

HYDROGEOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.



RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Rénovation du bâtiment B38

Étude géotechnique (G2 PRO)
SGAMI Ouest, OISSEL (76)

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	CONTRÔLEUR	OBSERVATIONS
C.25.70.211	1	16/01/2026	A. LE BAYON	M. FERREIRA	Première diffusion

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
1.1. MISSIONS.....	3
1.2. REFERENTIELS.....	4
1.3. DOCUMENTS FOURNIS.....	5
1.4. RAPPEL DE LA MISSION G5 ET DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	5
2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE.....	9
2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE	9
2.2. ÉTUDE HISTORIQUE SOMMAIRE	11
2.3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	13
2.4. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	14
2.5. RISQUES NATURELS.....	14
2.5.1. RISQUE INONDATION – RUISSELLEMENT	15
2.5.2. PHÉNOMÈNE DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX.....	15
2.5.3. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES.....	15
2.5.4. SISMICITÉ	16
3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE	17
3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE	17
3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE	18
4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION	19
4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUE.....	19
4.2. HYDROGÉOLOGIE	23
4.3. SONDAGES DE RECONNAISSANCES DE FONDATIONS.....	24
4.3.1. RECONNAISSANCE DE FONDATION RF1	24
4.3.2. RECONNAISSANCE DE FONDATION RF2	25
5. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES	26
5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES	26
5.2. ALÉAS.....	27
5.2.1. LA GÉOLOGIE	27
5.2.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX	27
5.2.3. L'HYDROGÉOLOGIE	28
5.2.4. L'ENVIRONNEMENT ET L'HISTORIQUE DU SITE	28
5.2.5. LES RISQUES NATURELS	28
6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G2 PRO	29
7. DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES PAR MICROPIEUX – MISSION G2 PRO	30
7.1. DESCRIPTION DU PROJET ET DESCENTES DE CHARGES	30
7.2. PRINCIPES.....	31
7.3. NIVEAU D'ASSISE	31
7.4. CARACTÉRISTIQUES DES MICROPIEUX.....	32
7.5. DÉTAIL DES JUSTIFICATIONS.....	33
7.5.1. CAPACITÉ PORTANTE	33
7.5.2. COMPORTEMENT TRANSVERSAL DES MICROPIEUX.....	35
7.5.3. TASSEMENTS.....	35
7.6. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION	36
ANNEXES	38



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte du **SGAMI Ouest**, la Direction Régionale Normandie du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE OUEST** a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques relative au **projet de rénovation du bâtiment B38 situé sur le site du SGAMI Ouest** sur la commune de **OISSEL (76)**.

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à la réalisation d'une **mission G2 PRO** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- **ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)**
 - **ES : Phase étude de site,**
 - **PGC : Phase principe généraux de construction,**
- **ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)**
 - **AVP : Phase avant-projet,**
 - **PRO : Phase projet,**
 - DCE / ACT
- **ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation**
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - Phase étude,
 - Phase suivie.
- **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - Diagnostic géotechnique (G5).

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.



Les objectifs de cette étude sont :

- l'appréhension du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique au droit du projet,
- le dimensionnement d'une solution de reprise en œuvre du bâtiment suivant les règles, normes AFNOR ou fascicules.

Notre mission de type G2-PRO s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions G2 DCE/ACT et G4. Ponctuellement une mission G5 à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Limites de cette étude :

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques et à l'étude des dispositifs d'assainissement sont exclus.

1.2. REFERENTIELS

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et document français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF EN 1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF EN 1997-1 (juin 2005) et NF EN 1997-2 (septembre 2007) et son annexe nationale NF EN 1997-1NA (septembre 2018),
- Eurocodes 8 – NF EN 1998-1 (septembre 2005) + A1 (mai 2013),
- Eurocodes 8 – NF EN 1998-5 (septembre 2005),
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », modifié par arrêtés successifs, version en vigueur à la date d'établissement du présent rapport,
- NF P 94-262 – Calcul géotechnique – Fondations profondes (juillet 2012),
- NF P 94-262 A1 – Calcul géotechnique – Fondations profondes Amendement 1 (juillet 2018)
- NF DTU13.2 – Travaux de bâtiment – Fondations profondes : P1-1, P1-2 et P2 (mai 2020),
- NF EN 14 199 - Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Micropieux (septembre 2015),
- NF DTU 13.3 – Travaux de dallages - Conception, calcul et exécution : P1-1-1, P1-1-2, P1-2 et P2 (décembre 2021),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme GTR (septembre 1992).
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

1.3. DOCUMENTS FOURNIS

Pour mener à bien notre mission, le document suivant nous a été fourni par le Maître d’Ouvrage :

- Note d’hypothèses du BE SEINE INGENIERIE, document nommé « 22-09-0294-STR02-0 - Travaux GER Batiment stockage B38 » et daté du 01/10/2025.

En outre, cette étude fait suite à un diagnostic géotechnique – mission G5 – réalisé par nos soins, étude référencée C.24.70.065, et datée du 06/06/2024. Cette étude est réputée connue et intégrée par le lecteur.

1.4. RAPPEL DE LA MISSION G5 ET DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le bâtiment B38, situé dans l’enceinte du SGAMI Ouest sur la commune de OISSEL (76), présente de nombreuses fissures en façades comme visibles sur les photographies ci-dessous.



Photographies du bâtiment B38 prises lors de notre intervention en date du 15/05/2024



Photographie du bâtiment B38 prises lors de notre intervention en date du 15/05/2024

Les observations et investigations menées dans le cadre de la mission G5 ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Le bâtiment B38 est un ouvrage ancien fondé superficiellement par semelles filantes et semelles isolées, ancrées dans les alluvions anciennes de haute terrasse (couche 1), constituées de sables argileux à limoneux charpentés en silex, classés C1B4 à C1B5 au sens du GTR.
- Ces matériaux, sensibles à l'eau, présentent une compacité très hétérogène sous les fondations, avec des chutes marquées de portance au droit des zones fissurées ($q_{d, \text{moyen}}$ de l'ordre de 1.2 à 1.5MPa), contrastant avec des valeurs élevées mesurées à proximité.
- Plusieurs gouttières dégradées et non raccordées à un réseau de collecte entraînent une infiltration directe et répétée des eaux météoriques en pied de façade, principalement sur les façades Est et Nord.
- Ces infiltrations ont provoqué, à terme, un lessivage des fines et une décompression progressive des terrains de fondation, générant des tassements différentiels à l'origine des fissurations observées sur les façades.

Dans ce contexte, la présente mission G2 PRO a pour objet de définir et dimensionner un principe de reprise en sous-œuvre du bâtiment B38.

A ce stade, les informations connues sur le projet sont les suivantes :

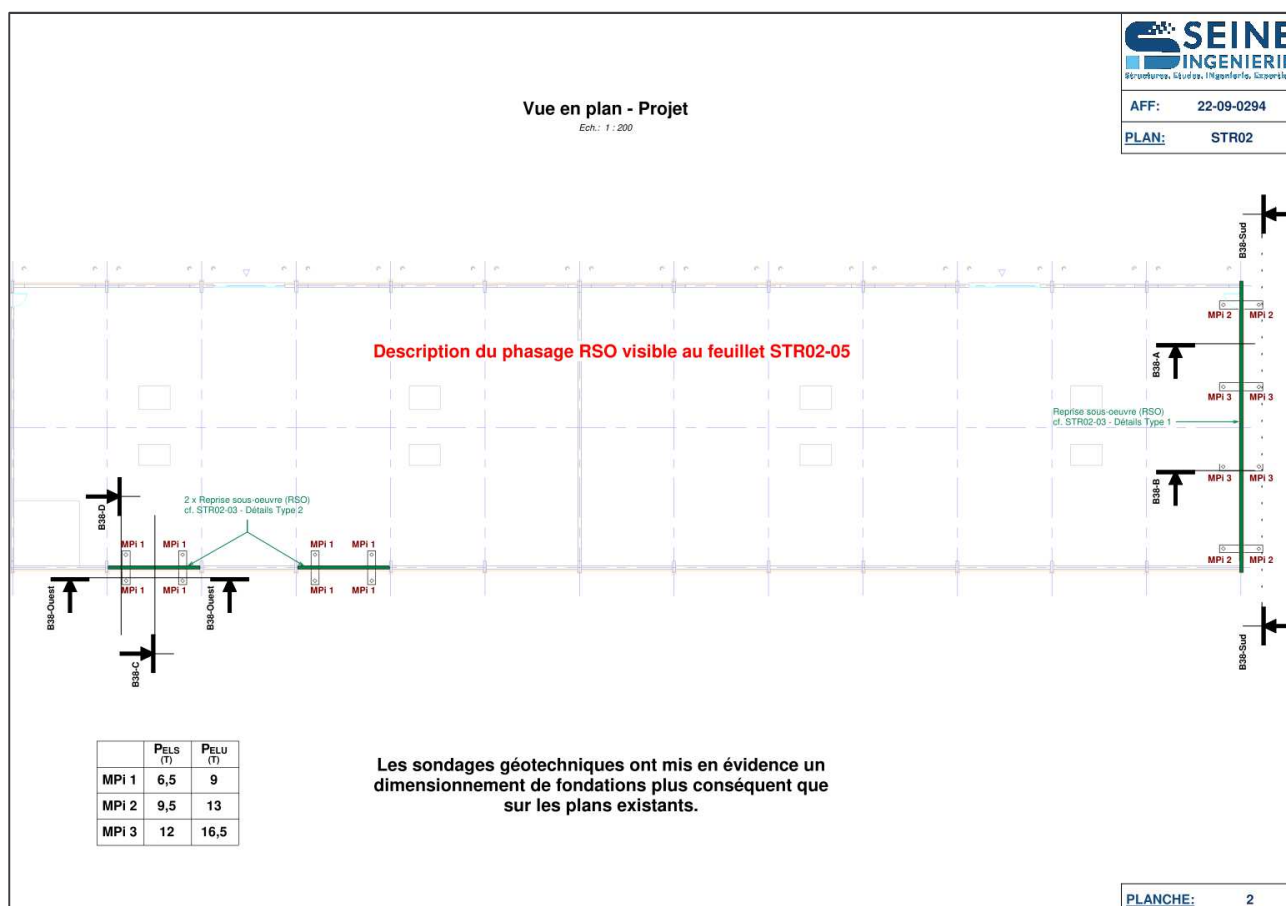
- Reprise en sous-œuvre du bâtiment 38 sur les deux façades atteintes par des désordres de type fissures.
- Le plan de fondations transmis met en lumière 2 x 8 micropieux.
- Les charges annoncées à ce stade sont au maximum de 12t à l'ELS et de 16.5t à l'ELU par micropieu.

A ce stade, nous ne disposons pas des classes de conséquences de l'ouvrage. Nous retenons ici un ouvrage de classe de conséquence CC2 (à confirmer par le Maître d'Ouvrage), ce qui conduirait à un ouvrage classé en catégorie géotechnique 2.

Classe de conséquence	Conditions de site	Catégorie géotechnique*	Base des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
CC1	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple		
CC2	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes		

* Cette classification est à confirmer par le Maître d'Ouvrage.

Les profils suivants présentent les travaux projetés :

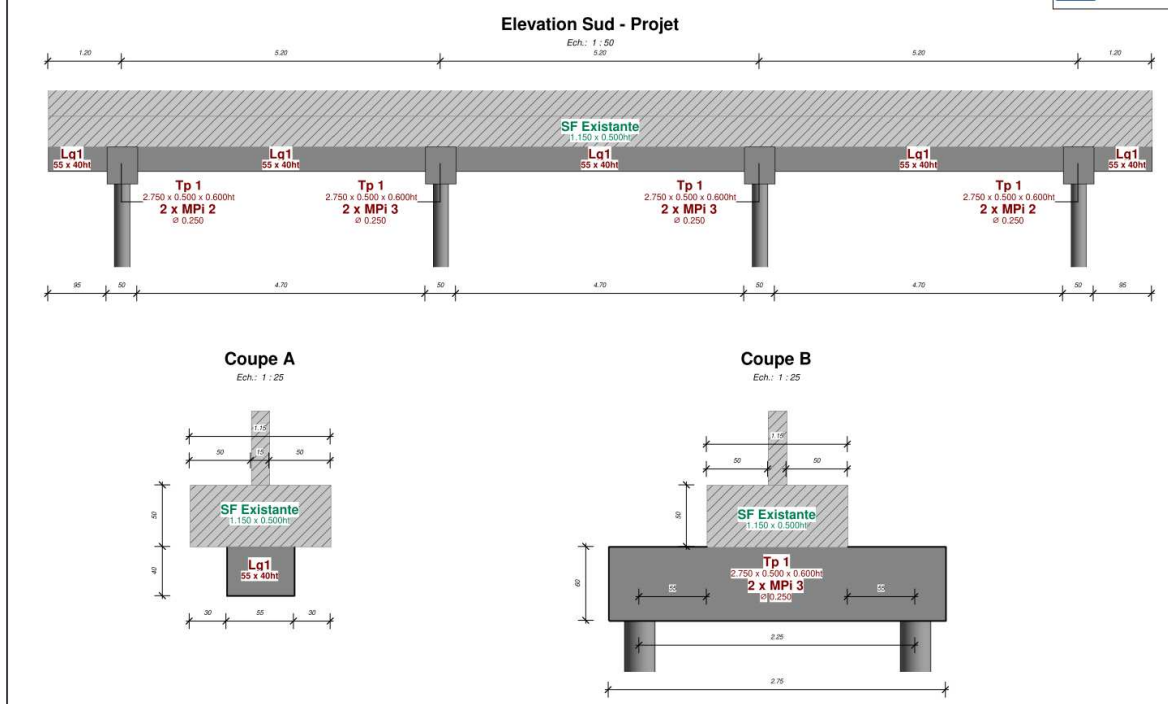


Remarquons que la reprise en sous-œuvre se concentre sur les zones singulières où des désordres sont visibles. On attire l'attention du Maître d'Ouvrage sur le fait que d'autres désordres pourraient apparaître sur les zones non renforcées.

D'autres mesures curatives sont donc à attendre dans le futur.

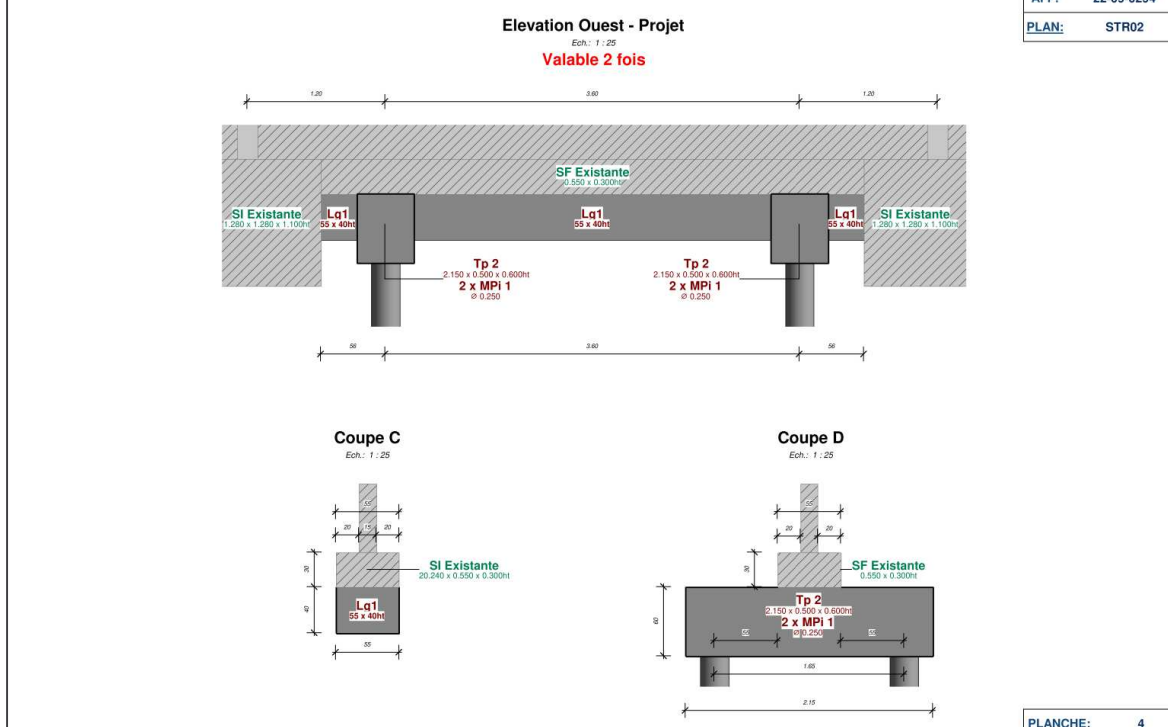
Détails valables pour RSO Type 1

INGENI
Structures, Génie, Ingénierie
AFF: 22-09-02
PLAN: STR02



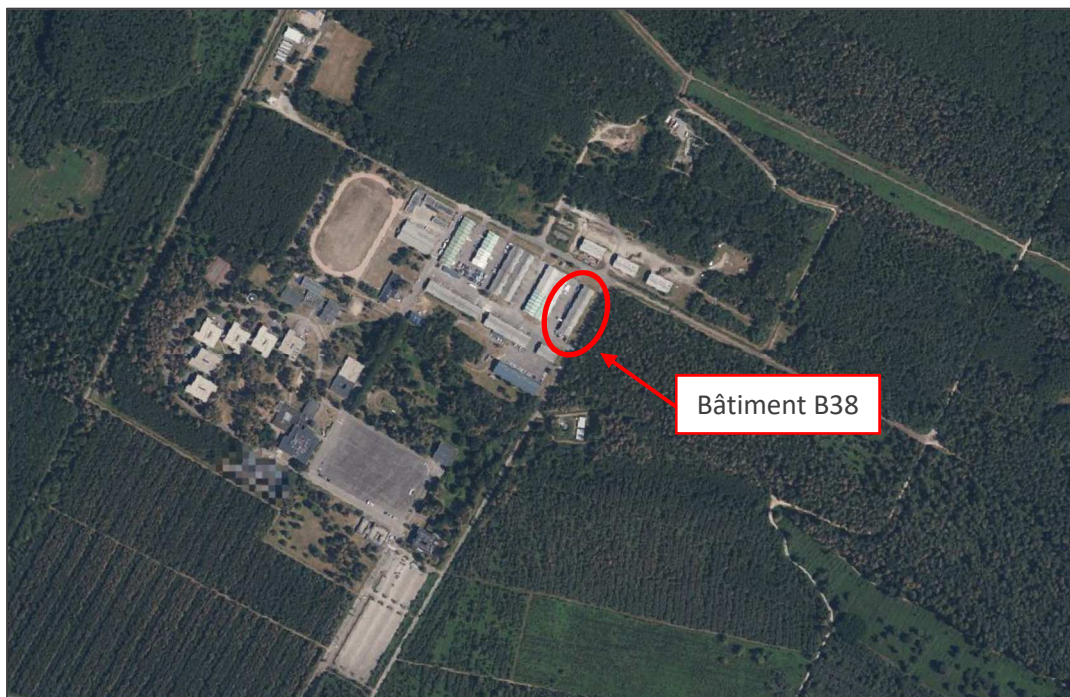
Détails valables pour RSO Type 2

SEINE
INGENIERIE
Structures, Génie, Ingénierie
AFF: 22-09-0294
PLAN: STR02



Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.





Extrait d'une vue aérienne de la zone d'étude (source : Géoportail)

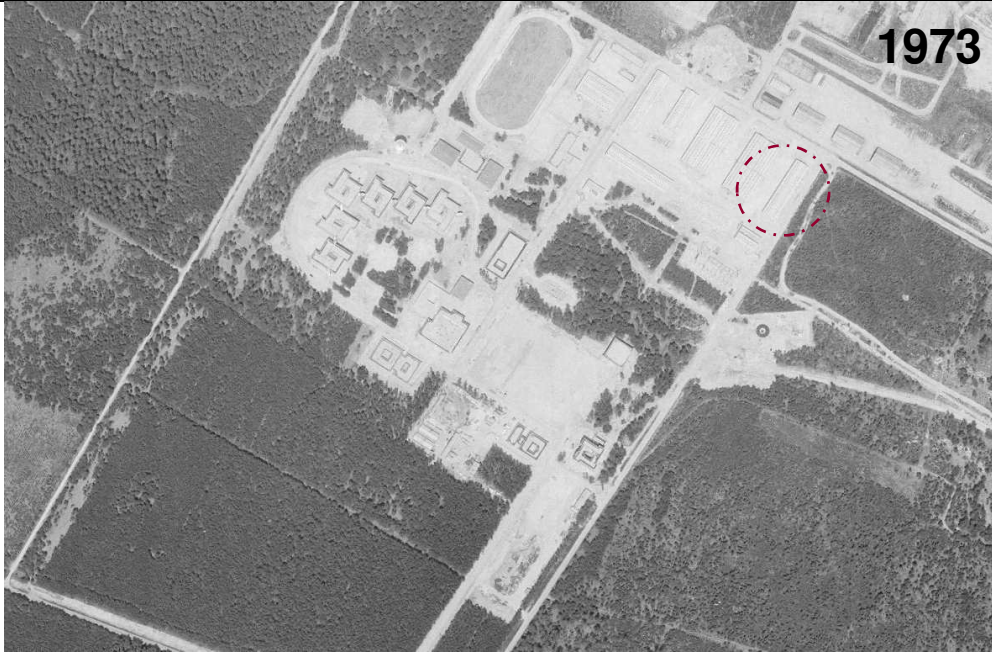


Photographie de la façade Est du bâtiment B38

Le bâtiment B38 est entouré de zones enherbées sur ses façades Nord et Est, et de voirie/parking sur ses façades Sud et Ouest.

2.2. ÉTUDE HISTORIQUE SOMMAIRE

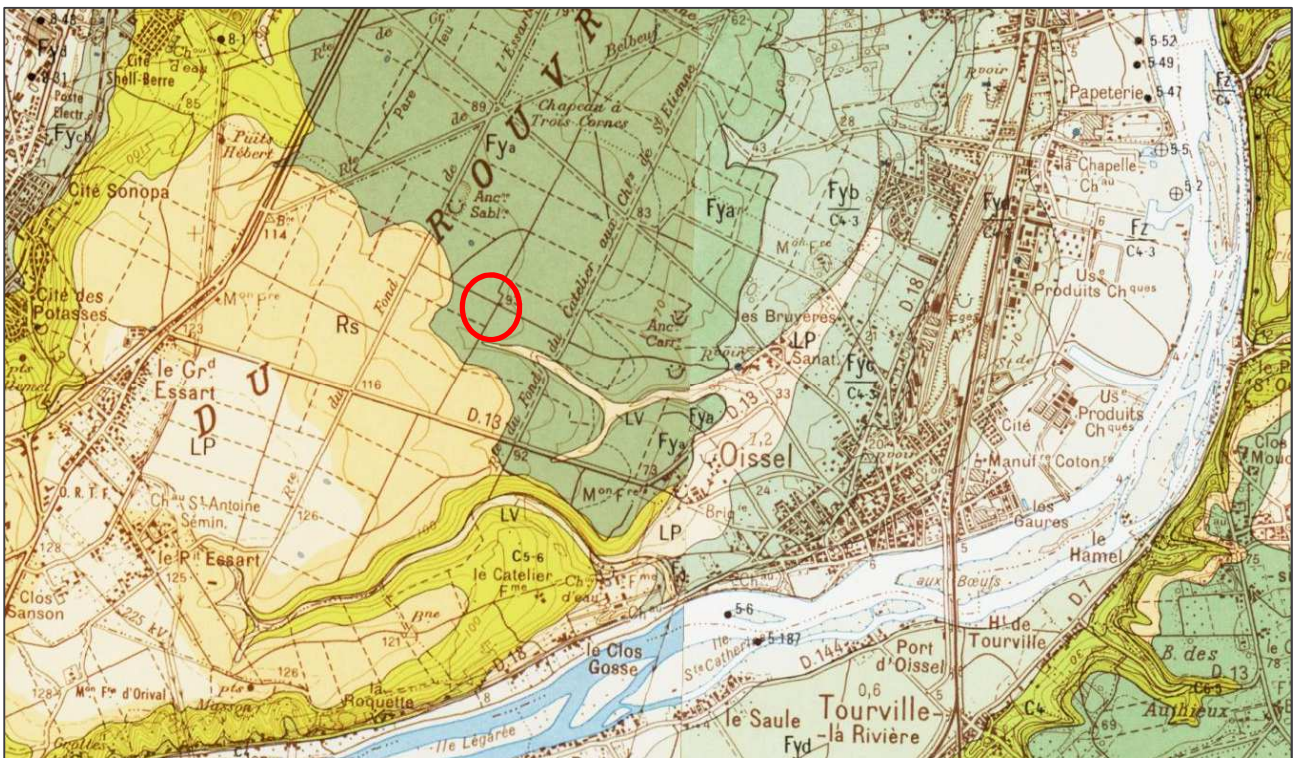
Photo aérienne historique	Commentaires
	Sur les photos de 1947 et 1954, on observe que le SGAMI n'est pas encore construit. On voit également se dessiner des « anomalies » circulaires. On peut craindre à ce stade qu'il s'agisse d'impacts d'obus suite à la seconde guerre mondiale. A cette date, nous manquons de repère fiable pour dire si ceux-ci se situent au droit de la zone d'étude.
	

	1968 En 1968, on voit les premières constructions. Le bâtiment B38 étudié n'existait pas encore.
	1973 En 1973, le bâtiment B38 est construit.

2.3. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de ROUEN-OUEST (feuille n°99) montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- Les **alluvions anciennes (Terrasse de 55m et plus) (Fya)** : ces alluvions sont caractérisées par des silex mélangés à des sables et des argiles sableuses.
- Sous cette formation, on attend le **substratum crayeux du Campanien-Santonien (c5-6)** constitué d'une craie blanche assez tendre, traçante et gélive, et renfermant de gros silex.



Extrait de la carte géologique, initialement au 1/50000^{ème} de ROUEN-OUEST

Étant donnés les aménagements anthropiques à proximité du site d'étude (construction de bâtiment, voirie, ...), on s'attendra à rencontrer des remblais en tête.

2.4. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Dans ce contexte, plusieurs types de nappes sont possibles :

- une nappe parasite au sein des horizons superficiels pouvant être saturée en situation météorologique défavorable,
- des circulations erratiques à la faveur de passages plus sableux et/ou caillouteux, en particuliers dans la formations des alluvions anciennes,
- des problématiques de ruissellement,
- l'aquifère régional de la craie sujette à fluctuations saisonnières et plus en profondeur. Dans le secteur, la nappe de la craie est annoncée vers 10m NGF.

Aucune bétroire n'est recensée dans le secteur. Néanmoins, on restera vigilant sur ce point, le contexte global est favorable au développement de fontis. En effet, les eaux s'infiltrant en direction de la craie, cela crée un lessivage des fines dans la durée. Le réarrangement des grains se traduit ensuite en fontis en surface.

2.5. RISQUES NATURELS

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de l'Écologie, du développement durable, des transports et des logements, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune de OISSEL sont les suivants :

Nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles (CAT-NAT) : 14

Source : CCR

Mouvement de Terrain : 3

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
BUDD8750074A	12/01/1987	12/01/1987	15/10/1987	30/10/1987
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
NOR19850111	22/11/1984	25/11/1984	11/01/1985	26/01/1985

Inondations et/ou Coulées de Boue : 10

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
EOA8800079A	07/05/1988	09/05/1988	07/10/1988	23/10/1988
INTE0100232A	25/03/2001	29/03/2001	27/04/2001	28/04/2001
INTE0200563A	03/06/2002	03/06/2002	29/10/2002	09/11/2002
INTE1806551A	15/01/2018	05/02/2018	09/03/2018	10/03/2018
INTE8700362A	01/09/1987	01/09/1987	03/11/1987	11/11/1987
INTE9300412A	09/06/1993	14/06/1993	20/08/1993	03/09/1993
INTE9400582A	19/07/1994	19/07/1994	06/12/1994	17/12/1994
INTE9500070A	17/01/1995	31/01/1995	06/02/1995	08/02/1995
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
NOR19850111	22/11/1984	25/11/1984	11/01/1985	26/01/1985

Chocs Mécaniques liés à l'action des Vagues : 1

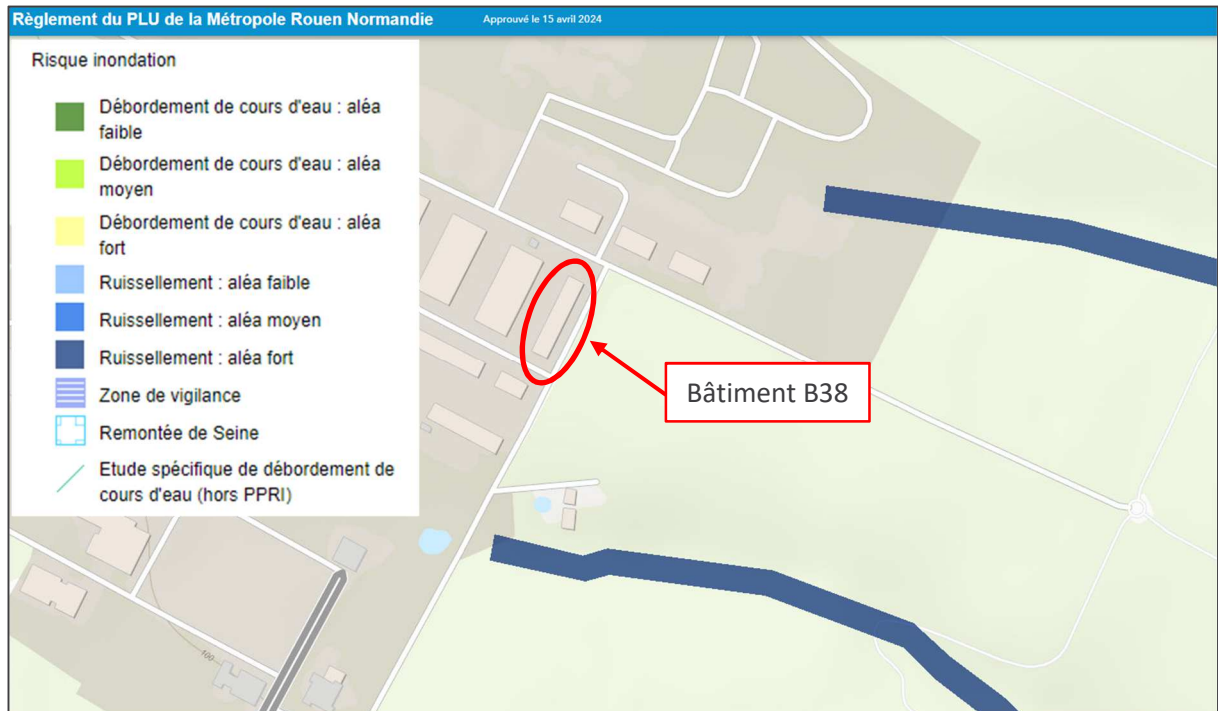
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Il s'agit principalement d'inondations, de coulées de boue, et de mouvements de terrain. Néanmoins, le tableau ci-dessus ne renseigne pas la localisation des événements.



2.5.1. RISQUE INONDATION – RUISSELLEMENT

Le site n'est pas concerné par le risque d'inondation d'après le PLUi de la Métropole Rouen Normandie, en revanche, on note la présence de deux axes de ruissellement débutant de part et d'autre de la zone d'étude et tels que visibles sur l'extrait de plan ci-dessous. Ces axes de ruissellement suivent les axes de talweg précédemment mentionnés.



Extrait du PLUi de la MRN (15/04/2024)

2.5.2. PHÉNOMÈNE DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

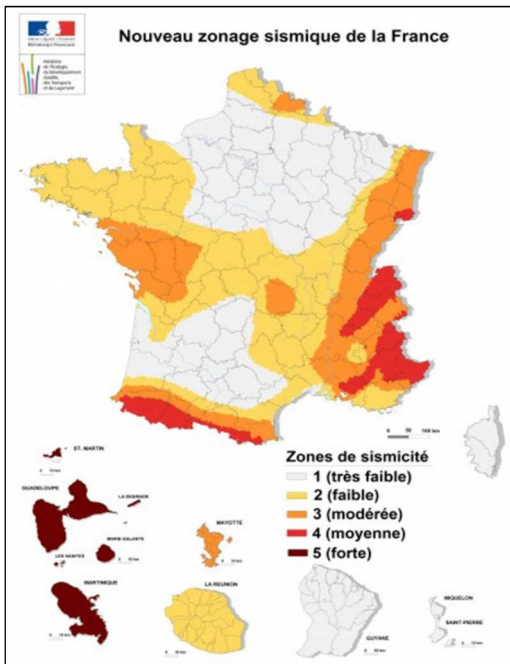
La cartographie de l'aléa des sols argileux sensibles aux phénomènes de retrait gonflement classe le site hors zone d'aléa. On gardera à l'esprit que cet aléa concerne les sols superficiels et non ceux en profondeur.

2.5.3. BASE DE DONNÉES DES CAVITÉS SOUTERRAINES

Aucune cavité souterraine n'a été recensée par le BRGM et le RICS de la MRN au droit de la zone d'étude. Néanmoins, on gardera à l'esprit que ces bases de données ne sont pas exhaustives.

2.5.4. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :



- Une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- Quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les bâtiments ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifient les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée **en zone 1 de sismicité très faible**.

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Dans le cadre de la mission G5 de 2024, nous avons mis en œuvre les investigations suivantes :

- **4 essais au pénétromètre dynamique, notés PD1 à PD4**, descendus entre 6 et 7m de profondeur, suivant la norme NF-EN-ISO-22476-2, conduits avec un train de mesure type B BORRO.
- **2 reconnaissances de fondations au droit du bâtiment, notées RF1 et RF2**, menées respectivement à 1.50m et 2.10m de profondeur.
- **En laboratoire**, selon les normes NFP correspondantes :
 - 2 classifications GTR comprenant :
 - 2 analyses granulométriques (NF P 94-056),
 - 2 mesures de la teneur en eau ((NF P 94-050),
 - 2 mesures de l'argilosité par VBS (NF P 94-068).

En complément, dans le cadre de la mission G2 PRO, nous avons mis en œuvre les conditions suivantes :

- **2 forages de reconnaissance géologique de type semi-destructif, notés SP1 et SP2**, menés à 9m de profondeur, en diamètre 64mm.
- **Dans ces forages, 2 x 9 = 18 essais pressiométriques**, suivant la norme NF EN ISO-22476.4, suivant une maille de principe de 1m, adaptée à la lithologie rencontrée, permettant la mesure, par un essai de chargement in situ :
 - Du module de compressibilité : E_m
 - De la pression de fluage : p_f
 - De la pression de rupture : p_l
 - De la pression horizontale des terres : σ_{HS} ,
 - Qui permet celle de la pression limite nette : p_l^* .
- L'enregistrement des paramètres de forage, à l'avancement avec un appareil de type LUTZ, suivant la norme NF EN ISO 22476-15. Cet appareil permet de mesurer :
 - La vitesse instantanée d'avancement (VIA)
 - La pression sur l'outil (PO)
 - Le couple de rotation (CR)
 - La pression de retenue (PR).

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe 1 du présent rapport.

Les coordonnées des points de sondages ont été relevées à l'aide d'un GPS de précision centimétrique :

Sondages	Coordonnées Lambert Zone CC50		Z (m NGF)
	X	Y	
PD1	1558874.04	9129944.67	94.15
PD2	1558880.60	9129939.98	94.15
PD3	1558861.50	9129884.38	94.36
PD4	1558855.24	9129874.08	94.32
RF1	1558876.36	9129942.83	94.15
RF2	1558856.78	9129876.27	94.39
SP1	1558857.29	9129874.26	94.56
SP2	1558883.36	9129939.49	94.11

L'implantation des points de sondages a tenu compte de la présence de réseaux enterrés au droit du site.

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUE

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet d'appréhender la lithologie de la manière suivante :

- Présence en tête d'une **couche 0** correspondant aux **terrains superficiels** du site à savoir, un horizon de **terre végétale** (limon marron/brun à radicelles), puis un **horizon de remblais** argileux rouge à marron/rouge, chargés en blocs et cailloux de silex, puis un horizon de remblais limono-sableux à limono-argileux gris/marron/jaune, également charpenté en silex. Cette couche 0 a été observée comme suit en sondage :

Sondages	RF1	RF2	SP1	SP2
Cote du toit (m NGF)	94.15	94.39	94.56	94.11
Cote du mur (m NGF)	93.60	93.59	93.96	93.51
Epaisseur (m)	0.55	0.80	0.60	0.60

- Puis une **couche 1** de **sables plus ou moins grossiers, limono-argileux, marron/orangé, chargés en blocs, cailloux et cailloutis de silex (D_{max} = 250mm)**. Cette couche 1, à mettre vraisemblablement en lien avec les alluvions anciennes de haute terrasse, a été observée comme suit en sondage :

Sondages	RF1	RF2	SP1	SP2
Cote du toit (m NGF)	93.60	93.59	93.96	93.51
Cote du mur (m NGF)	92.65*	92.29*	88.56	88.11
Epaisseur (m)	>0.95**	>1.30**	5.40	5.40

* fin du sondage (au refus ou arrêt volontaire) ; ** épaisseur totale ou partielle

✓ ESSAIS EN LABORATOIRE :

Sondage	Profondeur (m)	W _(10/20) %	VBS	D _{max} (mm)	%<50mm	%<20mm	%<5mm	%<2mm	%<400µm	%<80µm	Classe GTR
RF1	1.00m	9.5	0.23	88.3	62	43	35	26	13	6.5	C1B4
RF2	1.20m	11.1	0.28	78.8	76	59	51	34	23	11.2	C1B5

Les matériaux de la **couche 1** sont classés **C1B4 à C1B5** au sens du GTR. Il s'agit de matériaux à dominante graveleuse et sableuse et contenant une faible fraction fine argileuse ou limoneuse, peu plastique mais les rendant sensibles à l'eau. L'argilosité mesurée ici (0.23 < VBS < 0.28) est plutôt faible. Ces sols ne sont pas sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement.

✓ **ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE :**

Afin de caractériser la compacité des sols, 4 sondages pénétrométriques ont été réalisés avec un train de mesure de type BORRO. Notons que sur ces 4 sondages, 2 ont été réalisés au niveau des zones présentant des fissures importantes (PD1 et PD4) et 2 autres, à proximité, en zones supposées plus « saines » (PD2 et PD3), à titre de comparaison. Il ressort :

Sondages pénétrométriques - valeurs de la résistance de pointe équivalente qd en MPa				
Prof/TN en m	PD1	PD2	PD3	PD4
0,00	3,1	1,8	1,4	1,7
0,10	5,0	3,5	1,9	5,0
0,20	6,4	4,5	4,2	5,3
0,30	8,8	6,2	6,2	4,8
0,40	11,8	13,9	7,0	4,9
0,50	9,0	14,9	8,1	7,7
0,60	6,4	18,5	8,1	8,7
0,70	5,3	22,7	13,2	10,0
0,80	1,8	23,7	18,2	6,9
0,90	1,8	28,2	27,2	7,8
1,00	1,2	31,3	25,3	7,5
1,10	1,2	28,7	26,5	5,4
1,20	1,0	28,7	20,0	4,3
1,30	0,9	30,6	17,4	3,8
1,40	0,9	33,1	11,9	3,5
1,50	0,9	32,7	7,5	2,4
1,60	1,4	37,1	5,7	1,6
1,70	1,1	34,4	8,8	1,6
1,80	1,1	32,9	10,8	1,8
1,90	1,4	24,8	14,5	0,5
2,00	1,4	16,2	17,8	0,5
2,10	1,7	9,2	20,6	0,5
2,20	2,2	7,6	22,0	0,5
2,30	6,5	5,4	16,5	1,4
2,40	10,1	6,3	18,9	1,4
2,50	10,7	7,6	19,3	2,4
2,60	11,2	7,5	22,1	4,9
2,70	7,6	8,4	21,6	8,4
2,80	9,7	8,2	14,6	5,9
2,90	9,6	13,5	9,9	5,9
3,00	7,7	10,6	14,4	8,4
3,10	9,0	11,0	20,4	9,1
3,20	11,7	11,9	20,1	10,3
3,30	8,9	15,5	17,1	10,5
3,40	10,5	14,5	13,6	8,2
3,50	12,3	13,3	12,4	9,7
3,60	11,8	13,6	12,9	16,4
3,70	14,0	20,8	13,2	13,7
3,80	18,1	15,9	10,1	10,8
3,90	13,5	14,7	16,1	8,3
4,00	13,0	15,0	18,6	10,9
4,10	11,2	12,3	10,0	11,2
4,20	11,5	15,2	6,7	6,0
4,30	13,7	15,6	7,4	7,6
4,40	11,1	18,1	5,8	8,2
4,50	7,6	18,2	7,7	7,5
4,60	6,8	19,8	7,7	7,4
4,70	6,1	16,1	9,3	6,9
4,80	9,0	13,3	9,3	8,3
4,90	7,8	13,0	8,5	8,5
5,00	8,2	12,2	8,7	11,9
5,10	7,3	13,2	5,9	12,1
5,20	6,3	14,0	6,1	15,1
5,30	3,5	12,2	6,6	12,7
5,40	0,9	12,4	4,9	12,0
5,50	0,9	10,6	7,4	9,7
5,60	0,9	10,2	4,7	7,1
5,70	0,8	8,8	4,3	6,9
5,80	0,8	8,2	2,3	7,4
5,90	1,7	9,0	1,9	8,3
6,00	2,3	10,9	2,0	7,2
6,10	3,1	11,4	3,7	6,4
6,20	3,6		3,1	6,4
6,30	6,5		2,8	
6,40	10,5			
6,50	6,9			
6,60	6,6			
6,70	12,8			
6,80	19,9			
6,90	18,0			
7,00	14,0			
7,10	10,4			
7,20	15,9			
7,30	15,0			
7,40	14,6			
7,50	11,3			
7,60	9,6			
7,70	8,8			
7,80	13,8			

0 < qd ≤ 1.2MPa	Compacité faible
1.2 < qd ≤ 2.3MPa	Compacité modeste
2.3 < qd ≤ 5.2MPa	Compacité moyenne
5.2 < qd ≤ 20MPa	Compacité élevée
qd > 20MPa	Compacité très élevée
	Refus

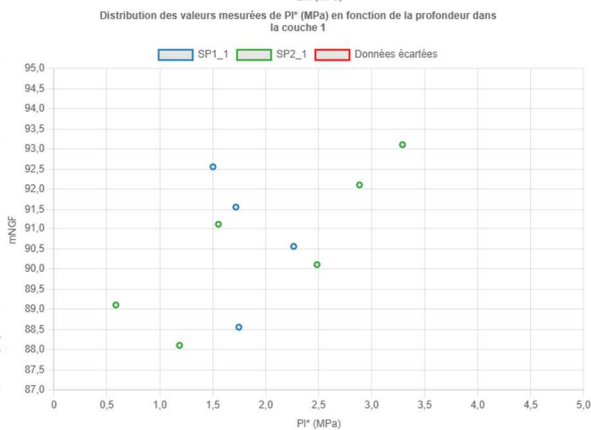
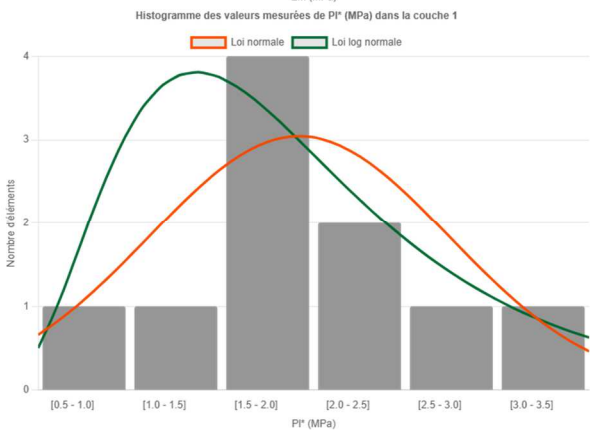
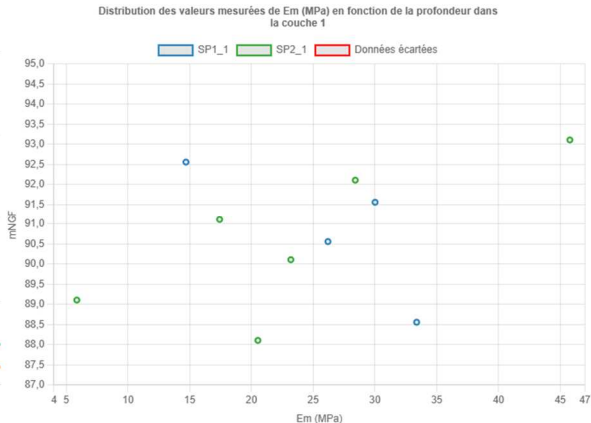
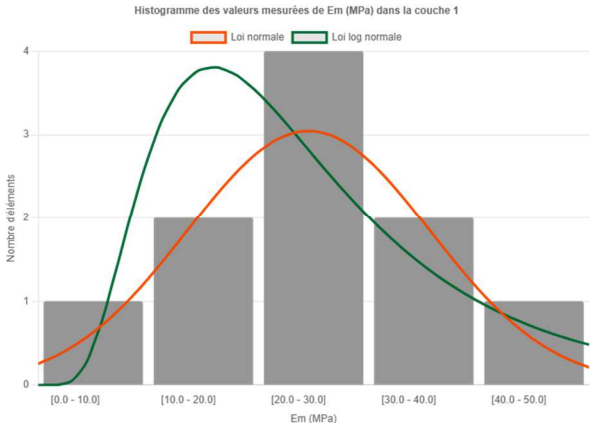
Il ressort :

- En tête, une couche de terre végétale de compacité modeste à moyenne sur 20cm environ, suivi de remblais de compacité moyenne à élevée jusqu'à environ 0.80m de profondeur. A saturation, la portance de la couche de terre végétale sera nulle.
- Puis des anomalies de compacité notables (compacité faible à modeste), relevées entre 0.80 et 2.40m de profondeur au droit des essais PD1 et PD4, au sein de la couche 1 d'alluvions anciennes sablo-argileuses et très graveleuses, puis plus en profondeur entre 5.40 et 6.00m de profondeur par rapport au terrain actuel – on suppose ici l'entrée de craie – au droit des essais PD1 et PD3. Ces anomalies rencontrées sont très localisées : sous le niveau de fondation (cf. paragraphe 4.3), ou au niveau du toit de la craie (supposé).
- Les sondages de référence « sains » PD2 et PD3 sont plutôt homogènes en termes de compacité avec des terrains allant d'une compacité élevée à très élevée jusqu'à au moins 5m de profondeur.
- On gardera à l'esprit que la charge importante en blocs et cailloux de silex mise en évidence sur les sondages de reconnaissance à la pelle mécanique tend à augmenter la compacité des terrains (effet de pics sur les pénétrogrammes).



✓ ESSAIS PRESSIOMETRIQUES :

Nous dressons ci-dessous l'analyse statistique des données pressiométriques (PI^* ; Em) mesurées au sein de la couche 1 :



	Em (MPa)	PI^* (MPa)	PI^* (MPa)
Nb. de mesures (N)	10	10	10
Min	5.9	0.32	0.58
Max	45.8	2.17	3.29
Moyenne arithm. (M)	24.6	1.19	1.92
Écart type (S)	11.0	0.54	0.81
Coeff. de variation (CV)	0.45	0.45	0.42
Médiane	24.7	1.05	1.73
Nb. valeurs retenues (Nr)	10	10	10
Moyenne arithm. (Mr)	24.6	1.19	1.92
Coeff. de variation (CVR)	0.45	0.45	0.42
Moyenne harm.	18.3	0.91	1.54
Moyenne géom.	21.8	1.06	1.74
M - 0.5 * S	19.0	0.92	1.51
Valeur moyenne inf. (Xmi)	16.3	0.80	1.35
Valeur basse (Xb)	8.6	0.44	0.77

La couche 1 apparaît de compacité globalement élevée mais on note toutefois des passages de compacité modeste à moyenne, en particulier en tête vers 1m de profondeur ainsi que sur la frange 5-6m de profondeur, ce qui est cohérent avec les essais pénétrométriques réalisés en 2024.

On pourra retenir ici :

- $PI^*_{,k} = 1.35$ MPa
- $Em_{,k} = 16.0$ MPa
- $qd_{,k} = 8.0$ MPa



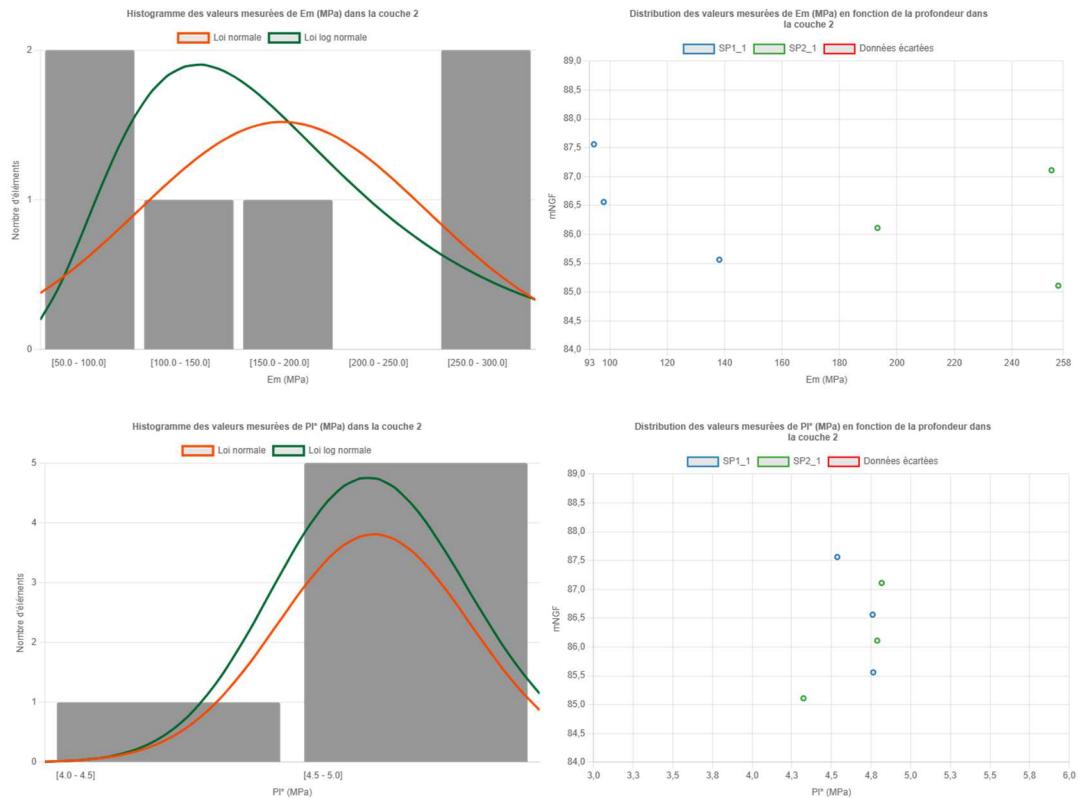
- Enfin, une **couche 2 de craie** supposée, perçue comme suit en sondages :

Sondages	RF1	RF2	SP1	SP2
Cote du toit (m NGF)	-	-	88.56	88.11
Cote du mur (m NGF)	-	-	85.05*	84.61*
Epaisseur (m)	-	-	>3.51**	>3.50**

* fin du sondage (arrêt volontaire) ; ** épaisseur totale ou partielle

✓ ESSAIS PRESSIOMETRIQUES :

Nous dressons ci-dessous l'analyse statistiques des données pressiométriques (PI* ; Em) mesurées au sein de la couche 2 :



	Em (MPa)	PI* (MPa)	PI* (MPa)
Nb. de mesures (N)	6	6	6
Min	94.5	2.79	4.32
Max	256.2	4.82	4.82
Moyenne arithm. (M)	172.3	4.21	4.67
Écart type (S)	73.3	0.80	0.19
Coeff. de variation (CV)	0.43	0.19	0.04
Médiane	165.7	4.54	4.76
Nb. valeurs retenues (Nr)	6	6	6
Moyenne arithm. (Mr)	172.3	4.21	4.67
Coeff. de variation (CVr)	0.43	0.19	0.04
Moyenne harm.	146.2	4.05	4.66
Moyenne géom.	158.9	4.14	4.66
M - 0.5 * S	135.7	3.81	4.57
Valeur moyenne inf. (Xmi)	117.5	3.58	4.53
Valeur basse (Xb)	75.8	2.91	4.35

La couche 2 de craie est de compacité très élevée.

On pourra retenir ici :

- PI*,k = 2.50 MPa
- Em,k = 100 MPa



4.2. HYDROGÉOLOGIE

Lors de nos différentes interventions en 2024 et 2025, aucun niveau d'eau n'a été observé au sein des sondages.

Seule la pose d'un piézomètre permettrait une analyse fine.

Remarques :

Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée et le niveau de la nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum.

L'origine des fluctuations possibles est, soit naturelle (sécheresse, crue de nappe en relation avec la situation météorologique par exemple), soit due à des travaux ou une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets, effets barrages, etc. ...).

On notera, par ailleurs :

- les risques effet piscine liés à la présence de matériaux perméables dans un environnement de matériaux peu perméables (variabilité des formations alluvionnaires sables, argiles, silex...),
- des circulations d'eau fortement conditionnées par la météorologie.

On retiendra donc de ce site :

- l'existence de circulations erratiques et intermittentes à différentes profondeurs au sein de toutes les couches, fortement conditionnées par la météorologie, pouvant générer l'apparition de nappes/poches de rétention en périodes pluvieuses dans les horizons les plus perméables,
- des écoulements en lien avec la topographie générale du site, on le rappelle, situé entre deux axes de ruissellement (talwegs),
- l'existence d'un aquifère fissural dans le substratum crayeux,
- l'existence de circulations karstiques et l'aléa associé de développement de bétroires,
- des venues d'eau météoriques infiltrées directement en pied de façade du bâtiment par le biais des gouttières existantes non collectées.

4.3. SONDAGES DE RECONNAISSANCES DE FONDATIONS

Deux sondages de reconnaissances de fondations ont été effectués au droit du bâtiment B38. Ces sondages ont été implantés préférentiellement au niveau des zones présentant des anomalies (désordres sur le bâtiment), et en fonction des réseaux enterrés pour ne pas les endommager.

4.3.1. RECONNAISSANCE DE FONDATION RF1

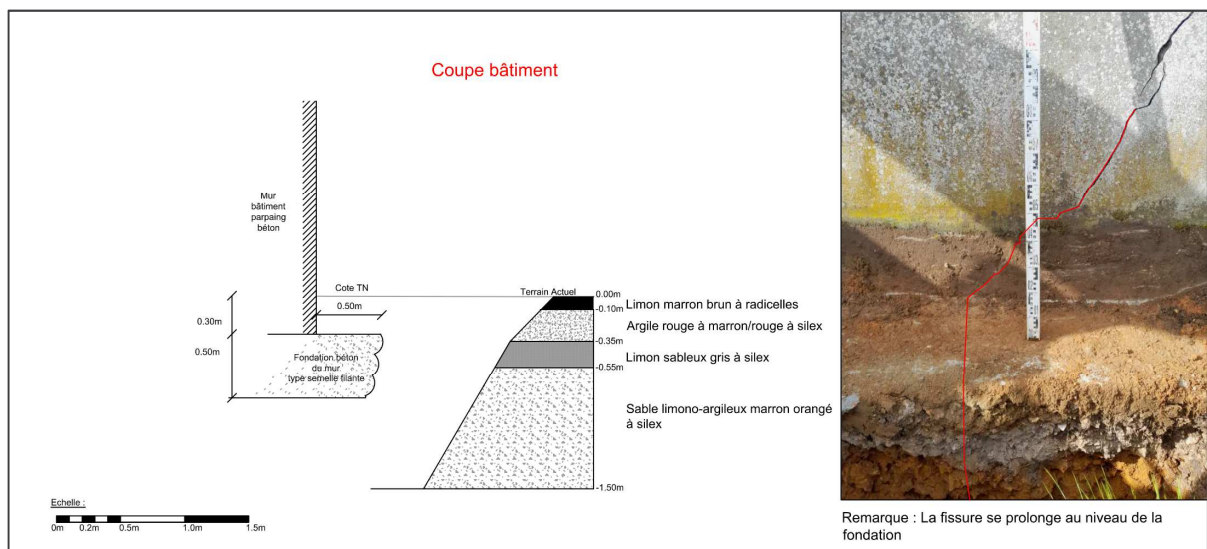
Le sondage RF1 a été réalisé au niveau du pignon Nord du bâtiment B38, au niveau du mur en parpaing béton du bâtiment présentant une fissure.



Cette reconnaissance a permis d'établir que le mur est fondé sur une fondation en béton de type semelle filante coulée en place, de 50cm d'épaisseur et ancrée à 0.80m de profondeur par rapport au terrain actuel dans les sables limono-argileux à silex de la couche 1. Elle présente un débord de 50cm par rapport au nu du mur à partir de 30cm de profondeur.

Nous avons noté lors de la reconnaissance que la fissure sur le mur se prolonge également au niveau de la fondation.

La coupe suivante illustre la reconnaissance RF1.



4.3.2. RECONNAISSANCE DE FONDATION RF2

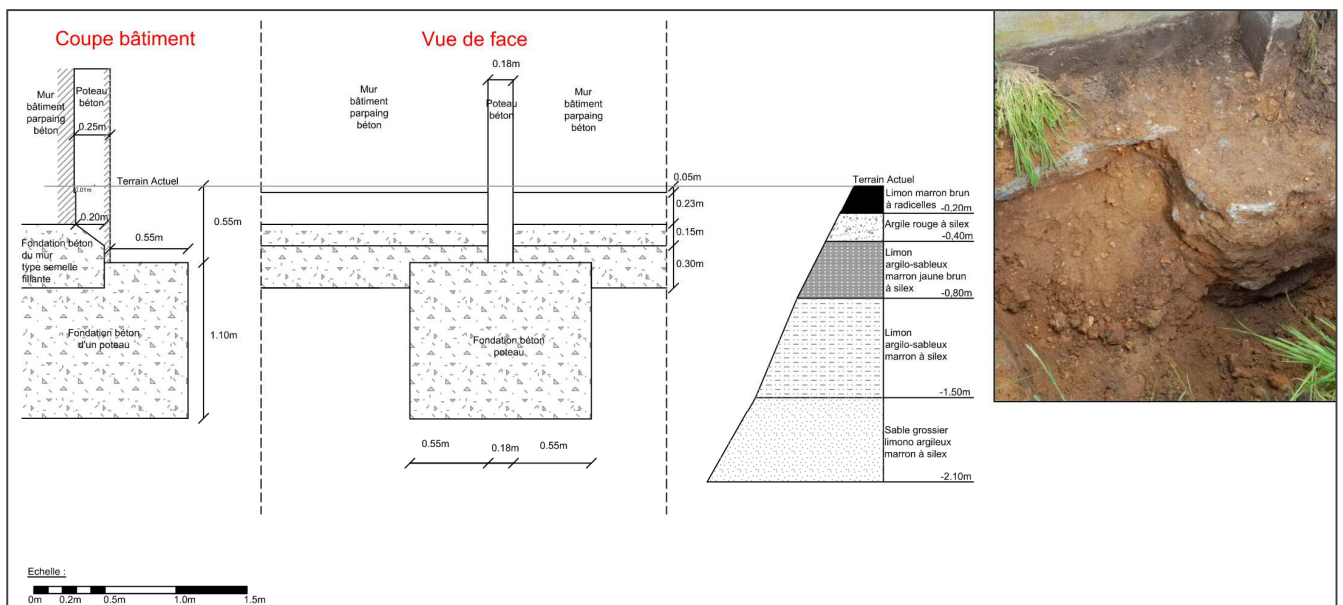
Le sondage RF2 a été réalisé au niveau de la façade Est du bâtiment B38, en pied de poteau béton. La façade présente également à cet endroit de nombreuses fissures.



Cette reconnaissance a permis d'établir que les poteaux du bâtiment sont fondés sur une fondation en béton de type semelle isolée coulée en place, de 1.10m d'épaisseur pour 1.28m de largeur et ancré à 1.65m de profondeur par rapport au terrain actuel au sein des sables limono-argileux à silex de la couche 1. La fondation présente un débord de 0.55m par rapport au nu du poteau, et 0.80m par rapport au nu du mur.

Cette reconnaissance a également mis en évidence la fondation du mur, comme sur RF1. Cette semelle en béton mesurant 0.45m de hauteur, présente un débord de 0.20m à partir de 0.23m de profondeur, et est ancrée à 0.73m de profondeur par rapport au terrain actuel.

La coupe suivante illustre la reconnaissance RF2.



5. SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte-tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Lithologie		Terrains superficiels / Remblais	Alluvions anciennes	Substratum crayeux
Description		Limon marron/brun à radicelles (TV) Remblais argileux rouge à marron/rouge, chargés en silex (R) Remblais limono-sableux à limono-argileux gris/marron/jaune, chargé en silex (R)	Sables +/- grossiers, limono-argileux, marron/orangé, chargés en blocs, cailloux et cailloutis de silex	Craie supposée
N° couche		0	1	2
Limites des couches (m/TA)	RF1	0,00 – 0,55	0,55 – 1,50*	-
	RF2	0,00 – 0,80	0,80 – 2,10*	-
	SP1	0.00 – 0.60	0.60 – 6.00	6.00 – 9.51*
	SP2	0.00 – 0.60	0.60 – 6.00	6.00 – 9.50*
Hydrogéologie		Circulations erratiques + nappes parasites		
Compacité		TV : Modeste à moyenne R : Elevée à très élevée	Zones d'anomalie : faible à modeste Elevée à très élevée (terrain sain)	Très élevée
Classification GTR		-	C1B4 / C1B5	-

* fin du sondage

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. LA GÉOLOGIE

Les aléas sont liés :

- Aux variations d'épaisseur des différentes couches et notamment des remblais qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- Aux variations latérales de faciès pouvant entraîner :
 - Des variations d'épaisseur,
 - Des variations de nature, de granulométrie et de compacité par lentilles au sein d'une même couche,
 - La présence d'agglomérats de matrice et cailloux,
 - La présence d'horizons riches en matrice, peu charpentés ou d'autres riches en fractions graveleuses compactes, pouvant générer des variations de perméabilité,
- Aux irrégularités importantes du toit du substratum crayeux, se dessinant en dent de scie, très affecté par l'altération et la fracturation, avec de probables niveaux de transition.
- A la présence possible de karst, de vides, de fontis.

5.2.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX

Les aléas sont liés à :

- La présence de matériaux de nature hétérogène au sein des remblais et sols superficiels,
- La présence possible de vestiges au sein des remblais non mis en évidence lors de la réalisation des sondages,
- La sensibilité à l'eau et à l'affouillement des sols de toutes les couches.
- La sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution,
- La sensibilité des sols fins superficiels qui peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter en période pluvieuse (couche de terre végétale).
- La présence de gros éléments au sein de la couche 1.
- La présence d'une charge variable et pouvant être forte en silex au sein de la couche 1.
- La sensibilité des sols au lessivage par infiltration et circulation d'eau.
- La variabilité de la matrice de la couche 1 pouvant montrer des passées sableuses ou franchement plastiques, voire des passées de silex crus. Une adaptation en phase foration est à prévoir.

5.2.3. L'HYDROGÉOLOGIE

Les aléas sont liés :

- A des arrivées d'eau parasites en période pluvieuse dans les sols superficiels et à la formation possible de poches de stagnation.
- Au caractère erratique et intermittent des circulations susceptibles d'affecter les sols au sein de toutes les couches. Cela peut se traduire notamment par des séquences de sols moins stables.
- A des arrivées d'eaux météoriques par le biais des gouttières du bâtiment non collectées.

5.2.4. L'ENVIRONNEMENT ET L'HISTORIQUE DU SITE

Les aléas sont liés à :

- La présence de remblais hétérogènes sur des épaisseurs variables.
- La présence de réseaux enterrés et tranchées associées dont le mode de remblaiement est inconnu.
- La présence d'un bâtiment datant des années 1970, fondé sur fondations superficielles de type semelles isolées au droit des poteaux et semelles filantes sous les murs. On rappelle que niveau de fondation n'a été reconnu que partiellement via les reconnaissances de fondations RF1 et RF2.
- La présence de gouttières non raccordées sur un réseau de collecte, localement cassées ou déboîtées. Il conviendra de mener les réparations sur tous ces ouvrages pour ne pas dégrader la situation.

5.2.5. LES RISQUES NATURELS

Les aléas sont liés à :

- La présence de cavités souterraines anthropiques ou naturelles d'extensions variables.
- La sensibilité du site au développement de bétouilles.

6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G2 PRO

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'Œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Au vu du contexte géotechnique mis en évidence et des différents éléments relevés lors du diagnostic mission G5 réalisé en 2024, nous vous suggérons **une solution de reprise en sous-œuvre du bâtiment B38 par fondations profondes type micropieux**, solution développée au chapitre suivant.

En effet, il apparaît ici que les désordres sur le bâtiment ont pour origine l'infiltration répétée des eaux météoriques en pied de façade du bâtiment B38 via le réseau de gouttières défaillant, qui, avec le temps lessivent les terrains sous-jacents, ces derniers étant sensibles à cette problématique. Avec des terrains de compacité médiocre relevés jusqu'à 6m de profondeur, nous suggérons un ancrage des fondations au-delà de 6m, soit au sein de la couche 2 de craie présumée.

Par ailleurs, cette solution implique également que le phénomène d'infiltration soit stoppé pour ne pas dégrader les caractéristiques du terrain.

Enfin, les réparations sont ici ponctuelles et ciblées sur les zones de désordres. On gardera à l'esprit que d'autres zones ont peut-être été impactées et que d'autres fissures pourront apparaître par la suite. D'autres travaux en mode curatif seront alors à prévoir.

On retiendra d'une manière générale :

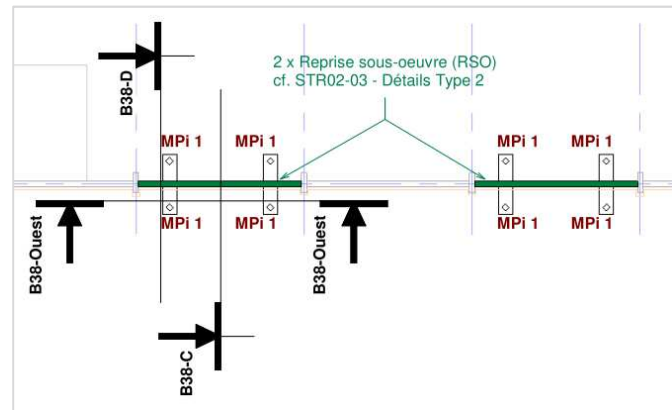
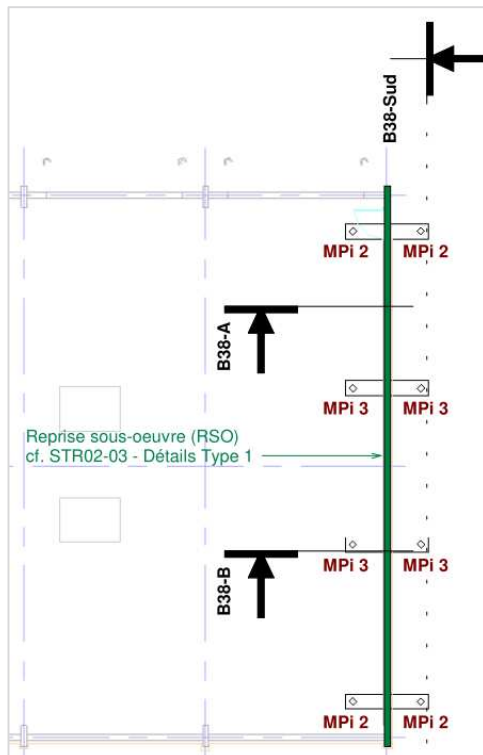
- Que des difficultés de foration sont à attendre. Une variabilité de la matrice a été observée et la tenue des parois de forage risque d'être aléatoire.
- Que des pertes d'injection sont également à attendre avec de fortes surconsommations de coulis. Nous suggérons une foration à la bentonite ciment et l'utilisation de chaussettes géotextiles pour limiter au maximum cet aléa.

7. DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES PAR MICROPIEUX – MISSION G2 PRO

7.1. DESCRIPTION DU PROJET ET DESCENTES DE CHARGES

D'après les plans projet de la Maîtrise d'œuvre, la reprise en sous-œuvre du bâtiment B38 est prévu par 8 duos de micropieux répartis sur les deux façades présentant des désordres.

Trois familles de micropieux sont définies à ce stade, MPi1, MPi2 et MPi3, et dont les descentes de charges transmises sont :



	P_{ELS} (T)	P_{ELU} (T)
MPi 1	6,5	9
MPi 2	9,5	13
MPi 3	12	16,5

7.2. PRINCIPES

Les fondations profondes seront ancrées au sein de la couche 2 de bonne compacité ($p_l^* > 2.5$ MPa) rencontrée à partir de 6 m de profondeur par rapport à la tête de nos sondages.

Les micropieux pourront être de type (catégorie 18 ; classe 1bis) avec une technique de mise en œuvre de type foré tubé. Le diamètre des micropieux sera au maximum de 300mm.

Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	NF EN 1536
	4	Foré tubé (virole récupérée)	FTR	
	5	Foré simple ou boue avec rainurage ou puits	FSR, FBR, PU	
2	6	Foré tarière creuse simple rotation ou double rotation	FTC, FTCD	NF EN 1536
3	7	Vissé moulé	VM	NF EN 12699
	8	Vissé tubé	VT	
4	9	Battu béton préfabriqué ou précontraint	BPF, BPR	NF EN 12699
	10	Battu enrobé (béton – mortier – coulis)	BE	
	11	Battu moulé	BM	
	12	Battu acier fermé	BAF	
5	13	Battu acier ouvert	BAO	NF EN 12699
6	14	Profilé H battu	HB	NF EN 12699
	15	Profilé H battu injecté	HBI	
7	16	Palplanches battues	PP	NF EN 12699
1 bis	17	Micropieu type I	M1	NF EN 1536/14199/12699
	18	Micropieu type II	M2	
8	19	Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)	PIGU, MIGU	
	20	Pieu ou micropieu injecté mode IRS (type IV)	PIRS, MIRS	

Extrait de la norme NF P 94-262

7.3. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à :

- Assurer un ancrage minimal de 2m au sein de la couche 2.
- Assurer un ancrage dans un horizon porteur présentant une pression limite nette équivalente supérieure à 2.50 MPa.



7.4. CARACTÉRISTIQUES DES MICROPIEUX

Les caractéristiques des micropieux retenues ici sont les suivantes :

Type d'ouvrage		Micropieu de type II
Nombre de micropieux		2
Caractéristiques d'un micropieu	Diamètre (m)	0.20
	Longueur (m)	8m
	Ancrage (m NGF)	86.5m NGF
	El _{corrodé} (kN.m ²)	349
	El _{non corrodé} (kN.m ²)	383
Caractéristiques mécaniques des aciers	ES _{corrodé} (kN)	439 000
	Nuance d'acier	N80
	Limite élastique de l'acier fy (MPa)	550
	γ _{acier} (kN/m ³)	78.5
Caractéristiques du tube pétrolier	E _{young acier} (GPa)	210
	Epaisseur (mm)	9.0 *
	Ø _{ext} (mm)	88.9 *
	Ø _{int} (mm)	70.9
	Corrosion pour une durée de vie de 50 ans	0.60
	Ø _{ext, corrodé} (mm)	87.7
	Epaisseur résiduelle corrodée (mm)	8.40

La durée de vie de l'ouvrage a été fixée ici à **50 ans (hypothèse à confirmer par l'équipe projet)** pour la prise en compte de la perte d'épaisseur due à la corrosion. On considère ici un sol naturel intact.

Tableau 4.1 — Valeurs recommandées pour perte d'épaisseur [mm] due à la corrosion dans le cas des pieux et palplanches dans le sol, avec ou sans nappe phréatique

Durée d'utilisation de projet	5 ans	25 ans	50 ans	75 ans	100 ans
Sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste, ...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Sols naturels pollués et sites industriels	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Sols naturels agressifs (marais, marécages, tourbe...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon, ...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Remblais non compactés et agressifs (cendres, scories...)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Notes :					
1) Les taux de corrosion dans les remblais compactés sont inférieurs à ceux observés dans les remblais non compactés. Dans les remblais compactés, il convient de diviser par deux les chiffres du tableau.					
2) Les valeurs données pour 5 ans et 25 ans sont basées sur des mesures, tandis que les autres valeurs sont extrapolées.					

* Le tube pétrolier Ø88.9mm, épaisseur 9mm a été retenu pour fixer les idées mais pourra être optimisé en G3.

7.5. DÉTAIL DES JUSTIFICATIONS

7.5.1. CAPACITÉ PORTANTE

a) Frottements négatifs

Aucun frottement négatif n'est pris en compte en l'absence de surcharge en tête des micropieux.

b) Effet de groupe

Les têtes de micropieux devront permettre de respecter un **entraxe de 3 diamètres** entre les micropieux afin d'éviter la prise en compte d'un effet de groupe réduisant la capacité portante des micropieux (en minorant le frottement axial le long du micropieu par l'intermédiaire d'un coefficient d'efficacité C_e , suivant l'annexe J de la norme NF P-262).

C'est le cas ici avec un espacement entre les éléments supérieur à 3 diamètres.

c) Définition de la capacité portante

Elle est justifiée par le terme de frottement latéral. Elle est calculée à partir des règles de justification des fondations profondes développées au sein de la norme NF P 94-262 et suivant l'approche 2 des Eurocodes 7.

Nous utilisons la procédure dite du « modèle de terrain », à partir de la méthode pressiométrique.

A l'ELU, la résistance à la compression du terrain vaut :

$$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{\gamma_t} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s} = \frac{R_b}{\gamma_b \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}} + \frac{R_s}{\gamma_s \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}} = \frac{A_b \cdot k_p \cdot p_{le}^*}{\gamma_b \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}} + \frac{P_s \int_0^D q_s(z) dz}{\gamma_s \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

A l'ELS, la charge de fluage à la compression du terrain vaut :

$$R_{c;cr;d} = \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}} = \frac{0,5 \text{ ou } 0,7^{(1)} \cdot R_{b;k} + 0,7 \cdot R_{s;k}}{\gamma_{cr}} = \frac{0,5 \text{ ou } 0,7^{(1)} \cdot R_b + 0,7 \cdot R_s}{\gamma_{cr} \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}} = \frac{0,5 \text{ ou } 0,7^{(1)} \cdot [A_b \cdot k_p \cdot p_{le}^*] + 0,7 \left[P_s \int_0^D q_s(z) dz \right]}{\gamma_{cr} \cdot \gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

⁽¹⁾ 0.5 sans refoulement de sol ; 0.7 avec refoulement de sol

Avec :

- $R_{c;d}$ = valeur de calcul de la résistance à la compression du terrain (ELU)
- $R_{c;cr;d}$ = valeur de calcul de la charge de fluage à la compression du terrain (ELS)
- $R_{b;k}$ = valeur caractéristique de la résistance de pointe (nulle ici)
- $R_{s;k}$ = valeur caractéristique de la résistance de frottement axial
- R_b = résistance limite de pointe
- R_s = résistance limite de frottement axial
- A_b = surface de la fondation profonde à prendre en compte pour le calcul de la résistance limite de pointe

Nous obtenons les résultats suivants :

Etats limite de portance et de traction (ELU) et de charge de fluage en compression et en traction (ELS)						
Longueurs de pieux testées D (m)	8				Etat limite	
Valeur de calcul de la portance du pieu R _{c;d} (kN)	197				ELU situations durables et transitoires	compression
Valeur de calcul de la portance du pieu R _{c;d} (kN)	217				ELU situations accidentelles	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu R _{c;cr;d} (kN)	169				ELS combinaisons caractéristiques	
Valeur de calcul de la charge de fluage de compression du pieu R _{c;cr;d} (kN)	138				ELS combinaisons quasi permanentes	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu R _{t;d} (kN)	168				ELU situations durables et transitoires	traction
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu R _{t;d} (kN)	138				ELU UPL	
Valeur de calcul de la résistance de traction du pieu R _{t;d} (kN)	184				ELU situations accidentelles	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu R _{t;cr;d} (kN)	123				ELS combinaisons caractéristiques	
Valeur de calcul de la charge de fluage de traction du pieu R _{t;cr;d} (kN)	90				ELS combinaisons quasi permanentes	

Les éléments suivants, potentiellement limitatifs, ne sont pas intégrés aux valeurs de portance calculées :

- effet de bloc,
- flambement,
- effets limitatifs liés à l'effet de cône en traction
- sollicitations cycliques

Selon les résultats ci-dessus, un micropieu de type II en Ø200mm de 8m de longueur depuis le TN, soit ancré à 86.5m NGF, vérifie vis-à-vis de la portances les charges admissibles transmises aux ELS et ELU :

	Résistance à la compression (kN)	Vérification de la portance
ELS quasi permanentes	138 kN > { 65 kN (MPi1) 95 kN (MPi2) 120 kN (MPi3)	Ok
ELU durables et transitoires	197 kN > { 90 kN (MPi1) 130 kN (MPi2) 165 kN (MPi3)	Ok

7.5.2. COMPORTEMENT TRANSVERSAL DES MICROPIEUX

A ce stade, les micropieux ne sont soumis à aucun effort horizontal ou moment. Le comportement transversal des micropieux n'a donc pas été étudié.

7.5.3. TASSEMENTS

Les tassements seront de l'ordre de 0.01Ø du micropieu sous réserve du non remaniement du niveau d'ancrage.

7.6. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées entre autres :

- à la réalisation d'un liaisonnement des fondations,
- à la réalisation de micropieux verticaux,
- à la présence possible de blocs ou vestiges au sein des remblais nécessitant la technique ODEX ou OD,
- à l'éloignement des micropieux par rapport aux fondations existantes,
- à la conduite des injections et aux pertes de coulis,
- au contrôle de la quantité minimale de coulis estimé à 1.5 Vs où Vs est le volume du forage avant injection sur la hauteur injectée, et au contrôle des pressions d'injection et surtout à la notion de pression effective d'injection,
- au contrôle de la nature des coulis,
- à la mise en place de chaussette géotextile en cas de surconsommation de coulis (craie, zone altérée, ...),
- à la variation de l'altimétrie du toit de la couche 2 ; on aura soin de prévoir l'enregistrement des paramètres de forage afin de vérifier ces variations éventuelles et de les compenser par des surprofondeurs des micropieux,
- à un ancrage d'au moins 2m au sein de la couche 2,
- à la mise en place de centreurs en nombre suffisant,
- à la mise en place d'armatures dans les micropieux par tube pétrolier ou barre et à la vérification des micropieux vis-à-vis du flambement,
- en présence d'eau, des précautions spéciales devront être prises dans la conduite et l'équipement du forage pour éviter tout éboulement et entraînement de terrain,
- à l'absence de surcharges (remblaiement excessif et surcharges sur dallages élevées) à proximité des têtes de micropieux pouvant conduire à des frottements latéraux négatifs et à des poussées parasites. Pour l'évaluation du terme de frottement négatif, on pourra retenir les paramètres suivants, en se référant à la catégorie de pieu du tableau le plus proche de la technologie de micropieu mise en œuvre.

Tableau H.2.2.1 K.tanδ				
Sols		Pieux		
		Pieux forés tubés (tube perdu)	Pieux forés	Pieux battus
Tourbes	Sols organiques	0.10	0.15	0.20
Argiles, Limons	Mous	0.10	0.15	0.20
	Fermes à durs	0.15	0.20	0.30
Sables, graves	Très lâches	0.35	0.35	0.35
	Lâches	0.45	0.45	0.45
	Autres	1.00	1.00	1.00

Annexe H de la norme NF P 94-262 (Amendement de juillet 2018)

- à la reprise des efforts horizontaux et/ou moments éventuels non connus à ce stade,
- aux pertes de coulis dans les zones affectées par un karst ou zone altérée par lessivage des fines et à la mise en place de chaussette géotextile,
- à l'utilisation d'un coulis de ciment avec un C/E de 2.



Notre mission se termine à la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires dans le cadre de notre mission.

Dressé par les Ingénieurs soussignés,

Ingénieur

en charge de l'opération

Angèle LE BAYON

Ingénieur

en charge du contrôle interne (DR)

Matthias FERREIRA

ANNEXES

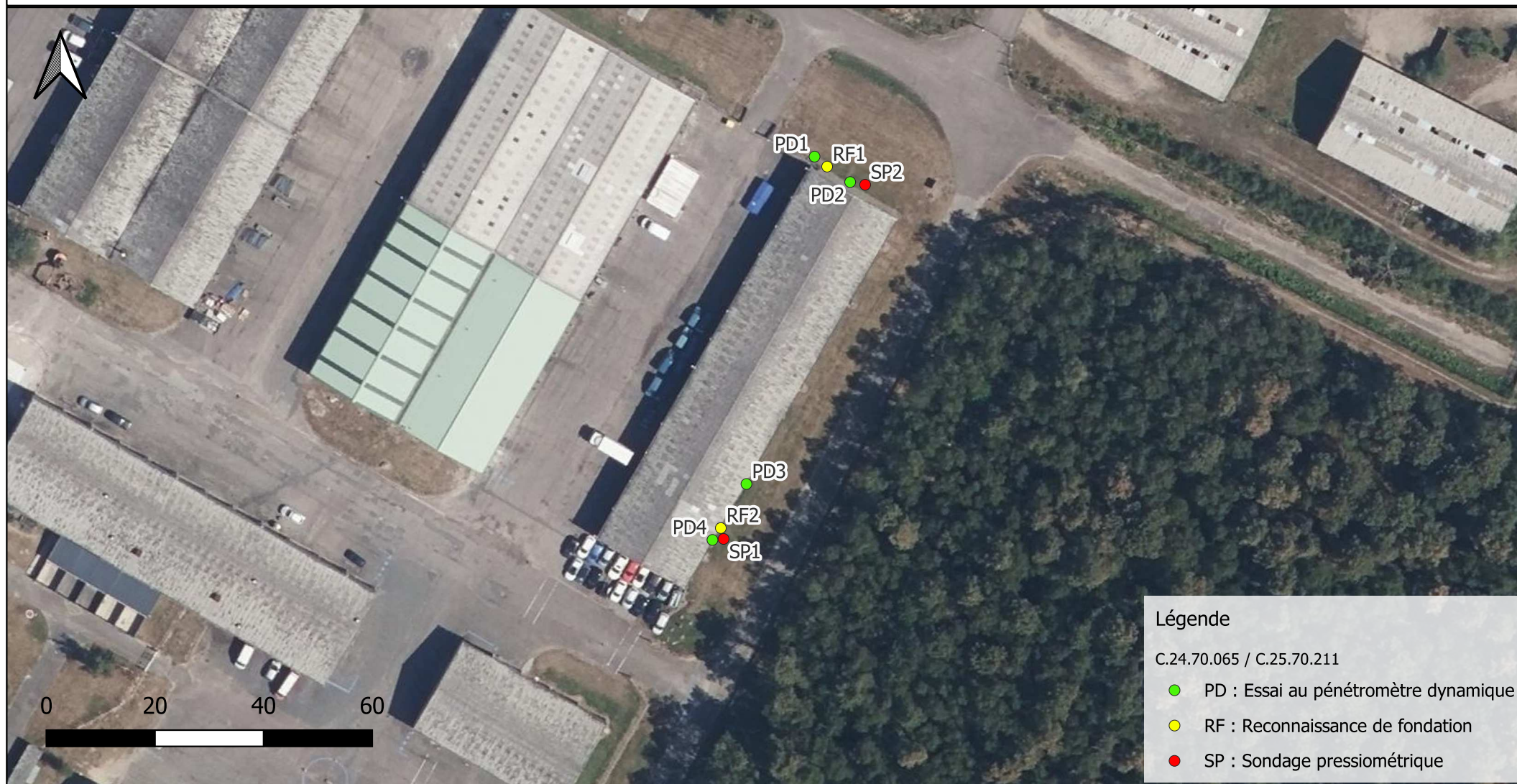


ANNEXE 1

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



Plan d'implantation des sondages



ANNEXE 2

SONDAGES ET ESSAIS





HYDROGÉOTECHNIQUE

OISSEL (76)
Rénovation bâtiment B38

Contrat C.25.70.211

Date : 09/12/2025

Cote NGF : 94,56

Profondeur : 0,00 - 9,51 m

Machine : H750

X : 1558857,29

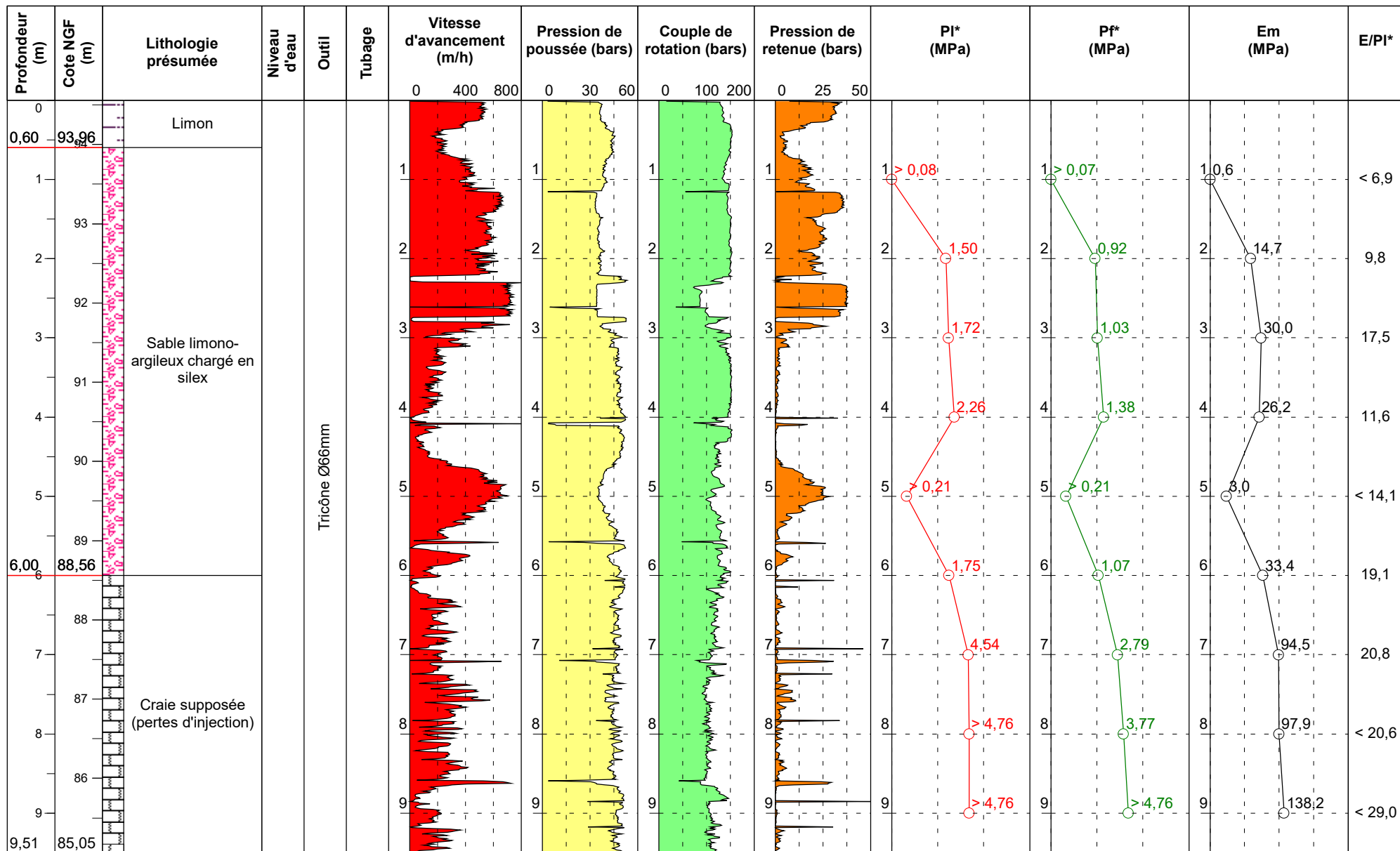
Client : SGAMI OUEST

Y : 9129874,26

1/67

Forage : SP1

EXGTE 3.23.3/LB2EPF587FR





HYDROGÉOTECHNIQUE

OISSEL (76)
Rénovation bâtiment B38

Contrat C.25.70.211

Date : 15/12/2025

Cote NGF : 94,11

Profondeur : 0,00 - 11,22 m

Machine : H750

X : 1558883,36

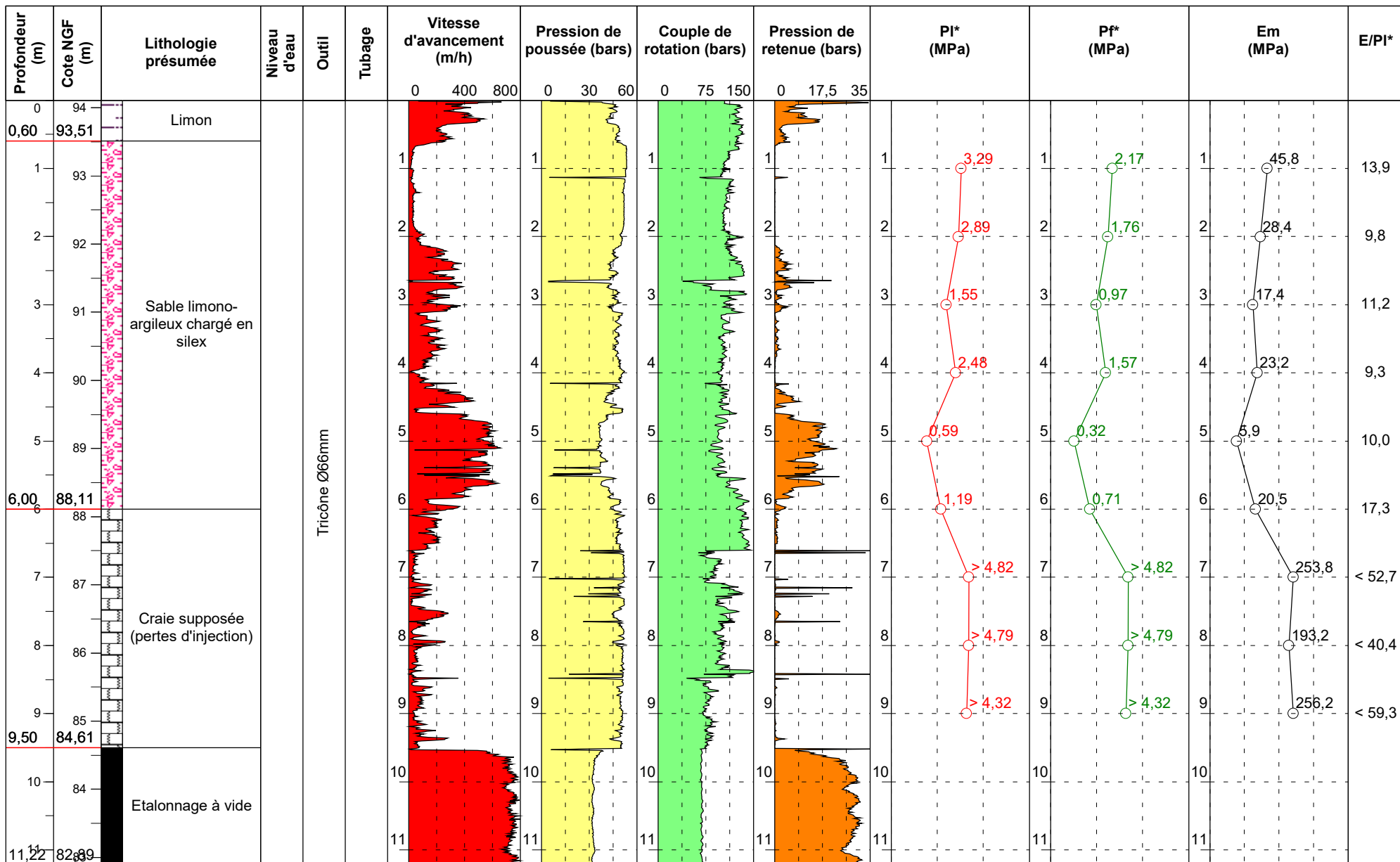
Client : SGAMI OUEST

Y : 9129939,49

1/78

Forage : SP2

EXGTE 3.23.3/LB2GEO115FR





HYDROGÉOTECHNIQUE

OISSEL (76)
Diagnostic du bâtiment B38

Contrat C.24.70.065

Date début : 16/05/2024	Cote NGF : 94.15	Profondeur : 0,00 - 1,50 m
Machine : Mini pelle 3.5 T	X : 1558876.36	
Maître Ouvrage : SGAMI OUEST	Y : 9129942.83	

1/10

Forage : RF1

EXGTE 3.23.3/GTE

Profondeur		Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Laboratoire	Observations
0,10 m		Limon marron brun à radicelles NGF : 94,05 m	Godet de 100 cm	Non notoire lors du forage		Bonne terrassabilité bonne tenue des parois
0,35 m		Argile, rouge à marron/rouge, à blocs cailloux et cailloutis de silex (Dmax= 200 mm) NGF : 93,80 m				Moyenne terrassabilité bonne tenue des parois
0,55 m		Limon sableux, gris, charpenté de cailloux et cailloutis de silex NGF : 93,60 m				Bonne terrassabilité moyenne tenue des parois
1,50 m		Sable limono-argileux, marron/orangé, à blocs et cailloux de silex (Dmax = 250 mm) NGF : 92,65 m			0,90 m GTR = C1B4 1,10 m	Moyenne terrassabilité bonne tenue des parois



HYDROGÉOTECHNIQUE

OISSEL (76)
Diagnostic du bâtiment B38

Contrat C.24.70.065

Date début : 16/05/2024	Cote NGF : 94.39	Profondeur : 0,00 - 2,10 m
Machine : Mini pelle 3.5 T	X : 1558856.78	
Maître Ouvrage : SGAMI OUEST	Y : 9129876.27	

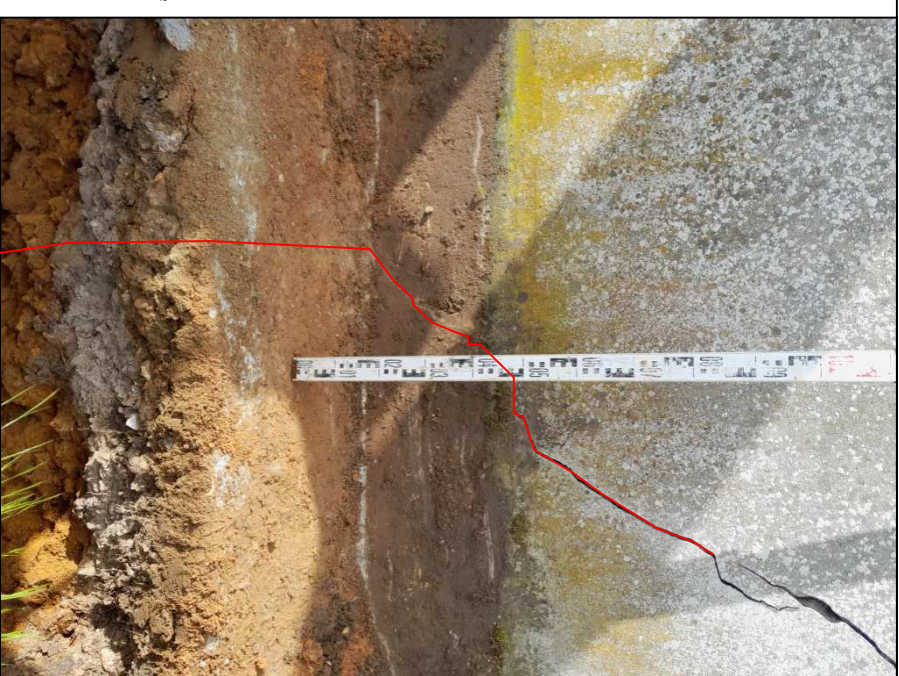
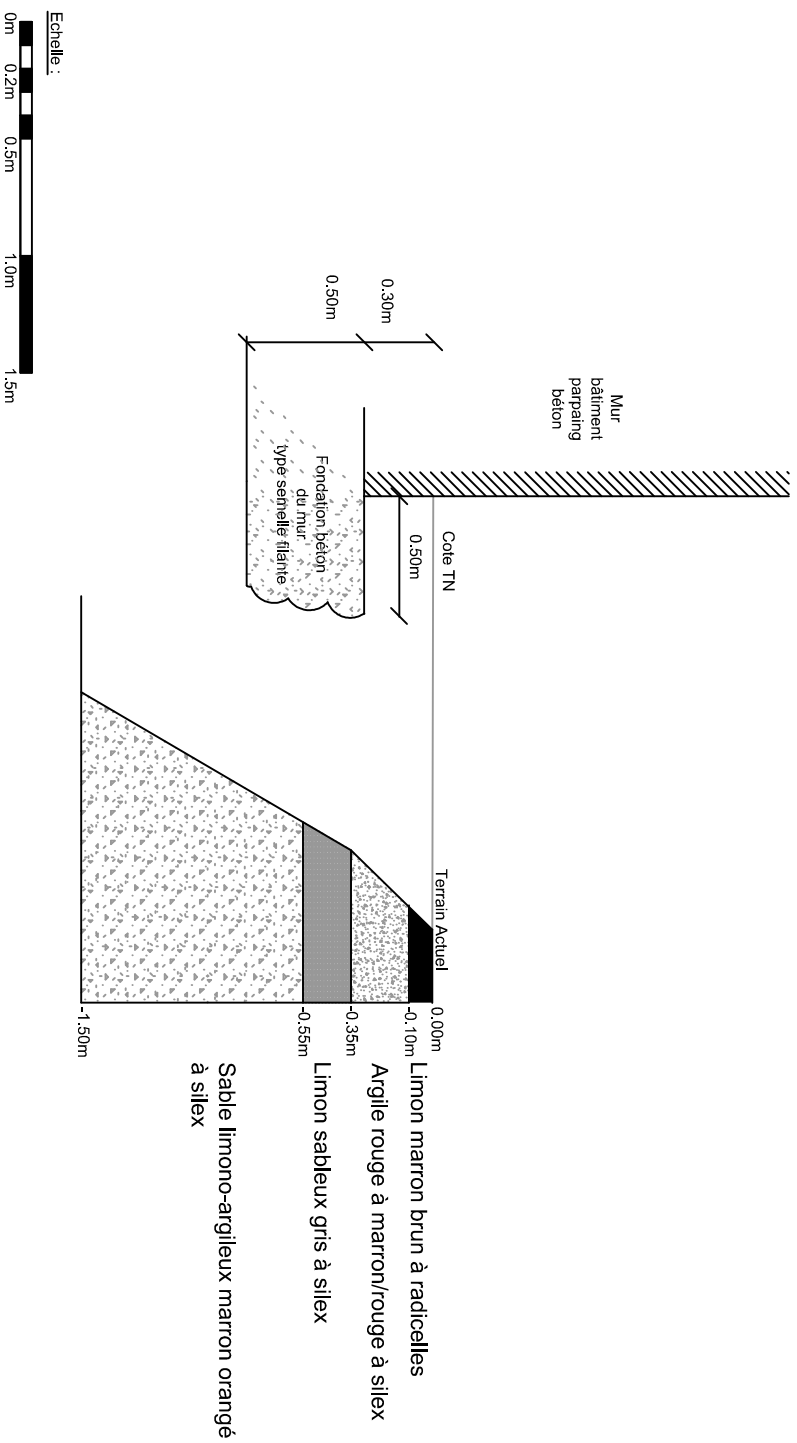
1/10

Forage : RF2

EXGTE 3.23.3/GTE

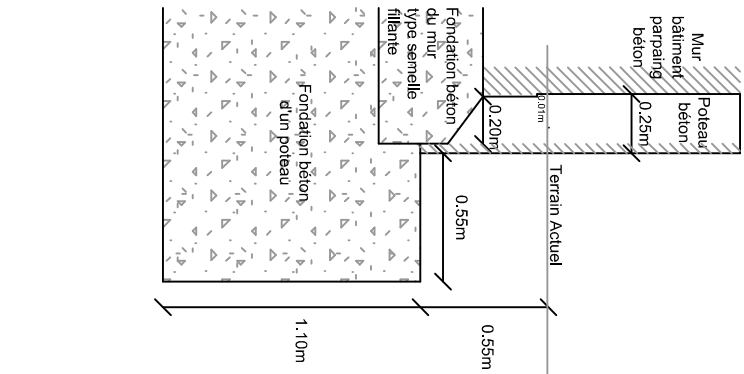
Profondeur	Lithologie	Outil	Niveau d'eau	Laboratoire	Observations
0,20 m	Limons marron/brun à radicelles NGF : 94,19 m	Godet de 100 cm	Non notoire lors du forage		Bonne terrassabilité bonne tenue des parois
0,40 m	Argile rouge à cailloux de silex NGF : 93,99 m				Moyenne terrassabilité bonne tenue des parois
0,80 m	Limons argilo-sableux, marron à jaune ou brun, à blocs et cailloux de silex (Dmax = 200 mm) NGF : 93,59 m				Bonne terrassabilité moyenne tenue des parois
1,50 m	Limons +/- argileux et +/- sableux, marron, à cailloux de silex NGF : 92,89 m				Moyenne terrassabilité bonne tenue des parois
2,10 m	Sable grossier, limono-argileux, marron, à blocs, cailloux et cailloutis de silex (Dmax = 250 mm) NGF : 92,29 m				
				1,60 m	
				GTR = C1B5	
				1,80 m	

Coupe bâtiment

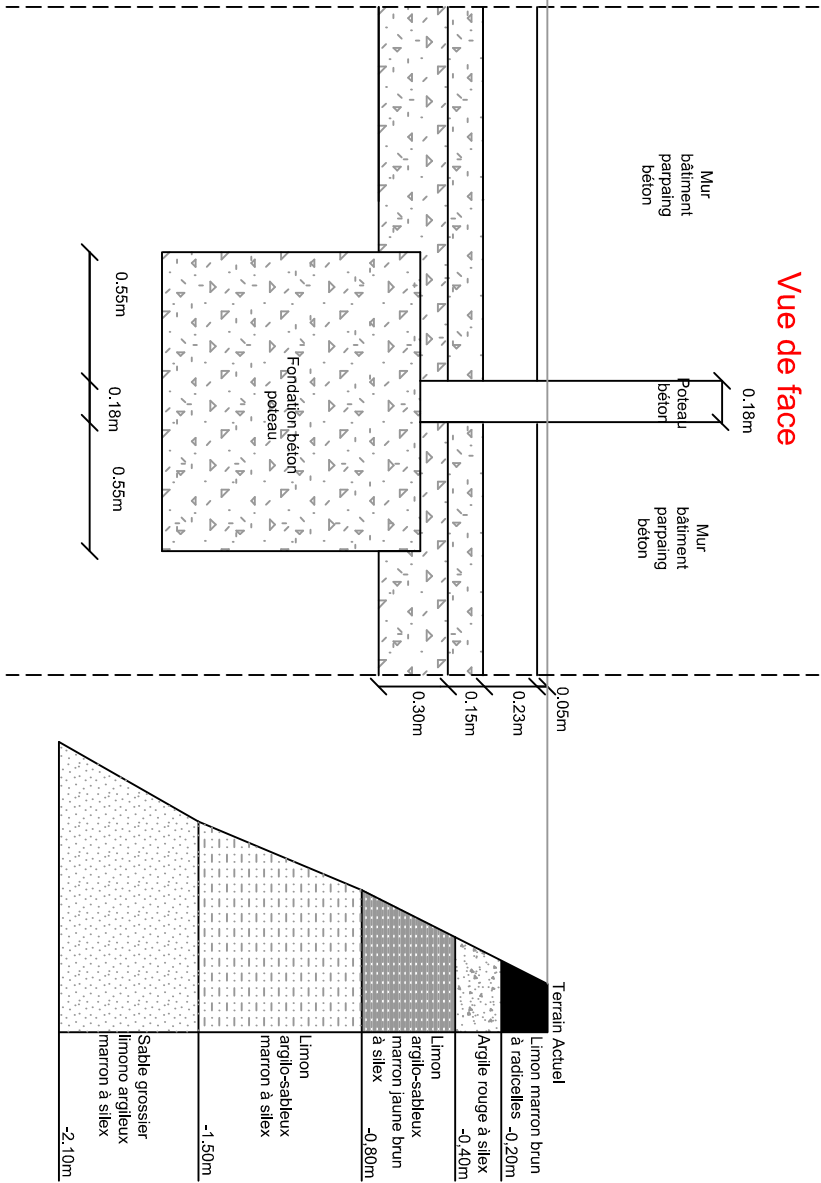


Remarque : La fissure se prolonge au niveau de la fondation

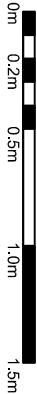
Coupe bâtiment



Vue de face



Echelle :



Essai : PD1

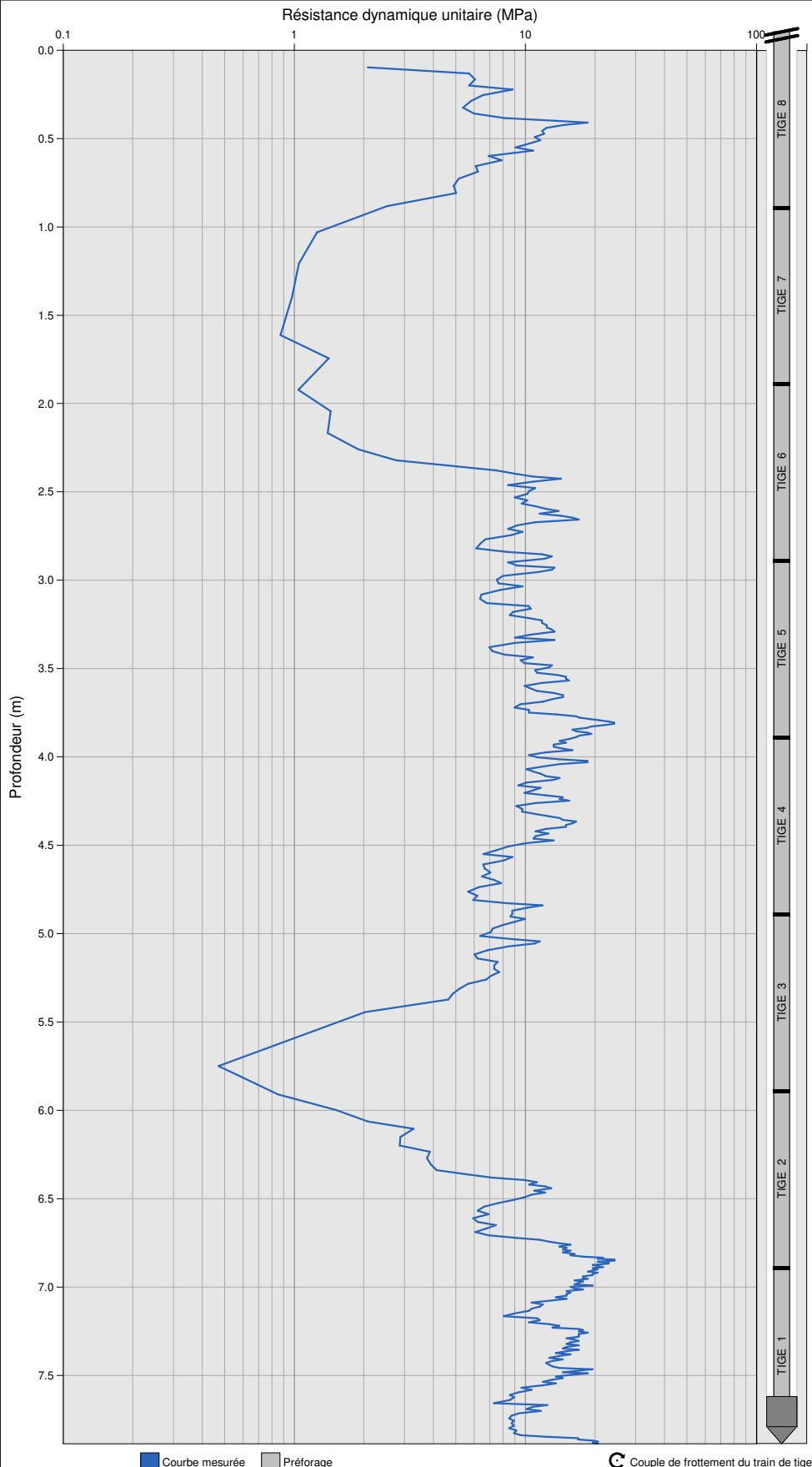
Type d'ouvrage : Non défini
Réalisé le : 16/05/2024 à 14h02
GPS : 49.3536550000 , 1.0572633333
Altitude : 101.8 m

Profondeur visée : 0.000 m
Profondeur atteinte : 7.888 m
Préforage : 0.000 m
Nombre de coups : 397

Aucune zone homogène définie

Caractéristiques pénétromètre :

Matériel : GEOTOOL/MAPESOL
N° Série : Map80
Sys. d'acquisition : MSBOXV2
Vérifié le : 11/07/2023
Type d'énergie : CONSTANTE
Norme : Non définie
Masse du mouton : 64.000kg
Hauteur de chute : 750mm
Section de pointe : 20.00cm²



Essai : PD2

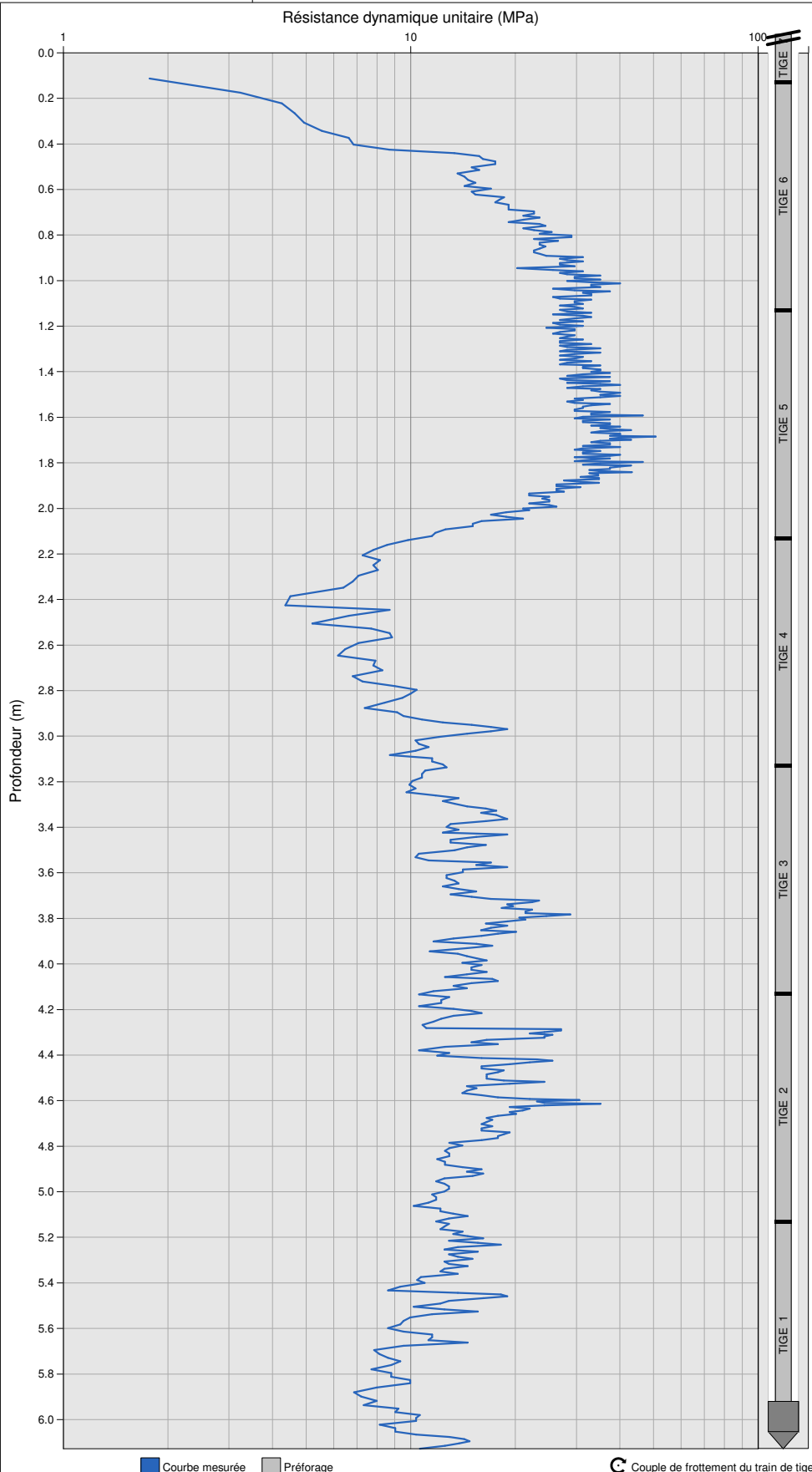
Type d'ouvrage : Non défini
Réalisé le : 16/05/2024 à 14h38
GPS : 49.3536166667 , 1.0573583333
Altitude : 78.3 m

Profondeur visée : 0.000 m
Profondeur atteinte : 6.128 m
Préforage : 0.000 m
Nombre de coups : 575

Aucune zone homogène définie

Caractéristiques pénétromètre :

Matériel : GEOTOOL/MAPESOL
N° Série : Map80
Sys. d'acquisition : MSBOXV2
Vérifié le : 11/07/2023
Type d'énergie : CONSTANTE
Norme : Non définie
Masse du mouton : 64.000kg
Hauteur de chute : 750mm
Section de pointe : 20.00cm²



⌚ Couple de frottement du train de tige

<Nom de la société>
<Adresse de la société>
<Téléphone et Fax de la société>

Essai : PD3

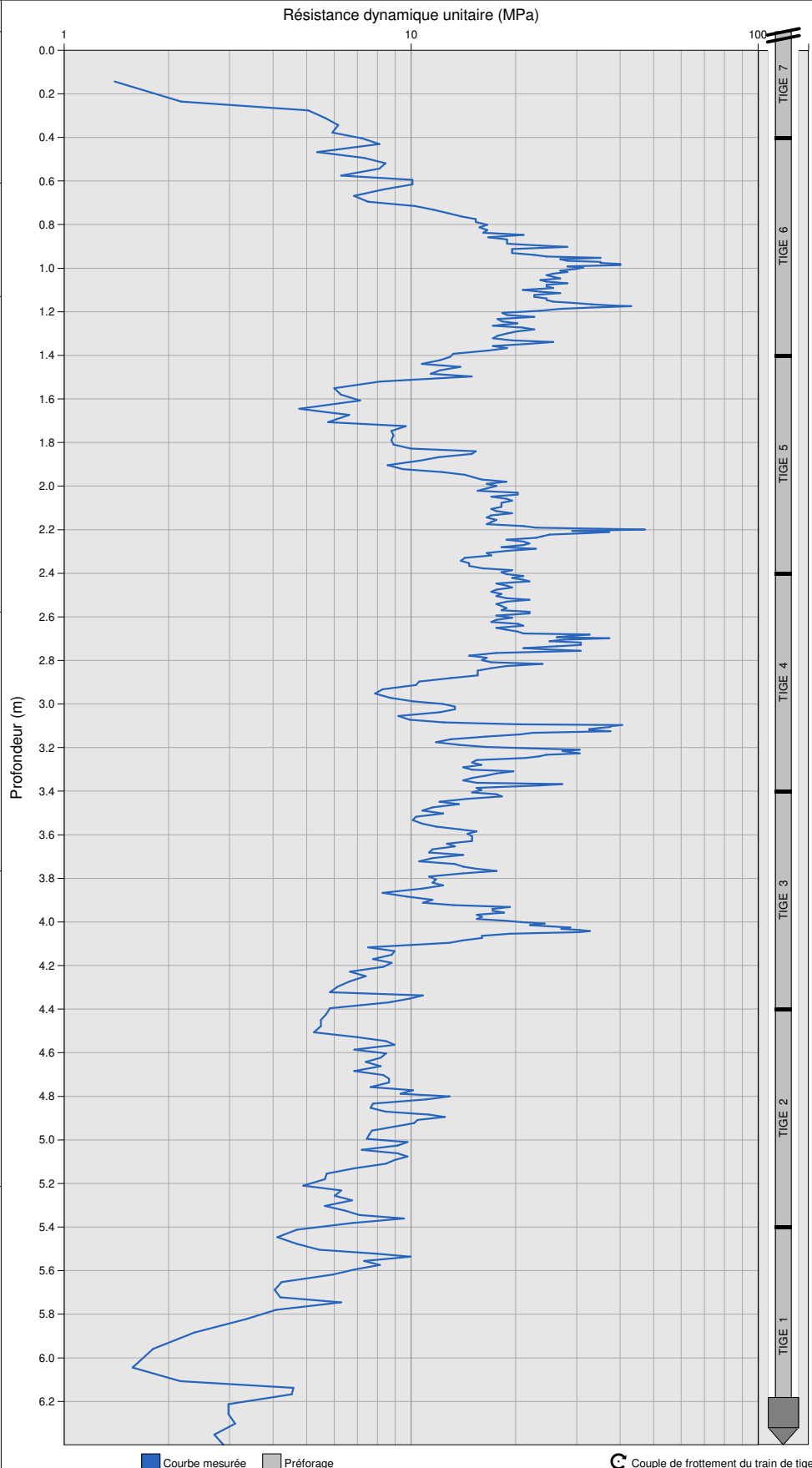
Type d'ouvrage : Non défini
Réalisé le : 16/05/2024 à 15h35
GPS : 49.3530600000 , 1.0571883333
Altitude : 88.3 m

Profondeur visée : 0.000 m
Profondeur atteinte : 6.399 m
Préforage : 0.000 m
Nombre de coups : 437

Aucune zone homogène définie

Caractéristiques pénétromètre :

Matériel : GEOTOOL/MAPESOL
N° Série : Map80
Sys. d'acquisition : MSBOXV2
Vérifié le : 11/07/2023
Type d'énergie : CONSTANTE
Norme : Non définie
Masse du mouton : 64.000kg
Hauteur de chute : 750mm
Section de pointe : 20.00cm²



<Nom de la société>
<Adresse de la société>
<Téléphone et Fax de la société>

Essai : PD4

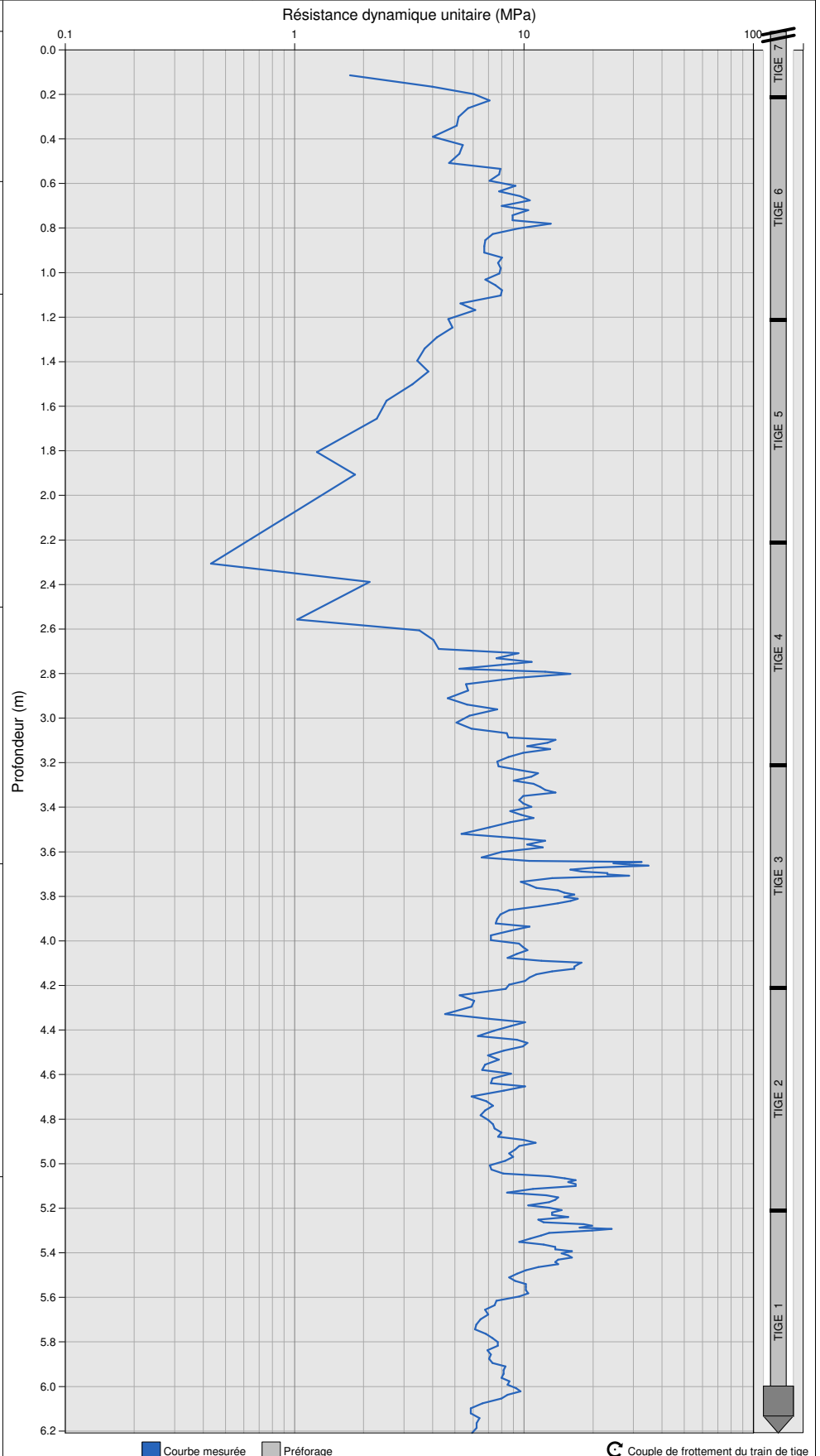
Type d'ouvrage : Non défini
Réalisé le : 16/05/2024 à 16h03
GPS : 49.3529650000 , 1.0570733333
Altitude : 87.7 m

Profondeur visée : 0.000 m
Profondeur atteinte : 6.209 m
Préforage : 0.000 m
Nombre de coups : 274

Aucune zone homogène définie

Caractéristiques pénétromètre :

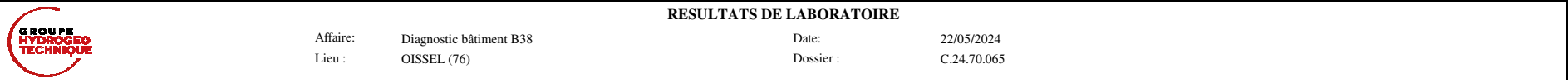
Matériel : GEOTOOL/MAPESOL
N° Série : Map80
Sys. d'acquisition : MSBOXV2
Vérifié le : 11/07/2023
Type d'énergie : CONSTANTE
Norme : Non définie
Masse du mouton : 64.000kg
Hauteur de chute : 750mm
Section de pointe : 20.00cm²



ANNEXE 3

ESSAIS EN LABORATOIRE





Date: 22/05/2024
Dossier : C.24.70.065



Affaire: Diagnostic bâtiment B38

Lieu : OISSEL (76)

RESULTATS DE LABORATOIRE

Date: 22/05/2024

Dossier : C.24.70.065

[illegible]

Lieu: OISSEL (76)

T° étuvage (°C) : 105

C1B5

ANNEXE 4

MISSIONS GEOTECHNIQUES



CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE **(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)**

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'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.

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 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.

Phase Projet (PRO)

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

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,

Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), 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 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'EXÉCUTION (G3)**

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase étude.

Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi 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 par le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état 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).

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(extrait de la norme NF P 94-500 - Novembre 2013)

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 Etude 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, esquisses, 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 Etude (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 Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude 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