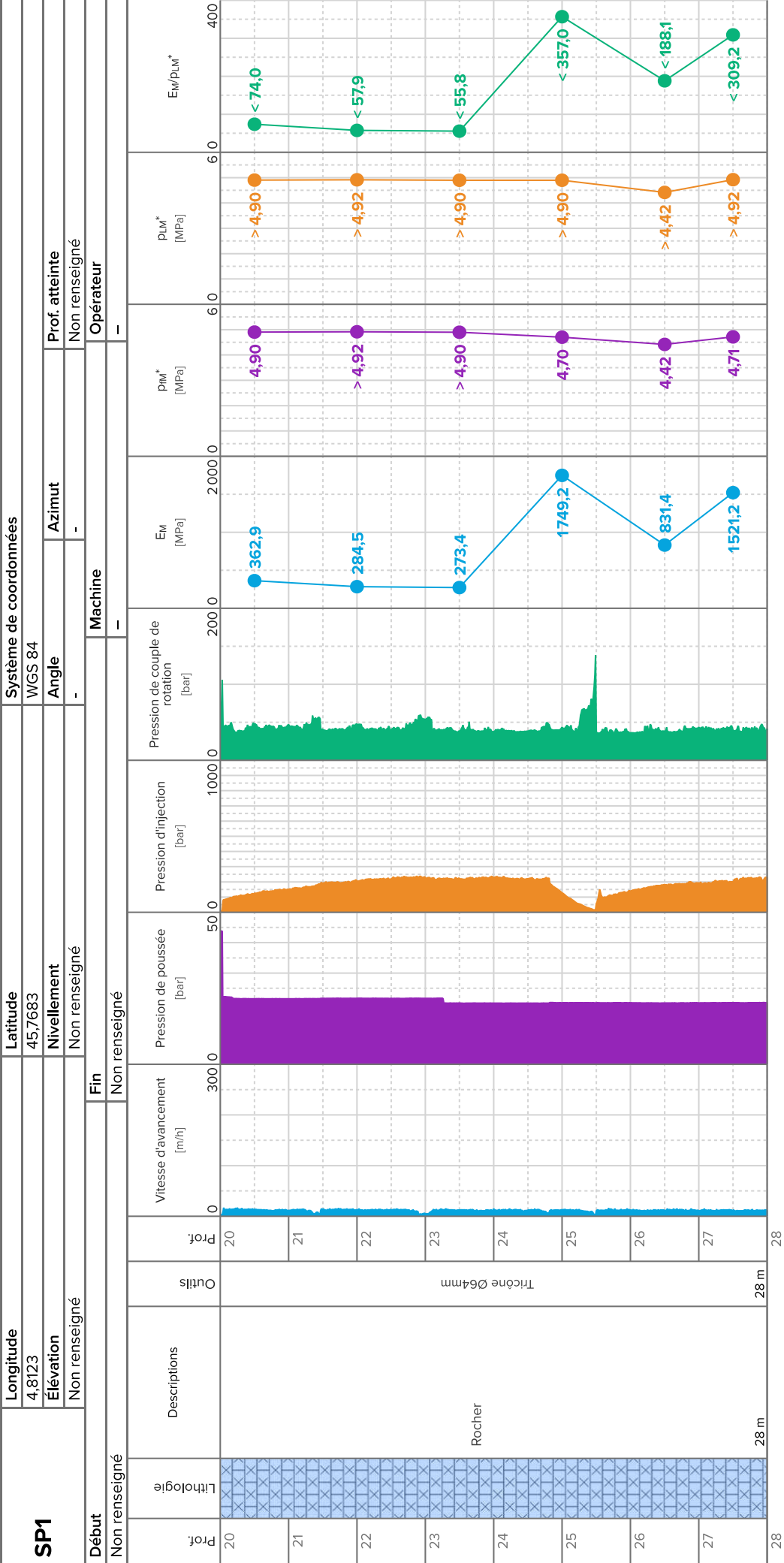
Technicien(ne) supérieur(e)

NATHALIE TETARD



SP1		Longitude		Système de coordonnées									
		4,8123		WGS 84									
		Élévation		Angle									
Début		Non renseigné		Non renseigné		Prof. atteinte							
		Fin		Machine		Opérateur							
		Non renseigné		-		-							
Prof.	Lithologie	Descriptions	Outils	Prof.	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression d'injection [bar]	Pression de couple de rotation [bar]	Em [MPa]	p _{lm} * [MPa]	PLM* [MPa]	Em/PLM*	
0	* * * * *	Enrobés 0,2 m	Tricône Ø64mm	0									
1		Remblais sablo-limono-graveleux marron		1									
2	* * * * *	2,5 m		2									
3		Sables et graviers argileux peu compacts marron		3									
4				4									
5				5									
6				6									
7				7									
8				8									
9				9									
10				10									







www.groupe-cebtp.com

CONTACT

Agence de Lyon

53 rue Jean Zay 69800 SAINT PRIEST

Tél. : +33 (0)4 72 79 59 59

Mail. : cebtp.lyon@groupeginger.com

www.ginger-cebtp.com