ESID de Rennes

Nouveau bâtiment – Caserne Lemonnier – St-Aubin-du-Cormier (35)

Mécanique des sols et fondations spéciales

Mission d'ingénierie géotechnique

Rapport de mission G1+G2AVP



CBTP LABORATOIRE

Traçabilité du rapport

Dossier d'affaire DA 2025 1849 Devis n°DSDM202507379.1

Ind.	Date	Établi par	Approuvé par	Modification
1	10/06/2026	V. PEETSON	J. SIMON	Première diffusion

Le présent document est à la version 1 et a été diffusé le 10/06/2026.

Intervenants

Maître d'ouvrage :	Contact
ESID de Rennes **Quartier Margueritte** **1 rue du Garigliano - BP 14** **35 998 Rennes Cedex 9**	M. CABANNES Jean-François Conducteur d'opération 06.27.19.80.50 jean-francois1.cabannes@intradef.gouv.fr

Observations

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 63 pages. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à la présente opération suivant les documents portés à notre connaissance à la date de diffusion du présent document.

Sommaire

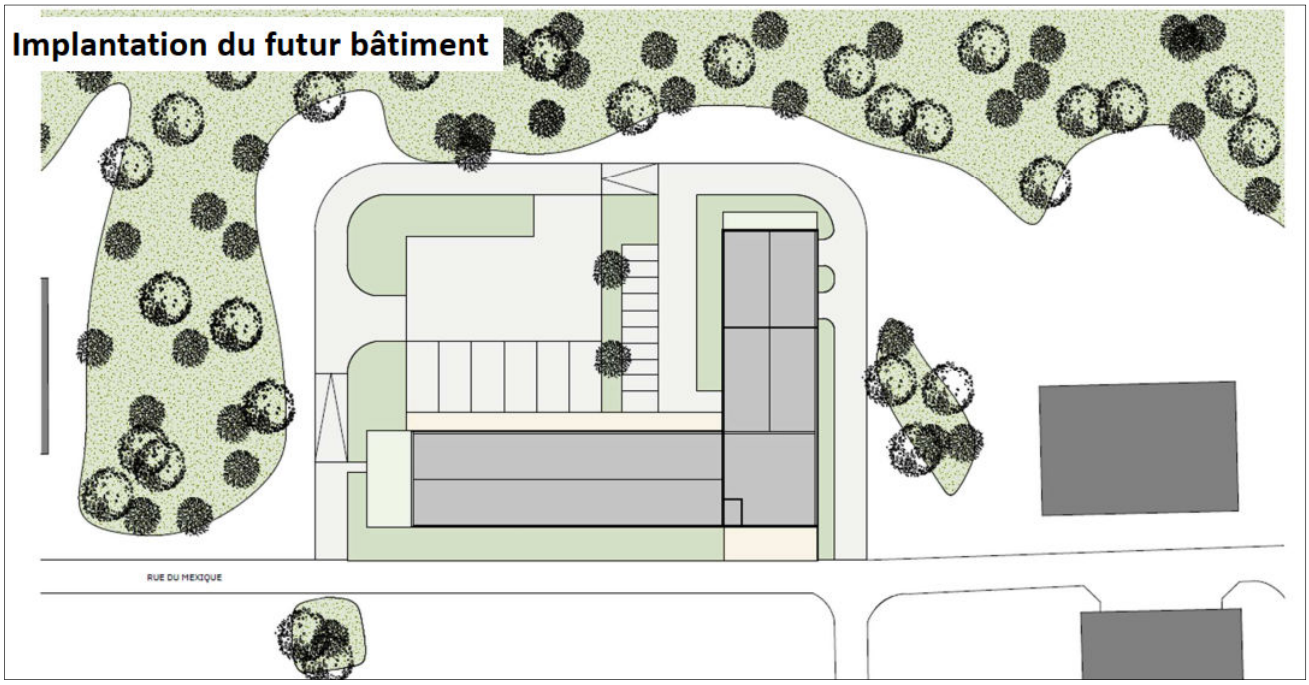
1. OBJET 4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE 6
2.1 Documents relatifs a l'operation 6
2.2 Referentiels normatifs et guides 6
2.3 Hypotheses a confirmer 6
3. CONTEXTE GENERAL 7
3.1 Contexte geographique et occupation du site 7
3.2 Risques divers sur la commune 7
3.3 Contexte geologique 8
3.4 Retrait-gonflement des argiles 8
3.5 Risque de remontees de nappes/inondations de caves 8
3.6 Radon 9
3.7 Risque sismique 9
3.8 Zone d'Influence Geotechnique *(ZIG)* 9
4. RECONNAISSANCES DE SOL ET ESSAIS EFFECTUES 11
4.1 Programme des essais 11
4.2 Essais in situ 11
4.3 Hydrologie 23
4.4 Risque sismique 24
4.5 Essais de laboratoire 24
5. MESURES PIEZOMETRIQUES 27
5.1 Mode de prise de mesure *(frequence, dates)*, rappel normatif 27
5.2 Calendrier des verifications de l'acquisition et releve des donnees 27
5.3 Mise a jour du rapport 27
6. DEMOLITION DE LA PARCELLE N°402 28
7. PRINCIPES CONSTRUCTIFS – PARCELLE N°114 & 115 29
7.1 Maquette geotechnique 29
7.2 Solutions de fondation 29
7.3 Terrassements 29
7.4 Rappel des donnees transmises 30
7.5 Ancrage des fondations 30
7.6 Fondations semi-profondes 31
7.7 Preconisations generales 32
7.8 Niveau bas de l'extension 32
8. DRAINAGE 33
9. ALEAS RESIDUELS ET SUITE A DONNER 34
9.1 Risques residuels 34
9.2 Bilan de la ZIG 34
10. ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE 35
11. ANNEXES 38
11.1 Annexe 1 : Implantation des sondages 38
11.2 Annexe 2 : Resultats d'essais in situ 40
11.3 Annexe 3 : Resultats de l'analyse en laboratoire 52
11.4 Annexe 4 : Calculs FOXTA *(Fondations)* 57

1. Objet

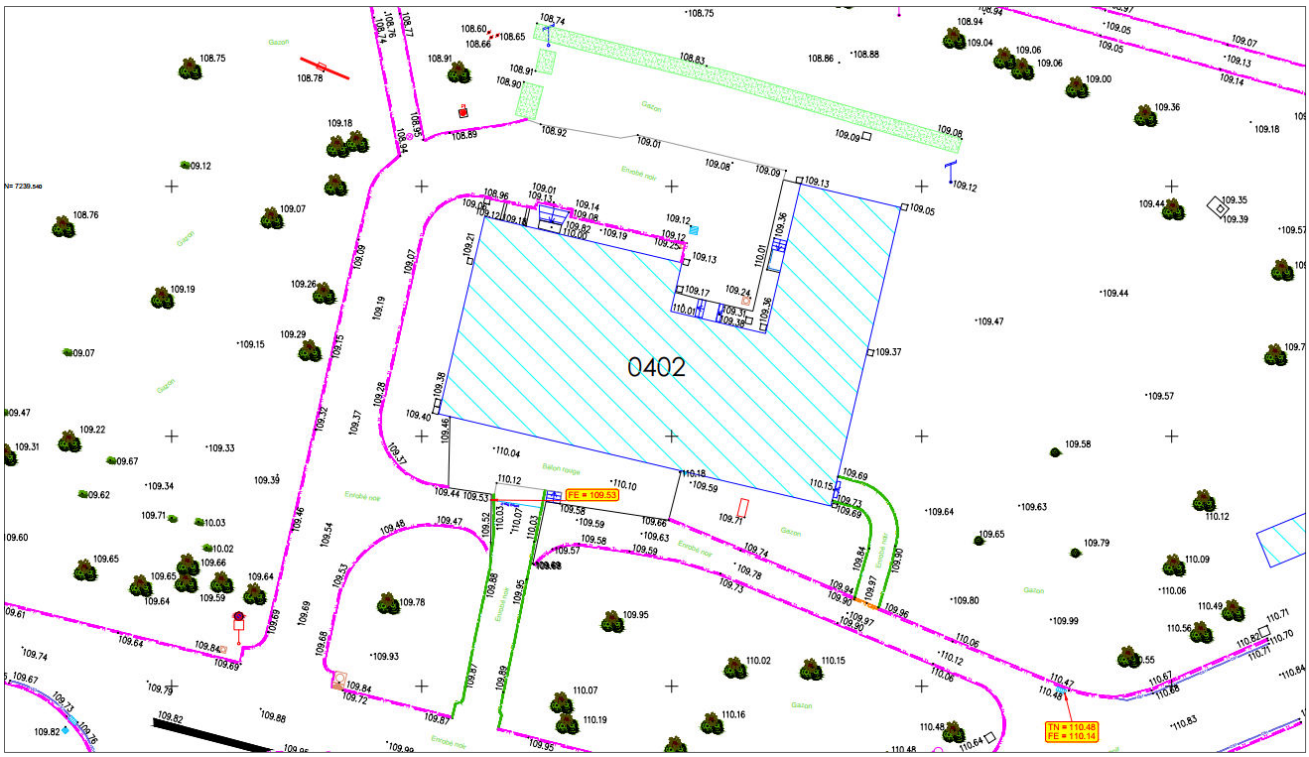
Laboratoire CBTP a été missionné à la demande et pour le compte de ESID de Rennes, pour la réalisation de la présente mission d'étude géotechnique G1+G2AVP, dans le cadre du projet de la construction d'un nouveau bâtiment et de la démolition d'un ancien bâtiment, situés Caserne Général Lemonnier, à St-Aubin-du-Cormier (35).

Le projet porte sur :

- la construction d'un nouveau bâtiment en L, en simple RDC, en lieu et place des bâtiments n°114 et 115 qui ont été démolis avant notre intervention ;
- la démolition du bâtiment n°402 ;



Plan de masse du bâtiment à construire – parcelle anciennement occupée par les bâtiments n°114 et 115



Plan topographique avec le bâtiment n° 402 voué à être démoli

La présente mission, de type G1+G2AVP, fait référence à la norme NF P 94-500 de novembre 2013 *(cf. §10)*.

La présente étude géotechnique porte sur les points suivants :
- Une étude de sol globale du site ;
- Les principes de constructions envisageables pour le projet ;

Le présent rapport d'études comprend les parties suivantes :
- Contenu des reconnaissances effectuées
- Analyses et résultats
- Définition des principes constructifs :
  - Fondations
  - Plancher porté
- Annexes

Lexique - abréviations :
- TA = cote du terrain actuel
- TN = cote du terrain naturel
- TF = cote du terrain fini après aménagement
- ELS = état limite de service *(terme Eurocodes)*
- ELU = état limite ultime *(terme Eurocodes)*

2. Documents de référence

2.1 Documents relatifs à l'opération

Les documents transmis à Laboratoire CBTP pour la réalisation de la présente étude sont les suivants :

Date du document	Emeteur	Intitulé - Référence
17-07-2025	Ministère des armées	25PRNS009 - CCTP
		25PRNS009 - Annexe no 1
		25PRNS009 - Annexe no 2
		25RNS009 - Annexe no 3
		25PRNS009 - Annexe no 4
	ICSEO	25PRNS009 - Annexe no 5
	Ministère des armées	25PRNS009 - Annexe no 6
09-07-2025	TERRATOPO	25-063 - ST AUBIN DU CORMIER - CASERNE LEMONNIER - TOPO - A
21-04-2026	Enia architectes	Position sondage

Notre devis n°DSDM202507379.1

2.2 Référentiels normatifs et guides

Les normes et règlements applicables dans le cadre de la présente mission sont les suivants :

N°	Référence	Intitulé
1	NF P94-500	Mission d'ingénierie géotechnique
2	NF EN 1997	Eurocode 7 - Calcul géotechnique
3	NF EN ISO 22476-4	Essai au pressiomètre Ménard
4	NF P94-261	Fondations superficielles
5	DTU 13.1	Travaux de bâtiment - Fondations superficielles

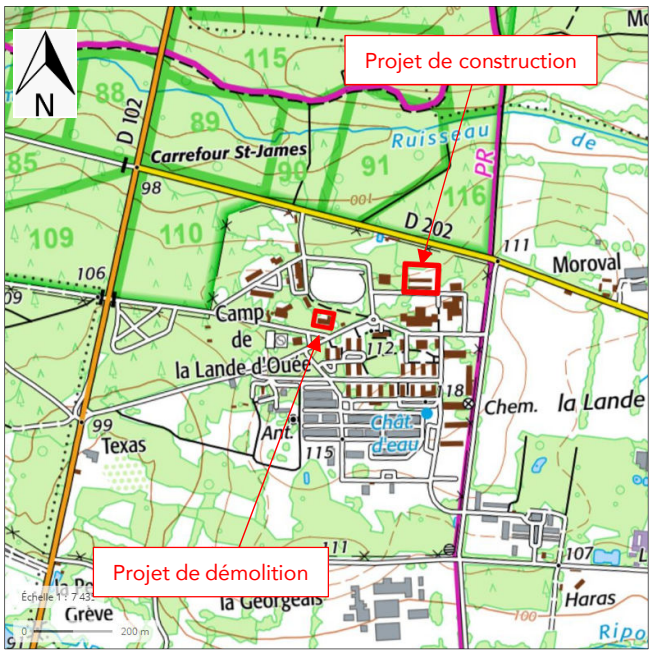
2.3 Hypothèses à confirmer

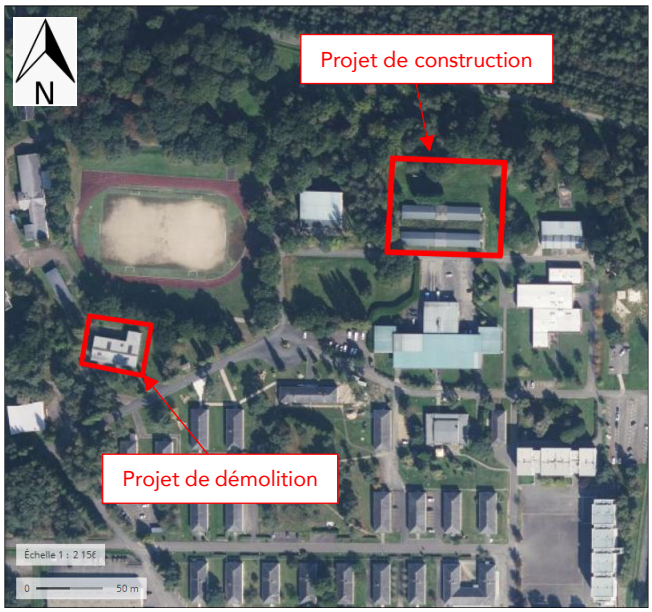
Les hypothèses suivantes devront nous être confirmées. A défaut, elles sont réputées validées par la Maitrise d'Ouvrage et la Maitrise d'Œuvre :

- Catégorie sismique des ouvrages : 4
- Cote dalle RDC prévue à la cote moyenne de nos sondages, soit à 108.82m NGF ;
- Descentes de charges pour les fondations du projet (simple RDC) :
  - V_{ELS-QP} = 300 kN/appui isolé (charges descendantes)
  - V_{ELS-QP} = 100 kN/ml pour les appuis filants

3. Contexte général

3.1 Contexte géographique et occupation du site





Les projets sont localisés sur le territoire communal de St-Aubin-du-Cormier (35), en plein cœur du camp militaire de la Lande d'Ouée, sur la parcelle 491 cadastrée dans la section 0A de la commune.

Actuellement *(avril 2026)*, l'emprise des projets correspondaient :

- Pour la parcelle au Nord-Est, à une parcelle en friche où les bâtiments présents avaient été démolis avant notre intervention. Il est à noter qu'en partie centrale, une cuve a été purgée mais de l'eau y stagnait, dégageant une forte odeur d'hydrocarbures ;
- Pour la parcelle Sud-Ouest, à une parcelle occupée par un bâtiment qui est voué à être démolis en vue d'un futur projet de construction ;

Notons que ces parcelles sont bordées par de grands arbres.

La topographie des parcelles présente une pente de l'ordre de 2 à 3% en direction du Nord.



3.2 Risques divers sur la commune

Les risques naturels suivants sont identifiés sur la commune :

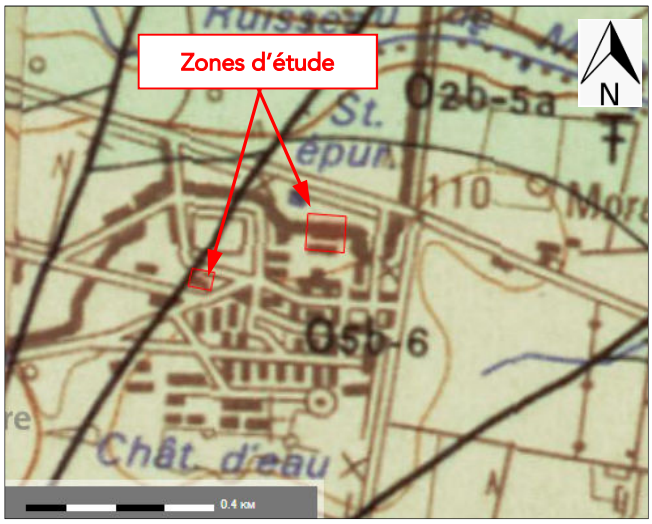
- Remontée de Nappe – pas de risque connu ;
- Séisme – faible *(zone de sismicité 2)* ;
- Mouvement de terrain – inconnu ;
- Retrait-gonflement des argiles – aléa faible ;
- Feu de forêt – existant ;
- Radon – important (potentiel de catégorie 3) ;

Ainsi que les risques technologiques suivants :

- Pollution des sols – pas de risque connu ;

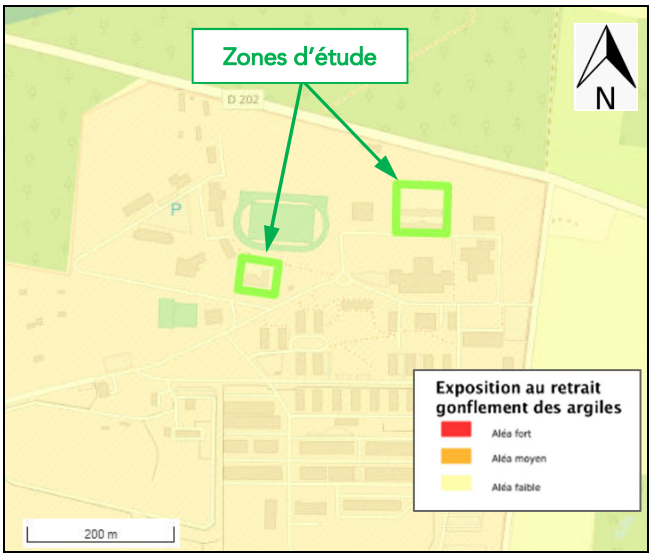
(Source : www.georisques.gouv.fr)

3.3 Contexte géologique



La carte géologique de FOUGERES au 1/50 000 *(BRGM, n°283)* montre que le site de l'étude est situé au droit d'un substratum gréseux. Cette formation est surmontée par son horizon d'altération, sous forme d'altérite, recouverte par des formations éolienne (limon, argile, etc…).

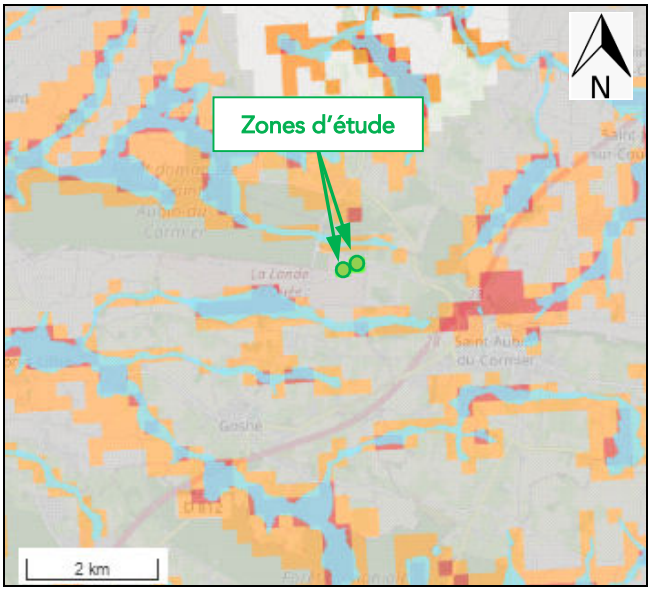
3.4 Retrait-gonflement des argiles



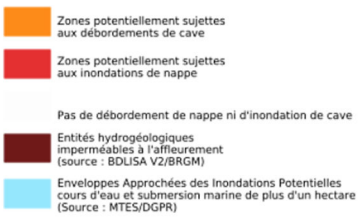
Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone d'aléa faible concernant le risque de retrait-gonflement des argiles (www.georisques.gouv.fr).

En conséquence, la profondeur minimale d'assise des fondations devra être à une profondeur minimale de 0.80 m/TN, en dehors de toute considération de portance du sol.

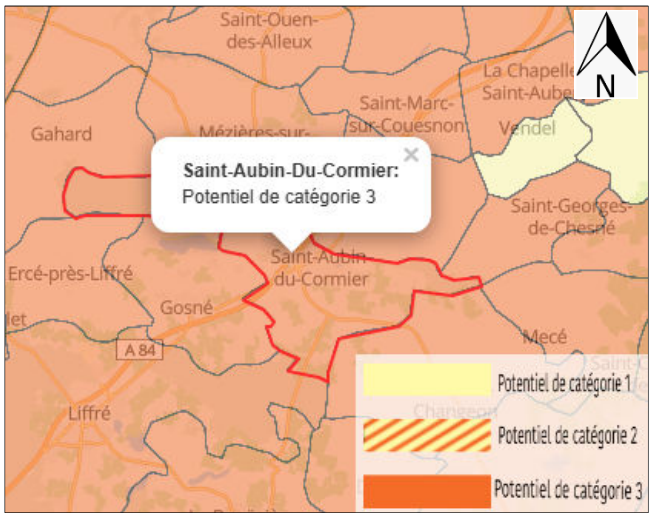
3.5 Risque de remontées de nappes/inondations de caves



Le secteur concerné par la présente étude se situe hors zone potentiellement sujette aux inondations de caves, aux débordements de nappe comme de cours d'eau (d'après le site : www.georisques.gouv.fr).



3.6 Radon



Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone de catégorie 3 vis-à-vis du radon :

« Les communes à potentiel radon de catégorie 3 sont celles qui, sur au moins une partie de leur superficie, présentent des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations. […] Sur ces formations plus riches en uranium, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que sur le reste du territoire. »

3.7 Risque sismique

Le zonage sismique classe la commune de St-Aubin-du-Cormier (35) en zone d'aléa sismique 2 *(faible)*.

3.8 Zone d'Influence Géotechnique *(ZIG)*

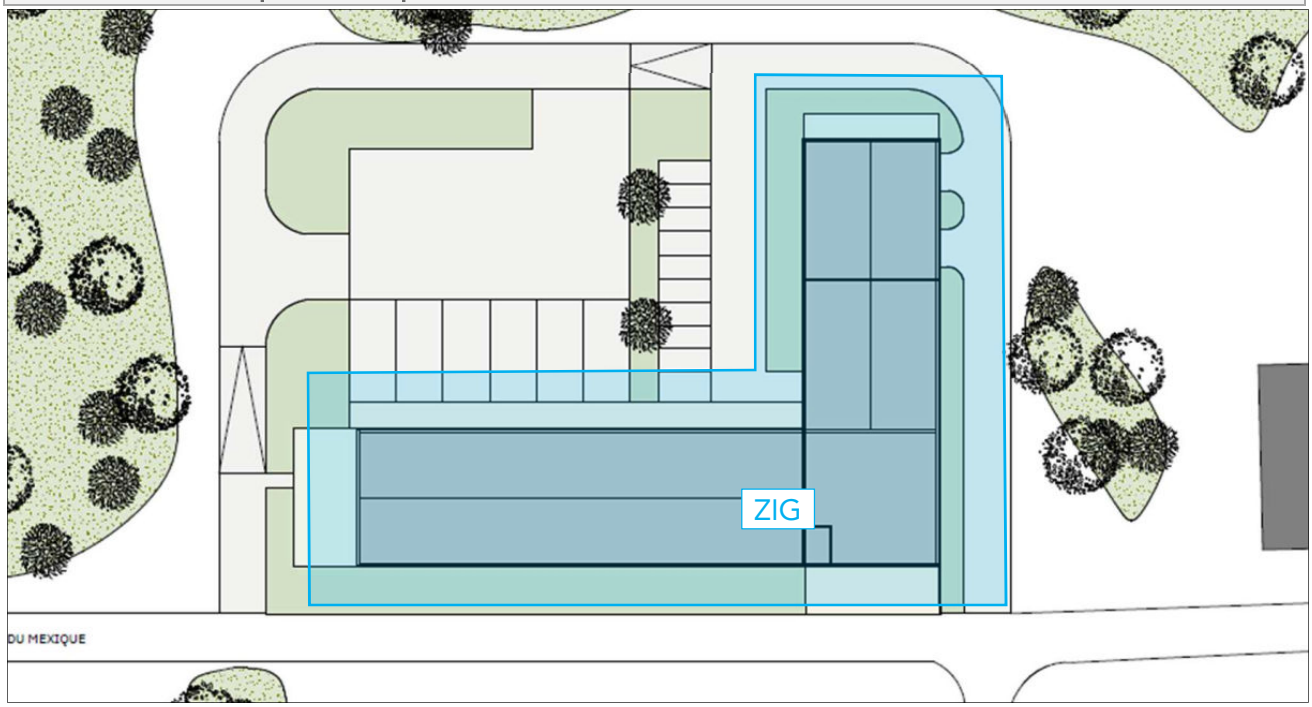
La Zone d'Influence Géotechnique *(ZIG)* a pour objet de déterminer les incidences possibles du projet sur les ouvrages existants proches afin de proposer les solutions techniques adaptées.

En présence de terrassements limités :

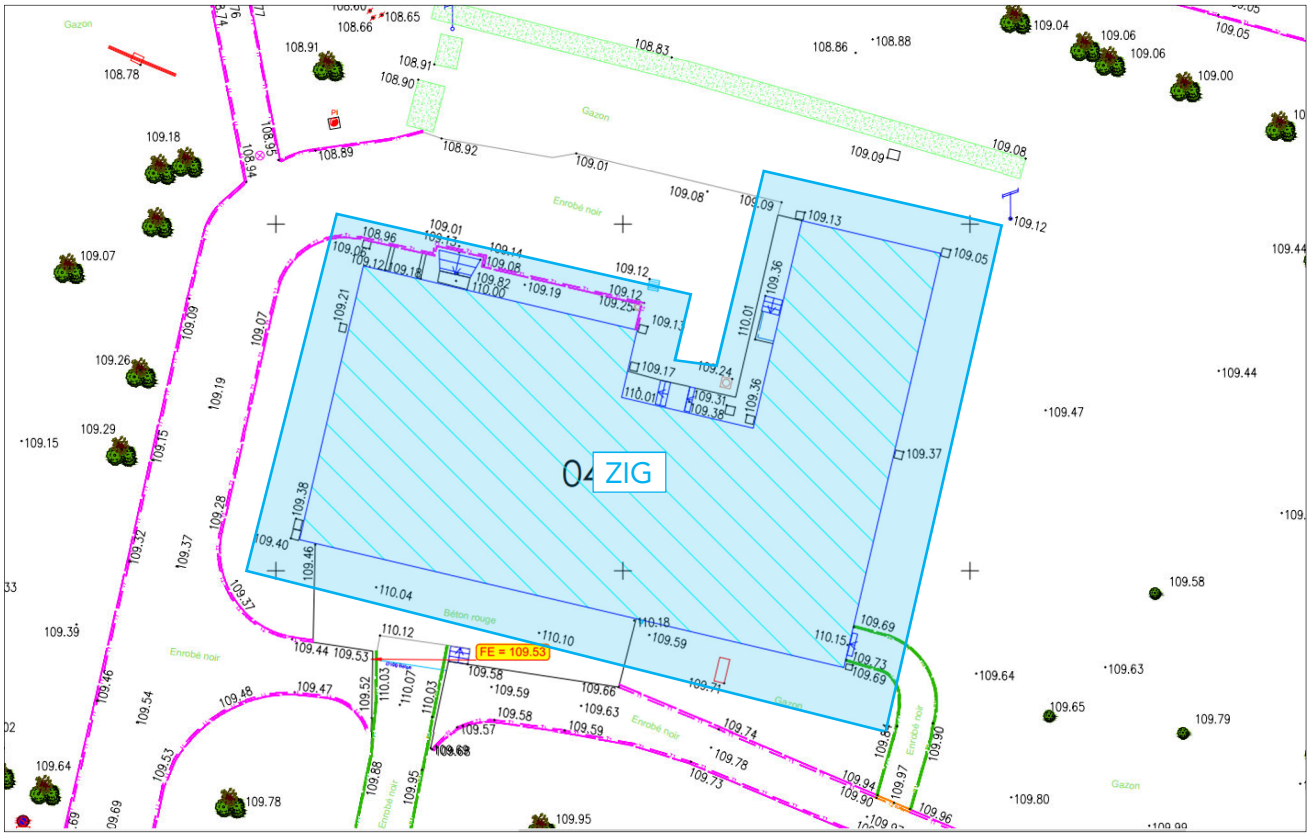
- à la mise en œuvre des nouvelles fondations ;
- à la démolition du bâtiment n°402 présent ;

Il est loisible de circonscrire la ZIG du projet à l'emprise de l'extension élargie de 2.00 m.

Elément de la ZIG
Eventuels réseaux présents à proximité



Délimitation de la ZIG du bâtiment à construire – secteur Nord-Est



Délimitation de la ZIG du bâtiment à déconstruire – secteur Sud-Ouest

4. Reconnaissances de sol et essais effectués

4.1 Programme des essais

Le programme de la reconnaissance réalisée en janvier 2026 comprend :

Type de sondage	U	Nom	Profondeur
Sondage à la tarière Ø63 mm avec essai pressiométrique tous les 1.0 à 1.5 m	2	PR1 PR2	7.99m (5 essais) 8.00m (5 essais)
Sondage géologique à la tarière Ø63mm	2	TA3 TA4	7.99m (arrêt) 8.00m (arrêt)
Sondage pour la mise en place de piézomètre	2	PZ5 PZ6	6.00m (arrêt) 6.00m (arrêt)
Sondage à la pelle mécanique	4	PM7 PM8 PM9 PM10	1.50m (refus) 1.50m (arrêt) 1.50m (arrêt) 0.80m (refus)
Reconnaissance de fondations à la minipelle		RF11 RF12 RF13 RF14	0.90m (arrêt) 1.30m (arrêt) 1.10m (arrêt) 1.35m (arrêt)
Essais de perméabilité à charge constante, type Porchet	1	PO15	0.70m (arrêt)

Type d'essai	U
Identification GTR des sols en place (granulométrie, teneur en eau, VBS)	2
Caractérisation de l'agressivité chimique d'une eau souterraine vis-à-vis des bétons	1
Caractérisation de l'agressivité chimique du sol en place vis-à-vis des bétons	1

4.2 Essais in situ

4.2.1 Sondage à la tarière et sondage pressiométrique – parcelle n°114 et 115

Les sondages pressiométriques sont des forages destructifs de diamètre 63 mm, avec mise en station d'une sonde pressiométrique à différentes profondeurs.
L'essai pressiométrique Ménard a pour objet, par la mesure de la pression et du volume de gonflement de la sonde dans le terrain, d'estimer les paramètres pressiométriques :

- Pression de fluage p_f *(étreinte latérale limite d'élasticité du sol)*
- Pression limite p_l *(étreinte latérale maximale du sol)*
- Module pressiométrique E_M *(module de déformation volumique du sol par l'essai pressiométrique)*

Ces différents paramètres permettent, par application des normes de conception, d'évaluer la portance de fondation et les déformations associées.

Nous utilisons pour nos essais un contrôleur pression / volume semi-automatique *(PREVO 100)* qui permet l'enregistrement numérique de l'ensemble des données conformément à la norme NF EN ISO 22476-4.
Par ailleurs, chaque forage a fait l'objet d'enregistrement de paramètres en continu *(vitesse d'avancement et couple de forage)*.
Les sondages ont été comblés avec les cuttings de forage.





Sondage PR1





Sondage PR2





Sondage TA3





Sondage TA4

4.2.2 Réalisation de piézomètre – parcelle n°114 et 115

Il a été réalisé deux piézomètres, le 28 avril 2026 au droit des sondages PZ5 et PZ6. Les caractéristiques géométriques principales du piézomètre sont les suivantes :

Piézomètre	Z_{TN}	$Z_{Tête}$	Prof. forage [m/TN]	Date
PZ5	+108.01	+108.23	6.00	28/04/2026
PZ6	+109.34	+109.65	6.00	28/04/2026

Z_{TN} : niveau du terrain naturel au droit du piézomètre
$Z_{Tête}$: niveau de la tête du tube intérieur du piézomètre, correspondant à l'altitude de référence des mesures piézométriques manuelles.

Le piézomètre **PZ5** est constitué :

- Equipement de forage :
  - Tube lisse Ø 45/50 mm de 0.00 m/TN à 1.50 m/TN ;
  - Tube crépiné Ø 45/50 mm avec chaussette en géotextile de 1.50 m/TN à 6.00 m/TN ;
  - Bouchon de fond.
- Equipement annulaire :
  - Massif filtrant de 6.00 m/TN à 1.00 m/TN ;
  - Bouchon étanche en bentonite *(Orégonite)* de 1.00 m/TN à 0.50 m/TN ;
  - Remblais avec les sols extrait de 0.50 m/TN à 0.00 m/TN.

Le piézomètre **PZ6** est constitué :

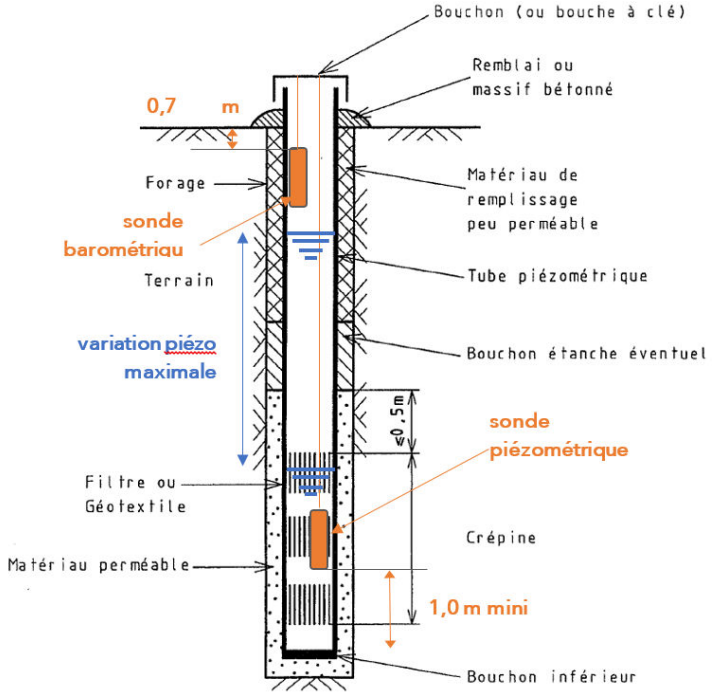
- Equipement de forage :
  - Tube lisse Ø 45/50 mm de 0.00 m/TN à 1.00 m/TN ;
  - Tube crépiné Ø 45/50 mm avec chaussette en géotextile de 1.00 m/TN à 5.50 m/TN ;
  - Bouchon de fond.
- Equipement annulaire :
  - Massif filtrant de 5.50 m/TN à 0.50m/TN ;
  - Bouchon étanche en bentonite *(Orégonite)* de 0.50 m/TN à 0.00 m/TN ;

Deux sondes automatiques de type Rugged TROLL100 et une sonde barométrique BaroTROLL sont mises en place dans les piézomètres réalisés.

Les sondes sont suspendues en tête des tubes piézométriques PVC par le biais d'un cordon en kevlar indéformable.



Le positionnement des sondes est décrit dans le schéma ci-dessous. La position est adaptée en fonction de chaque piézomètre.



4.2.3 Sondages à la pelle mécanique – parcelle n°114 et 115

Quatre fouilles ont été réalisées à la pelle mécanique, afin de reconnaitre les sols en place, de prélever des échantillons et d'observer la tenue des parois, puis ont été rebouchées avec les matériaux du site :




Sondage PM7




Sondage PM8




Sondage PM9





Sondage PM10

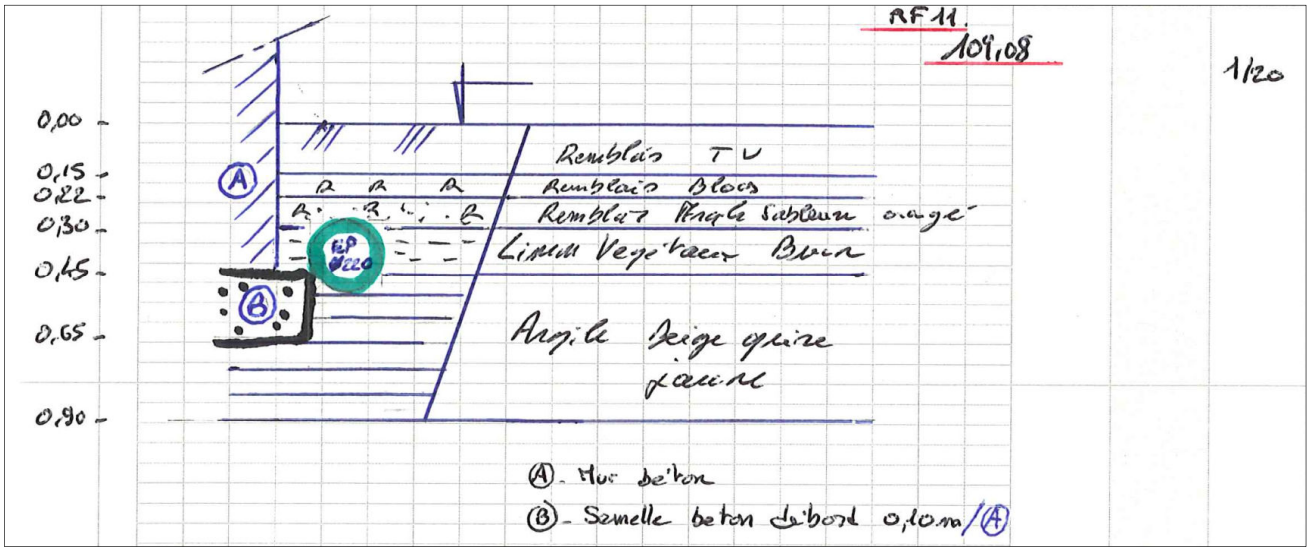
4.2.4 Reconnaissances de fondations – parcelle n°402

Quatre reconnaissances de fondations ont été réalisées lors de notre intervention en avril 2026 sur le bâtiment n°402 voué à être démolis. Elles ont mis en évidence les éléments suivants :

Sondage	RF11	RF12	RF13	RF14
Niveau du terrain naturel (m NGF)	±109.08	±109.20	±109.16	±109.24
Type de fondation	Semelle filante	Semelle isolée	Semelle isolée	Semelle filante
Profondeur d'encastrement (m/TN)	±0.65	±1.15	±0.95	±1.20
Niveau de l'arase inférieure (m NGF)	±108.43	±108.05	±108.21	±108.04
Débord fondation semelle filante (m/mur)	±0.10	/	/	±0.40
Dimension fondation semelle isolée (m)	/	1.65 x 0.90	1.50 x 0.95	/
Ancrage (m)	±0.20	±0.55	±0.15	±0.40
Horizon base de fondation	Argile	Argile	Argile	Argile
Arrivée d'eau (m/TN)	/	/	/	±1.20

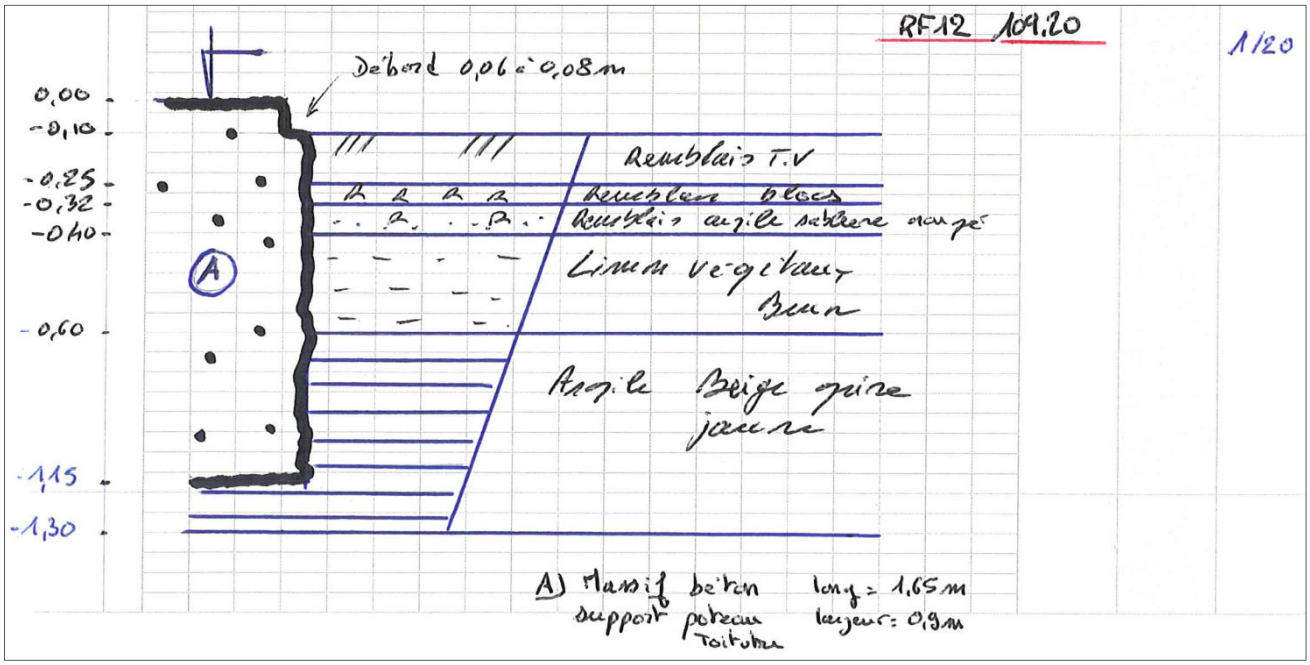
Les reconnaissances de fondations réalisées mettent en évidence des fondations superficielles par semelles filantes et isolées, avec un ancrage systématiquement réalisé au sein des argiles.

Notons que ces données ne sont valables qu'au droit des fouilles, des variations locales dans la nature, la taille et l'horizon d'assise des fondations peuvent être rencontrées.


RF11
109,08
1/20
0,00
0,15
0,22
0,30
0,45
0,65
0,90
Remblais TV
Remblais Blocs
Remblais Roche Sableuse orangé
Limon Végétal Brun
Argile Beige grise jaune
(A) - Mur béton
(B) - Semelle beton d'abord 0,10 m/(A)


11

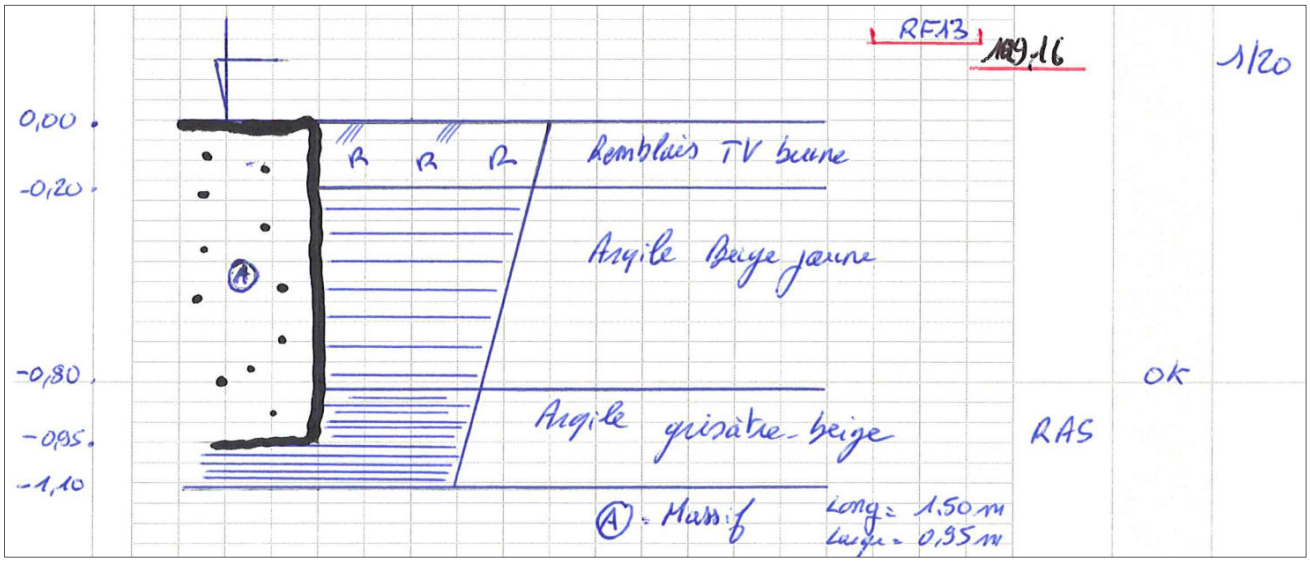
RF11


RF12 109.20
1/20
Débord 0,06 à 0,08m
0,00
-0,10
-0,25
-0,32
-0,40
-0,60
-1,15
-1,30
Remblais T.V
Remblais blocs
Remblais argile sableuse orangé
Limon végétal brun
Argile Beige grise jaune
A) Massif béton support poteau Toiture
long = 1,65m
largeur: 0,9m


RF 12

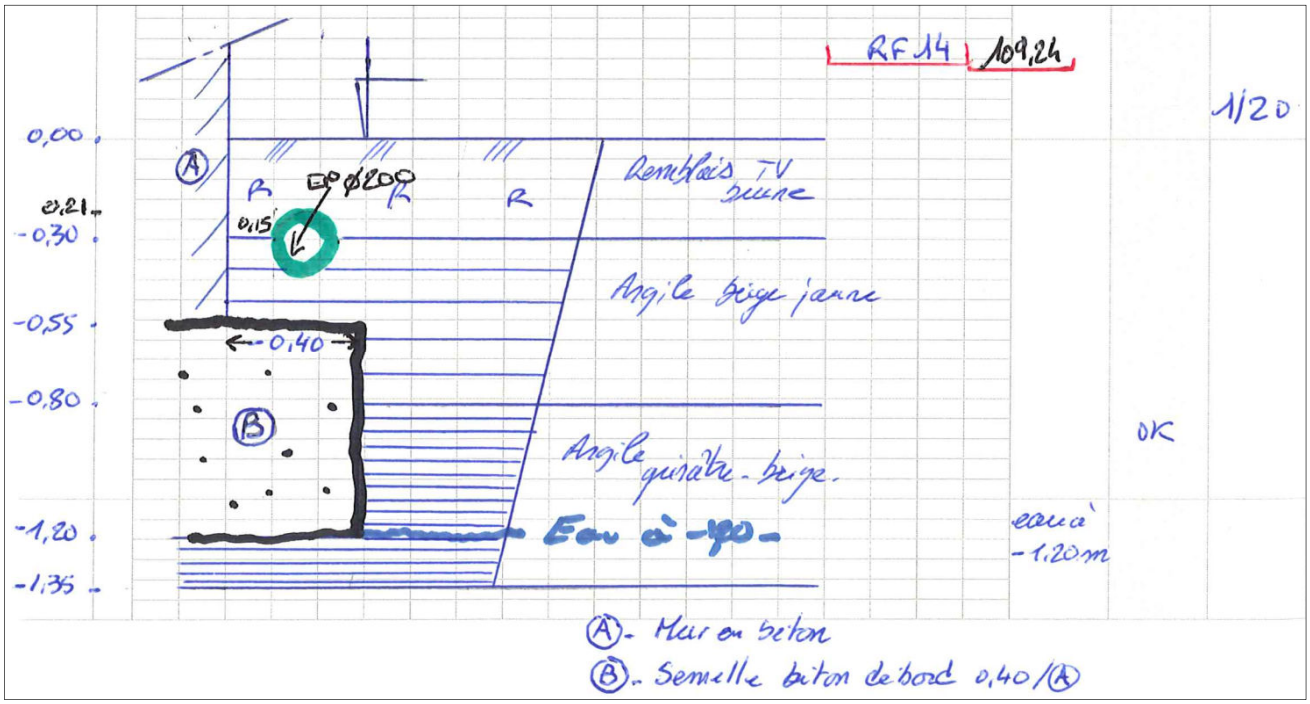

RF 12

RF12


RF13
09.16
1/20
0,00
-0,20
-0,80
-0,95
-1,10
Remblais TV beune
Argile beige jaune
Argile grisâtre beige
ok
RAS
A : Massif
Long = 1,50 m
Large = 0,95 m



RF13


RF14 109,24
1/20
0,00
0,21
-0,30
-0,55
-0,80
-1,20
-1,35
0,15
0,40
Remblais TV jaune
Argile beige jaune
Argile grisâtre - beige
OK
eau à -1,20m
(A)- Mur en béton
(B)- Semelle béton de bord 0,40 /(A)



RF14

4.2.5 Essais d'infiltration « Porchet » – parcelle n°114 et 115

Afin d'estimer la capacité d'infiltration des sols en place, un essai de perméabilité au « Porchet » a été réalisés à la profondeur de 0.70 m.





Sondage PO15

Les mesures effectuées ont conduit aux résultats suivants :

N° essai	Nature des sols	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité k		Perméabilité
			m/s	mm/h	
PO15	Argile	0.70 m	2.55 E-07	0.92	Sol peu perméable

La perméabilité des sols superficiels est peu perméable. Les horizons sableux, graveleux ou à blocs seront à rechercher pour avoir une bonne capacité d'infiltration, tandis que les zones limoneuses ou argileuses ne seront pas à privilégier.

4.2.6 Implantation et nivellement

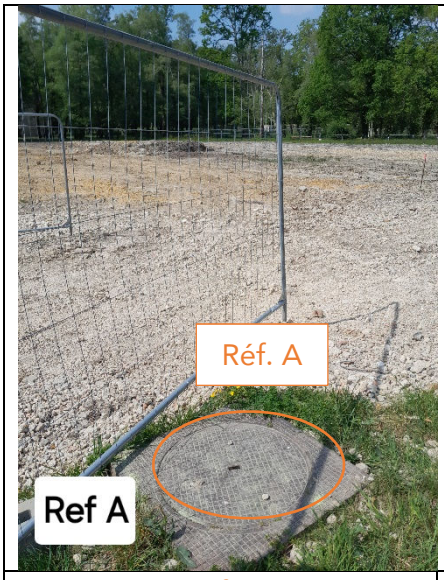
Le nivellement a été effectué en prenant comme points de référence, un repère cylindrique du nivellement général, situé sur la façade Est de l'église, à moins de 30m au Nord-Est du site de l'étude (Réf.1), ainsi que le seuil du restaurant *(Réf.2)*. Les points de sondage sont reportés sur le plan d'implantation des sondages en Annexe 1.

Les altimétries de ces références et des points de sondage sont les suivantes :

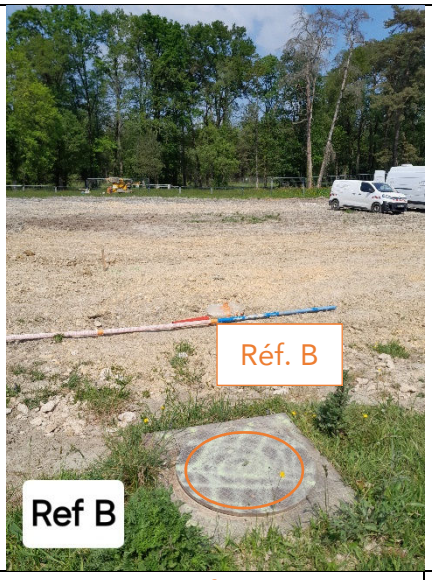
Projet de bâtiment à construire – parcelle n°114 & 115							
	Références			Sondages			
Point	Réf. A	Réf. B	Réf. C	PR1	PR2	TA3	TA4
Cote [m NGF]	109.92	109.82	109.52	108.78	109.23	109.21	107.92

Projet de bâtiment à construire – parcelle n°114 & 115							
	Sondages						
Point	PZ5	PZ6	PM7	PM8	PM9	PM10	PO15
Cote [m NGF]	108.01	109.34	109.09	108.82	108.70	109.07	107.73

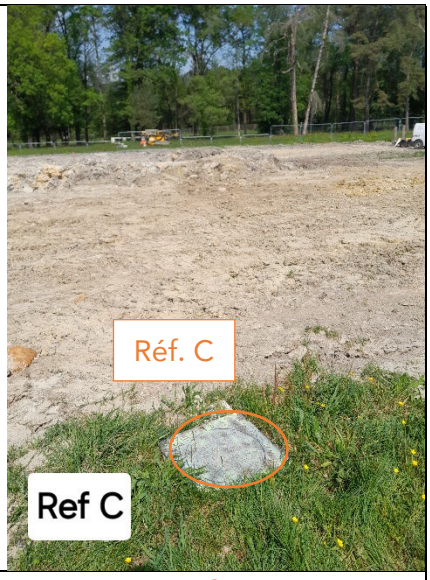
Projet de bâtiment à démolir – parcelle n°402								
	Références				Sondages			
Point	Réf. D	Réf. E	Réf. F	Réf. G	RF11	RF12	RF13	RF14
Cote [m NGF]	109.09	109.12	109.21	109.05	109.08	109.20	109.16	109.24



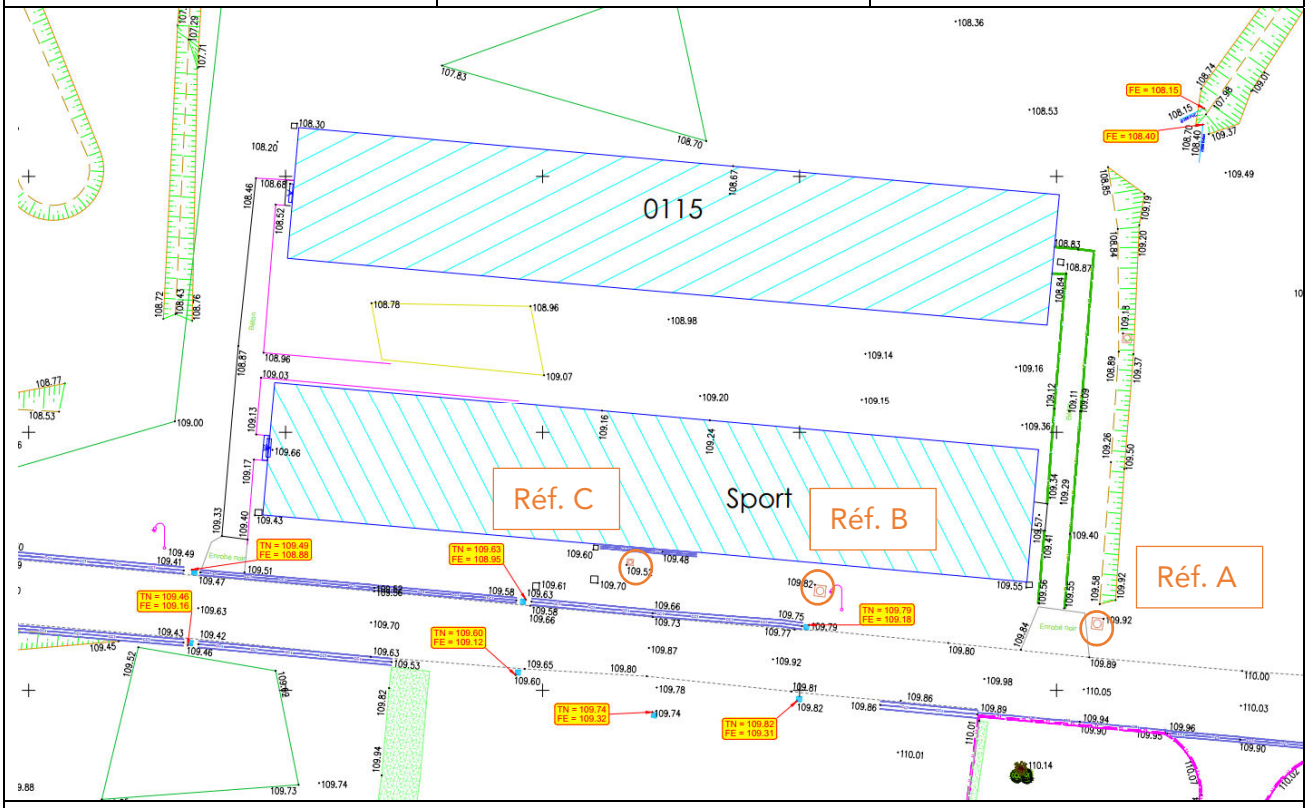
Réf. A



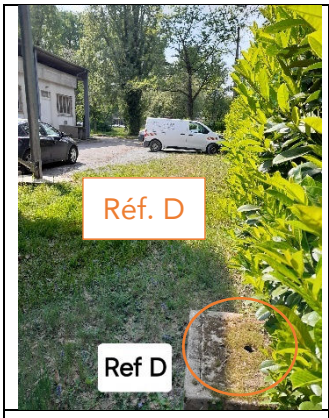
Réf. B



Réf. C



Localisation des repères de nivellement – Parcelle n°114 & 115



Réf. D



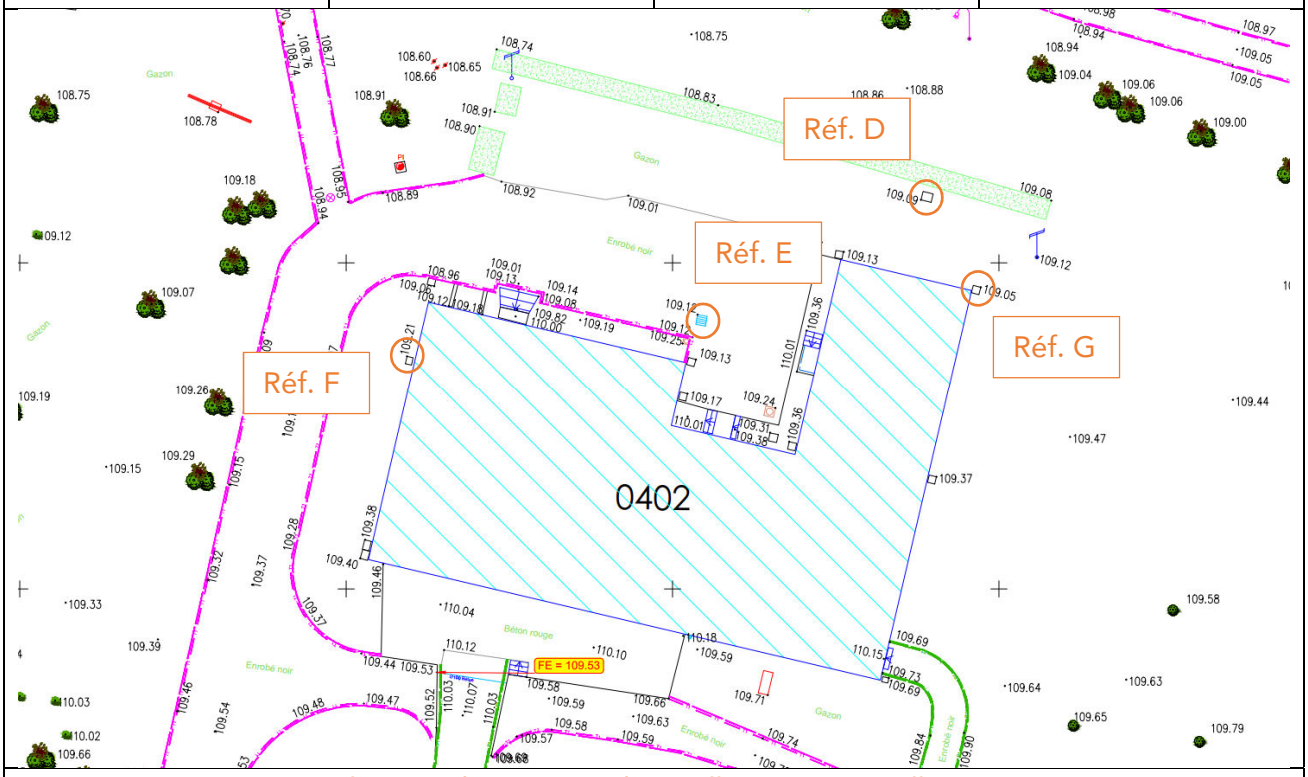
Réf. E



Réf. F



Réf. G



Localisation des repères de nivellement – Parcelle n°402

4.2.7 Synthèse des essais réalisés

Les sondages effectués ont permis de mettre en évidence les couches de sol suivantes :

Nature	Profondeur de la base de la couche [m/TN] Cote de la base de la couche [m NGF]					Pl [MPa]	EM [MPa]
	PR1	PR2	TA3	TA4	PZ5		
Cote TN	*108.78*	*109.23*	*109.21*	*107.92*	*108.01*		
Recouvrement (terre végétale, remblais, limon)	1.50 *107.28*	1.70 *107.53*	0.80 *108.41*	0.50 *107.42*	0.40 *107.61*	0.28 à 0.34	2.2 à 2.4
Argile tendre *(marron-ocre-gris)*	3.00 *105.78*	NR	1.60 *107.61*	2.70 *105.22*	1.20 *106.81*	0.28	1.6
Argile *(gris-beige-blanc-jaune)*	NR	2.80 *106.43*	2.50 *106.71*	NR	2.80 *105.21*	0.79	6.2
Altérite gréseuse argilo-sableuse *(marron-beige-blanc-ocre)*	6.50 *102.28*	4.50 *104.73*	6.00 *103.21*	5.00 *102.92*	5.60 *102.41*	1.25 à 1.38	7.3 à 16.0
Grès très altéré argileux *(beige-kaki-gris-marron-ocre)*	≥7.99 ≤*100.79*	≥8.00 ≤*101.23*	≥7.99 ≤*101.22*	≥8.00 ≤*99.92*	≥6.00 ≤*102.01*	1.67 à 2.09	15.4 à 35.1

NR : Couche Non Reconnue

Nature	Profondeur de la base de la couche [m/TN] / Cote de la base de la couche [m NGF]					Pl [MPa]	E_M [MPa]
	PZ6	PM7	PM8	PM9	PM10		
Cote TN	*109.34*	*109.09*	*108.82*	*108.70*	*109.07*		
Recouvrement (terre végétale, remblais, limon)	1.20	0.60	0.60	0.50	0.40	0.28 à 0.34	2.2 à 2.4
	108.14	*108.49*	*108.22*	*108.20*	*108.67*		
Argile tendre *(marron-ocre-gris)*	NR	NR	NR	NR	NR	0.28	1.6
Argile *(gris-beige-blanc-jaune)*	2.50	0.70	≥1.50	≥1.50	0.80	0.79	6.2
	106.84	*108.39*	*≤107.32*	*≤107.20*	*108.27*		
Altérite gréseuse argilo-sableuse *(marron-beige-blanc-ocre)*	4.00	1.50	NR	NR	NR	1.25 à 1.38	7.3 à 16.0
	105.34	*107.59*					
Grès très altéré argileux *(beige-kaki-gris-marron)*	≥6.00	≥1.50			≥0.80	1.67 à 2.09	15.4 à 35.1
	≤103.34	*≤107.59*			*≤108.27*		

NR : Couche Non Reconnue

Nature	Profondeur de la base de la couche [m/TN] / Cote de la base de la couche [m NGF]				Pl [MPa]	E_M [MPa]
	RF11	RF12	RF13	RF14		
Cote TN	*109.08*	*109.20*	*109.16*	*109.24*		
Recouvrement (terre végétale, remblais, limon)	0.45	0.60	0.20	0.30	0.28 à 0.34	2.2 à 2.4
	108.63	*108.60*	*108.96*	*108.94*		
Argile tendre *(marron-ocre-gris)*	NR	NR	0.80	0.80	0.28	1.6
			108.36	*108.44*		
Argile *(gris-beige-blanc-jaune)*	≥0.90	≥1.30	≥1.10	≥1.35	0.79	6.2
	≤108.18	*≤107.90*	*≤108.06*	*≤107.89*		

NR : Couche Non Reconnue

4.3 Hydrologie

Lors de notre investigation de décembre 2025, l'arrivée et les niveaux d'eau suivants ont été observés au sein de nos sondages :

Parcelle n°114 & 115										
Nature	Profondeur [m/TN] / Cote [m NGF]									
	PR1	PR2	TA3	TA4	PZ5	PZ6	PM7	PM8	PM9	PM10
Cote TN	*108.78*	*109.23*	*109.21*	*107.92*	*108.01*	*109.34*	*109.09*	*108.82*	*108.70*	*109.07*
Arrivée d'eau en cours du forage	-2.60	-2.80	-2.50	-3.00	-2.50	-2.50	Sans eau	Sans eau	Sans eau	Sans eau
	106.18	*106.43*	*106.71*	*104.92*	*105.51*	*106.84*				
Niveau d'eau en fin de chantier	-0.20	-1.30	-0.60	0.00	0.00	-0.67	Sans eau	Sans eau	Sans eau	Sans eau
	108.58	*107.93*	*108.61*	*107.92*	*108.01*	*108.67*				

Parcelle n°402				
Nature	Profondeur [m/TN] / Cote [m NGF]			
	RF11	RF12	RF13	RF14
Cote TN	*109.08*	*109.20*	*109.16*	*109.24*
Arrivée d'eau en cours du forage	Sans eau	Sans eau	Sans eau	-1.20
				108.04

NB : le caractère ponctuel des sondages dans le temps ne permet pas d'apprécier la variation possible des nappes et infiltrations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques. Des circulations d'eau localisées, correspondant soit à des retenues de surface soit à de circulations

plus profondes au sein du substratum ou horizons d'altération sont possibles et difficilement prévisibles.

4.4 Risque sismique

Le projet concerné par la présente étude est classé en catégorie d'importance IV vis-à-vis du risque sismique. Le zonage sismique classe la commune de St-Aubin-du-Cormier (35) en zone sismique 2 *(aléa faible)*. L'application des prescriptions parasismique de l'Eurocode 8 est donc obligatoire.

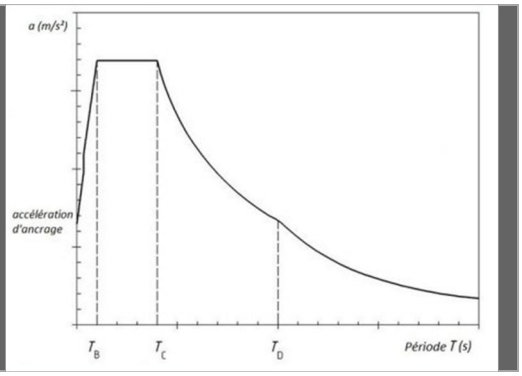
D'après le tableau d'identification des classes de sol §3.1.2*(1)* de la norme NF EN 1998-1, le sol est de **classe C**.

Les paramètres de dimensionnement sismiques à prendre en compte sont définis ci-après.

Grandeur	Abréviation	Valeur
Accélération	a_{gr}	0.7 m/s²
Catégorie d'importance	γI	1.4
Coefficient de sol	S	1.5
Accélération maximale	$a_{max} = a_{gr} . \gamma_I . S$	1.47
Accélération verticale	$a_{vg} = 0.8 \times a_g$	1.176

Les spectres de réponse élastique sont définis par les valeurs suivantes, suivant l'arrêté du 15/02/2018, article 1, en fonction de la classe de sol :

Valeurs	TB [s]	TC [s]	TD [s]
Réponse élastique horizontale	0.06	0.40	2.0
Réponse élastique verticale	0.03	0.20	2.5



En zone de sismicité 1 et 2, l'analyse de la liquéfaction n'est pas requise, selon l'arrêté du 22/10/2010.

4.5 Essais de laboratoire

4.5.1 GTR + IPI

Les prélèvements des échantillons ont été effectués par Laboratoire CBTP selon les normes en vigueur.

L'objectif des analyses pratiquées est de classifier les sols rencontrés selon la norme NF P 11-300 :

Analyse	Norme
Analyse granulométrique	NF P 94-056 & NF EN ISO 17892-4
Valeur de bleu des sols (VBS)	NF P 94-068
Indice Portant Immédiat / ICBR	NF P 94-078
Teneur en eau (W_{nat})	NF P 94-050 & NF EN ISO 17892-1

Les essais d'identification sont résumés dans le tableau suivant :

Faciès	Passant (%) (en mm)										W_{nat} (%)	IPI	VBS	GTR
	0.063	0.08	0.2	0.4	1	2	5	6.3	10	20				
PZ5 *(0.40 à 1.20 m)* Argile tendre	58.3	62.1	85	87	92	96	98	99	100	100	19.5	1.6	1.03	A_1th
PM7 (0.80 à 1.40m) Altérite gréseuse argileuse	62.4	63.7	85	96	97	97	98	99	99	100	16.4	9.4	1.30	A_1m

À l'aune de la valeur de la **VBS**, analysée pour entre 1.03 à 1.30, la susceptibilité du sol des échantillons analysés vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles peut être considérée comme **faible** :

V_{Bs}	*Susceptibilité*
< 2,5	Faible
2,5 à 6	Moyenne
6 à 8	Forte
> 8	Très forte

NB : Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables sur l'ensemble du chantier. Des éléments nouveaux *(hétérogénéité géologique…)* mis en évidence lors des travaux peuvent entraîner des adaptations tant à la conception qu'à l'exécution

Le profil du futur projet semble nécessiter des travaux de déblai-remblai. Le cas échéant, les matériaux rencontrés sur le site pourront néanmoins être réutilisés pour la construction des remblais de mise à niveau ou remblaiement, sous réserve de leurs conditions d'état hydrique, s'agissant de sols sensibles à l'eau.

Pour rappel, selon les dispositions du GTR et du GTT, les sols fins de classification GTR : A1 sont réutilisables dans la plage des teneurs en eau conduisant aux états hydriques :

- Humide « h », moyen « m » et sec « s »

Les sols trop secs pour être réutilisés en l'état devront être humidifiés afin de les amener dans un état hydrique moyen « m ».
À contrario, les sols très humides, ne pourront être réemployés sans une réduction préalable de leur teneur en eau.

C'est pourquoi, dans le cas d'une volonté de réutilisation des sols extraits, nous préconisons le cas échéant leur mise en dépôt provisoire, afin d'abaisser leur teneur en eau vers un état hydrique moyen « m ».
Dans tous les cas, leurs modalités de mise en œuvre *(épaisseurs de couche, vitesse et nombre de passes de compacteur …)* devront respecter les prescriptions du GTR et du GTT.

4.5.2 Agressivité des constituants du sol sur le béton

Des analyses d'agressivités des sols et d'eau ont été réalisées par nos soins et sont synthétisées dans le tableau suivant :

Analyse d'agressivité	Caractéristique(s) chimique(s) déterminant(s)	Classe d'agressivité
Sur les sols	Teneur en sulfates	XA2
Sur l'eau	pH Teneur en CO2 agressif	XA1 XA2
	Classe d'agressivité à retenir	**XA2**

Conformément aux exigences du fascicule FD P18-011 et de la norme NF EN 206-+A2/CN, le béton doit être de classe d'exposition **XA2**, sauf si une étude spécifique démontre qu'une classe d'exposition inférieure est suffisante.
Le détail des analyses effectuées figure en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**annexe.

5. Mesures piézométriques

5.1 Mode de prise de mesure *(fréquence, dates)*, rappel normatif

Les mesures sont effectuées par enregistrement de la pression à l'intérieur du tube. La pression atmosphérique est également enregistrée afin de corriger la pression hydrostatique enregistrée.

Les systèmes d'acquisition de données sont prévus d'être contrôlés tous les 6 mois *(recommandation de la norme NF EN ISO 22475-1)*.

La fréquence de mesure retenue est d'une mesure toutes les heures, soit 24 mesures par jour. Chaque sonde a été synchronisée avant installation. La prise de mesure est donc simultanée pour les capteurs installés.

Les sondes sont activées dès la mise en place dans les piézomètres.

5.2 Calendrier des vérifications de l'acquisition et relevé des données

Le calendrier approximatif des contrôles et relevés des données sera le suivant :

Contrôle	Date du relevé et contrôle
Mise en place des sondes	29/04/2026
Contrôle à 1.5 mois	09/06/2026
Contrôle à 6 mois	29/10/2026
Contrôle et démontage à 12 mois	29/04/2027

5.3 Mise à jour du rapport

Le rapport sera mis à jour à la suite de cette période de mesures.

6. Démolition de la parcelle n°402

Suite à la réalisation de quatre reconnaissances de fondations de cet ouvrage, il en ressort que le bâtiment est fondé superficiellement entre -0.65 à -1.20m/TN à l'aide de fondations superficielles de type semelle filantes (sous le bâtiment) et isolées (sous les poteaux).
Ainsi, hormis la présence éventuelle d'une cuve non identifiée (comme sur la parcelle n°114 & 115), les terrassements nécessaires pour purger les fondations du bâtiment seront limités à un maximum de -1.20m/TN.

Les sols extraits seront majoritairement des sols fins de type A1, réutilisables en remblaiement si le matériau n'est ni trop sec, ni trop humide. Au vu de la présence d'une arrivée d'eau à -1.20m/TN en RF14, il sera important de réaliser cette démolition idéalement en période estivales afin que l'eau soit le plus bas possible dans le sol pour que les sols extraits puissent être réutilisés en remblais.

7. Principes constructifs – parcelle n°114 & 115

7.1 Maquette géotechnique

Pour un ancrage au sein des altérites gréseuses, il a été choisi de considérer la maquette géotechnique défavorable suivante :

- Cote projet à ±108.82m NGF = basé sur PR1 *(cote TN à 108.78 m NGF)*.

Nature	Profondeur de la base de la couche [m/TN futur] Cote de la base de la couche [m NGF]	Pl [MPa]	Em [MPa]	α
Couverture *(terre végétale, remblais, etc…)*	1.50 *107.28*	A purger		
Argile	3.00 *105.78*	0.25	1.5	1/2
Altérite gréseuse argilo-sableuse	6.50 *102.28*	1.30	8.0	
Grès très altéré argileux	≥7.99 *≤100.79*	1.70	15.0	

7.2 Solutions de fondation

Eu égard aux résultats des investigations géotechniques effectuées, de la présence de sols de recouvrements *(terre végétale, remblais)* et des argiles, de mauvaises portances et potentiellement évolutifs, sur 2.50 à 3.00m d'épaisseur, des **fondations superficielles à semi-profondes de type puits sont adaptées, avec ancrage de 0.30 m minimum au sein des altérites gréseuses ;**

En aucun cas les fondations ne devront être assises ou ancrées au sein des horizons de recouvrement, et également des horizons racinaires, de portance trop aléatoire et potentiellement évolutive.
Les horizons de tête devront absolument être purgés pour la réalisation des fondations superficielles ainsi que les terrains de mauvaise compacité. Une substitution par du gros béton est également envisageable en cas de présence de terrains de mauvaise qualité sous l'arase, de manière à aller chercher un horizon d'assise de portance satisfaisante *(E_M > 5 MPa)* par approfondissements locaux.

Le sol d'assise devra impérativement être homogène sous les fondations du même ouvrage afin d'éviter tout contraste de raideur sous les fondations d'une même construction. Suivant les variations altimétriques, il pourra donc être nécessaire d'effectuer des purges.

7.3 Terrassements

En partant d'un niveau projet à 108.82m NGF, peu de terrassement sont à prévoir, hormis pour la mise en place des nouvelles fondations. Les terrassements sur la hauteur des fondations du projet auront lieu au sein des formations superficielles *(terre végétale, remblais et argile)*.

Les terrassements se dérouleront au sein d'horizons de compacité variable, mais globalement aisément terrassables à l'aide d'engins classiques de chantier. Toutefois pour les terrassements au sein des grès, des pelles de moyenne à forte puissance seront nécessaire (refus en PM7 et PM9). Les moyens employés devront en tout état de cause être adaptés à l'avancement des travaux *(des passages plus indurés peuvent nécessiter l'emploi d'engins de forte puissance, équipés d'outils adaptés : godet rocher, dent de déroctage, BRH, etc.)*.

Les pentes de talus pour les terrassements dans les différentes natures de terrain pourront être, en première approche :

- Horizons de recouvrement et argiles : 3H/2V ;
- Altérite et grès : 1H/1V ;

La présence d'ouvrages, cheminements et voiries en mitoyenneté devra être prise en compte dans le choix de la méthode de terrassement employée, afin de ne pas créer de vibrations, ou de ne pas venir déstructurer les ouvrages existants.

7.4 Rappel des données transmises

Nous n'avons pas de plans de fondations en notre possession. Nous prendrons ainsi comme hypothèses les dimensions de fondation suivantes :

- Puits : Ø1.00m ;

Les charges du projet ne nous ont pas été transmises.

Dans la présente étude, nous considérerons donc des données hypothétiques, à savoir :

- V_{ELS-QP} = 250 kN/appui isolé (charges verticales descendantes)

Les efforts horizontaux associés ne sont pas connus et ne feront l'objet d'aucune estimation dans le présent rapport.

7.5 Ancrage des fondations

Les formations de recouvrements anthropiques comme naturelles et les éventuels remblais non mis en évidence dans nos sondages, devront absolument être purgés pour la réalisation des fondations superficielles, pour un ancrage dans les schistes.

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs minimales :

Critère	Profondeur (m) par rapport au terrain fini projeté
Hors gel	0.50 minimum
Risque vis-à-vis des argiles	0.80 m au minimum (aléa faible)
Ancrage dans la couche porteuse	0.30 minimum au sein des altérites

Il est à noter que les argiles tendres ne sont pas assez portantes pour reprendre les charges du projet. De plus, la distinction entre la couche d'argile tendre et la couche d'argile sur le terrain sera très compliqué et risque d'être une source d'erreur (distinction possible grâce aux essais pressiométriques et aux enregistrements de paramètres de forage).

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs minimales d'encastrement des fondations, avec une cote du niveau fini RDC à 108.82m NGF :

Sondage		Profondeur [m/TN]					
		Cote [m NGF]					
		PR1	PR2	TA3	TA4	PZ6	PM7
Cote TN [m NGF]		108.78	109.23	109.21	107.92	109.34	109.09
Profondeur minimale de base de fondation à respecter	m/TN actuel	≥3.30	≥3.10	≥2.80	≥3.00	≥2.80	≥1.80
	m NGF	≤105.48	≤106.13	≤106.41	≤104.92	≤106.54	≤107.29

7.6 Fondations semi-profondes

7.6.1 Capacité portante

L'évaluation de la capacité portante *(taux de travail)* des fondations superficielles est définie au §9 de la norme NF P94-261 : $q_{net} = k_p\ ple^* i_\delta\ i_\beta$

Formation d'ancrage	q_{net} [MPa]
Altérite gréseuse argileuse	1.00

La valeur de q_{net} dépend des efforts horizontaux appliqués aux fondations et à la proximité de talus. À ce stade du projet, il a été pris en compte $i_\delta = i_\beta = 1$. Il conviendra de prendre en compte les valeurs réelles de i_δ et i_β, en fonction des descentes de charges et de la présence de talus.

Au présent stade du projet, afin de pallier aux hétérogénéités du terrain, nous retiendrons les taux de travail suivants :

Combinaison	Contrainte admissible [MPa]
ELS quasi-permanent	0.35
ELU fondamental	0.52

7.6.2 Estimation des tassements

En considérant la maquette géotechnique précédente *(cf. §7.1)* et en l'absence de descentes de charges communiquées, nous avons retenu l'hypothèse de :

- $V_{ELS\text{-}QP}$ = 250 kN/appui isolé (charges verticales descendantes)

La portance et le renversement sont vérifiés pour des fondations *(dimensions minimales données ci-après)* ancrées à minima de 0.30 m au sein des altérites gréseuses :

Cas de chargement	$Q_{v,d\ ELS\ QP}$ [kN ; kN/ml]	Dimension de la fondation [m]	Arase Inférieure (m NGF)	Contrainte appliquée [MPa]	Tassement absolu s maximal [cm]	Portance	Renversement
Massif isolé	250	Ø1.00	104.92 à 107.29	0.32	<0.9	Vérifiée	Vérifiée

Les descentes de charges considérées valident les massifs et les semelles en termes de portance et de renversement.

Remarque importante : En fonction des descentes de charges réelles du projet, il pourra être indispensable de doubler voire tripler les puits sous chaque appui.

Les tassements sont évalués à l'aide du logiciel FOXTA prenant en compte l'annexe H de la norme NF P94-261.

Dans le cas d'un excentrement ou d'une inclinaison de la charge vis-à-vis de la géométrie de la fondation ou de la présence d'un talus à proximité, il reviendra au concepteur de vérifier les rotations de semelle et la compatibilité de la structure vis-à-vis de ces rotations.
La compatibilité des tassements absolus et différentiels devra être étudiée et validée par un bureau d'études structure.

7.7 Préconisations générales

7.7.1 Résistance structurelle

La résistance des éléments constitutifs de la fondation superficielle ne fait pas partie de la présente mission géotechnique et devra être vérifiée par un bureau d'études structure.

Le bâtiment se devra d'être construit avec une structure rigide et équilibrée, avec mise en place de joints de rupture entre ses différentes parties.

7.7.2 Dispositions techniques

Les dispositions relatives à l'emplacement des fondations seront conformes à la norme NF P94-261. Notamment, les arases inférieures des fondations devront respecter la pente des 3H pour 2V entre les fondations voisines.

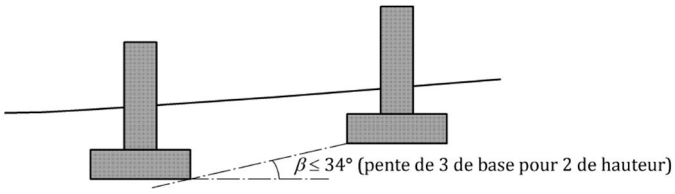


Figure 8.1 — Dispositions relatives à l'emplacement des fondations superficielles

On prendra soin de purger toute la terre végétale, et tous matériaux pouvant être évolutifs au droit des fondations projetées.

Les fonds de fouille devront être soignés et recompactés pour éviter tous tassements parasites.
Le béton devra être mis en place immédiatement après l'ouverture des fouilles pour éviter tout risque de détériorations liées aux venues d'eau en présence dans le sol ou météoriques.

Le cas échéant, un épuisement des fouilles devra être mis en place et un béton de propreté est à prévoir, le cas échéant, afin d'éviter tout contact des armatures avec le sol en place.

Les terrassements devront être effectués par temps sec, à une période favorable vis-à-vis de la présence d'eau dans le sol.

7.8 Niveau bas de l'extension

Compte-tenu du projet, du potentiel radon de la commune et de la mauvaise portance des sols superficiels, on s'orientera préférentiellement vers la réalisation de planchers portés par les fondations.

8. Drainage

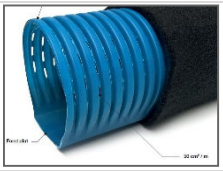
8.1.1 Phase provisoire/chantier

Un épuisement permanent de la plateforme de fond de fouille pendant toute la durée des travaux devra être effectué par la mise en place d'un empierrement drainant et d'un puisard de pompage permettant de maintenir le niveau de la nappe à -0,50 m par rapport au niveau du fond de fouille. Eu égard aux matériaux en place, toute stagnation d'eau en fond de fouille devra être proscrite.

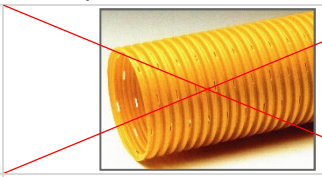
Il faudra privilégier une période de basses eaux, idéalement estivale pour les travaux de terrassements.

8.1.2 Phase définitive

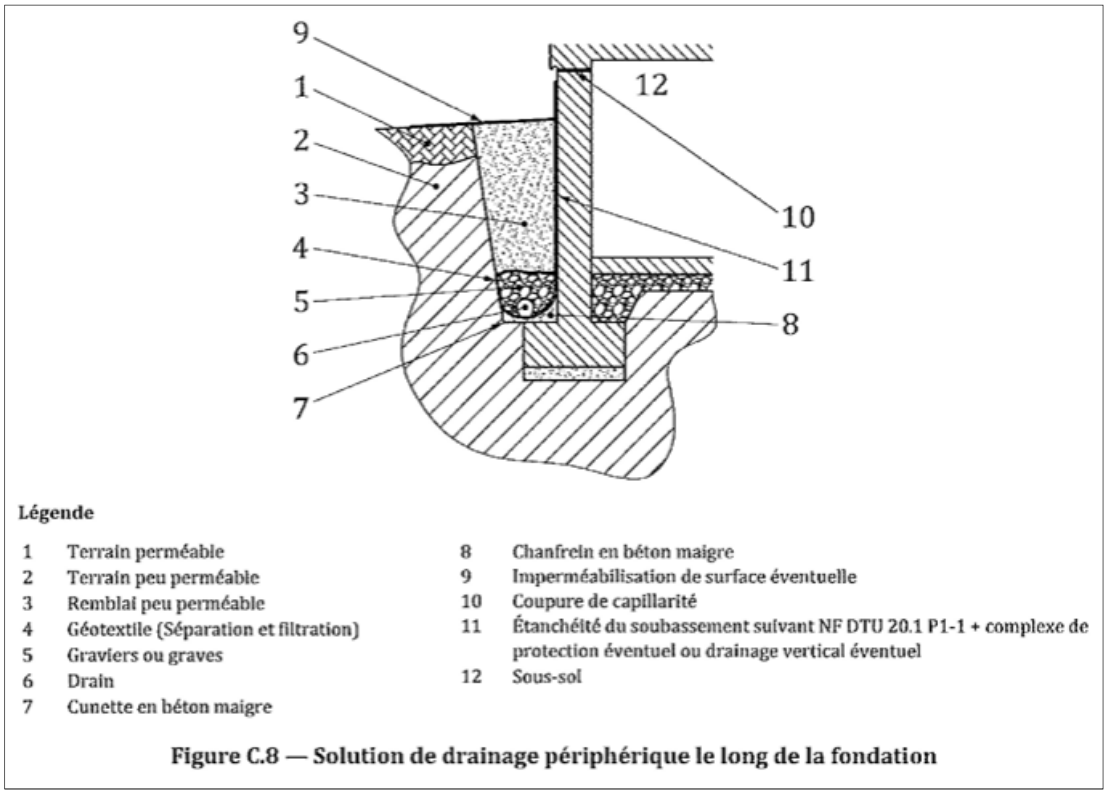
Le drainage périmétrique pourra être assuré par la mise en place d'un drain de pied, positionné au-dessus de la semelle, coté extérieur. Le drain sera de type bâtiment entouré de géotextile afin d'éviter tout colmatage (DTU 20.1).
Les drains à prévoir sont de type routier équipés de chaussette géotextile, afin d'éviter la réinjection des eaux captées et devra être relié à un exutoire de capacité suffisante.



Drain routier (recommandé)



Drain agricole (à proscrire)



Légende

1	Terrain perméable	8	Chanfrein en béton maigre
2	Terrain peu perméable	9	Imperméabilisation de surface éventuelle
3	Remblai peu perméable	10	Coupure de capillarité
4	Géotextile (Séparation et filtration)	11	Étanchéité du soubassement suivant NF DTU 20.1 P1-1 + complexe de protection éventuel ou drainage vertical éventuel
5	Graviers ou graves	12	Sous-sol
6	Drain		
7	Cunette en béton maigre		

Figure C.8 — Solution de drainage périphérique le long de la fondation

Extrait du DTU 20.1

Tout système de réinfiltration des eaux pluviales ou d'exhaure est à proscrire à proximité directe du projet. Cela conduirait à augmenter le volume à pomper et le risque d'altération des caractéristiques mécaniques des sols support de fondations.

9. Aléas résiduels et suite à donner

9.1 Risques résiduels

Les différents risques résiduels sont rappelés ci-dessous :

- Purge de tout point dur éventuel en superficiel afin de ne pas poinçonner et déséquilibrer la semelle de fondation.
- Mise en place du béton immédiatement après l'ouverture des fouilles pour éviter tout risque de détérioration des fonds de forme. Le matériau d'ancrage étant sensible à l'eau, toute fouille ouverte devra être bétonnée le jour même.
- Prise en compte des efforts et des différents cas de charge, dimensionnement et vérification de la fondation en conséquence.
- Epuisement permanent des fonds de fouille.

9.2 Bilan de la ZIG

Elément de la ZIG	Préconisation associée
Eventuels réseaux présents à proximité	Dévoiement à prévoir si nécessaire.

10. Enchainement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchainement 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	Études 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	Fonctions 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	Études géotechniques 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)*		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de 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'exécutions *(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

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE *(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)*.

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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 d'estimatif, planning prévisionnel)*.
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION *(G3 et G4, distinctes et simultanées)*
ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION *(G3)*

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

Phase étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION *(G4)*

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE *(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.

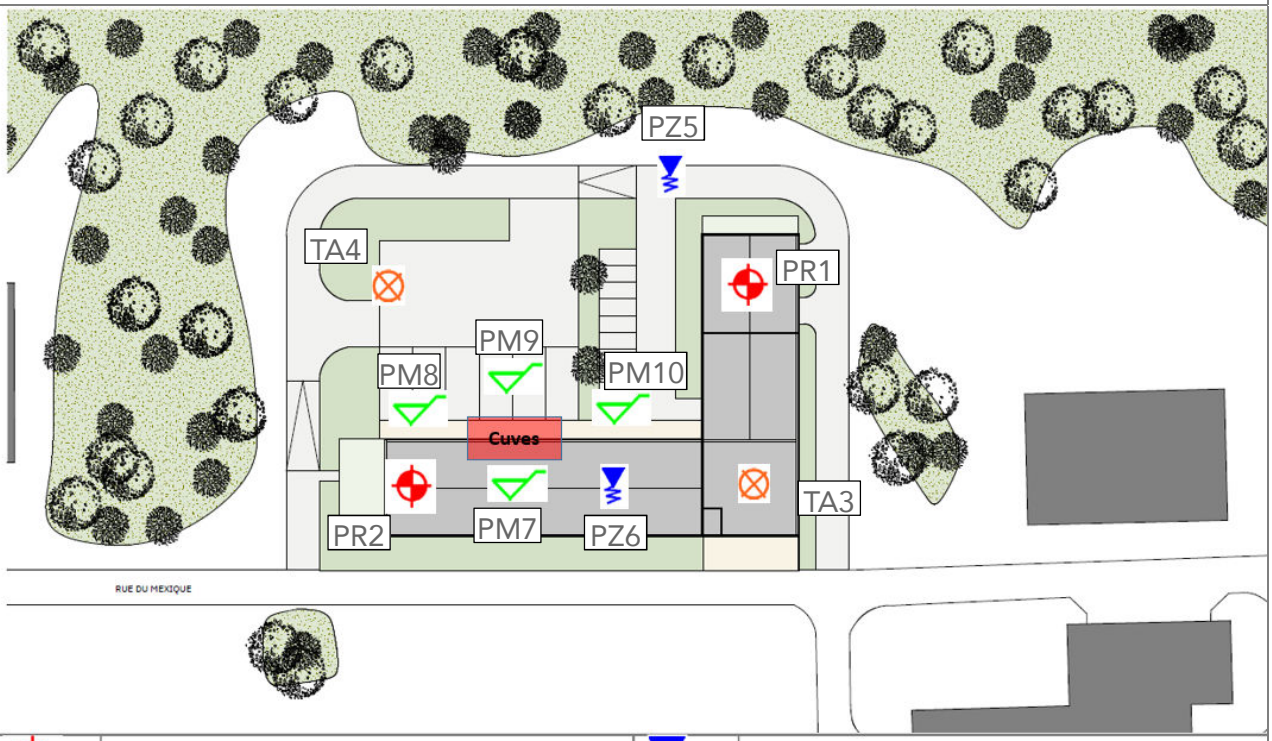
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques *(par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre)* dans le 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)*.

Sources : tableau 1 et 2 de définition de l'enchaînement et du contenu des missions d'ingénierie géotechnique *(NF P94-500, de novembre 2013)*

11. ANNEXES

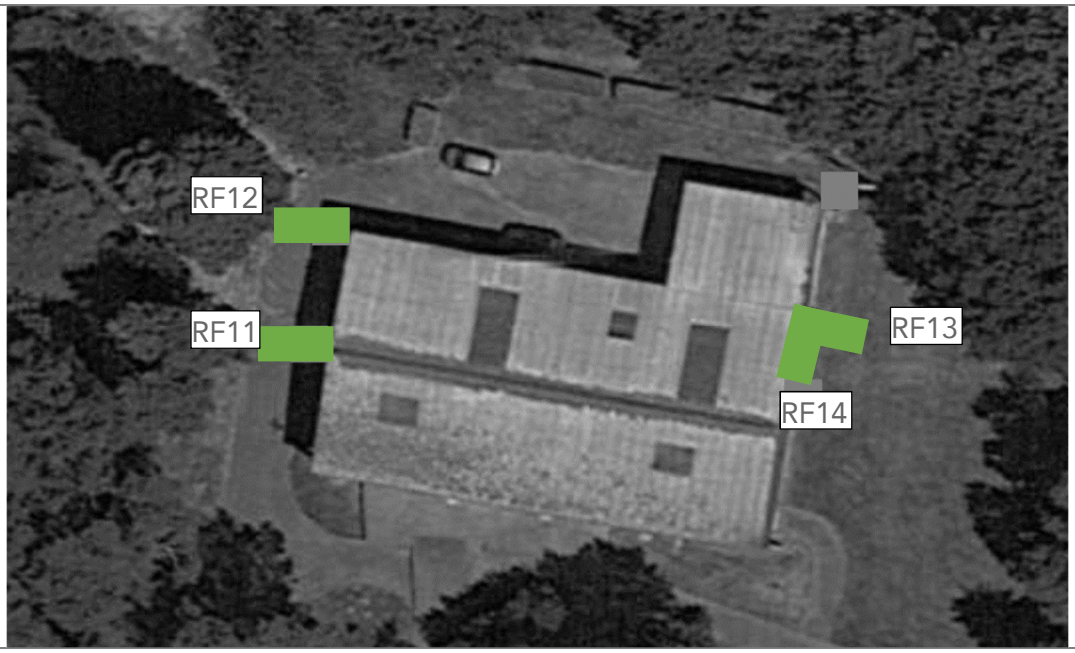
11.1 Annexe 1 : Implantation des sondages

Bâtiments 0114 et 0115



	PR : sondages pressiométriques		PZ : piézomètre
	PM : sondage à la pelle		RF : reconnaissance de fondations
	TA : sondage destructif à la tarière		

Bâtiment 0402



Principe d'implantation des sondages

	PR : sondages pressiométriques		PZ : piézomètre
	PM : sondage à la pelle		RF : reconnaissance de fondations
	TA : sondage destructif à la tarière		



11.2 Annexe 2 : Résultats d'essais in situ

CBTP LABORATOIRE

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

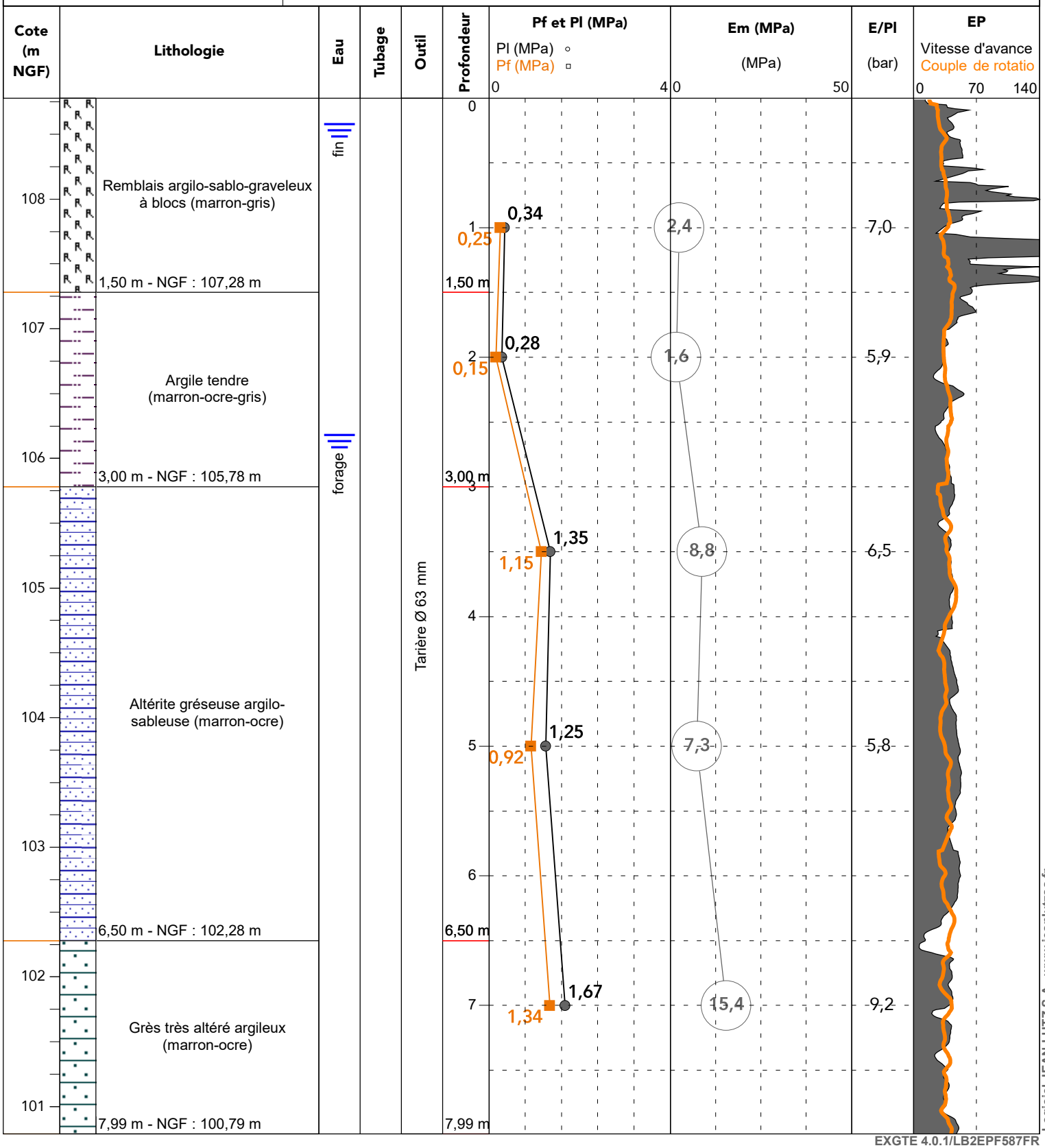
Sondage : PR1

DA20251849

ESID de Rennes

Début : 28/04/2026 - 07:24 | Machine : Ecofore CE 302 | X : W 1° 26,0845 | Z : 108.78 m NGF

Technicien : GHO | Y : N 48° 16,2789 | Échelle : 1/40



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

EXGTE 4.0.1/LB2EPF587FR

Commentaires : Arrivée d'eau au cours de la foration : -2.60 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : -0.20 m

CBTP LABORATOIRE

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

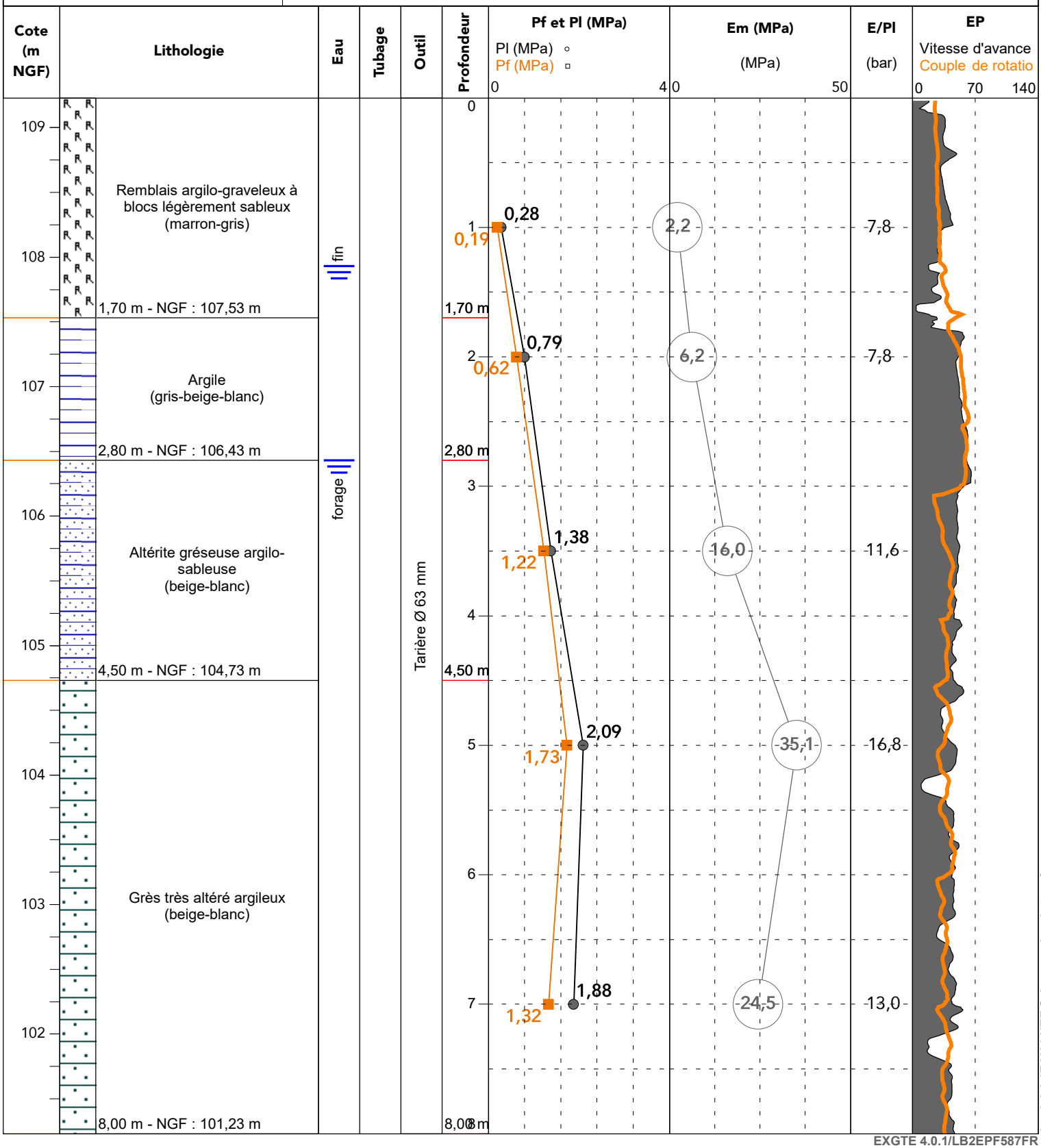
Sondage : PR2

DA20251849

ESID de Rennes

Début : 27/04/2026 - 09:15 | Machine : Ecofore CE 302 | X : W 1° 26,1154 | Z : 109.23 m NGF

Technicien : GHO | Y : N 48° 16,2593 | Échelle : 1/40



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

EXGTE 4.0.1/LB2EPF587FR

Commentaires : Arrivée d'eau au cours de la foration : -2.80 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : -1.30 m

1 AG sol/eau

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

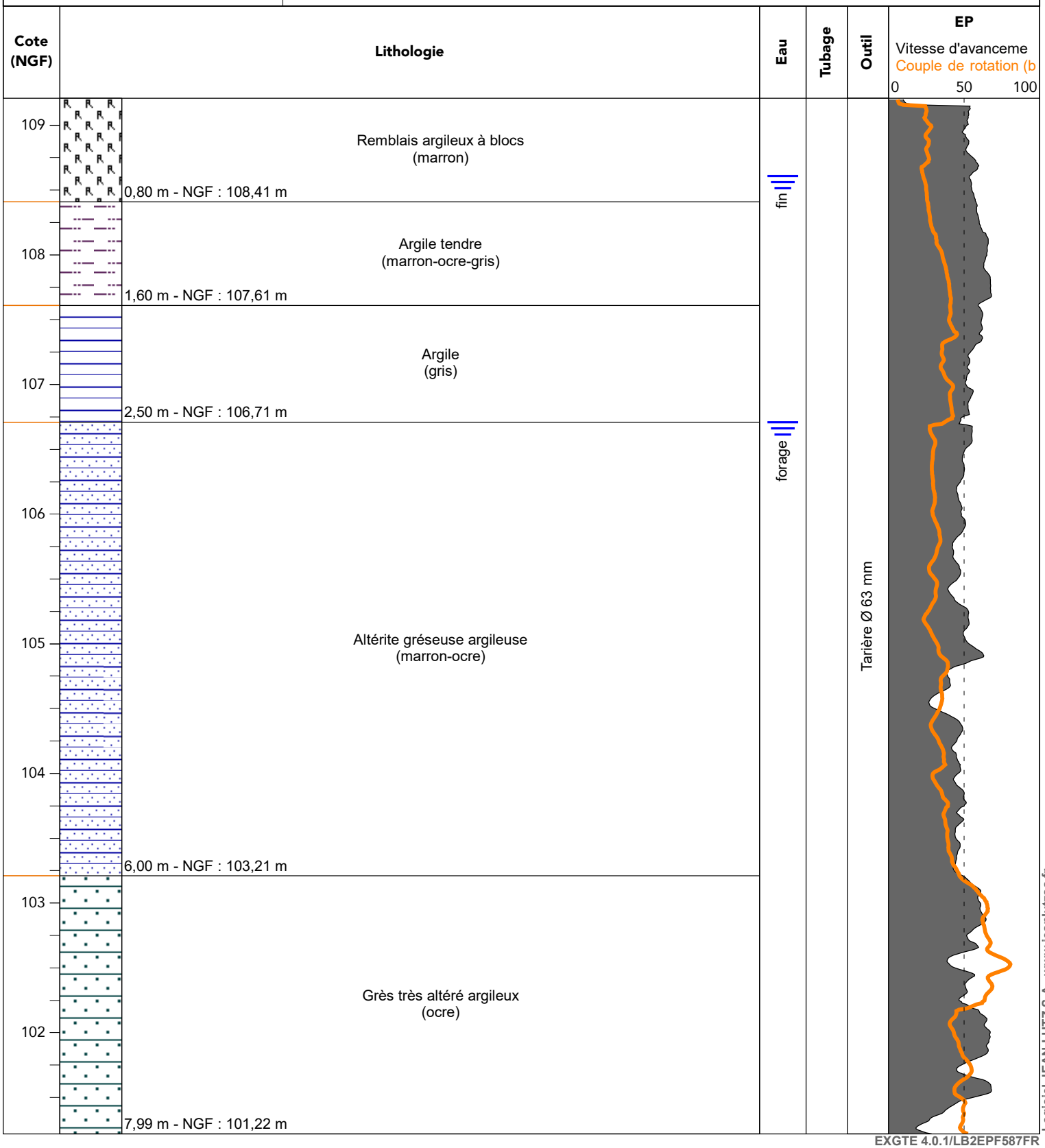
DA20251849

Sondage : TA3

ESID de Rennes

Début : 29/04/2026 - 10:15 | Machine : Ecofore CE 302 | X : W 1° 26,0875 | Z : 109.21 NGF

Technicien : GHO | Y : N 48° 16,2635 | Échelle : 1/40



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

EXGTE 4.0.1/LB2EPF587FR

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : -2.50 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : -0.60 m

CBTP LABORATOIRE

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

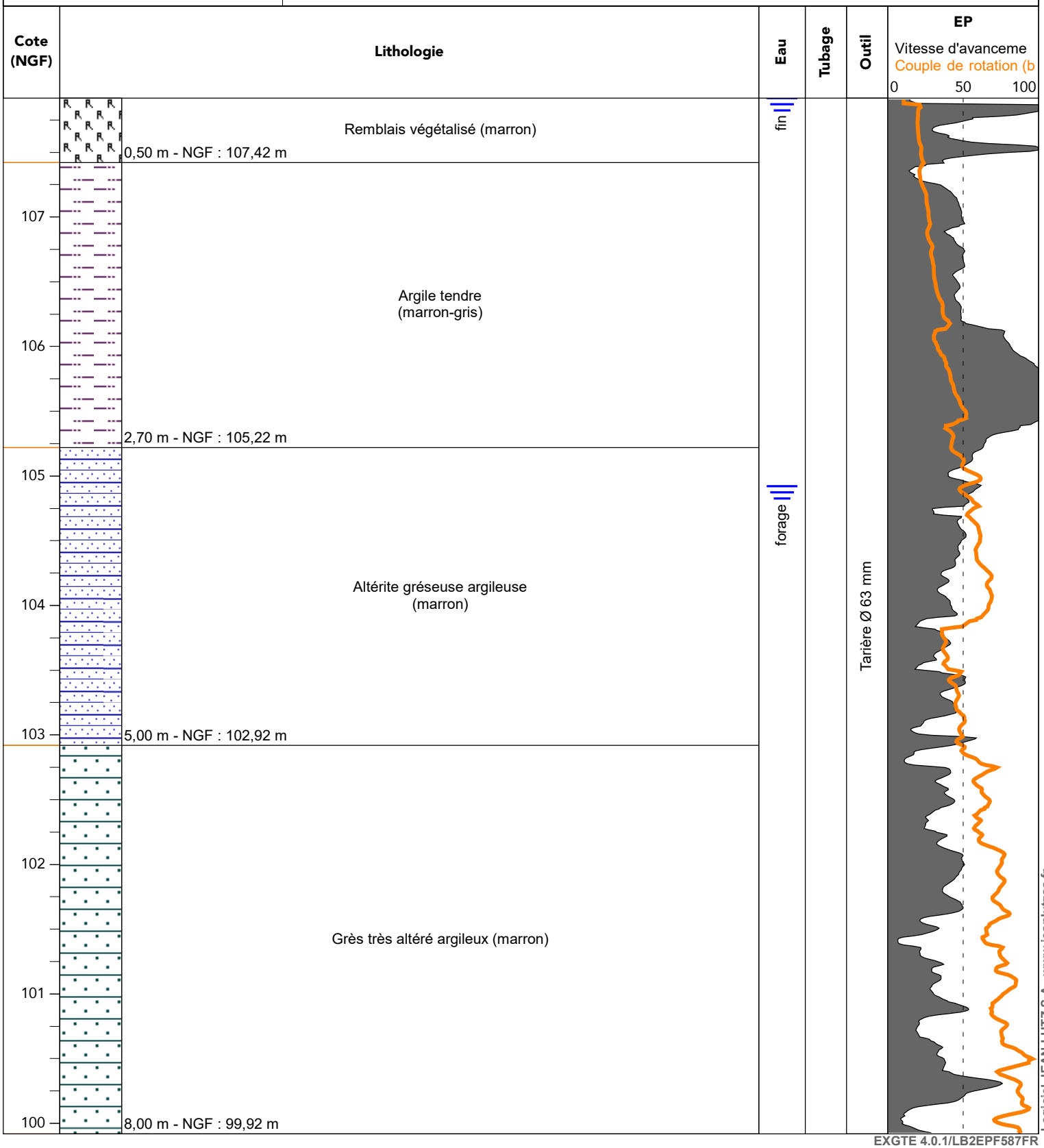
Sondage : TA4

DA20251849

ESID de Rennes

Début : 29/04/2026 - 09:03 | Machine : Ecofore CE 302 | X : W 0° 0,0000 | Z : 107.92 NGF

Technicien : GHO | Y : N 0° 0,0000 | Échelle : 1/40



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

EXGTE 4.0.1/LB2EPF587FR

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : -3.00 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : 0.00 m

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

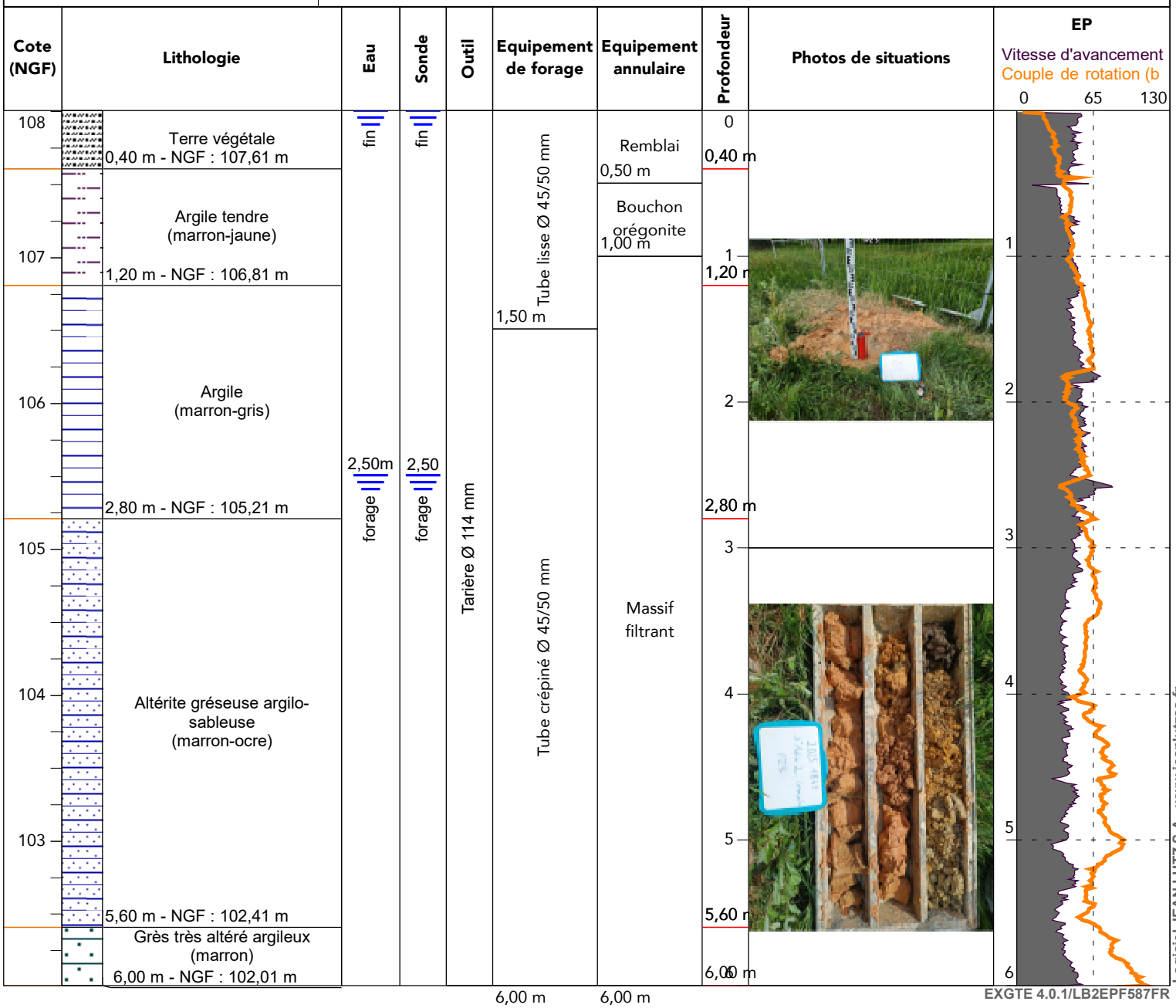
Piézomètre : PZ5

DA 2025 1849

ESID de Rennes

Début : 28/04/2026 - 12:50 | Machine : Ecofore CE 302 | Z : 108.01 NGF

Technicien : GHO | Échelle : 1/40



Commentaire : Mise en place d'un capot de protection et d'une chaussette géotextile.

Arrivée d'eau au cours de la foration : -2.50 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : 0.00 m

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

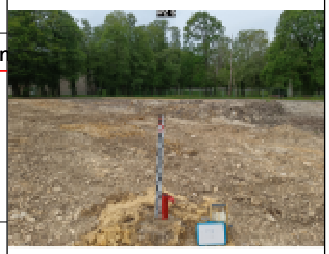
Piézomètre : PZ6

DA 2025 1849

ESID de Rennes

Début : 28/04/2026 - 14:39 | Machine : Ecofore CE 302 | X : W 0° 0,0000 | Z : 109.34 NGF

Technicien : GHO | Y : N 0° 0,0000 | Échelle : 1/40

Cote (NGF)	Lithologie	Eau	Sonde	Outil	Equipement de forage	Equipement annulaire	Profondeur	Photos de situations	EP (Vitesse d'avancement / Couple de rotation (b) 0 – 65 – 130)
109	Remblais, argilo-graveleux à blocs (marron)	fin	fin	Tarière Ø 114 mm	tube lisse Ø 45/50 mm	Bouchon orégonite 0,50 m	0		
	1,20 m - NGF : 108,14 m				1,00 m		1		
108	Argile (gris)						1,20 m		
107	2,50 m - NGF : 106,84 m	forage	forage				2		
	Altérite gréseuse argilo-sableuse (marron-gris-jaune)				tube crépiné Ø 45/50 mm	Massif filtrant	2,50 m		
106	4,00 m - NGF : 105,34 m						3		
105	Grès très altéré argileux (marron-gris-jaune)						4,00 m		
104	6,00 m - NGF : 103,34 m				5,50 m	5,50 m	5		
							6,00 m		

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

EXGTE 4.0.1/LB2EPF587FR

Commentaire : Mise en place d'un capot de protection et d'une chaussette géotextile.

Arrivée d'eau au cours de la foration : -2.50 m

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : -0.67 m

CBTP LABORATOIRE

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

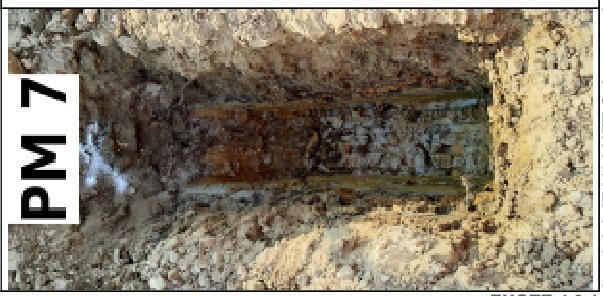
DA 2025 1849

Sondage : PM 7

ESID DE RENNES

Date : 28/04/2026 | Machine : Mini-pelle 2.5T | Z : 109.09 NGF

Technicien : SFR | Échelle : 1/40

Cote (NGF)	Lithologie	Profondeur	Niveau d'eau	Images
109	Remblais limoneux avec blocs 0,60 m - NGF : 108,49 m	0 0,60 m		
	Argile sableuse (marron-roux) 0,70 m - NGF : 108,39 m	0,70 m		
108	Altérite gréseuse argileuse (gris) Refus à 1.50m/TN 1,50 m - NGF : 107,59 m	1 1,50 m		

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

EXGTE 4.0.1

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : Pas d'arrivée d'eau

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : Pas d'arrivée d'eau

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

DA 2025 1849

Sondage : PM 8

ESID DE RENNES

Date : 28/04/2026 | Machine : Mini-pelle 2.5T | Z : 108.82 NGF

Technicien : SFR | Échelle : 1/40

Cote (NGF)	Lithologie	Profondeur	Niveau d'eau	Images
	Remblasi limoneux avec blocs 0,60 m - NGF : 108,22 m	0 0,60 m		
108	Argile (beige) 1,50 m - NGF : 107,32 m	1 1,50 m		

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

EXGTE 4.0.1

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : Pas d'arrivée d'eau

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : Pas d'arrivée d'eau

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

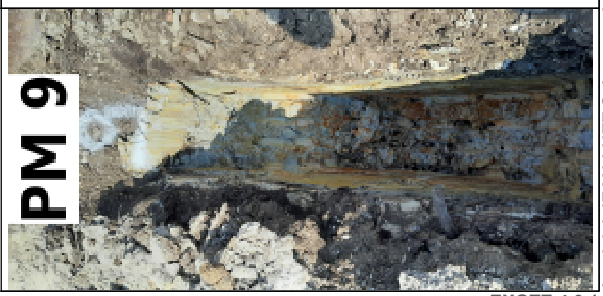
DA 2025 1849

Sondage : PM 9

ESID DE RENNES

Date : 28/04/2026 | Machine : Mini-pelle 2.5T | Z : 108.70 NGF

Technicien : SFR | Échelle : 1/40

Cote (NGF)	Lithologie	Profondeur	Niveau d'eau	Images
	Remblais limoneux brun avec blocs 0,50 m - NGF : 108,20 m	0 0,50 m		
108	Argile (beige) 1,50 m - NGF : 107,20 m	1 1,50 m		

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

EXGTE 4.0.1

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : Pas d'arrivée d'eau

Niveau d'eau relevé en fin de chantier : Pas d'arrivée d'eau

Caserne Lemonnier - St-Aubin-du-Comier (35)

DA 2025 1849

Sondage : PM 10

ESID DE RENNES

Date : 28/04/2026 | Machine : Mini-pelle 2.5T | Z : 109.07 NGF

Technicien : SFR | Échelle : 1/40

Cote (NGF)	Lithologie	Profondeur	Niveau d'eau	Images
109	Remblais limoneux avec blocs 0,40 m - NGF : 108,67 m	0 0,40 m	1m *108m (NGF)*	PM 10
	Argile (beige) - Refus à 0.80m/TN 0,80 m - NGF : 108,27 m	0,80 m		
108	Refus	1 1,50 m		



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

Commentaire : Arrivée d'eau au cours de la foration : Pas d'arrivée d'eau

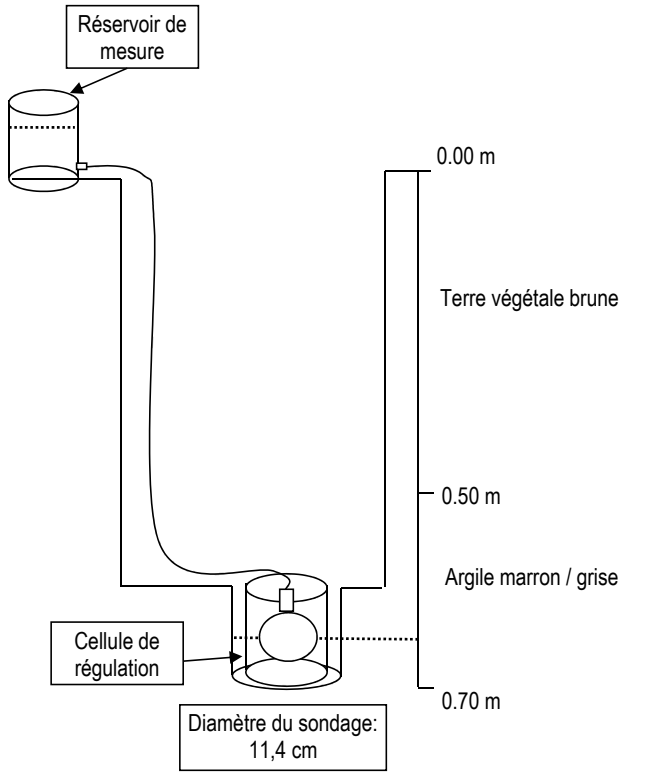
Niveau d'eau relevé en fin de chantier : Pas d'arrivée d'eau

DETERMINATION IN SITU DE LA PERMEABILITE D'UN SOL

METHODE PORCHET

Entreprise :	ESID DE RENNES	Conditions météorologiques :	Ensoleillé
Chantier :	Caserne Général Lemonnier	Moyens utilisés:	Infiltromètre SDEC à charge constante
Destinataire :	CABANNES Jean François	NGF:	107,73 m NGF
Dossier d'affaire :	2025 1749	T°C:	18°C
Date:	29/04/2026	Profondeur du sondage (m):	0,70
Technicien:	SFO	N° d'essai:	Po 15

Croquis - Lithographie

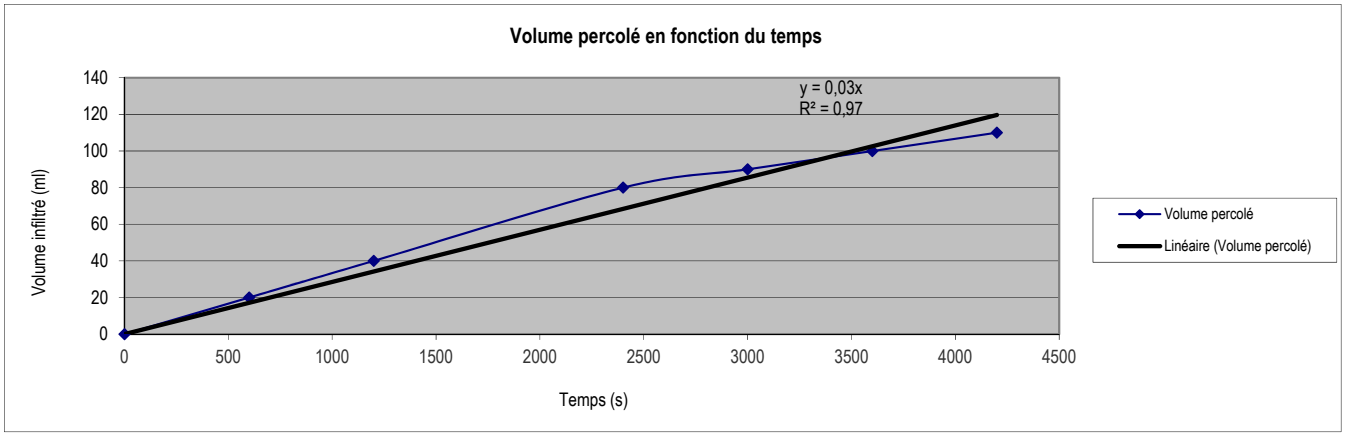


Photographie: Po 15



Mesure de perméabilité

Temps (s)	Volume percolé (ml)
0	0
600	20
1200	40
2400	80
3000	90
3600	100
4200	110



Conclusions:

Surface mouillée (en mm2) =	117590
Vitesse de percolation (mm/h) =	0,92
Coefficient K de perméabilité (m/s) =	2,55E-07

Observations:

La classe de perméabilité correspond à un sol peu perméable

(source C.T.G.R.E.F)

Date: 05/05/2026	SFO Technicien chargé des essais		Emmanuel AUBERT Responsable secteur géotechnique	
	Rédigé par	Visa	Vérifier par	Visa



11.3 Annexe 3 : Résultats de l'analyse en laboratoire

PROCES VERBAL D'ESSAIS

Classification des sols

.

Producteur : **Laboratoire Terrassement** ***Client :*** **ESID Rennes**

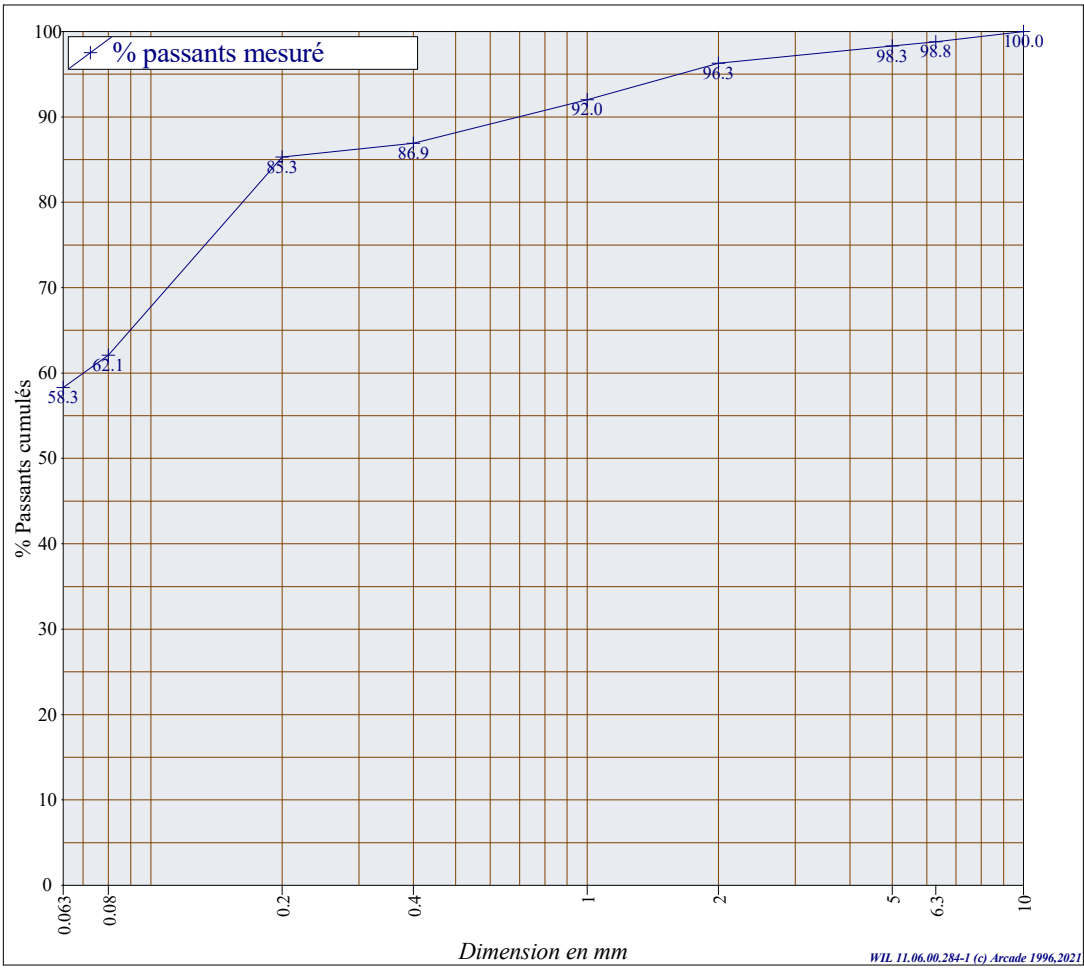
Dossier 2025 1849 : **Caserne Lemonnier - Saint Aubin du Cormier**

Prélèvement n° C6154042	*prélevés le 29/04/2026*
Origine	*Chantier*
Mode	*Sondage*
Fait par	*S.FROUGET*
Observations internes	*PZ5 (0.40 à 1.20 m)* *(Classification F1, selon GTR 2024)*

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		**GTR**
Classification	A1	
Etat hydrique	th	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		**NF EN ISO 17892-4**
Indice Portant Immédiat (IPI)	**1.6**	**NF P 94-078**
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	**1.03**	**NF EN 17542-3**
Teneur en eau (W)	**19.5 %**	**NF EN ISO 17892-1**

Analyse granulométrique

Tamis	%tamisat
10.000	**100**
6.300	**99**
5.000	**98**
2.000	**96**
1.000	**92**
0.400	**87**
0.200	**85**
0.080	**62.1**
0.063	**58.3**



le 04/06/2026

Technicienne L. FAVIER	*Responsable de secteur E.AUBERT*

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

PROCES VERBAL D'ESSAIS

Classification des sols

.

Producteur : **Laboratoire Terrassement**

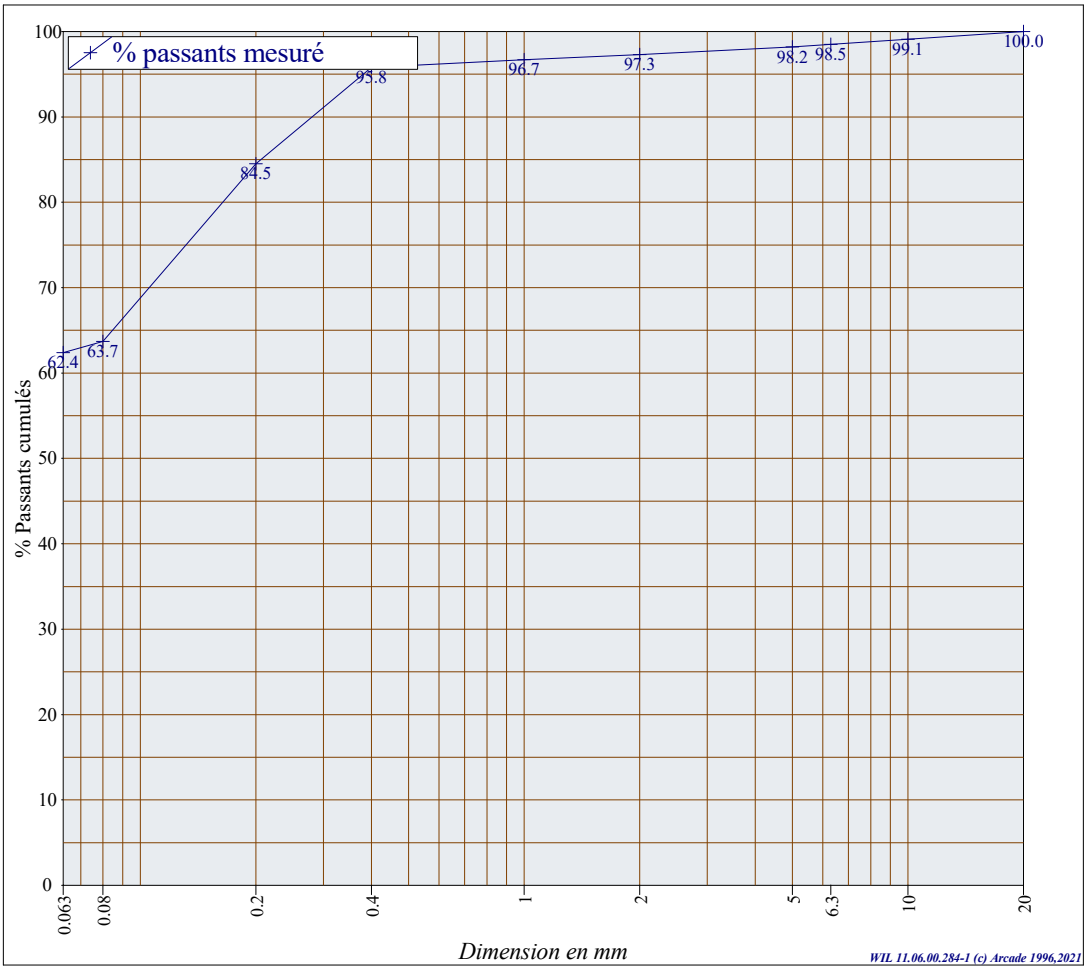
Client : **ESID Rennes**

Dossier 2025 1849 : **Caserne Lemonnier - Saint Aubin du Cormier**

Prélèvement n° C6154043	*prélevés le 29/04/2026*
Origine	*Chantier*
Mode	*Sondage*
Fait par	*S.FROUGET*
Observations internes	*PM7 (0.80 à 1.40m)* *(Classification F1, selon GTR 2024)*

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		**GTR**
Classification	A1	
Etat hydrique	m	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		**NF EN ISO 17892-4**
Indice Portant Immédiat (IPI)	**9.4**	**NF P 94-078**
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	**1.30**	**NF EN 17542-3**
Teneur en eau (W)	**16.4 %**	**NF EN ISO 17892-1**

Analyse granulométrique	
Tamis	**%tamisat**
20.000	**100**
10.000	**99**
6.300	**99**
5.000	**98**
2.000	**97**
1.000	**97**
0.400	**96**
0.200	**85**
0.080	**63.7**
0.063	**62.4**



le 04/06/2026

Technicienne L. FAVIER	*Responsable de secteur E.AUBERT*

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page(s).
Les résultats présentés ne concernent que les échantillons soumis aux essais.

CBTP LABORATOIRE	RAPPORT D'ESSAIS Caractérisation de l'agressivité chimique d'une EAU vis-à-vis des bétons	PV-CHI N°18 Bis Indice E 24/05/2024

Identification de l'affaire

Client :	MINISTERE DES ARMEES		
Nom du chantier / Projet :		Lieu de prélèvement :	Caserne Général Lemonnier - ST AUBIN DU CORMIER (35)
Date de prélèvement :	29/04/26	Prélèvement réalisé par :	LCBTP
Date de réception :	29/04/26	Date de début des essais :	04/05/26
Dossier d'affaire N° :	2025-1849	N° BA :	MSFS202511017

Contexte normatif

Référence normes	Nom de l'essai
NF EN 206+A2/CN	Béton – Spécification, performance, production et conformité
FD P18-011	Béton – Définition et classification des environnements chimiquement agressifs

Critères de vérification

L'analyse des caractéristiques chimiques (pH, sulfates, ammonium, magnésium, TAC et CO2 agressif) permet de classer chimiquement l'environnement en fonction des valeurs limites mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques chimiques	Classe XA1	Classe XA2	Classe XA3
pH	5,5 ≤ pH ≤ 6,5	4,5 ≤ pH < 5,5	4,0 ≤ pH < 4,5
Teneur en sulfates (mg/l)	200 ≤ SO_4^{2-} ≤ 600	600 < SO_4^{2-} ≤ 3000	3000 < SO_4^{2-} ≤ 6000
Teneur en ammonium (mg/l)	15 ≤ NH_4^+ ≤ 30	30 < NH_4^+ ≤ 60	60 < NH_4^+ ≤ 100
Teneur en magnésium (mg/l)	300 ≤ Mg^{2+} ≤ 1000	1000 < Mg^{2+} ≤ 3000	3000 < Mg^{2+} ≤ saturation
Titre alcalimétrique COMPLET - TAC (mé/l)	0,4 ≤ TAC ≤ 1,0	0,1 ≤ TAC < 0,4	TAC < 0,1
Teneur en CO2 agressif (mg/l)	15 ≤ CO_2 ≤ 40	40 < CO_2 ≤ 100	100 < CO_2 ≤ saturation

Lorsqu'au moins deux caractéristiques agressives conduisent à une même classe d'agressivité, l'environnement doit être classé dans la classe immédiatement supérieure, sauf si une étude spécifique démontre que ce n'est pas nécessaire.

Résultats

Echantillons				
Point de prélèvement	PR2			
Nature	EAU			
N° Echantillon	C6120004			

Caractéristiques chimiques	Méthodes	Résultats				Unités
pH	NF EN ISO 105323	6,5				-
Teneur en sulfates	MEI (spectrophotométrie)	12				mg/l
Teneur en ammonium	MEI (détection photométrique)	1,69				mg/l
Teneur en magnésium	NE EN ISO 11885	6,8				mg/l
Titre alcalimétrique COMPLET - TAC	NF EN ISO 9963-1	2,2				mé/l
Teneur en CO2 agressif	NF EN 13577	51				mg/l
Classe d'agressivité		XA2				

Conclusion

En conséquence, le béton doit être de classe d'exposition XA2 conformément aux exigences du fascicule FD P18-011 et de la norme NF EN 206+A2/CN, sauf si une étude spécifique démontre qu'une classe d'exposition inférieure est suffisante.

Traçabilité des essais

Version	Date	Validé par	Objet de la modification	Destinataires
1	28/05/2026	H. PAULUS	1ère diffusion	
2				

Observations

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page.
Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

CBTP LABORATOIRE	RAPPORT D'ESSAIS Caractérisation de l'agressivité chimique d'un SOL vis-à-vis des bétons	PV-CHI N°19 Bis Indice E 24/05/2024

Identification de l'affaire

Client :	ESID de RENNES	Lieu de prélèvement :	Caserne Général Lemonnier - ST AUBIN DU CORMIER (35)
Nom du chantier / Projet :		Prélèvement réalisé par :	LCBTP
Date de prélèvement :	29/04/26	Date de début des essais :	04/05/26
Date de réception :	29/04/26	N° BA :	MSFS202511017
Dossier d'affaire N° :	2026-1849		

Contexte normatif

Référence normes	Nom de l'essai
NF EN 206+A2/CN	Béton – Spécification, performance, production et conformité
FD P18-011	Béton – Définition et classification des environnements chimiquement agressifs

Critères de vérification

L'analyse des caractéristiques chimiques (sulfates et acidité Baumann-Gully) permet de classer chimiquement l'environnement en fonction des valeurs limites mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques chimiques	Classe XA1	Classe XA2	Classe XA3
Teneur en sulfates (mg/kg)	≥ 2 000 et ≤ 3 000*	> 3 000* et ≤ 12 000	> 12 000 et ≤ 24 000
Degré d'acidité Baumann Gully (ml/kg)	> 200	N'est pas rencontré dans la pratique	

*La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfates dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Lorsqu'au moins deux caractéristiques agressives conduisent à une même classe d'agressivité, l'environnement doit être classé dans la classe immédiatement supérieure, sauf si une étude spécifique démontre que ce n'est pas nécessaire.

Résultats

Echantillons				
Point de prélèvement	PR2			
Nature	Argile			
N° Echantillon	C6120003			

Caractéristiques chimiques	Méthodes	Résultats				Unités
Teneur en sulfates	NF EN 196-2 § 4.4.2	4440				mg/kg
Degré d'acidité Baumann Gully	NF EN 16502	28				ml/kg
Classe d'agressivité		XA2				

Conclusion

En conséquence, le béton doit être de classe d'exposition XA2 conformément aux exigences du fascicule FD P18-011 et de la norme NF EN 206+A2/CN, sauf si une étude spécifique démontre qu'une classe d'exposition inférieure est suffisante.

Traçabilité des essais

Version	Date	Validé par	Objet de la modification	Destinataires
1	28/05/2026	H. PAULUS	1ère diffusion	
2				

Observations

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 1 page.
Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.



11.4 Annexe 4 : Calculs FOXTA *(Fondations)*

Données

Titre du projet : Construction d'un bâtiment - ESID Rennes

Numéro d'affaire : 2025 1849

Commentaires : N/A

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,10

Forme de la base : Fondation circulaire

Diamètre (m) : 1,00

Cote du TN initial Zini (m) : 108,78

Cote du TN final Zfin (m) : 108,82

Cote de base fondation Zd (m) : 105,48

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement frottant

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

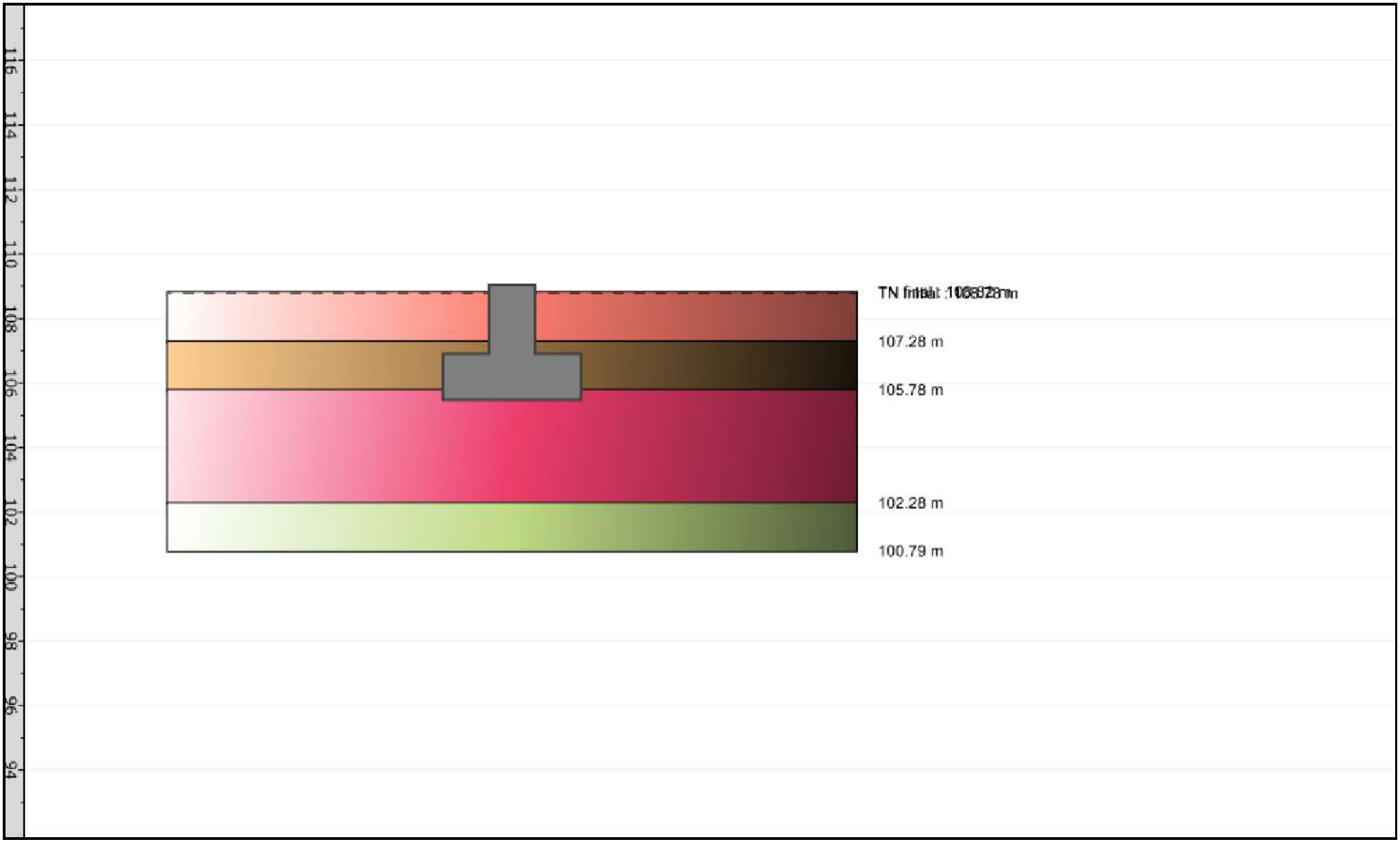
Terrain et profil pressiométrique

No	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	recouvrement		107,28	100,00	1000,00	0,50
2	argile		105,78	250,00	1500,00	0,50
3	altérite		102,28	1300,00	8000,00	0,50
4	grès très altéré		100,79	1700,00	15000,00	0,50

Cas de charge

N°	Qv,d	Qh,d	MB,d	Combinaison
1	250,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Programme FondSup v2.1.0 (c) TERRASOL 2016

File : C:\TEMP\VICTOR~2\28\Terrasol\FoXta v3\442208\temp[FS].resu

Calcul réalisé le : 05/06/2026 à 16h12
par : LABORATOIRE CBTP

Paramètres de calcul :
- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon la norme NF P 94 261 - EC7
- profils de pl* et EM définis par couche

Base de la fondation Zd 105.48

Toit du terrain initial Zini 108.78
Toit du terrain final Zfin 108.82

Fondation circulaire :
diamètre B 1.00

Caractéristiques du sol (données utilisateur)

Classe du sol de fondation : Argiles et limons
Type de comportement : parfaitement frottant

Poids volumique moyen du sol au dessus de Zd 0.00
Coefficient rheologique du sol de fondation 0.50

Couche	base	pl*	EM
01	107.28	100.00	1000.00
02	105.78	250.00	1500.00
03	102.28	1300.00	8000.00
04	100.79	1700.00	15000.00

Discrétisation des couches (Paramètres du calcul)

Pas du calcul 0.10

couche	point	cote	pl*	EM
01	1	108.82	100.00	1000.00
01	2	108.72	100.00	1000.00
01	3	108.62	100.00	1000.00
01	4	108.52	100.00	1000.00
01	5	108.42	100.00	1000.00
01	6	108.32	100.00	1000.00
01	7	108.22	100.00	1000.00
01	8	108.12	100.00	1000.00
01	9	108.02	100.00	1000.00
01	10	107.92	100.00	1000.00
01	11	107.82	100.00	1000.00
01	12	107.72	100.00	1000.00
01	13	107.62	100.00	1000.00
01	14	107.52	100.00	1000.00
01	15	107.42	100.00	1000.00
01	16	107.32	100.00	1000.00
01	17	107.28	100.00	1000.00
02	18	107.28	250.00	1500.00
02	19	107.18	250.00	1500.00
02	20	107.08	250.00	1500.00
02	21	106.98	250.00	1500.00
02	22	106.88	250.00	1500.00
02	23	106.78	250.00	1500.00
02	24	106.68	250.00	1500.00
02	25	106.58	250.00	1500.00
02	26	106.48	250.00	1500.00
02	27	106.38	250.00	1500.00
02	28	106.28	250.00	1500.00
02	29	106.18	250.00	1500.00
02	30	106.08	250.00	1500.00

02	31	105.98	250.00	1500.00
02	32	105.88	250.00	1500.00
02	33	105.78	250.00	1500.00
02	34	105.78	250.00	1500.00
03	35	105.78	1300.00	8000.00
03	36	105.68	1300.00	8000.00
03	37	105.58	1300.00	8000.00
03	38	105.48	1300.00	8000.00
03	39	105.38	1300.00	8000.00
03	40	105.28	1300.00	8000.00
03	41	105.18	1300.00	8000.00
03	42	105.08	1300.00	8000.00
03	43	104.98	1300.00	8000.00
03	44	104.88	1300.00	8000.00
03	45	104.78	1300.00	8000.00
03	46	104.68	1300.00	8000.00
03	47	104.58	1300.00	8000.00
03	48	104.48	1300.00	8000.00
03	49	104.38	1300.00	8000.00
03	50	104.28	1300.00	8000.00
03	51	104.18	1300.00	8000.00
03	52	104.08	1300.00	8000.00
03	53	103.98	1300.00	8000.00
03	54	103.88	1300.00	8000.00
03	55	103.78	1300.00	8000.00
03	56	103.68	1300.00	8000.00
03	57	103.58	1300.00	8000.00
03	58	103.48	1300.00	8000.00
03	59	103.38	1300.00	8000.00
03	60	103.28	1300.00	8000.00
03	61	103.18	1300.00	8000.00
03	62	103.08	1300.00	8000.00
03	63	102.98	1300.00	8000.00
03	64	102.88	1300.00	8000.00
03	65	102.78	1300.00	8000.00
03	66	102.68	1300.00	8000.00
03	67	102.58	1300.00	8000.00
03	68	102.48	1300.00	8000.00
03	69	102.38	1300.00	8000.00
03	70	102.28	1300.00	8000.00
03	71	102.28	1300.00	8000.00
04	72	102.28	1700.00	15000.00
04	73	102.18	1700.00	15000.00
04	74	102.08	1700.00	15000.00
04	75	101.98	1700.00	15000.00
04	76	101.88	1700.00	15000.00
04	77	101.78	1700.00	15000.00
04	78	101.68	1700.00	15000.00
04	79	101.58	1700.00	15000.00
04	80	101.48	1700.00	15000.00
04	81	101.38	1700.00	15000.00
04	82	101.28	1700.00	15000.00
04	83	101.18	1700.00	15000.00
04	84	101.08	1700.00	15000.00
04	85	100.98	1700.00	15000.00
04	86	100.88	1700.00	15000.00
04	87	100.79	1700.00	15000.00

RESULTATS DU CALCUL

Valeurs valables pour tous les cas de charge :

Hauteur d'encastrement equivalente De 0.71
Facteur de portance kp 1.01

==========

Cas de charge n° : 001 - Combinaison ELS-QP

==========

Charge verticale V,d 250.00
Charge horizontale H,d 0.00
Moment M,d 0.00

PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B 0.00

Surface d'assise effective A'	0.79
Pression limite équiv. Ple	1300.00
Hauteur de calcul Hr	1.50
Coefficient réducteur idb	1.00
Contrainte initiale q0	0.00
Contrainte ultime nette qu	1306.95

Facteur de pondération global F	2.76
Résultante de la contrainte intiale sous la fondation R0	0.00
Valeur de calcul de l'effort de résistance nette du terrain Rv,d	371.91

Portance : V,d - R0 < Rv,d => OK!
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

TASSEMENTS

Coefficients de forme :

Coefficient Lambda_c	1.00
Coefficient Lambda_d	1.00

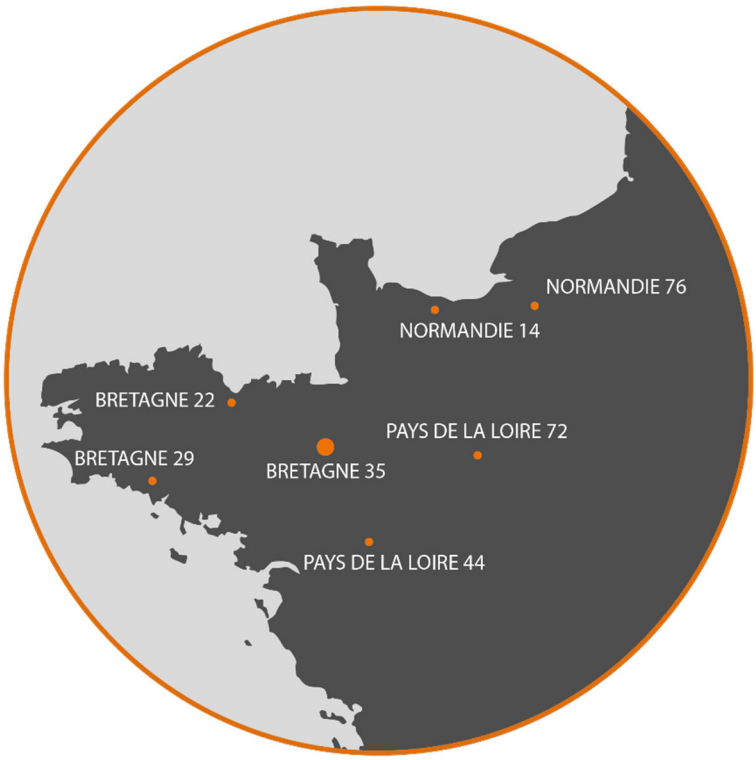
Modules équivalents :

Module E1	8000.00
Module E2	8000.00
Module E3,5	8000.00
Module E6,8	10650.89
Module E9,16	15000.00
Module Ec	8000.00
Module Ed	8616.56

Contrainte initiale sv0	0.00

Tassements (mm):

Part volumique sc	2.21
Part déviatorique sd	6.36
Tassement total 10 ans	8.57



CBTP LABORATOIRE

Laboratoire CBTP
ZA Noyal Sud - ZA Richardière Sud
3, rue Lépine - BP 33216
35532 NOYAL-SUR-VILAINE

Tel : 02 99 41 65 94
www.lcbtp.com

Votre contact

Jérôme SIMON
Responsable de secteur Mécanique des Sols et Fondations Spéciales
Agence de Noyal-sur-Vilaine
jerome.simon@lcbtp.com

CBTP LABORATOIRE