

ETUDE GEOTECHNIQUE

Mission G2 PRO
Construction d'un atelier

Base aéronavale
LANDIVISIAU (29)



Dossier 2906468 G2PRO – Janvier 2026

SemBreizh
37, rue Jean Marie le Bris
29200 BREST

CLIENT

NOM	SemBreizh
ADRESSE	37, rue Jean Marie le Bris 29200 BREST
INTERLOCUTEUR	-

ECR ENVIRONNEMENT

AGENCE DE	Brest
ADRESSE	130 rue Paul Emile Victor 29470 PLOUGASTEL-DAOULAS
TELEPHONE	02.98.46.34.32
MAIL	brest@ecr-environnement.com

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
01/2026	01	Mission G2 PRO	K. LE GALLIC	AS. CARIOU KREMER



SOMMAIRE

1. PRESENTATION.....	4
1.1. CADRE DE L'ETUDE.....	4
1.2. LOCALISATION DU SITE ET DESCRIPTION DU PROJET	4
1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
1.4. RISQUES NATURELS	6
1.4.1. Exposition au retrait-gonflement des argiles.....	6
1.4.2. Aléa remontée de nappes / inondations / PPRI.....	7
1.4.3. Aléa sismique.....	7
1.4.4. Potentiel Radon	8
1.5. DONNEES D'ENTREE.....	8
2. MISSION ET PROGRAMME DE RECONNAISSANCE.....	9
2.1. MISSION	9
2.2. CONSISTANCE DES INVESTIGATIONS.....	9
3. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS.....	11
3.1. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT	11
3.2. GEOLOGIE	12
3.3. GEO-MECANIQUE	13
3.4. ESSAIS DE PERMEABILITE	14
3.5. HYDROGEOLOGIE	14
3.6. RESULTATS DES ANALYSES EN LABORATOIRES	15
3.6.1. Agressivité du sol vis-à-vis du béton	15
3.6.2. Agressivité de l'eau vis-à-vis du béton	16
3.6.3. Analyses GTR.....	17
4. SYNTHESE / MODELE GEOTECHNIQUE.....	18
5. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE.....	19
6. ETUDE GEOTECHNIQUE DES FONDATIONS	20
6.1. FONDATIONS PROFONDES.....	20
6.2. ZONAGE ET MODELES GEOTECHNIQUES.....	22
6.3. PARAMETRES PRIS EN COMPTE DANS LE CALCUL.....	23
6.4. PREDIMENSIONNEMENT VIS-A-VIS DE LA CAPACITE PORTANTE EN COMPRESSION ET TRACTION	24
6.5. REMARQUES.....	25
6.6. PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION	26
6.6.1. Forage.....	26
6.6.2. Exécution	27
6.6.3. Contrôles.....	28



6.7.	PLATE-FORME DE TRAVAIL DES PIEUX	28
6.8.	TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS	29
7.	<u>PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION</u>	<u>30</u>
7.1.	TERRASSEMENTS GENERAUX.....	30
7.1.1.	<i>Géométrie des terrassements</i>	<i>30</i>
7.1.2.	<i>Moyens d'extraction</i>	<i>30</i>
7.1.3.	<i>Purges et rattrapages</i>	<i>30</i>
7.1.4.	<i>Pente de terrassements / Stabilité des talus en déblais</i>	<i>31</i>
7.1.5.	<i>Murs enterrés (cas des murs de quais de chargement/déchargement)</i>	<i>32</i>
7.1.6.	<i>Sujétions d'exécution</i>	<i>32</i>
7.2.	DRAINAGE - DISPOSITIONS VIS-A-VIS DE L'EAU – POMPAGE	33
7.2.1.	<i>Phase provisoire :</i>	<i>33</i>
7.2.2.	<i>Phase définitive :</i>	<i>34</i>
8.	<u>ETUDE VOIRIES (RAPPEL DE LA G2AVP – RAPPORT N° 2905533)</u>	<u>35</u>
8.1.	PARTIE SUPERIEURE DES TERRASSEMENTS PST	35
8.2.	DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE FORME	36

ANNEXES

- Annexe 1 : Extrait de la norme NF P 94-500 (2 pages)
 Annexe 2 : Implantation des sondages (1 page)
 Annexe 3 : Résultats des investigations in-situ (16 pages)
 Annexe 4 : Résultats des essais en laboratoire (13 pages)

1. PRESENTATION

1.1. Cadre de l'étude

Cette étude a été réalisée par la société ECR Environnement –130, rue Paul Emile Victor – 29470 PLOUGASTEL-DAOULAS, pour le compte de :

SemBreizh
37 rue Jean Marie le Bris
29200 BREST

1.2. Localisation du site et description du projet

Le projet se situe sur la Base aéronavale, sur la commune de LANDERNEAU (29).



Plans de situation – Extrait du site www.geoportail.fr

D'après les éléments communiqués, le projet prévoit la construction d'un bâtiment de type atelier avec locaux techniques. Le niveau bas du projet est calé à 110.95 m NGF, soit à environ + 0.50 m/TN actuel (rechargement / remblaiement du TN actuel) d'après les informations fournies dans le document « *Données d'entrée – Etude G2PRO du 25/09/2025 – Source ASSystem* ».

Il n'est pas prévu de niveau enterré mais le projet prévoit la création de quais de chargement / déchargement (nous ignorons pour l'heure le calage des niveaux de quais) au Sud, Sud-Ouest et Est du bâtiment projeté.

D'après les informations fournies par ASSYSTEM, les descentes de charges transmises seront de 4 à 15.9 t/ml à l'ELS sur semelle filante, et de maximum 34.5 T à l'ELS sur massif isolé.

Compte tenu :

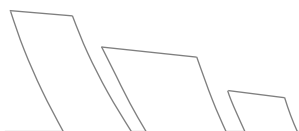
- De la profondeur d'assise des fondations et l'importance de la profondeur d'ancrage ;
- De la présence de niveaux d'eau au droit de l'ensemble des sondages rencontrés à des profondeurs relativement faibles ;
- Des caractéristiques hétérogènes du terrain sur des épaisseurs importantes ;
- Des faibles contraintes admissibles (0.08 MPa) dans les faciès superficiels ;
- Des efforts horizontaux importants soumis par la tour parachute ;
- De la réalisation d'une dalle portée (information indiquée dans le document « *Données d'entrée – Etude G2PRO du 25/09/2025 – Source ASSystem* ») ;
- Des sondages complémentaires (réalisés en Novembre 2025) ayant mis en évidence le substratum gneissique à des profondeurs > 9.00 m/TN actuel ;
- L'importance du projet en termes de diversité d'ouvrages.

⇒ **Nous orientons notre G2 PRO vers une solution de fondation profonde de type pieux.**

Remarque :

Le présent rapport ne concerne pas les éventuels travaux de purge d'éventuels vestiges présents sur site, ni la recherche et/ou un diagnostic pollution au droit du site.

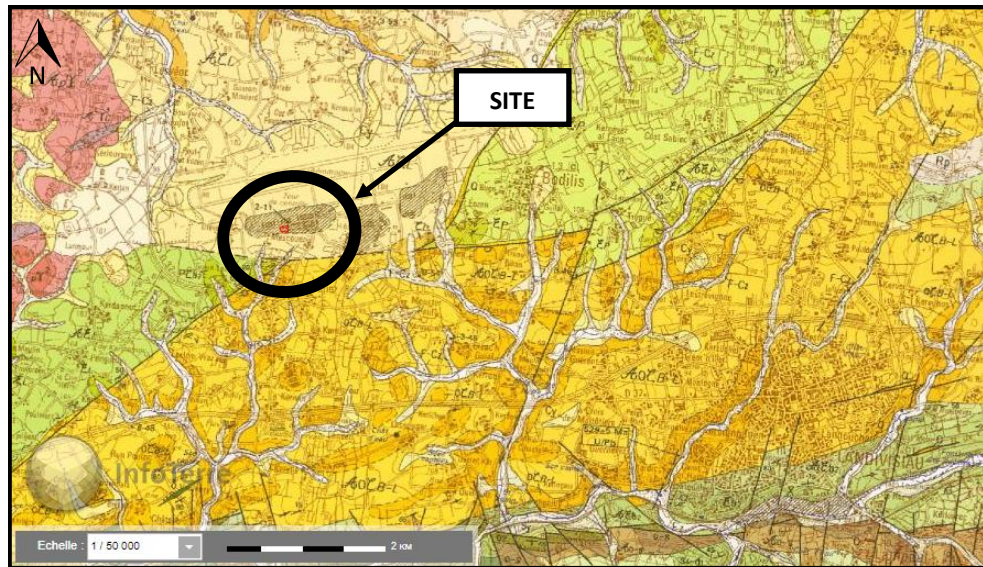
Ces hypothèses devront être vérifiées par la maîtrise d'œuvre et le bureau d'étude structure. Tout changement du projet par rapport aux hypothèses prises dans ce rapport doit nous être notifié, car il peut modifier les conclusions de notre présent rapport et faire l'objet d'une étude complémentaire.



1.3. Contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000^{ème} et notre expérience de la région, la succession géologique attendue au droit du site est la suivante (cf. extrait de la carte géologique ci-après) :

- Eventuels remblais (non observables sur la carte) ;
- Formations de recouvrement (alluvions, limons) ;
- Substratum gneissique et ses produits d'altération (altérites).

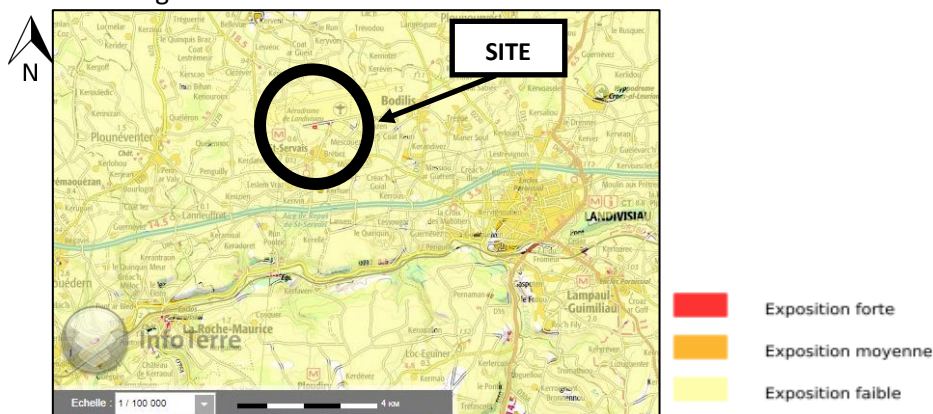


Contexte géologique – Extrait du site www.infoterre.brgm.fr

1.4. Risques naturels

1.4.1. Exposition au retrait-gonflement des argiles

D'après la carte des risques établie par le BRGM, le secteur étudié est situé en zone d'exposition ***faible*** concernant le retrait-gonflement des argiles.



Carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles – Extrait du site www.georisques.fr

1.4.2. Aléa remontée de nappes / inondations / PPRI

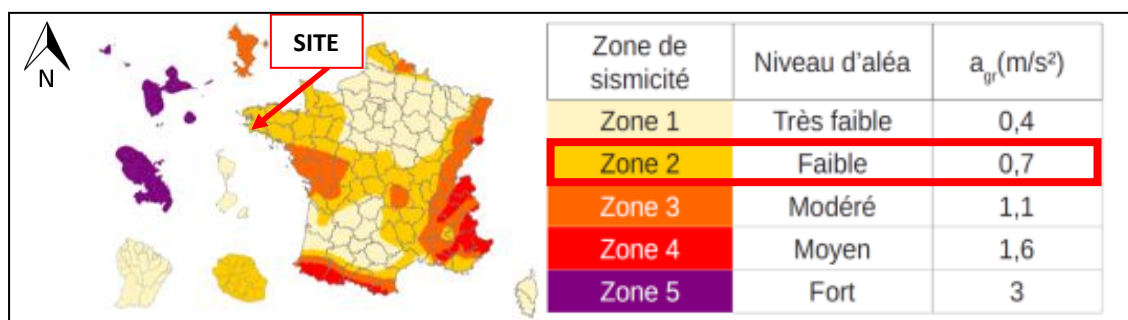
D'après la carte des remontées de nappe (site Géorisques), le secteur d'étude se situe dans une zone **non sujette** aux inondations de cave et remontée de nappes.

A noter la présence d'un cours d'eau à environ 250 – 300 m au Sud du site de l'étude.

1.4.3. Aléa sismique

Zone sismique :

Le zonage sismique de la France (datant d'octobre 2010 et entré en vigueur le 01/05/2011) classe la commune de LANDIVISIAU (29) en zone **d'aléa sismique 2** (aléa faible – accélération du sol « au rocher » $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$). La carte et le tableau ci-dessous résument ces éléments :



Carte du zonage sismique et tableau des accélérations correspondantes

Catégorie de bâtiment :

Les bâtiments à risque normal sont classés en 4 catégories d'importance croissante, de la catégorie I à faible enjeu, à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise. Le tableau suivant définit les catégories d'importance des bâtiments :





Catégorie d'importance	Description	Catégorie	Coefficient d'importance
I	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée. 	I	0.8
II	 <ul style="list-style-type: none"> Habitations individuelles. Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, $h \leq 28 \text{ m}$, max. 300 pers. Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. Parcs de stationnement ouverts au public. 	II	1.0
III	 <ul style="list-style-type: none"> ERP de catégories 1, 2 et 3. Habitations collectives et bureaux, $h > 28 \text{ m}$. Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. Établissements sanitaires et sociaux. Centres de production collective d'énergie. Établissements scolaires. 	III	1.2
IV	 <ul style="list-style-type: none"> Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. Centres météorologiques. 	IV	1.4





Tableau des catégories d'importance des bâtiments – Extrait du site developpement-durable.gouv.fr



D'après le document « *Données d'entrée – Etude G2PRO du 25/09/2025 – Source ASSystem* », le projet est considéré de catégorie d'importance II (à confirmer par le maître d'ouvrage). Le coefficient d'importance est donc de $\gamma_I = 1.0$.

Exigences sur le bâti-neuf :

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité. Le tableau suivant récapitule les exigences à prendre en compte en fonction de la catégorie des bâtiments :

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5		CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

Exigences sur le bâti neuf – Extrait du site developpement-durable.gouv.fr

Le bâtiment projeté est de catégorie d'importance II situé en zone d'aléa sismique 2, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 n'est donc pas nécessaire.

1.4.4. Potentiel Radon

D'après la carte du Potentiel Radon de l'ISRN (source www.isrn.fr), la commune de LANDIVISIAU (29) est classée en catégorie 3. Il conviendra de respecter les recommandations de l'ISRN afin de limiter les accumulations ou effet du radon sur la construction et les personnes.

1.5. Données d'entrée

La présente étude a été réalisée à partir des documents suivants :

Document	Phase	Référence	Emetteur	Date	Echelle
Données d'entrée – Etude G2PRO	G2 PRO	PRJ009600	ASSYSTEM	25/06/2025	-



2. MISSION ET PROGRAMME DE RECONNAISSANCE

2.1. Mission

Par référence à la classification des « Missions Géotechniques Normalisées » (Norme NFP 94-500), la présente étude est de type **G2 PRO** et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes.

Les aspects suivants ne font pas partis de notre mission G2 PRO :

- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de nos points de sondages et au-delà des profondeurs prévues de nos sondages ;
- L'étude hydraulique / hydrogéologique de la zone d'aménagement, ainsi que l'estimation des éventuels débits de pompage ;
- La définition des niveaux d'eau conventionnels de la nappe (niveau EB, EQ, EH et EE) ;
- L'étude et le diagnostic pollution éventuelle de la zone d'aménagement ;
- Les études de ferrailage des ouvrages projetés (fondations).

2.2. Consistance des investigations

Pour répondre aux objectifs présentés ci-avant, les investigations suivantes ont été réalisé :

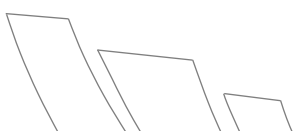
Décembre 2023 (Phase G2 AVP) :

In-Situ :

- **14 sondages de reconnaissance géologique (nommés SP1 à SP5 et T1 à T9)** réalisés à la tarière mécanique Ø 63 mm jusqu'à la profondeur maximale d'investigation de 11.00, 8.00 ou 4.00 m de profondeur/TA. Ils ont permis de déterminer les limites et la nature des couches géologiques, d'observer les éventuelles venues d'eau et de réaliser dans les SP :
 - **5 profils pressiométriques (4 à 7 essais par sondage, soit 27 essais au total)**, réalisés selon la norme NF-EN-ISO-22476-4. Ils ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés (modules pressiométriques et pressions limites) ;
- **5 sondages au pénétromètre dynamique de type B (nommés PD1 à PD5, respectivement couplés à T1 à T5)**, réalisés selon la norme NF-EN-ISO-22476-2 et descendus jusqu'à la profondeur maximale d'investigation de 4.00 m de profondeur/TA. Ils ont permis de déterminer la résistance dynamique de pointe (qd).
- **3 essais de perméabilités de type Porchet (nommés K1 à K3)**. Ils ont permis d'évaluer la grandeur de perméabilité du terrain encaissant.

En Laboratoire :

- **2 identifications GTR**, comprenant la mesure de teneur en eau, une analyse granulométrique et une mesure de la valeur au bleu sur les échantillons remaniés prélevés en T2 et T5.
- **1 série d'analyses de l'agressivité de l'eau en laboratoire**. Ces essais ont permis de définir l'agressivité de l'eau vis-à-vis du béton.
- **1 série d'analyses de l'agressivité du sol en laboratoire**. Ces essais ont permis de définir l'agressivité du sol vis-à-vis du béton.

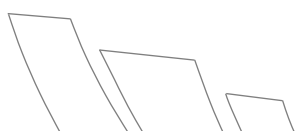


Novembre 2025 (Phase G2 PRO) :

- **2 sondages avec essais pressiométriques (nommés SP1 PRO et SP2 PRO) avec 8 essais par sondage**, descendus aux profondeurs de refus de 14.40 et 18.00 m/TN. Ils ont permis de déterminer les limites et la nature des couches géologiques, d'observer les éventuelles venues d'eau. Les essais sont réalisés selon la norme NF-EN-ISO-22476-4. Ils ont permis de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés (modules pressiométriques et pressions limites) ;

Les documents suivants sont présentés en annexes :

- Extrait de la norme NF P 94-500 (annexe 1),
- Implantation des sondages (annexe 2),
- Résultats des investigations in situ (annexe 3)
- Résultats des analyses en laboratoire (annexe 4).



3. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Implantation et nivellement

La position des sondages figure sur le plan d'implantation présenté en annexe 2.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès, vis-à-vis des réseaux et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Lors de notre intervention (décembre 2023), les points de sondages ont été recalés par rapport à un repère de nivellement (R.N.1) correspondant à l'angle de l'actuel parking à l'Ouest du site, (cf. photos ci-dessous et plan d'implantation des sondages en annexe 2), côté d'après le plan topographique à 110.32 m NGF.



Photographie du repère de nivellement prise le jour de notre intervention.

Les cotes altimétriques locales du Terrain Actuel (TA) au droit des sondages sont les suivantes :

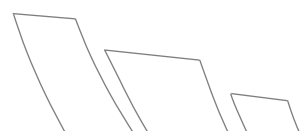
Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	T1/PD1	T2/PD2
Altitude du TA (m NGF)	110.45	110.40	110.30	110.45	110.55	110.45	110.50

Sondages	T3/PD3	T4/PD4	T5/PD5	T6	T7	T8	T9
Altitude du TA (m NGF)	110.45	110.35	109.95	110.40	110.40	110.40	110.35

Sondages Novembre 2025 (G2 PRO) :	SP1_PRO	SP2_PRO
Altitude du TA (m NGF)	110.45	110.35

Remarque :

Les altitudes indiquées pour chaque sondage ne sont données qu'à titre indicatif. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre-Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.



3.2. Géologie

Les coupes de sondages sont jointes en annexe 3. Les profondeurs citées dans le présent rapport ont été mesurées par rapport au Terrain Actuel (TA) tel qu'il était lors de nos interventions (décembre 2023 – G2AVP et novembre 2025 – G2PRO).

Les sondages de reconnaissance ont permis de mettre en évidence les faciès suivants de haut en bas :

Sondage	SP1 (en m/TA)	SP2 (en m/TA)	SP3 (en m/TA)	SP4 (en m/TA)	SP5 (en m/TA)
Couche de recouvrement (terre végétale, remblais)	0.00 à 0.20	0.00 à 0.60	0.00 à 0.35	0.00 à 0.20	0.00 à 0.65
Limon	0.20 à 0.90	0.60 à 1.10	0.35 à 1.20	0.20 à 1.00	0.65 à 1.30
Altérite / arène limoneuse	0.90 à ≥ 8.00*	1.10 à 8.50	1.20 à ≥ 8.00*	1.00 à ≥ 8.00*	1.30 à ≥ 8.00*
Altérite / arène sableuse	-	8.50 à ≥ 11.00*	-	-	-

Sondage	T1/PD1 (en m/TA)	T2/PD2 (en m/TA)	T3/PD3 (en m/TA)	T4/PD4 (en m/TA)	T5/PD5 (en m/TA)
Couche de recouvrement (terre végétale, remblais)	0.00 à 0.10	0.00 à 0.20	0.00 à 0.10	0.00 à 0.80	0.00 à 0.60
Limon	0.10 à 0.50	0.20 à 0.60	0.10 à 0.60	-	-
Altérite / arène limoneuse	0.50 à ≥ 4.00*	0.60 à ≥ 4.00*	0.60 à ≥ 4.00*	0.80 à ≥ 4.00*	0.60 à ≥ 4.00*
Altérite / arène sableuse	-	-	-	-	-

Sondage	T6 (en m/TA)	T7 (en m/TA)	T8 (en m/TA)	T9 (en m/TA)
Couche de recouvrement (terre végétale, remblais)	0.00 à 0.45	0.00 à 0.25	0.00 à 0.30	0.00 à 0.50
Limon	0.45 à 1.25	0.25 à 1.10	0.30 à 1.00	0.50 à 1.10
Altérite / arène limoneuse	1.25 à ≥ 8.00*	1.10 à ≥ 8.00*	1.00 à ≥ 8.00*	1.10 à ≥ 8.00*
Altérite / arène sableuse	-	-	-	-

Sondages Novembre 2025 (G2 PRO) :	SP1_PRO	SP2_PRO
Couche de recouvrement (terre végétale, remblais)	0.00 à 0.70	0.00 à 0.50
Limon	-	-
Altérite / arène limoneuse	0.70 à 9.50	0.50 à 12.00
Altérite / arène sableuse	-	-
Gneiss +/- altéré	9.50 à ≥ 14.40 [@]	12.00 à 18.00 [@]

*Profondeur maximale d'investigation // [@] Profondeurs de refus à la tarière mécanique



Remarque :

Les couches de recouvrement (terre végétale, remblais, limons) et les couches d'altérites / arènes limoneuses sont très sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter fortement en période météorologique défavorable.

Les altérites / arènes sableuses (reconnues uniquement en SP2) sont également sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter en période météorologique défavorable.

Les altérites / arènes sont issues de l'altération poussée du substratum gneissique, pouvant générer des blocs de très grandes tailles.

La présence de zones remblayées sur des épaisseurs plus importantes que celles mises en évidence au droit de nos sondages ne peut être exclue compte tenu de l'environnement construit autour du site.

Les profondeurs sus jacentes n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

3.3. Géo-mécanique

Les essais pressiométriques et pénétrométriques réalisés ont permis de mettre en évidence des caractéristiques mécaniques :

- Hétérogène, nulle à bonnes dans les couches de recouvrement (**terre végétale, remblais**) et les limons ;
- Faibles à moyennes dans les **altérites / arènes limoneuses** ;
- Bonnes dans les **altérites / arènes sableuses** ;
- Très bonnes dans le **gneiss +/- altéré** ;

Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques rencontrées au droit des sondages pressiométriques :

Type de formation	Résistance dynamique de pointe q_d (MPa)	Nombre d'essais pressiométriques	Pressions Limites (MPa)		Modules pressiométriques (MPa)	
			Min	Max	Min	Max
Couche de recouvrement (remblais et Terre végétale)	0.00 à 11.6	0	-	-	-	-
Limons	1.7 à 5.0	0	-	-	-	-
Altérite / arène limoneuse	1.4 à 10.9	34	0.21	1.63	1.1	15.3
Altérite / arène sableuse	-	1	2.43		21.7	
Gneiss +/- altéré	-	2	3.90	3.98	119.1	142.9



3.4. Essais de perméabilité

Trois essais de perméabilités in-situ (nommés K1 à K3) ont été réalisés selon la méthode « Porchet ». Ils ont permis de déterminer la perméabilité des terrains encaissants.

Les valeurs de perméabilité mesurées sont données dans le tableau suivant :

Essai	Profondeur de l'essai	Nature du sol	Perméabilité
K1	1.10 m	Altérite / arène limoneuse	4.2×10^{-7} m/s
K2	1.60 m	Altérite / arène limoneuse	5.0×10^{-7} m/s
K3	1.50 m	Altérite / arène limoneuse	2.20×10^{-7} m/s

Les grandeurs de perméabilité mesurées dans les altérites / arènes limoneuses sont de l'ordre de 10^{-7} m/s. Cette valeur indique la présence des sols peu perméables. Les valeurs de perméabilité peuvent fortement varier selon le degré d'altération des terrains en place et/ou de la nature des terrains remblayés.

3.5. Hydrogéologie

Lors de nos interventions (décembre 2023 – G2 AVP et novembre 2025 – G2 PRO), les niveaux d'eau suivant ont été décelés au droit de nos sondages :

Sondages	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	T1/PD1	T2/PD2	T3/PD3
Cote du terrain naturel (m NGF)	110.45	110.40	110.30	110.45	110.55	110.45	110.50	110.45
Niveau d'eau (m/TN)	1.55	2.10	2.10	1.60	1.95	2.10	2.15	2.30
Cote du niveau d'eau (m NGF)	108.90	108.30	108.20	108.85	108.60	108.35	108.35	108.15

Sondages	T4/PD4	T5/PD5	T6	T7	T8	T9	SP1_PRO	SP2_PRO
Cote du terrain naturel (m NGF)	110.35	109.95	110.40	110.40	110.40	110.35	110.45	110.35
Niveau d'eau (m/TN)	2.40	1.90	2.10	1.70	1.70	1.70	3.30	3.70
Cote du niveau d'eau (m NGF)	107.95	108.05	108.30	108.70	108.70	108.65	107.15	106.65

Ces niveaux d'eau peuvent correspondre à la présence d'une nappe au sein de l'altérite / arène limoneuse, pouvant remonter au sein des couches de recouvrement en période de remontée de nappe.

Les couches superficielles sont des aquifères potentiels, susceptibles de se recharger par infiltration pluviale. Une nappe de stagnation est possible au sein des horizons de surface lors de forts épisodes pluvieux.



Les mesures ne sont valables que lors de notre intervention et ne saurait exclure la présence d'eau en d'autre période et/ou représenter les variations du niveau d'une éventuelle nappe au cours du temps.

Remarque générale

D'un point de vue général, il est rappelé que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison, de la pluviosité. Des circulations d'eau localisées et anarchiques au sein des terrains de surface ou éventuellement à d'autres profondeurs dans les passages altérés ou fracturés du substratum restent possibles. Cependant, le caractère ponctuel dans le temps et dans l'espace de notre intervention ne permet pas d'affirmer qu'il n'y aura pas de venue d'eau à des profondeurs moins importantes lors des travaux de terrassement.

Les informations mentionnées ci-dessus correspondent nécessairement à un moment donné, sans possibilité d'apprécier les variations inéluctables des nappes et circulations d'eau qui dépendent notamment des conditions météorologiques. L'étude des variations du niveau de la nappe et l'étude hydrologique du site ne rentre pas dans le cadre de notre mission.

3.6. Résultats des analyses en laboratoires

3.6.1. Agressivité du sol vis-à-vis du béton

Selon la norme « classification des environnements agressifs » FD P18-011 et la norme des bétons, le degré d'agressivité du sol vis-à-vis des bétons exposés aux attaques chimiques, est défini en 3 classes :

Environnement	Classe d'exposition
Faible agressivité chimique	XA1
Agressivité chimique modéré	XA2
Forte agressivité chimique	XA3

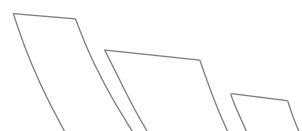
Le tableau suivant donne le degré d'agressivité des solutions les plus courantes vis-à-vis du béton :

Degré d'agressivité	XA1	XA2	XA3
SO ₄ ⁻ (mg/kg de sol séché à 105°C +/- 5°C)	≥ 2000 et ≤ 3000	>3000 et ≤ 12000	>12000 et ≤ 24000

Les résultats des analyses en laboratoires sont présentés ci-dessous (cf. planches des premiers résultats présentées en annexe 3) pour un prélèvement au droit du **sondage T7 à une profondeur de 1.50 à 3.00 m/TN** :

	Unité	SP1+PZ1	Degré d'agressivité
Agressivité sol sur béton Altérite / arène limoneuse	mg/kg	1110	< XA1

Selon ces résultats, l'échantillon d'eau prélevée est classé en **< XA1** : sol peu ou pas agressif envers le béton concernant les attaques chimiques.



3.6.2. Agressivité de l'eau vis-à-vis du béton

Selon la norme « classification des environnements agressifs » FD P18-011 et la norme des bétons partie n°1 NF EN 206-1, le degré d'agressivité des eaux vis-à-vis des bétons exposés aux attaques chimiques, est défini en 3 classes :

Environnement	Classe d'exposition
Faible agressivité chimique	XA1
Agressivité chimique modéré	XA2
Forte agressivité chimique	XA3

Le tableau suivant donne le degré d'agressivité des solutions les plus courantes (eaux stagnantes ou à faible courant, climat tempéré, pression normale) vis-à-vis du béton :

Degré d'agressivité	XA1	XA2	XA3	Unité
pH	6,5 à 5,5	5,5 à 4,5	< 4,5	-
CO2	15 à 40	40 à 100	>100	mg/L
Sulfates	200 à 600	600 à 3000	3000 à 6000	
Ammonium	15 à 30	30 à 60	60 à 100	
Magnésium	300 à 1000	1000 à 3000	>3000	

Afin de réaliser des analyses d'agressivité des solutions en fonction des agents agressifs chimique et pH, un prélèvement d'eau a été réalisé dans le sondage T7.

Les résultats des analyses en laboratoires sont présentés ci-dessous (cf. planches des premiers résultats présentées en annexe 4) :

Degré d'agressivité	pH	CO2	Sulfates	Ammonium	Chlorures
Unité	-	mg/L			
T7	5.7 (à 18.4°C)	95.1	24.7	<0.05	16.0

Degré d'agressivité	Magnésium	Calcium	Potassium	Sodium	Nitrates	Azote nitrique
Unité	mg/L					
T7	8.78	10.8	1.90	16.0	33.2	7.51

Selon ces résultats, l'échantillon d'eau prélevée est classé en **XA2 : eaux modérément agressives** envers le béton concernant les attaques chimiques (présence probable de pollution). La recherche et le diagnostic de pollution ne font pas partis de la présente mission.



3.6.3. Analyses GTR

Sur des échantillons de sol prélevé en T2 et T5, nous avons effectué les analyses et mesures suivantes :

- Teneur en eau naturelle : Wnat % ;
- Valeur de bleu du sol : VBS ;
- Analyse granulométrique ;

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondages		T2	T5
Profondeur (m/TA)		0.6 - 1.5	0.3 - 1.2
Faciès		Altérite / arène limoneuse	Altérite / arène limoneuse
Granulométrie	Passant à 2 mm (%)	99.4	95.4
	Passant à 80 µm (%)	88.3	52.7
Teneur en eau (%)		22.2	20.9
VBS (g de bleu/100 g de sol)		2.0	1.3
Classification GTR 92		A₁	A₁
Classification GTR 2023		F₁	F₁

Le PV des résultats détaillés figure en annexe 4 du présent rapport.

D'après le fascicule « réalisation des remblais et des couches de formes » du SETRA-LCPC, les matériaux rencontrés sont de classes GTR 92 **A₁** / GTR 2023 **F₁**. Il s'agit de matériaux fins, sensibles à l'eau (sol qui change brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau).

Remarque :

Il sera possible de rencontrer également des matériaux de type B5 (en fonction de la présence d'éventuelles blocs > 50 mm), et en cas de remontée structurale du substratum.



4. SYNTHÈSE / MODÈLE GÉOTECHNIQUE

De ce qui précède, on retiendra les éléments suivants :

- Les sondages mettent en évidence la présence :
 - **D'une couche de recouvrement composé de**
 - **Terre végétale, remblais jusqu'à 0.10 à 0.80 m / TA ;**
 - **De limon présents jusqu'à 0.50 à 1.30 m/TA ;**
 - **De terrains d'altération du substratum constitué :**
 - **Des altérites / arènes limoneuses jusqu'à 8.50 m/TN ou aux profondeurs maximales d'investigation (4.00 et 8.00 m/TA) ;**
 - **Localement, est reconnu une altérite / arène sableuse en SP2 (G2AVP) à partir de 8.50 m/TN jusqu'à 11.00 m/TN ;**
 - **Le substratum gneissique +/- altéré a été reconnu lors de notre seconde intervention au droit des sondages SP1_PRO et SP2_PRO à partir de 9.50 et 12.00 m/TN.**
- A noter l'**hétérogénéité** des valeurs des caractéristiques mécanique dans l'altérite / arène limoneuse.
- Des niveaux / arrivées d'eau ont été relevés lors de nos interventions (décembre 2023 et novembre 2025) entre 1.55 et 2.40 m/TN (soit entre 106.65 et 108.90 m NGF) au droit de l'ensemble de nos sondages.

Nous avons retenu un modèle géotechnique pour l'ensemble du site. La coupe géotechnique retenue pour les calculs (au stade de la phase projet), sur la base des investigations réalisées, est la suivante :

Formation	Profondeur de la base (m/TA)	q_d (MPa)	PI^* (MPa)	E_m (MPa)	α	γ (kN/m ³)
Couche de recouvrement (Terre végétale, remblais, limon)	0.50 à 1.30	-	-	-	2/3	17
Altérite / arène limoneuse	9.50 à 12.0	1.4	0.40	2.5	2/3	18
Altérite / arène sableuse	> 11.00	-	2.43	21.7	1/2	19
Gneiss +/- altéré	Au-delà		3.50	100.0	1/2	22



5. ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE

La Zone d'Influence Géotechnique correspond au volume de terrain dans lequel il y a interaction entre l'ouvrage et son environnement. La ZIG de ce projet inclut :

- La parcelle de l'étude avec les différents bâtiments et infrastructures avoisinants du site ;
- L'ensemble des réseaux / canalisations enterrées à proximité directe de la parcelle de l'étude.

Dans le cadre des travaux pour la construction du projet, il sera impératif de prendre toutes les précautions / dispositions particulières notamment lors des travaux de terrassement afin de tenir compte de la présence d'avoisnants / mitoyens pour la mise en œuvre de la méthodologie de terrassement (attention aux vibrations, ne pas créer d'affouillement ou de tassement par affluence sous fondations des ouvrages et mitoyens, semelles déportées, sous-sol, soutènements provisoires ou définitifs...).

On veillera à garantir l'intégrité des constructions avoisinantes durant tout le chantier et en phase définitive.



6. ETUDE GEOTECHNIQUE DES FONDATIONS

6.1. Fondations profondes

Le mode de fondation du projet devra faire état de l'importance et de la géométrie des charges apportées ainsi que de la nécessité de mobiliser un horizon portant, homogène et de bonne qualité.

Etant donné la présence d'horizons superficiels constitué de terre végétale, remblais et limon, puis une couche d'altérites / arènes limoneuses aux **caractéristiques mécaniques hétérogènes très faibles à moyennes sur des épaisseurs importantes, d'arrivées d'eau observée à +/- 1.50 à 3.70 m/TN, de la rencontre du substratum gneissique à partir de 9.50 et 12.00 m/TN lors de notre seconde intervention**, et compte tenu de la réhausse du niveau bas (RdC) du projet de 0.50 m/TN actuelle et des descentes de charges du projet, nous orientons notre mission G2 PRO vers une solution de fondation profonde de type pieux.

Ainsi, nous préconisons de **reporter les charges de l'ouvrage dans le gneiss** de bonne à très bonne compacité reconnu au droit de nos sondages à partir de 9.50 à 12.00 m/TN, au moyen de **fondations profondes type pieux**. Ce type de fondation permet de transmettre la majorité des efforts extérieurs au niveau des horizons résistants.

Tout ancrage dans les couches de remblais (0.R), de limon ou d'altérite / arène limoneuse +/- sableuse sans renforcement de sol est exclu.

La technique de pieux prise en compte dans le prédimensionnement est de type *Tarière creuse simple ou double rotation avec dispositif d'enregistrement de paramètres* (de type classe 2 catégorie 6 selon les Eurocodes). Cependant, il reviendra à l'entreprise de choisir la méthode de mise en œuvre des pieux la plus appropriée afin d'atteindre les ancrages nécessaires.

En l'absence d'information sur la cote d'arase de terrassement, la fiche indiquée est comptée à partir des fonds de terrassement estimés à ce stade de l'étude (+/- au niveau du terrain actuel).

Il conviendra de porter une attention particulière à la réalisation des plates-formes de travail des pieux. En effet, les pieux devront être réalisés depuis une plate-forme de travail suffisamment épaisse, portante et hors d'eau (plate-forme praticable et carrossable pour les engins à chenilles lourds, foreuses, engins de manutention, les camions toupie et grue éventuelle) **pour assurer la traficabilité des engins de chantier.**



Classe	Catégorie	Technique de mise en œuvre	Abréviation	Norme de référence
1	1	Foré simple (pieux et barrettes)	FS	NF EN 1536
	2	Foré boue (pieux et barrettes)	FB	
	3	Foré tubé (virole perdue)	FTP	
	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	

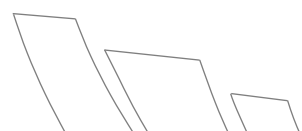
Extrait de la norme NFP 94-262

La justification des fondations présentée dans ce chapitre, est réalisée selon l'Eurocode 7 et sa norme d'application nationale NF P 94-262 (de juillet 2012) « Fondations profondes ».

Nota :

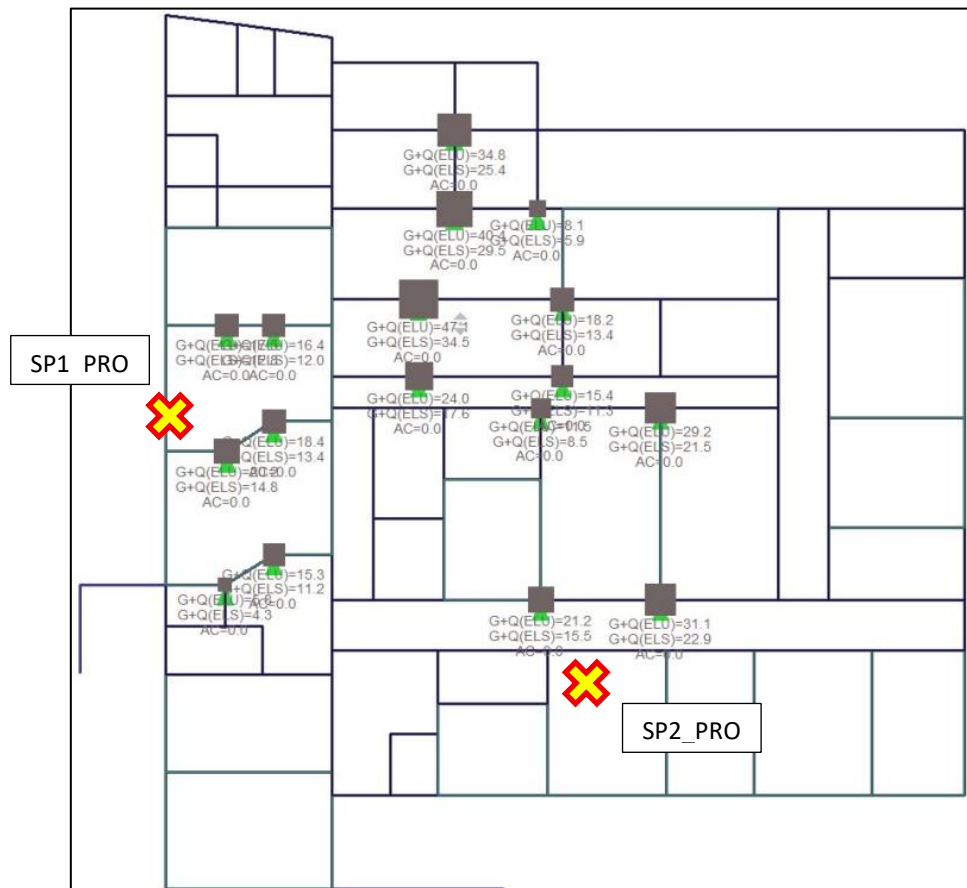
En ce qui concerne les remblais de surélévation /TN actuel au droit des bâtiments projetés, ceux-ci seront probablement mis en place préalablement à la réalisation des fondations profondes. Dans ces conditions, il conviendra de recalculer les fiches des pieux, ainsi que les capacités portantes en compression / traction des pieux dans le cadre d'une mission G3, une fois la cote de la plate-forme de terrassement précisée (après mise en place des remblais de surélévation).

Dans tous les cas, étant donné le remblaiement dû à la surélévation du projet de 0.50 m/TN actuel, sa mise en œuvre pourra générer des frottements négatifs (tassements supplémentaires de l'ordre de 3.0 à 5.0 cm à prévoir au niveau des couches compressibles), qu'il conviendra de prendre en compte dans le dimensionnement des pieux. Ce terme sera à prendre en compte dans le cadre des études d'exécution de l'entreprise de fondations (mission G3). Le cas échéant, un chemisage des pieux sur toute la hauteur des terrains compressibles sera à prévoir.



6.2. Zonage et modèles géotechniques

En considérant des estimations prudentes des paramètres géotechniques à prendre en compte dans la définition des différents critères, nous proposons, pour le pré-dimensionnement des fondations profondes, le modèle géotechnique suivant, basé sur les stratigraphies mises en évidence au droit des sondages complémentaires réalisés dans le cadre de la mission G2 PRO :



Extrait plan de fondations massif isolé— Source ASSYSTEM Ingénierie

Données / hypothèses :

- Niveau bas (RdC) = 110.95 m NGF
- Assise supérieure des têtes de pieux = N.C.
- Epaisseur des têtes de pieux = N.C.
- Arase de terrassement = niveau TN actuel (hypothèse)

Modèle géotechnique

Formation	Base couche (m/TN)	Epaisseur (m)	Courbe f_{sol}	PI^* (Mpa)	f_{sol} (kPa)	$\alpha_{pieu-sol}$	q_s (kPa)	$q_{s;k}$ (kPa) comp.	$q_{s;k}$ (kPa) trac.
Terre végétale	0,50	0,50	Q1 - argile, limon, $CaCO_3 < 30\%$	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
limons	1,30	0,80	Q1 - argile, limon, $CaCO_3 < 30\%$	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
Altérite limoneuse	9,50	8,20	Q1 - argile, limon, $CaCO_3 < 30\%$	0,4	31,0	1,5	46,6	294,5	241,9
Gneiss +/- altéré	15,00	5,50	Q5 - roche altérée/fragmentée	3,5	115,0	1,6	184,0	218,2	179,2

Le modèle géotechnique pourra être confirmé en phase exécution par la réalisation de sondages complémentaires dans le cadre d'une mission G3 (phase exécution).

6.3. Paramètres pris en compte dans le calcul

A partir des éléments de descentes de charge fournies, le prédimensionnement des fondations profondes dans le cadre de notre mission G2 PRO consistera à la vérification de la portance en compression et en traction des zones définies à partir des sondages géotechniques réalisés sur site.

Nota : Il conviendra de recalculer les fiches des pieux, ainsi que les capacités portantes en compression / traction des pieux en phase G3, une fois les combinaisons de charges précisées et une fois la cote de la plate-forme de terrassement précisée (après mise en place des remblais de surélévation).

Pour les calculs de prédimensionnement des pieux, nous avons considéré les paramètres / hypothèses suivantes :

- **Type de pieux :**
 - Type de pieux : « foré tarière creuse simple rotation ou double rotation » (FTC, FTCD – classe 2, catégorie 6) sur toute hauteur et ancré dans le gneiss +/- altéré ;
 - On retiendra des pieux d'un diamètre de 420 à 720 mm.
- **Encastrement relatif Def :**
 - Prise en compte de l'encastrement dans la formation portante pour un ancrage défini par la valeur maximale entre trois diamètres ou 1.50 m dans le gneiss +/- altéré de bonne à très bonne compacité.
- **Conditions en tête de la fondation :**
 - Elles seront considérées comme libres en tête par défaut. En fonction de l'évolution du projet, le BE structure pourra proposer d'autres conditions de déplacement et de rotation.
- **Effet de groupe :**
 - Pour un encastrement dans le gneiss +/- altéré, on pourra adopter un coefficient d'efficacité $C_e = 1$. Dans le cas contraire, le coefficient d'efficacité sera calculé.
- **Prise en compte des frottements :**
 - Les pieux seront chemisés (neutralisation du frottement) sur toute la hauteur des terrains de recouvrement (remblais, limon) et/ou sur au moins 1.50 m/plate-forme de travail.



Dans tous les cas, étant donné le remblaiement dû à la surélévation du projet de 0.50 m/TN actuel, sa mise en œuvre pourra générer des frottements négatifs (tassements supplémentaires de l'ordre de 3.0 à 5.0 cm à prévoir au niveau des couches compressibles), qu'il conviendra de prendre en compte dans le dimensionnement des pieux. Ce terme sera à prendre en compte dans le cadre des études d'exécution de l'entreprise de fondations (mission G3). Le cas échéant, un chemisage des pieux sur toute la hauteur des terrains compressibles sera à prévoir.

➤ **Terme de pointe pour les pieux :**

- Pour un ancrage minimal de 3Ø ou de 1.50 m dans le gneiss +/- altéré au moyen des pieux FTC - Ø = 0.420 à 0.720 m, il pourra être retenu le facteur de portance suivant **Kp max = 2.00**.

6.4. Prédimensionnement vis-à-vis de la capacité portante en compression et traction

A titre d'exemple, le tableau suivant récapitule les capacités portantes en compression pour des pieux Ø 420 à 720 mm, avec un ancrage minimal de 1.50 dans le gneiss +/- altéré et selon le zonage et le modèle géotechnique indiqué au § 6.2.

diamètre pieux (mm)		420	520	620	720	
POINTE	Pl_e^+ (MPa)	3,50	3,50	3,50	3,50	
	k_p	1,86	1,74	1,66	1,60	= k _{pmax} si Def/B>5, sinon k _p calculé
	q_b (MPa)	6,514	6,088	5,800	5,592	
	$q_{b,k}$ (kPa)	5149,6	4813,0	4585,0	4420,3	
	$R_{b,k}$ (kN)	713,5	1022,1	1384,2	1799,7	Résistance de pointe de la fondation profonde
FROTTEMENT	$R_{s,k}$ (kN)	676,4	837,4	998,5	1159,5	Résistance de frottement axial de la fondation profonde
	$R_{t,k}$ (kN)	555,6	687,9	820,2	952,5	Résistance de traction de la fondation profonde
	$R_{c,ord,k}$ (kN)	830,2	1097,3	1391,1	1711,5	Valeur caractéristique de la charge de fluage de compression
	$R_{t,ord,k}$ (kN)	388,9	481,5	574,1	666,7	Valeur caractéristique de la charge de fluage de traction
E.L.S. quasi-permanents	$R_{c,ord}$ (kN)	754,7	997,5	1264,6	1555,9	Charge de fluage de compression (résistance en compression à l'ELS)
	$R_{t,ord}$ (kN)	259,3	321,0	382,8	444,5	Charge de fluage de traction (résistance en traction à l'ELS)
	Q_{ELS} (MPa)	5,4	4,7	4,2	3,8	
E.L.S. caractéristiques	$R_{c,ord}$ (kN)	922,4	1219,2	1545,6	1901,7	Charge de fluage de compression (résistance en compression à l'ELS)
	$R_{t,ord}$ (kN)	353,6	437,8	521,9	606,1	Charge de fluage de traction (résistance en traction à l'ELS)
	Q_{ELS} (MPa)	6,7	5,7	5,1	4,7	
E.L.U fondamentales et sismiques	R_{cd} (kN)	1263,5	1690,5	2166,1	2690,2	Valeur de calcul de la portance du terrain sous la fondation profonde
	R_{td} (kN)	483,1	598,2	713,2	828,2	Valeur de calcul de la résistance de traction de la fondation profonde
	Q_{ELU} (MPa)	9,1	8,0	7,2	6,6	
E.L.U accidentels	R_{cd} (kN)	1389,8	1859,6	2382,7	2959,3	Valeur de calcul de la portance du terrain sous la fondation profonde
	R_{td} (kN)	529,2	655,1	781,1	907,1	Valeur de calcul de la résistance de traction de la fondation profonde
	Q_{ELU} (MPa)	10,0	8,8	7,9	7,3	

En l'absence d'information sur la cote d'arase de terrassement, la fiche indiquée est comptée à partir des fonds de terrassement estimés à ce stade de l'étude (+/- au niveau du terrain actuel).

Nota : Il conviendra de ne pas dépasser la valeur moyenne de la contrainte de compression du béton à l'ELS caractéristique.



6.5. Remarques

Nous rappelons que les éléments fournis constituent une ébauche dimensionnelle. Cette étude devra être complétée par une mission G2PRO après définition plus précise du projet (descentes de charges par massifs de fondations notamment, cote altimétrique de la plate-forme de terrassement après mise en place des remblais de surélévation).

Il conviendra de vérifier la stabilité des pieux à la compression et à la traction pour les combinaisons ELS quasi-permanentes, ELS caractéristiques, ELU durable et transitoire et à l'ELU accidentelle en fonction des descentes de charges lors des études d'exécution.

La surpression due à la présence d'eau dans le sol devra être vérifiée dans le cadre d'une mission G3 et/ou étude de génie-civil / structure (reprise par les pieux).

Il sera de la responsabilité de l'entreprise de mettre en œuvre des techniques d'exécution soignées et permettant une mobilisation maximale du frottement des terrains traversés lors de la réalisation des pieux.

En effet, les valeurs ci-dessus sont données à titre indicatif pour une mise en œuvre dans les règles de l'art, sans refoulement du sol et permettant de mobiliser les frottements de manière optimale et de garantir un ancrage suffisant dans l'horizon porteur. Par ailleurs les coefficients partiels retenus seront justifiés par un contrôle strict de la réalisation des pieux (enregistrements continus des paramètres de forage).

Il est rappelé que les résultats fournis précédemment ne sont fournis qu'à titre indicatif et qu'une note de calcul détaillée devra être établie au stade du projet par l'entreprise exécutante des fondations profondes dans le cadre de sa mission G3. Cette dernière intégrera les données définitives du projet (plans, descentes de charges...) et les caractéristiques des pieux retenues (type, catégorie, diamètre...)

Les tassements théoriques sont inférieurs au centimètre.

REMARQUES :

Nous rappelons par ailleurs la présence de niveaux d'eau qui devra conduire l'entreprise responsable des travaux de pieux à adapter en conséquence sa méthodologie. La nature et les caractéristiques des matériaux pourraient en outre entraîner des surconsommations de béton.



6.6. Précautions particulières de conception et d'exécution

Les fondations profondes seront réalisées selon les règles de l'art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes et dans le respect de l'ensemble des prescriptions des textes de l'EUROCODE 7 et des normes d'application nationales.

6.6.1. Forage

Les techniques de mise en œuvre des pieux retenues par l'entreprise détentrice de ces travaux devront donc assurer un ancrage suffisant dans l'horizon de porteur (gneiss +/- altéré).

L'entreprise de travaux devra s'assurer que le type de pieu qu'elle propose et le matériel qu'elle met en œuvre lui permettent de réaliser les travaux de fondations et de répondre aux objectifs du projet.

Afin d'atteindre l'ancrage nécessaire, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel et outils adaptés (tubage, trépanage...) en choisissant le type de pieux le plus adapté au contexte et au sol en présence, sans provoquer le moindre désordre aux avoisinants.

L'entreprise de fondations devra s'assurer du non-flambement des pieux et que l'ensemble des charges reprises par ces derniers soient verticales, axiales et centrées. Compte tenu de la problématique de reprise des pressions hydrostatiques, et des efforts de traction que cela engendre, les pieux seront armés sur toute leur hauteur.

Toutes les précautions devront être prises dans la conduite et l'équipement du forage pour éviter tout éboulement et entraînement du terrain (tubage temporaire, définitif, boue...). Un suivi strict de la réalisation des pieux devra être assuré.

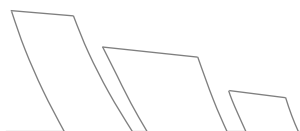
IMPORTANT :

Quoi qu'il en soit, les outils de forage et la puissance de la machine devront être adaptés aux contextes du site, de manière à traverser d'éventuels remblais et vestiges d'ouvrages / blocs enterrés et d'atteindre un ancrage suffisant dans l'horizon porteur.

Lors de l'exécution des pieux il conviendra de ne pas provoquer de désordres aux avoisinants (l'emploi de technique par battage, vibro-fonçage sera alors à proscrire).

Nous rappelons par ailleurs la présence de niveaux d'eau à faibles profondeurs qui devra conduire l'entreprise responsable des travaux de pieux à adapter en conséquence sa méthodologie. La nature et les caractéristiques des matériaux pourraient en outre entraîner des surconsommations de coulis de ciment.

Notons par ailleurs que la nature et les faibles caractéristiques des matériaux jusqu'à 9.0 m de profondeur (remblais, limons et altérite/arène limoneuse) pourraient entraîner de fortes surconsommations de coulis de ciment en fonction du type de pieu retenu.



6.6.2. Exécution

Les pieux seront réalisés conformément à la norme NF EN 1536. L'entreprise de travaux devra s'assurer que le type de pieu qu'elle propose et le matériel qu'elle met en œuvre lui permettent de réaliser les travaux de fondations et de répondre aux objectifs du CCTP.

L'outil et la technique employés devront permettre :

- le forage de l'ensemble des couches de sols, y compris d'éventuels remblais de tête pouvant contenir de gros éléments, blocs, débris métalliques, vestige d'ouvrages, anciennes fondations, etc...
- la méthode devra permettre de soutenir les terrains au cours du forage et au cours du bétonnage, sans chute de matériaux ni éboulement de parois qui entraînerait une réduction du fût ;
- les armatures devront être conformes aux prescriptions parasismiques (Eurocode 8) ;
- la méthode devra être accompagnée d'un enregistrement des paramètres de forage permettant d'attester du bon ancrage dans le gneiss +/- altéré.

L'entreprise devra justifier de l'armement de ces pieux aux vues des efforts horizontaux à reprendre.

Au minimum, l'encastrement effectif dans la couche porteuse devra être pris égal à la valeur maximale entre trois diamètres, ou 1.50 m dans le gneiss +/- altéré de bonne à très bonne compacité. Ici pour des pieux de :

- Ø 420 mm, ancrage de 1.50 m.
- Ø 520 mm, ancrage de 3Ø soit 1.56 m.
- Ø 620 mm, ancrage de 3Ø soit 1.86 m.
- Ø 720 mm, ancrage de 3Ø soit 2.16 m.

Si l'entreprise de fondations spéciales peut garantir la bonne exécution de l'encastrement de la pointe des pieux dans la couche porteuse soit par des prélèvements d'échantillons, soit par l'emploi de trépan, soit encore par l'utilisation de carottier, alors cet ancrage peut être réduit à une valeur minimale de 0,50 m **sous réserve d'atteindre la portance requise et/ou d'augmenter le diamètre des pieux** (cf. norme NF P 94-262 de juillet 2012).

Il faudra prendre en compte de l'effet de groupe éventuel sur le frottement latéral dans le cas où l'entraxe des pieux est inférieur à 3 diamètres.

Lors de la réalisation des pieux, il conviendra de respecter les dispositions suivantes :

- Veiller à une implantation précise et à une bonne verticalité des pieux ;
- Vérifier soigneusement les matériaux extraits lors du forage pour s'assurer du bon ancrage des pieux dans l'horizon suffisamment portant (gneiss +/- altéré) ;
- Curer soigneusement la base des pieux ;
- Bétonner aussitôt le curage terminé à l'aide d'un tube plongeur ou de l'âme de la tarière creuse pour éviter le délavage et la ségrégation du béton ;
- Limiter la contrainte dans le béton conformément aux prescriptions des EUROCODES ;
- Garantir la mise en place des cages d'armatures si elles sont nécessaires.

Les pieux seront réalisés depuis une plate-forme de travail suffisamment épaisse et portante pour assurer la traficabilité des engins de chantier (cf. § 6.7 – plateforme de travail des pieux)



L'entreprise s'assurera que le type de pieux et la technique utilisés permettront la mise en place des armatures sur la hauteur nécessaire (efforts horizontaux et traction). Ces moyens seront tels qu'ils ne provoquent pas de désordres aux avoisinants (attention aux vibrations).

Le béton employé devra être conforme au degré d'agressivité de l'environnement influencé par les terrains saturés en eau : l'agressivité du milieu vis-à-vis des fondations devra être contrôlée afin de choisir le type de béton approprié **et éventuellement les armatures si l'enrobage est réduit. L'enrobage minimal des armatures devra être conforme** à la norme EN 1992.

De plus, le béton et les aciers devront tenir compte de la corrosivité du milieu sol/eau.

Des joints de rupture complets seront mis en œuvre entre les parties différemment fondées et chargées de la construction.

Il conviendra de ne pas circuler ni de réaliser un nouveau pieu à proximité des pieux fraîchement bétonnés. Le recépage des pieux sera réalisé avec soins afin de ne pas les endommager.

6.6.3. Contrôles

Un contrôle strict de la réalisation des pieux et de leur ancrage dans l'horizon porteur conforme aux notes de calculs justificatives (enregistrements continus des paramètres de forage, contrôle des fiches d'ancrages ...) est requis.

Les attachements ou essais d'information de pieu comprendront les points suivants :

- le numéro du pieu,
- la date et l'heure de réalisation,
- la profondeur atteinte,
- les enregistrements de paramètres de forage,
- le volume de matériaux mis en place,
- la description de la cage d'armatures,
- l'arase supérieure de la cage,
- la hauteur de recépage,
- les incidents éventuels.

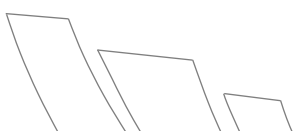
Des essais de résistance à la compression seront prévus à 7 et 28 jours sur des éprouvettes confectionnées sur chantier.

Selon les préconisations en vigueur, si l'on se trouve dans le cadre d'un contrôle renforcé des pieux, les essais suivants seront à prévoir avant réception des travaux :

- enregistrements de paramètres à prévoir sur l'intégralité des pieux du projet,
- mesures par impédance,
- essais d'écrasement sur éprouvette du béton.

6.7. Plate-forme de travail des pieux

Il conviendra de porter une attention particulière à la réalisation des plates-formes de travail des pieux. En effet, les pieux devront être réalisés depuis une plate-forme de travail suffisamment épaisse, portante et hors d'eau



(plate-forme praticable et carrossable pour les engins à chenilles lourds, foreuses, engins de manutention et les camions toupie ; grue éventuelle) pour assurer la traficabilité des engins de chantier.

Quoi qu'il en soit, la cote de la plateforme de travail des pieux sera définie avant travaux en tenant compte de l'épaisseur de la couche de forme / éventuels remblais de surélévation à mettre en œuvre pour les machines de pieux ($E_{v2} = 30$ à 50 MPa - objectif à valider par l'entreprise travaux), et ceci afin de limiter le plus possible les arrivées d'eau en fond de forme (arase de terrassement).

Il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires afin de préserver ses caractéristiques pendant toute la durée du chantier.

➤ **Préparation de la plate-forme :**

Après démolition et après la réalisation des terrassements en déblais et **purge puis substitution** d'une partie des terrains de recouvrement (**terre végétale**) et des remblais divers (couche O.R), le fond de forme sera constitué par les **remblais, les limons ou l'altérite / arène limoneuse** du site en place ;

Les poches de sols médiocres et détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie seront purgées et substituées. De même toute poche décomprimée, de **matériaux évolutifs** ou de moindre consistance, souches d'arbres et éventuels vestiges enterrés rencontrés en fond de forme sera également purgés et substitués. Pour le rattrapage des éventuels hors profils après purge et la réalisation de la plateforme de travail, on utilisera des matériaux de qualité de type 0/80 insensibles à l'eau ($VBS < 1$), passants à $80 \mu m < 5\%$, $D_{10} > 1$ mm, durs (LA et $MDE < 45$) et chimiquement inerte. Ils seront soigneusement compactés par couche de 30 cm maximum.

Si des pluies se produisent pendant les travaux, des adaptations seront à prévoir (drainage, cloutage) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

En cas d'arrivées d'eau, on veillera à assainir la couche de forme par des drains, ce qui nécessitera de penter les arases, de donner une pente aux drains et de les relier à un exutoire à définir.

En l'absence de drainage et de plateforme provisoire pour la circulation des engins sur un fond de fouille humide, des purges complémentaires importantes pourront être nécessaires.

6.8. Traitement des niveaux bas

D'après les éléments transmis, le niveau bas du projet sera réalisé en **plancher / dalle porté par les fondations**.

Cette solution permet de limiter les problèmes de consolidation et de tassements sous les niveaux bas, notamment vis-à-vis de la mise en place des remblais due à la surélévation du niveau bas (RdC) du projet de 0.50 m/TN actuel.

Il faudra s'assurer que ce mode constructif garantira la coupure capillaire vis-à-vis des murs, du plancher porté et des soubassements.



7. PRECAUTIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION

7.1. Terrassements généraux

7.1.1. Géométrie des terrassements

D'après les éléments communiqués, le projet prévoit la construction d'un bâtiment de type atelier avec locaux techniques. Le niveau bas du projet est calé à 110.95 m NGF, soit à environ + 0.50 m/TN actuel (rechargement / remblaiement du TN actuel) d'après les informations fournies dans le document « *Données d'entrée – Etude G2PRO du 25/09/2025 – Source ASSystem* ».

Il n'est pas prévu de niveau enterré mais le projet prévoit la création de quais de chargement / déchargement (nous ignorons pour l'heure le calage des niveaux de quais) au Sud, Sud-Ouest et Est du bâtiment projeté.

Ce rapport n'est valable qu'avec ces données / hypothèses.

Dans le cadre des travaux pour la construction du projet, il sera impératif de prendre toutes les précautions / dispositions particulières notamment lors des travaux de terrassement afin de ne pas créer d'instabilités au niveau des ouvrages avoisinants au site (ZIG).

7.1.2. Moyens d'extraction

Les terrassements pourront être réalisés sans difficultés particulières au moyen d'engins mécaniques courants dans les horizons de recouvrement (Terre végétale, remblais et limons), dans l'altérite / arène limoneuse à sableuse. La présence de blocs dans les altérites / arènes et/ou dans les remblais pourront nécessiter l'emploi d'engins de moyenne à forte puissance équipés d'outils adaptés (godet-rocher, dent de déroctage, BRH...).

Quoi qu'il en soit, les moyens employés devront être adaptés aux terrains rencontrés et à la présence des ouvrages mitoyens.

Plus les matériaux à terrasser seront compacts, plus le risque de générer des vibrations importantes pour les avoisinants seront préjudiciables. Les outils / engins utilisés généreront d'autant plus de vibrations sur les infrastructures existantes voisines et mitoyennes que des engins de terrassement seront puissants. L'entreprise sera responsable des moyens qu'elle emploiera et aura obligation de résultats.

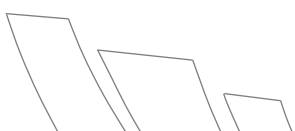
On veillera à garantir l'intégrité des constructions avoisinantes durant tout le chantier et en phase définitive.

IMPORTANT :

A proximité des existants, le compactage et les terrassements en déblai devront être maîtrisés (en termes de vibrations notamment), de manière à garantir l'intégrité des bâtiments existants mitoyens.

7.1.3. Purges et rattrapages

Les terrains de couverture (remblais, terre végétale, limons) présents au droit du projet seront soigneusement purgés.



Dans le cas d'anciens vestiges d'ouvrages démolis, de maçonneries enterrées, souches d'arbres, et/ou de sols impropres, sols remaniés ou déconsolidés, poches décomprimées, de matériaux évolutifs ou de moindre consistance rencontrés lors de l'ouverture des fouilles et/ou fond de forme, leur purge soignée sera réalisée.

Une substitution devra être impérativement assurée. La substitution devra être réalisée avec des matériaux de qualité de type 0/150 ou 0/80, insensibles à l'eau ($VBS < 1$, passant à $80\mu m < 5\%$, $D_{10} > 1\text{ mm}$), durs ($MDE < 45$) et chimiquement inerte ou remplacé par du gros béton sous les fondations. Les matériaux seront soigneusement compactés par couches successives de 0.30 cm d'épaisseur au maximum avec comme critère de réception $EV2 > 50\text{MPa}$. Les qualités des matériaux utilisés devront être contrôlées au démarrage du chantier.

Tous les matériaux impropres à la réutilisation (débris anthropiques, vestiges de constructions, matières organiques...) obtenus dans les terrassements en déblai devront être éliminés définitivement.

Il conviendra également de faire attention aux éventuels réseaux/ouvrages enterrés lors des travaux (éventuels détournements de réseau existant, purge/effacement, etc...).

Remarque concernant les remblais de surélévation :

Les différents remblaiements ne nécessitant aucune portance particulière pourront éventuellement être réalisés avec les matériaux du site sous réserve de la possibilité de les mettre en place. **En aucun cas, ces remblais ne serviront d'assise à d'éventuels ouvrages géotechniques (fondations, dalle portée niveau bas).**

Si des réseaux doivent être mis en place au sein des remblais de surélévation, ils devront être mis en œuvre après stabilisation complète des tassements du remblai (**tassements de l'ordre de 3.0 à 5.0 cm à prévoir sous le remblai de surélévation**). Afin de limiter toutes ruptures, il conviendra de mettre en place des raccords souples et de limiter l'espacement des regards.

7.1.4. Pente de terrassements / Stabilité des talus en déblais

En l'absence de problèmes d'emprise, pour des hauteurs talutées n'excédant pas 1.00 m et sous réserve que le fond de terrassement se situe hors venues d'eau, un terrassement par talutage est envisageable sinon un blindage sera nécessaire.

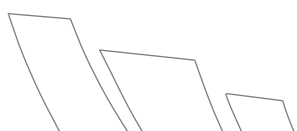
Les talus des terrassements provisoires (< 1 mois) devront être alors réglés avec une pente maximale de **3H/2V** dans les terrains de surface (Remblais, terre végétale, limon) et les altérites / arènes.

La réalisation des travaux en période favorable est vivement conseillée.

Les talus créés seront protégés des agents climatiques et les eaux de ruissèlements seront collectées et évacuées de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants. Une cunette de réception des eaux de ruissellement devra être réalisée en pied de talus et reliée à un exutoire afin de sauvegarder les caractéristiques de la plate-forme. Si des talus provisoires de plus grandes hauteurs ou de pentes plus raides sont envisagés, ils nécessiteront une étude spécifique justifiant leur stabilité.

IMPORTANT :

Les pentes de talus données ci-dessus devront être adaptées en phase chantier. En cas d'instabilités observées (présence de blocs instables, éboulement, etc...) et/ou de présence d'eau et/ou de surcharge quelconque en tête, ces pentes devront être abaissées.



Si le manque d'emprise ne permet pas de respecter ces pentes de talutage ce qui sera probablement le cas pour les fouilles des fondations des bâtiments, des soutènements provisoires seront à prévoir.

La stabilité des talus créés devra être assurée tout au long des travaux et en phase définitive.

7.1.5. Murs enterrés (cas des murs de quais de chargement/déchargement)

La stabilité **au glissement, au poinçonnement et au renversement des murs** de quais devra être vérifiée. Les murs devront être **dimensionnés pour reprendre la poussée des terrains ainsi que la poussée hydrostatique éventuelle dans les conditions les plus défavorables.**

Nous attirons l'attention sur la nécessité de prendre en compte en tête des murs enterrés et du soutènement définitif les surcharges provisoires dues aux engins de terrassement et aux stockages éventuels ainsi que les éventuelles charges définitives.

Pour les calculs des murs enterrés des quais de déchargement faisant office de soutènement (mur en béton banché armé), on pourra retenir :

Sol	γ_h (kN/m ³)	C court terme (KPa)	C long terme (KPa)	ϕ' (°)
Couche de recouvrement (Terre végétale, remblais, limon)	17	0	0	15
Altérites/ arènes limoneuses	18	2-5	0-2	20-25
Altérites / arènes sableuses	19	5-10	2-5	25-30

Quoi qu'il en soit, la stabilité des murs créés devra être assurée tout au long des travaux et en phase définitive.

7.1.6. Sujétions d'exécution

Lors des travaux, nous attirons l'attention sur la nécessité de préserver au mieux la qualité du sol d'assise du bâtiment projeté.

On proscrira, autant que faire se peut, de faire manœuvrer des engins sur la plate-forme décapée et l'on privilégiera un remblaiement instantané de la première couche à l'avancement.

Après mise à niveau du fond de forme, ce dernier sera compacté. Son compactage sera adapté aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les terrains présents sur le site renferment une importante proportion de matériaux fins et sont donc très sensibles à l'eau. En période pluvieuses, des difficultés de circulation des engins pourront être rencontrées.

NOTA : Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourront s'avérer nécessaires.



Il conviendra de protéger le fond de fouille en cas d'intempéries et les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries. En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage et évacuation gravitaire ou d'un système de pompage si nécessaire sera à prévoir.

Une réalisation de la plate-forme en période favorable non pluvieuse est recommandée.

En fonction de l'état hydrique des sols et des niveaux d'eau au moment des travaux, les terrassements dans des matériaux saturés peuvent entraîner des éboulements. Il conviendra alors de prendre les dispositions nécessaires afin d'éviter de tels désordres (busage ou blindage continu par exemple) ainsi que l'utilisation d'un dispositif de pompage / de rabattement de nappe.

Etant donné la morphologie du site, toutes les dispositions devront être prises afin de ne pas déstabiliser le terrain en place lors des travaux de terrassement. De plus, il sera impératif lors des travaux de terrassement de ne pas laisser toutes venues d'eau s'infiltrer et/ou s'accumuler dans le terrain.

Il conviendra de protéger le fond de fouille en cas d'intempéries et les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries. En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage et évacuation gravitaire ou d'un système de pompage si nécessaire sera à prévoir.

7.2. Drainage - Dispositions vis-à-vis de l'eau – Pompage

Des niveaux / arrivées d'eau ont été relevés lors de nos interventions (décembre 2023 et novembre 2025) entre 1.55 et 3.70 m/TN (soit entre 106.65 et 108.90 m NGF) au droit de l'ensemble de nos sondages.

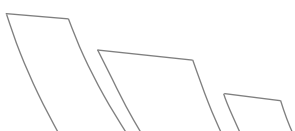
7.2.1. Phase provisoire :

En fonction de la date de réalisation des terrassements des arrivées d'eau superficielles sont tout de même probables (ruissellements, remontées) lors des terrassements. En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage et évacuation gravitaire (ou d'un système de pompage si nécessaire) sera à prévoir afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la fouille de terrassement généraux.

Il sera probablement nécessaire de prévoir de mettre en place un dispositif de pompage, drainage et évacuation des eaux, de manière à maintenir hors d'eau les fonds de terrassements.

Quoi qu'il en soit, des précautions d'usage seront à respecter pour conserver le fond de terrassement de nature limoneuse, sensible à l'eau :

- Réaliser les travaux en période sèche, non pluvieuse, et à l'avancement ;
- Régler le fond de terrassement de manière à permettre une évacuation gravitaire des eaux ;
- Protection du fond de fouille en cas d'intempéries, les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries ;
- Une cunette de réception des eaux de ruissellement devra être réalisée en pied de talus et reliée à un exutoire (évacuations des eaux en dehors de l'emprise du chantier) afin de sauvegarder les caractéristiques de la plate-forme de travail.



7.2.2. Phase définitive :

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Il sera nécessaire de protéger les ouvrages contre les infiltrations d'eau au moyen d'un dispositif drainant. Un drainage périphérique pourra être mis en place en respectant le DTU 20.1.

Les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (drainage amont, gouttières, contre-pente...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

On veillera également à prendre en compte les précautions suivantes :

- Aménagement des abords immédiats des ouvrages afin de diriger les eaux vers l'extérieur en dehors de l'emprise des ouvrages : forme de pente au niveau de l'aménagement du projet, voire mise en place d'une margelle en béton imperméable, permettant de ne pas amener de l'eau à proximité des futures fondations et des fondations existantes ;
- Limitation du rejet des eaux pluviales à proximité des fondations ;
- Evacuation des eaux collectées devront être évacuées en dehors de l'emprise des ouvrages vers un réseau existant ou un exutoire prévu à cet effet et dimensionné en conséquence.

On veillera également à soigner la gestion de l'étanchéité de la structure à la jonction avec la dalle du niveau bas et la structure, pour éviter les remontées capillaires.



8. ETUDE VOIRIES (RAPPEL DE LA G2AVP – RAPPORT N° 2905533)

8.1. Partie supérieure des terrassements PST

Selon le Manuel de dimensionnement de chaussées neuves à faible trafic CEREMA 2020, d'après la méthode simplifiée, et au vu des résultats de nos sondages, l'arase de terrassement sera constituée **des altérites / arènes limoneuses**.

On s'orientera vers un décapage des horizons de recouvrement (terre végétale, remblais) et des limons, soit des épaisseurs d'environ 0.50 à 0.80 m/TN. Dans ce cas, le fond de fouille correspondra à des sols de **classe GTR A₁**.

D'après les résultats des essais pénétrométriques, et selon la méthode simplifiée du Manuel de dimensionnement de chaussées neuves à faible trafic CEREMA 2020, les altérites / arènes limoneuses pourront être classées en sols déformable sensibles à l'eau ($1 \text{ MPa} < Q_d < 2.5 \text{ MPa}$).

En référence au GTR 92, ces sols correspondent à la **classification PST1-AR1**.

Remarques :

En référence au GTR 92 et en fonction de l'état hydrique des matériaux en fond de forme (classe A1), nous pouvons définir les parties supérieures de terrassement (PST) :

- pour un état hydrique probable h, la « PST » sera fixée à **PST n°1**, c'est-à-dire en sols sensibles à l'eau et de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme ;
- pour un état hydrique probable m, la « PST » sera fixée **PST n°2**, c'est-à-dire en sols sensibles à l'eau et de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme.

Ces sols peuvent présenter une portance correcte au moment du chantier mais celle-ci peut cependant chuter à long terme sous l'influence d'infiltrations pluviales ou des remontées de la nappe.

Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être momentanément obtenues au niveau de l'arase, il est quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme.

Selon la méthode simplifiée du Manuel de dimensionnement de chaussées neuves à faible trafic CEREMA 2020 et le GTR 92 :

Si $EV2 < 30 \text{ MPa}$ sur l'arase et dans le cas d'une **PST n°1**, c'est-à-dire en sols sensibles à l'eau et de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme et/ou si les travaux ont lieu en période défavorable et/ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, des dispositions complémentaires sont à prévoir :

- **soit de procéder à une amélioration du fond de forme par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai** (on est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte) ;
- Soit exécuter une **couche de forme / cloutage à l'avancement de l'arase de terrassement** par des gros matériaux (matériaux granulaires insensibles à l'eau) afin d'améliorer la traficabilité. (Le cloutage sera réalisé par exemple avec des matériaux de type 100/200 durs et non gélifs – Los Angeles et $MDE < 45$



Des contrôles de portance par essais de chargement à la plaque (type LCPC) pourront être réalisés sur l'arase afin de confirmer une PST2 /AR1. D'après la méthode simplifiée du Manuel de dimensionnement de chaussées neuves à faible trafic CEREMA 2020, le critère sera alors l'obtention d'un module de $EV2 \geq 30$ MPa.

Ces hypothèses sont applicables pour une réalisation des travaux sous conditions atmosphériques favorables.

La préparation de l'arase de terrassement nécessitera :

- La purge de la frange altérée par les agents climatiques, des poches médiocres et des sols détériorés par les engins ou les eaux de pluie.
- Le comblement des purges et éventuels hors profils avec des matériaux granulaires sains et insensibles à l'eau (0/80 mm).
- Le compactage à **95 % de l'Optimum Proctor Normal** de l'arase de terrassement après mise à niveau. Son compactage devra être adapté aux conditions climatiques au moment des travaux.
- La mise en place d'un géotextile à l'interface entre le fond de forme compacté et la couche de forme/remblais technique afin d'assurer un rôle anti-contaminant.

En l'absence de drainage et de plateforme provisoire pour la circulation des engins sur un fond de fouille humide, des purges complémentaires importantes pourront être nécessaires.

8.2. Dimensionnement de la couche de forme

Le tableau ci-dessous (*extrait du Manuel de dimensionnement de chaussées neuves à faible trafic CEREMA 2020*) récapitule les épaisseurs de couche de forme en matériaux granulaire à mettre en œuvre pour obtenir une classe de **plateforme PF2 et/ou PF2qs** en fonction de la qualification de la portance de la PST et pour des conditions de réalisation favorables.

Qualification de la Portance de la P.S.T.	Contexte de réalisation ⁽¹⁾	Épaisseur de C.d.F. pour une classe de plate-forme PF2	Épaisseur de C.d.F. pour une classe de plate-forme PF2qs
Sols déformables	Déblai ou faible remblai	0,75 m (0,55 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) ⁽²⁾	1,00 m (0,80 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5)
		0,60 m (0,40 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) sur géotextile	0,85 m (0,65 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) sur géotextile
Sols peu déformables, portants mais sensibles à l'eau	Déblai avec drainage ≤ 1 m	0,50 m de 0/31,5 ⁽²⁾	0,75 m de 0/31,5 ⁽²⁾
		0,40 m de 0/31,5 ⁽²⁾ sur géotextile	0,65 m (0,45 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) ⁽²⁾ sur géotextile
	Remblai ou déblai avec drainage > 1 m	0,40 m de 0/31,5 ⁽²⁾	0,65 m (0,45 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) ⁽²⁾
		0,30 m de 0/31,5 ⁽²⁾ sur géotextile	0,55 m (0,35 m de 0/150 + 0,20 m de 0/31,5) sur géotextile
Sols portants insensibles à l'eau	Remblai ou déblai	Couche de réglage de 0,10 m d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20	0,40 m d'épaisseur de 0/31,5 ou 0/20 Si $EV_2 \geq 120$ MPa obtention de PF3

⁽¹⁾ Les zones à niveau et les remblais rasants ($h \leq 1,00$ m) sont assimilés à des déblais.

⁽²⁾ Les granulométries sont données à titre indicatif. Pour la couche inférieure, il est recommandé d'utiliser des matériaux avec $D \leq 250$ mm, et pour la couche supérieure, $D \leq 31,5$ ou 63 mm, en fonction de l'épaisseur.

Des contrôles de portance par essais de chargement à la plaque (type LCPC) seront réalisés à la fin de la réalisation de la couche de forme afin de confirmer un module $EV2 \geq 50$ MPa en cas de PF2 et $EV2 \geq 80$ MPa en cas de PF2qs.



Pour des couches de forme d'épaisseurs supérieures à 60 cm, il conviendra de réaliser des essais à la plaque intermédiaires ou de vérifier son bon compactage par des essais au pénétromètre.

Le matériau de couche de forme sera de type :

- granulaire 0/31.5 mm ou équivalent,
- bien gradué selon le fuseau de TALBOT-FULLER,
- dur et non gélif (Los Angeles / MDE < 45),
- propre et insensible à l'eau (VBS < 0.1 et passant à 80 μ m < 5 %),
- drainant (D10 > 2mm).

Les épaisseurs de couche de forme indiquées ci-dessus sont des estimations qu'il conviendra d'adapter au moment des travaux en fonction de l'état hydrique des sols et de la qualité des matériaux de sols et d'apport. D'autres structures sont envisageables et pourront être proposées en variante par les entreprises.

IMPORTANT :

Afin de renforcer la structure sous la voirie, il est recommandé de mettre en place une géogridde à l'intérieur de la couche de forme granulaire (à + 0.20 m/Arase terrassement). Outre le fait d'augmenter la capacité portante de la couche de forme, la mise en place d'une géogridde permet une meilleure résistance à la déformation de la chaussée, réduit la formation de nids de poules et améliore la performance de la chaussée.

*
* *

Les conclusions de ce présent rapport sont données sous réserve des conditions particulières jointes.

Rédacteur :

Kevin LE GALLIC
Chargé d'affaires

Contrôle interne :

Anne-Sophie CARIOU KREMER
Chargée d'affaires



CONDITIONS PARTICULIÈRES

Le présent rapport ou Procès-Verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

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

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

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

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

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

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

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



Annexe 1

Extrait de la norme NF P94-500



EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 – Novembre 2013

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisants 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 avoisants), 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 avoisants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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



- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

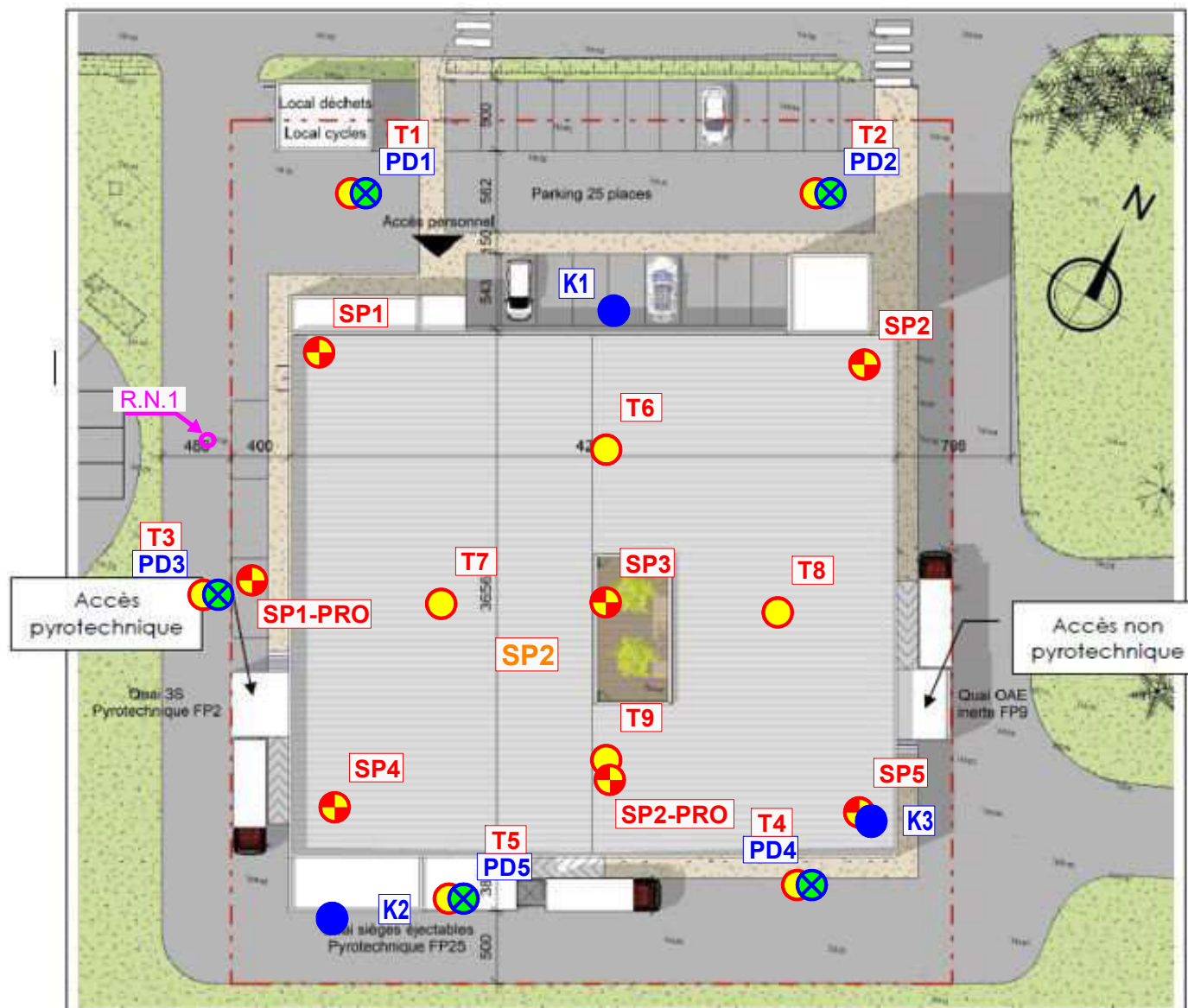
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre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



Annexe 2

Implantation des sondages









0

50 m

Légende :

-  PD : Essai pénétrométrique
-  T : Sondage à la tarière
-  SP : Sondage pressiométrique
-  K : essais d'infiltration

R.N.1: Angle parking actuel



Annexe 3

Résultats des investigations in-situ

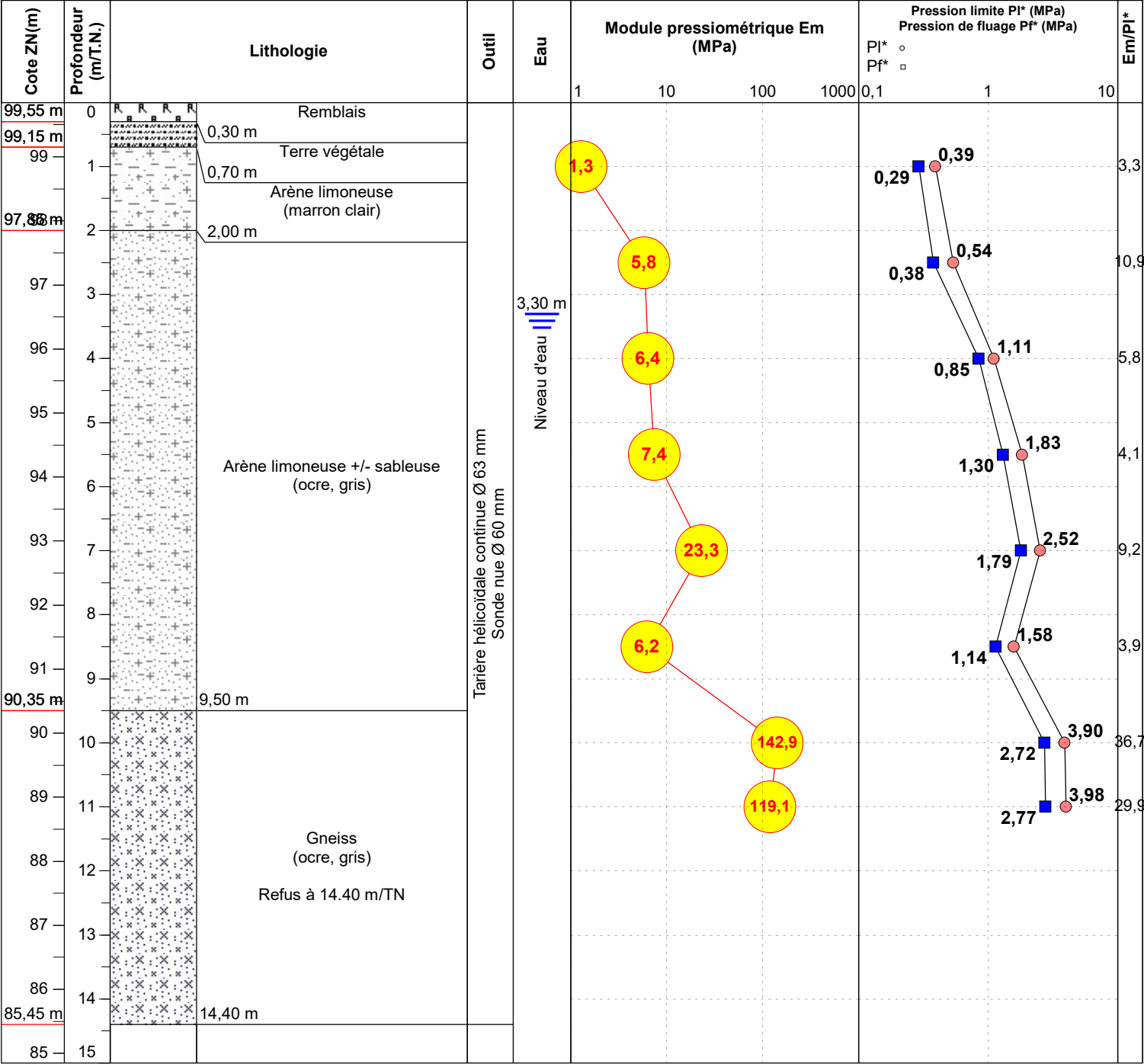




Client : **SID**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base Aéronavale, LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2PRO** N° d'affaire : **2906468**

Date : **25/11/2025**
Echelle : **1/90**
Cote z : **99.85 m REL**
Niveau d'eau (m/TN) : **3.30 m/TN**

Forage : **SP1-PRO** Type de sondage : Tarière et pressiomètre

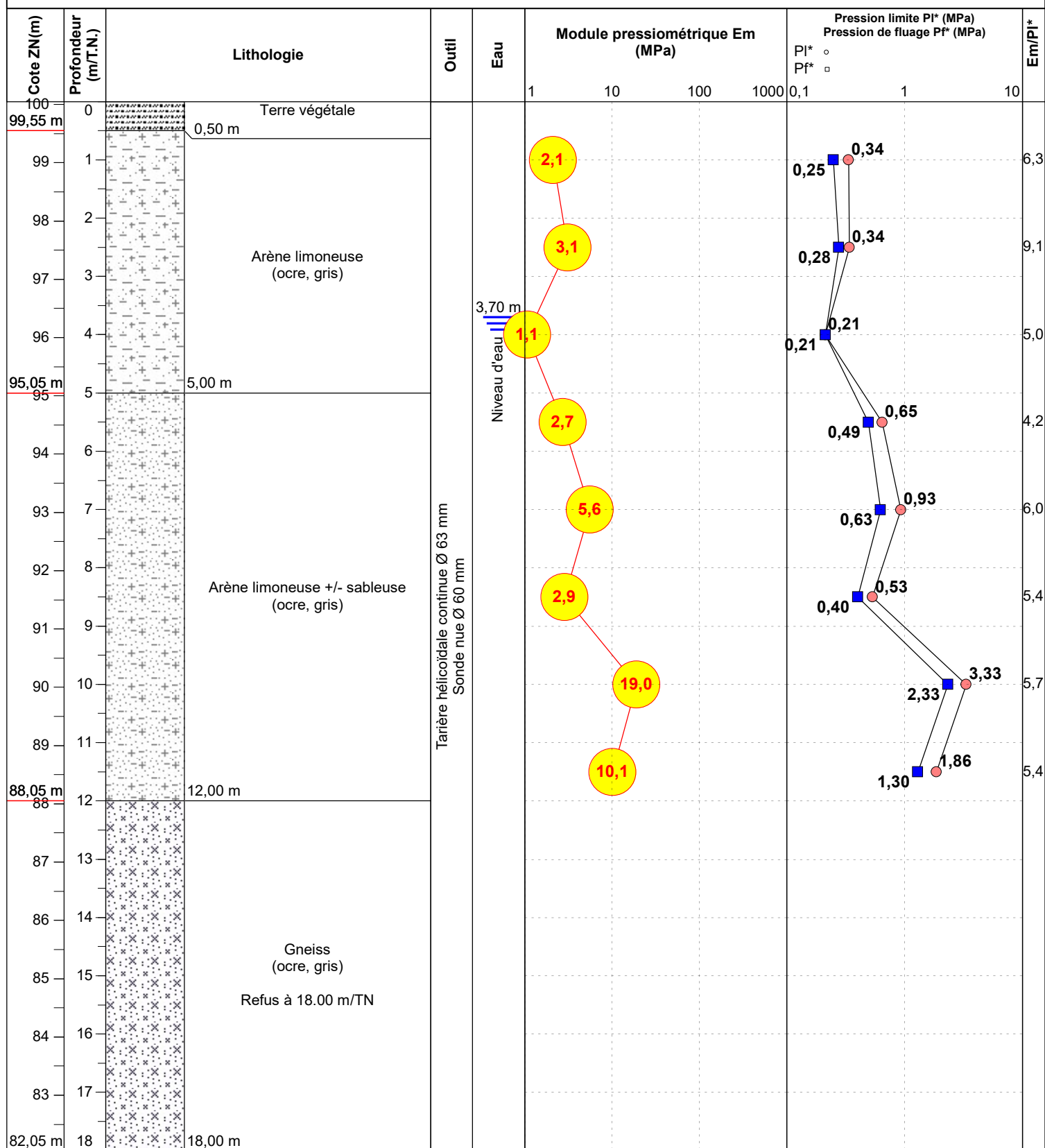




Client : **SID**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base Aéronavale, LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2PRO** N° d'affaire : **2906468**

Date : **25/11/2025**
Echelle : **1/90**
Cote z : **100.05 m REL**
Niveau d'eau (m/TN) : **3.70 m/TN**

Forage : **SP2-PRO** Type de sondage : Tarière et pressiomètre





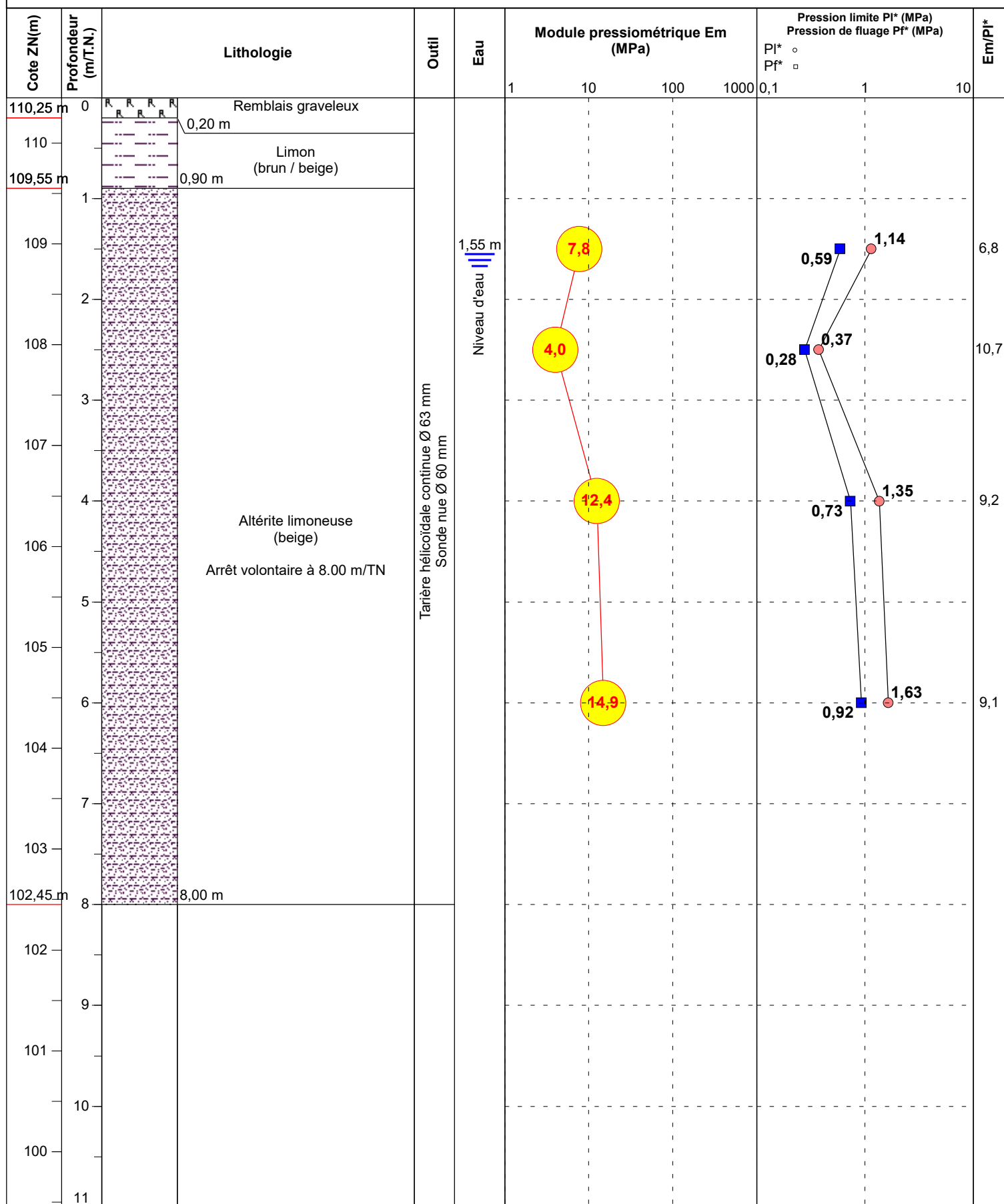
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Echelle : **1/50**
Cote z : **110.45 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.55**

Forage : **SP1**

Type de sondage : Tarière et pressiomètre





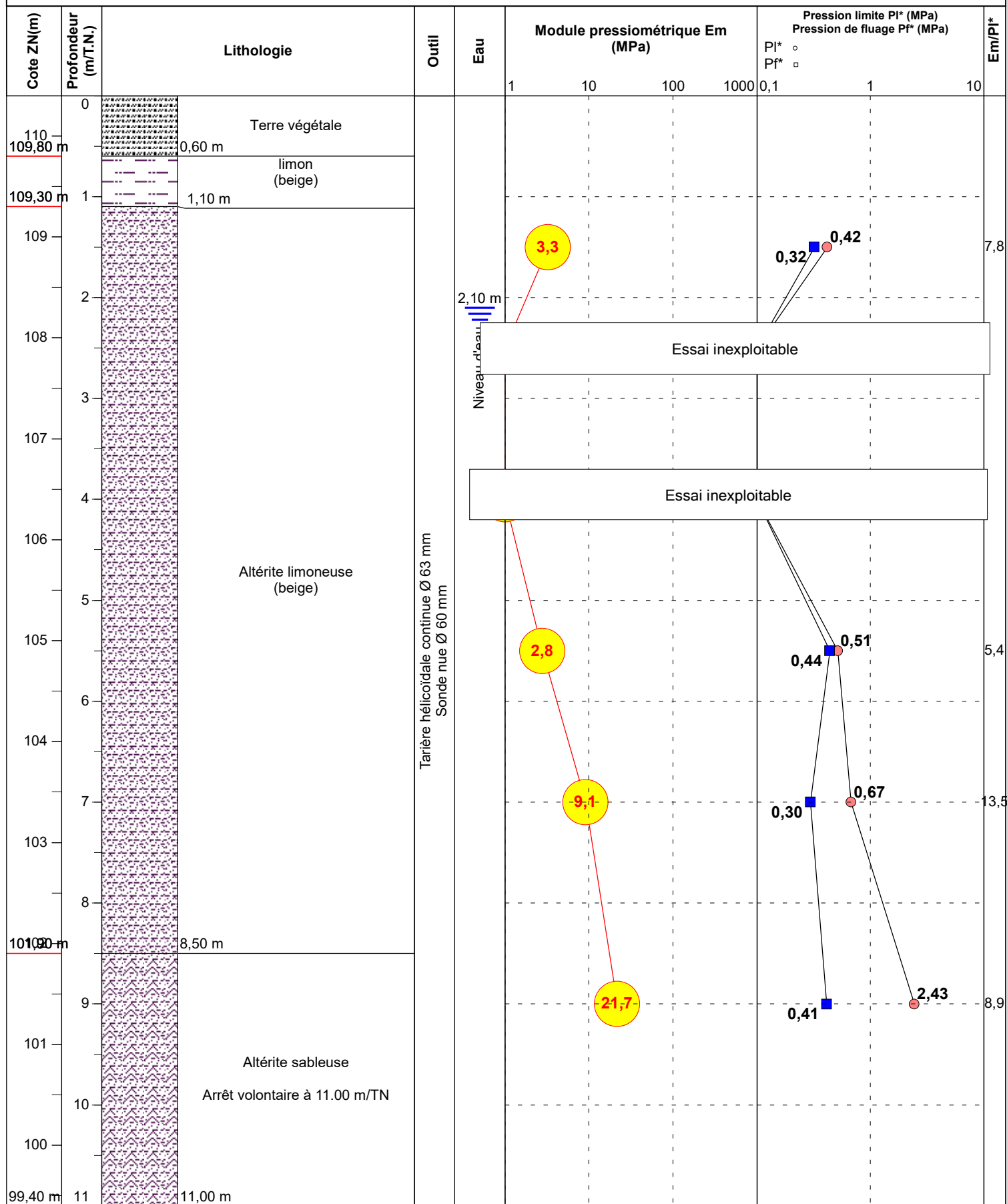
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Echelle : **1/50**
Cote z : **110.40 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.10**

Forage : **SP2**

Type de sondage : Tarière et pressiomètre





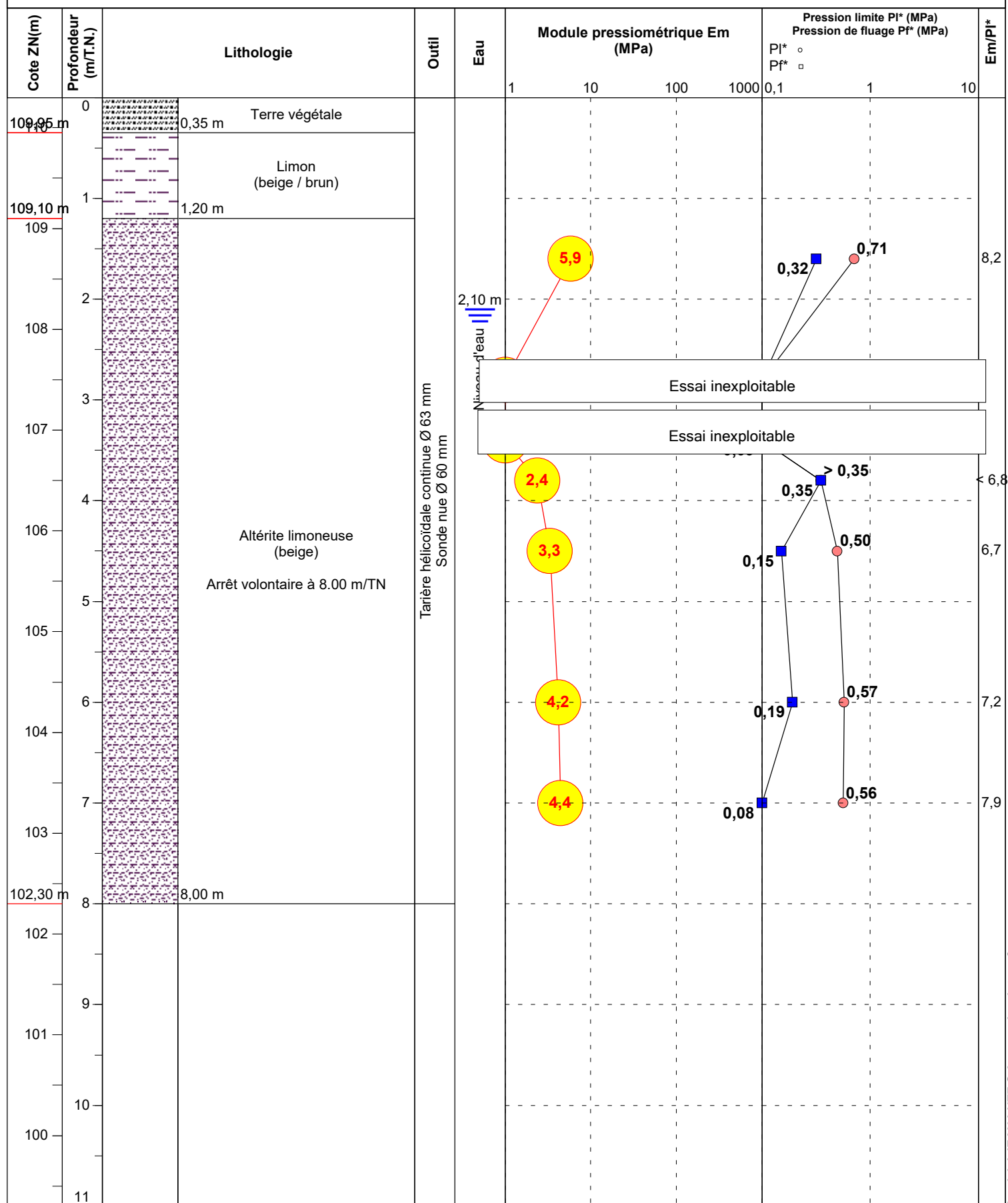
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Echelle : **1/50**
Cote z : **110.30 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.70**

Forage : **SP3**

Type de sondage : Tarière et pressiomètre





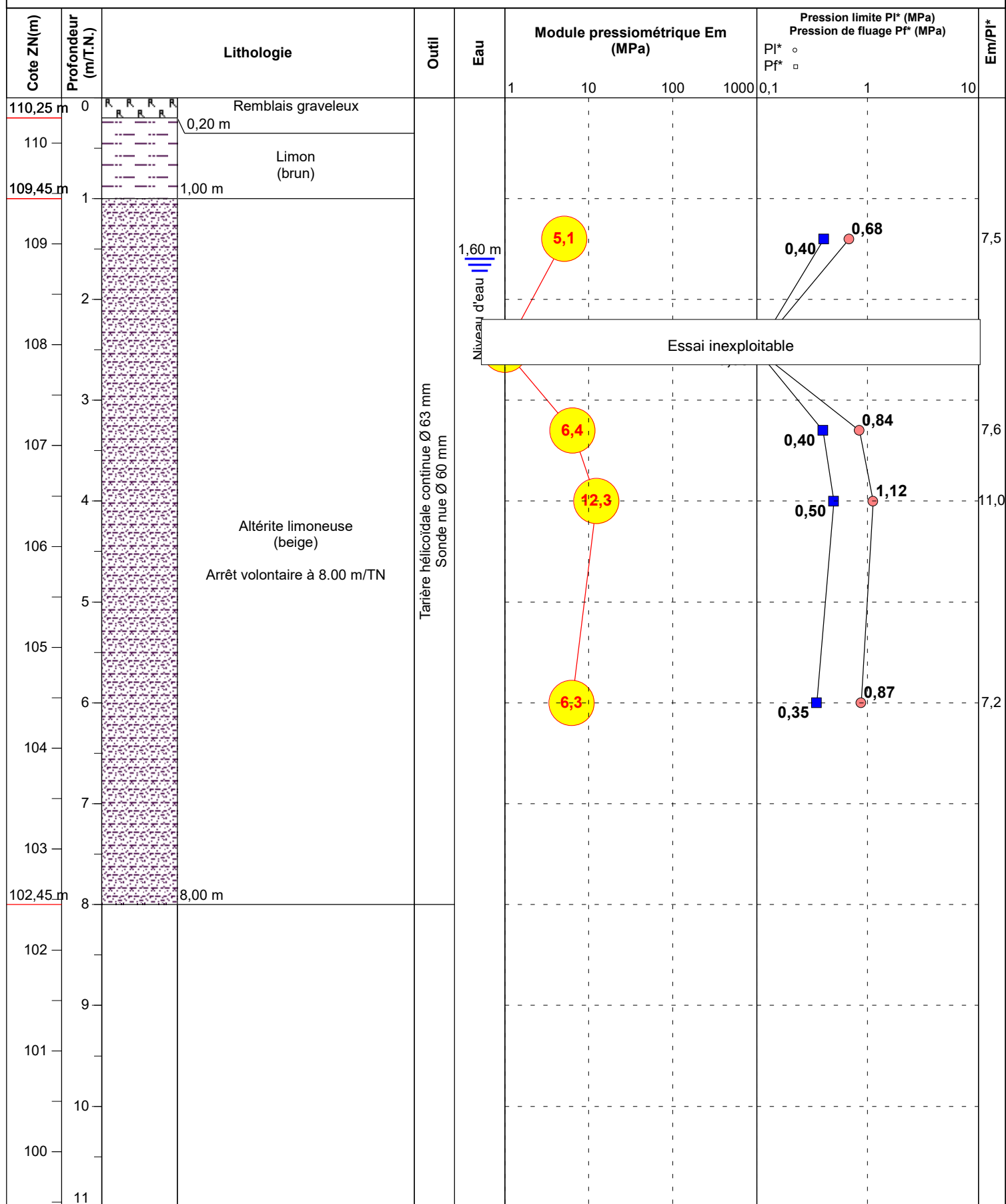
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Echelle : **1/50**
Cote z : **110.45 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.60**

Forage : **SP4**

Type de sondage : Tarière et pressiomètre





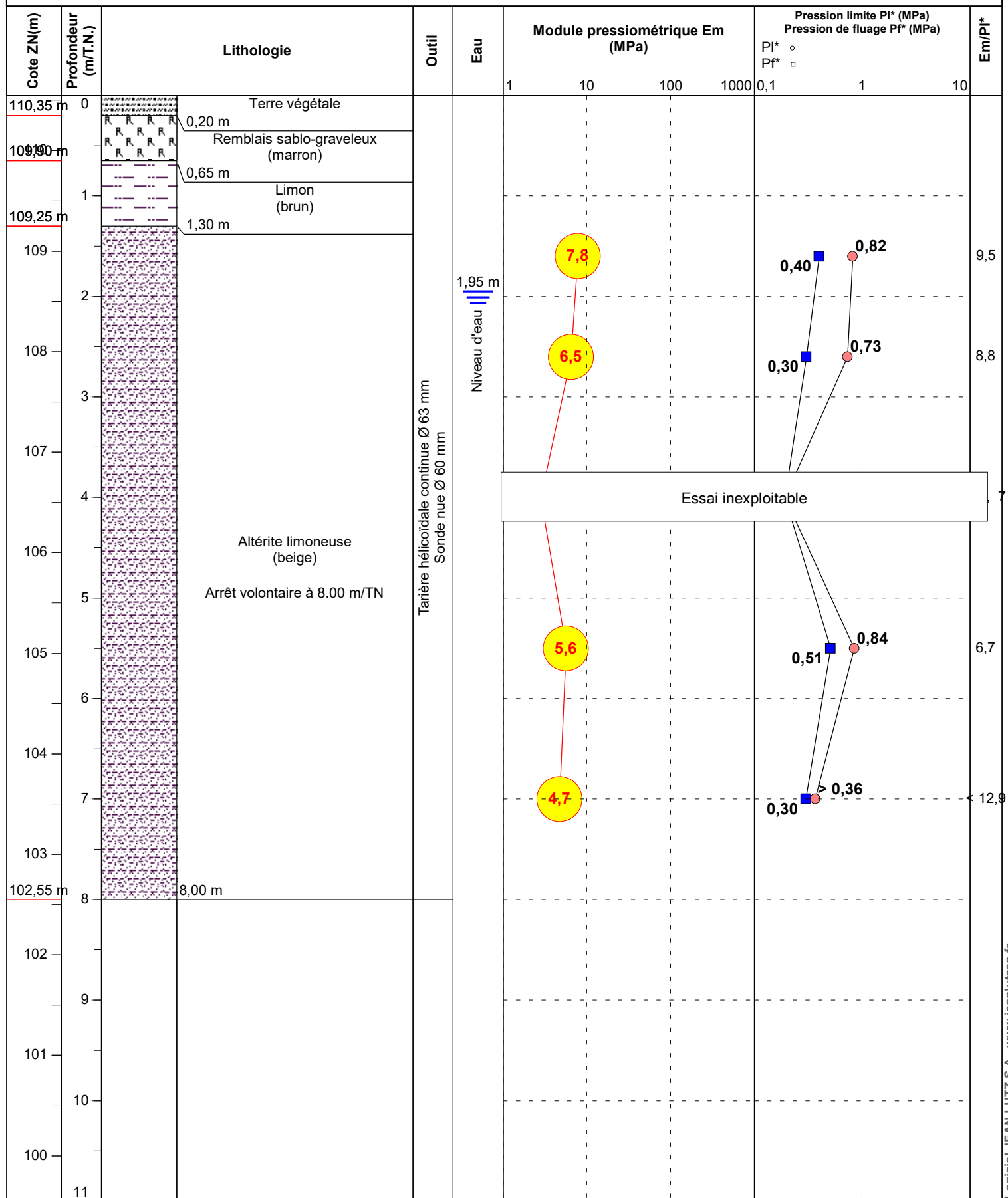
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Echelle : **1/50**
Cote z : **110.55 m NGF**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.95**

Forage : **SP5**

Type de sondage : Tarière et pressiomètre





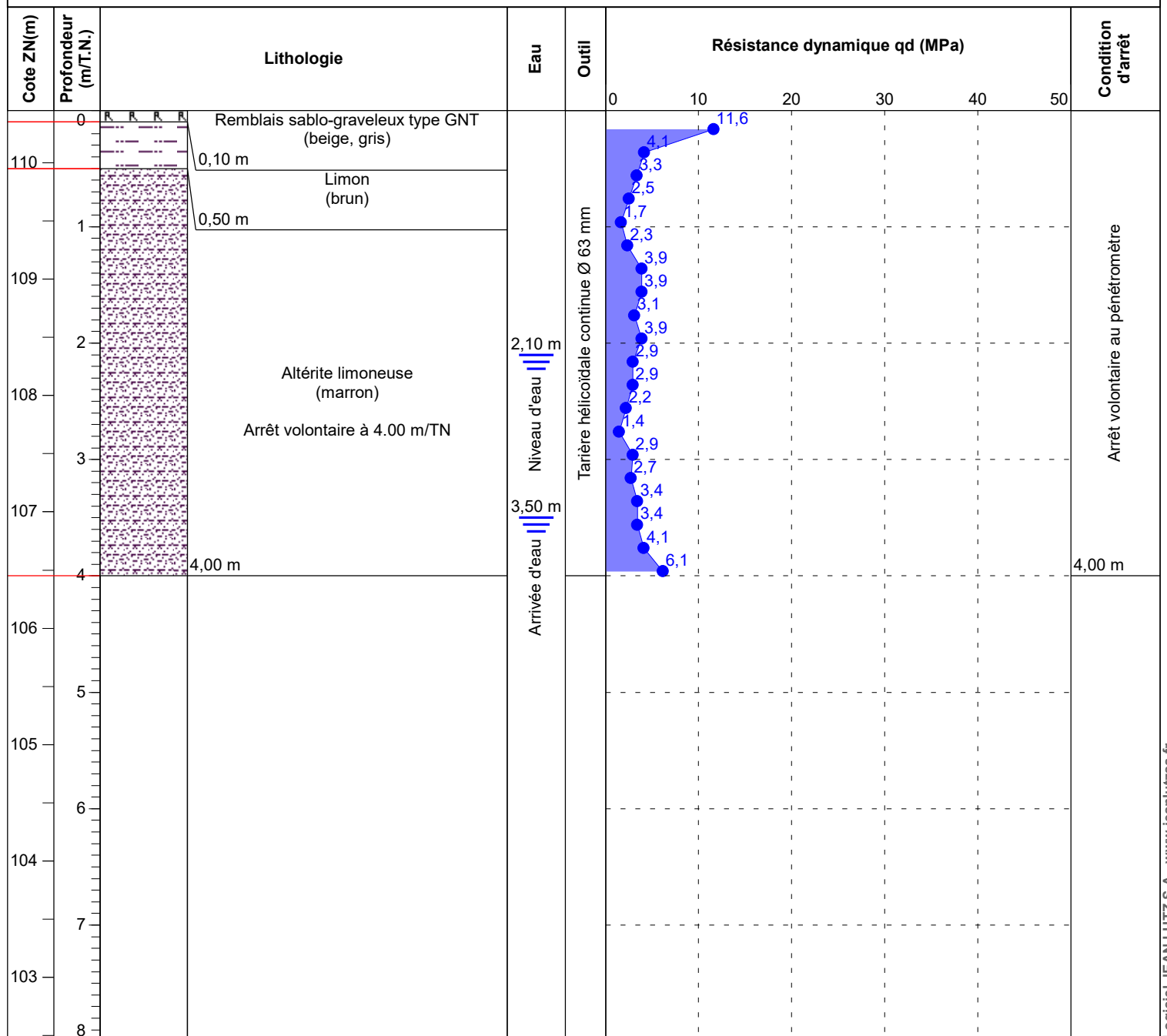
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.45 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.10**

Forage : **T1-PD1**

Type de forage : **Tarrière et pénétromètre**



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

EXGTE 3.20

Caractéristiques du pénétromètre dynamique de type B

Aire de la section droite de la pointe : 0,002 m²

Masse d'une tige : 6 kg

Masse du mouton : 64 kg



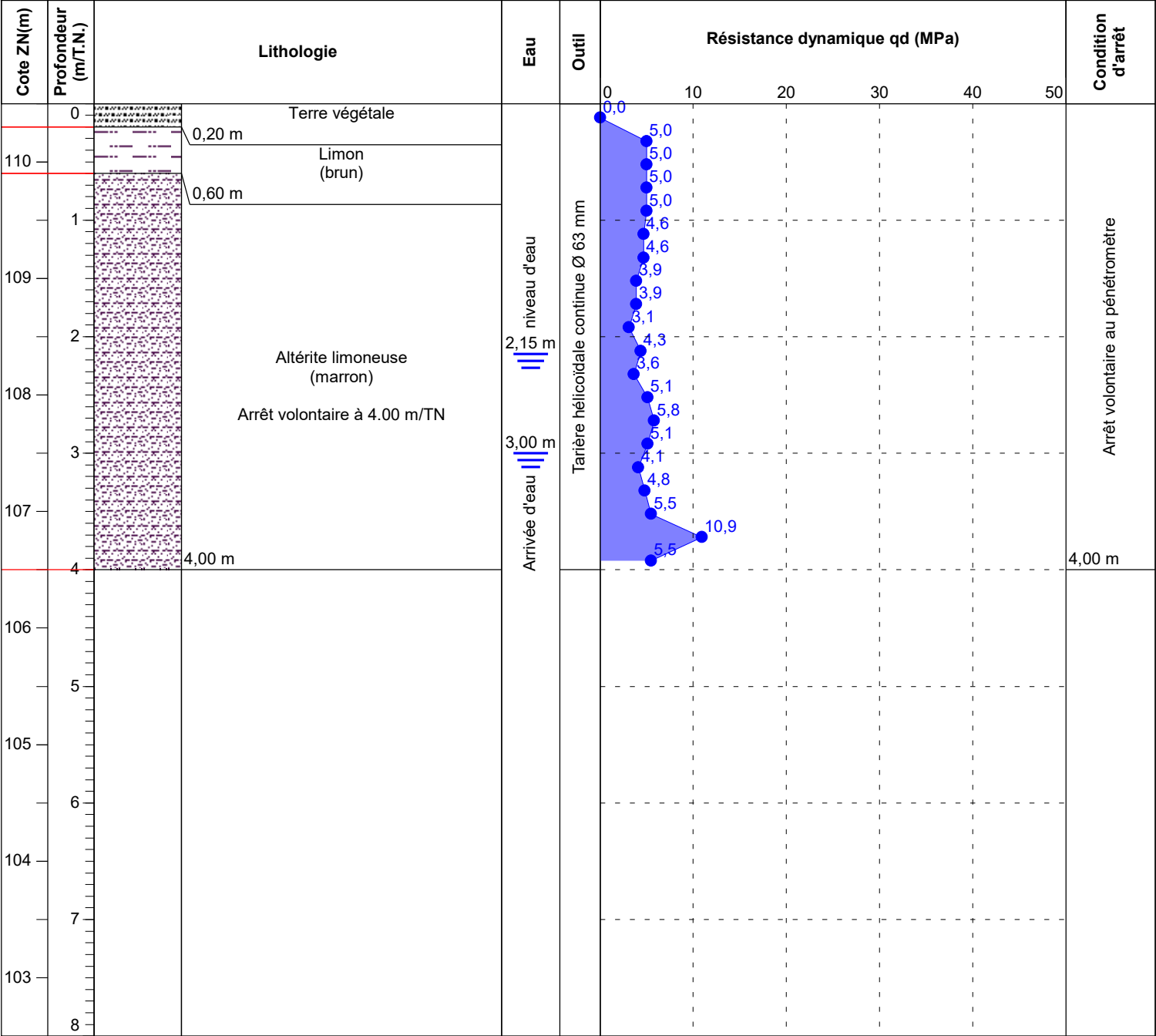
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.50 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.15**

Forage : **T2-PD2**

Type de forage : **Tarrière et pénétromètre**



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

EXGTE 3.20

Caractéristiques du pénétromètre dynamique de type B

Aire de la section droite de la pointe : 0,002 m² Masse d'une tige : 6 kg Masse du mouton : 64 kg



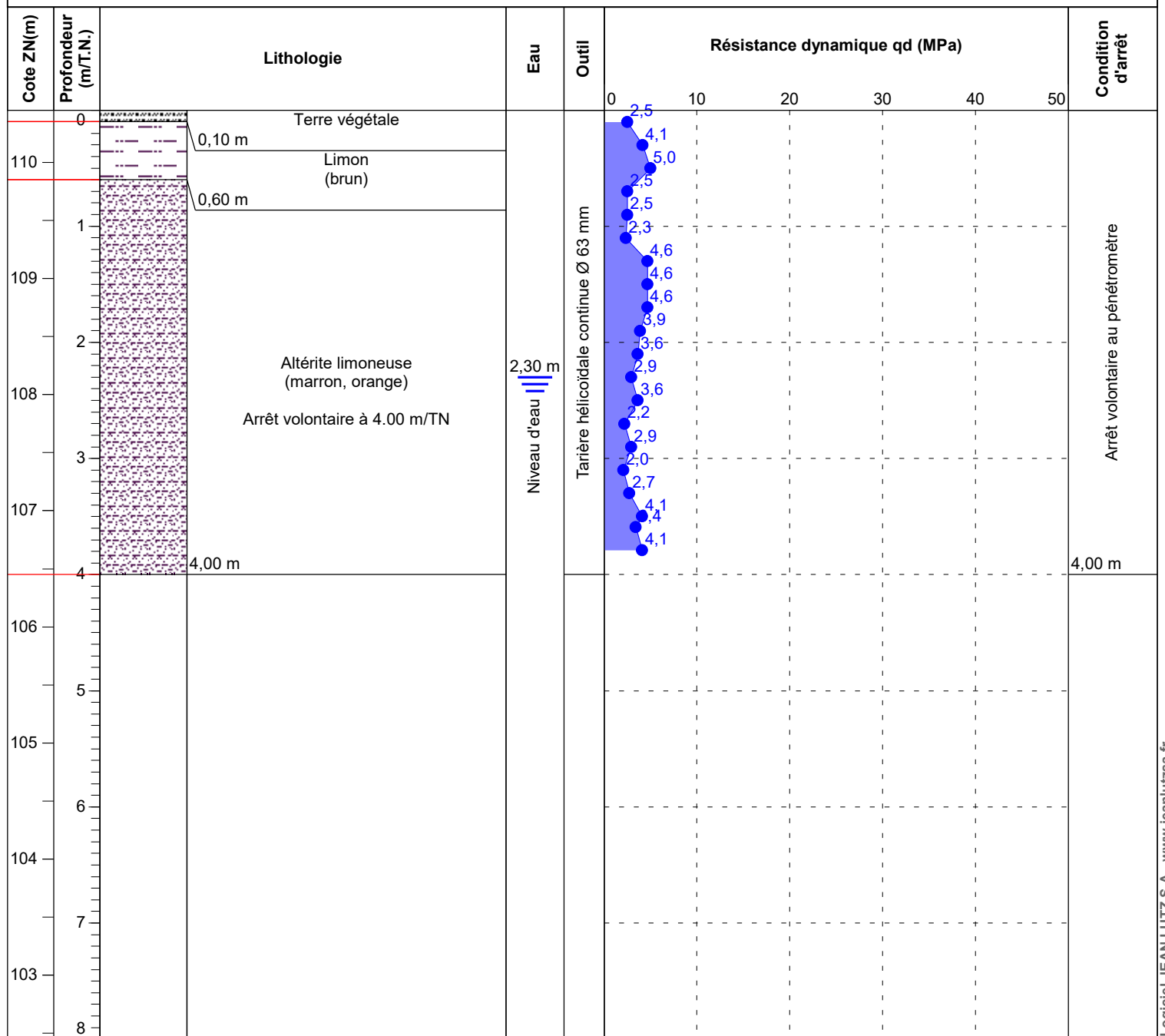
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.45 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.30**

Forage : **T3-PD3**

Type de forage : **Tarrière et pénétromètre**



EXGTE 3.20

Caractéristiques du pénétromètre dynamique de type B

Aire de la section droite de la pointe : 0,002 m²

Masse d'une tige : 6 kg

Masse du mouton : 64 kg



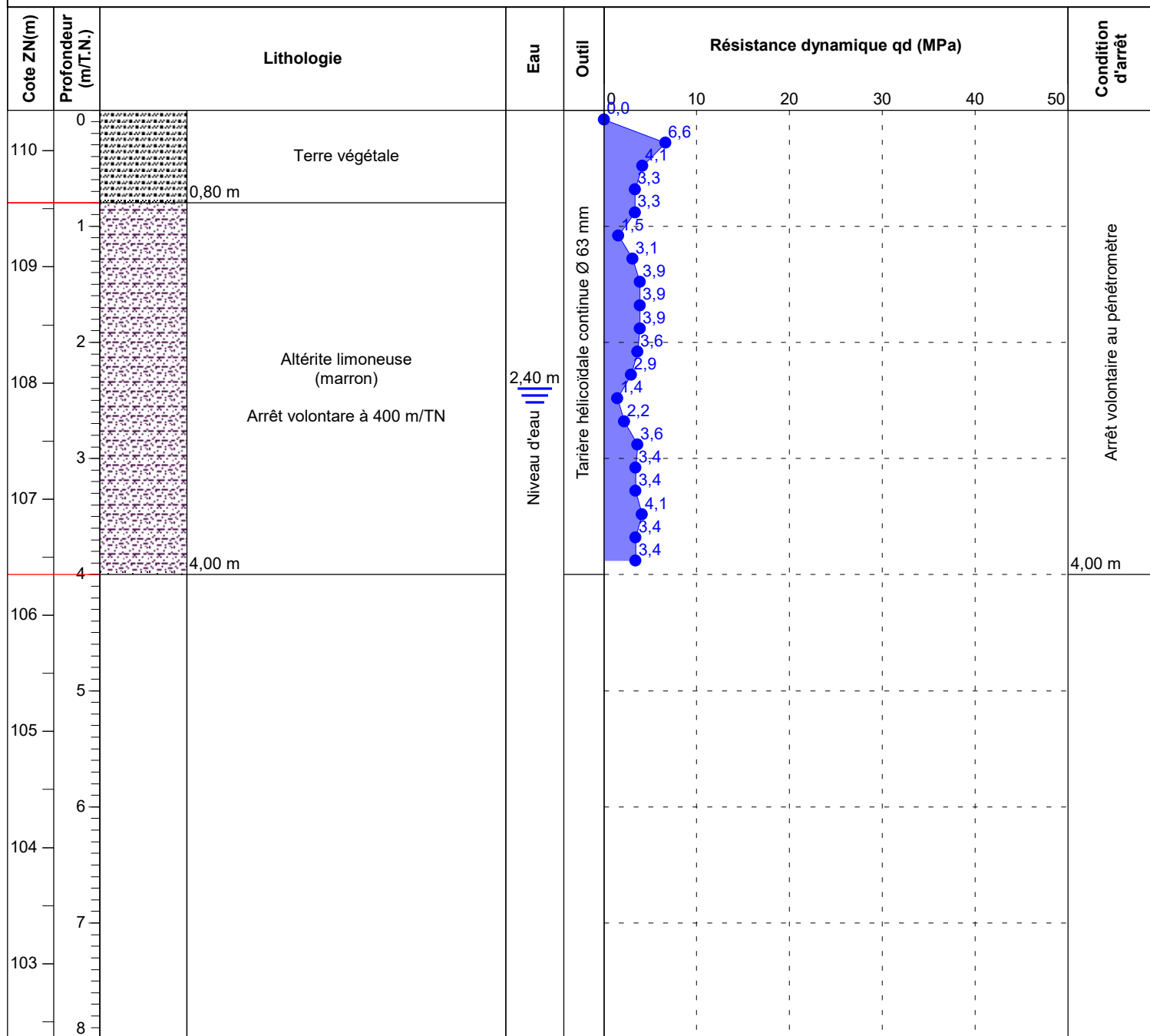
Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.35 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.40**

Forage : **T4-PD4**

Type de forage : **Tarrière et pénétromètre**



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

EXGTE 3.20

Caractéristiques du pénétromètre dynamique de type B

Aire de la section droite de la pointe : 0,002 m²

Masse d'une tige : 6 kg

Masse du mouton : 64 kg

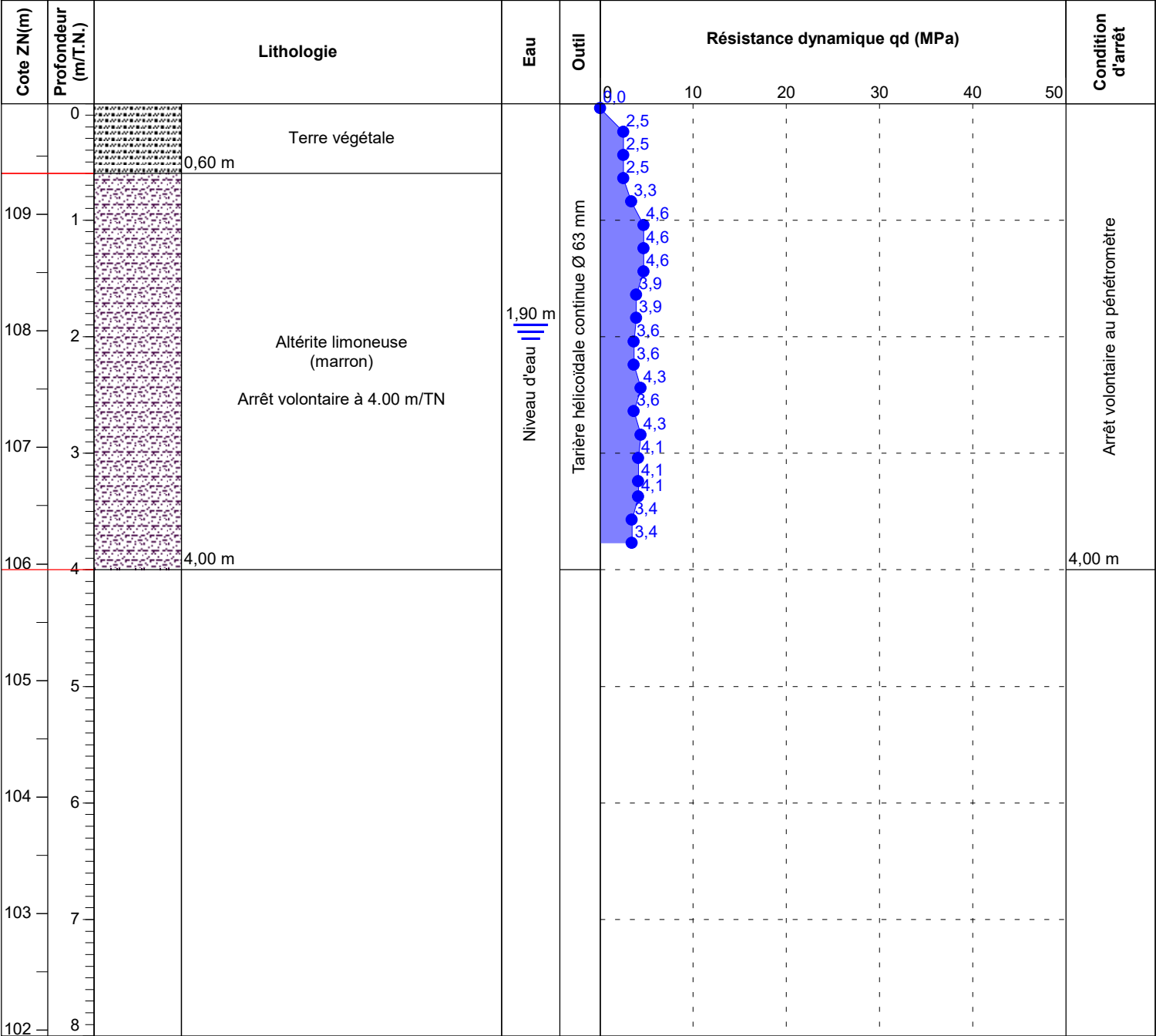


Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **109.95 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.90**

Forage : **T5-PD5**

Type de forage : **Tarrière et pénétromètre**



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

EXGTE 3.20

Caractéristiques du pénétromètre dynamique de type B

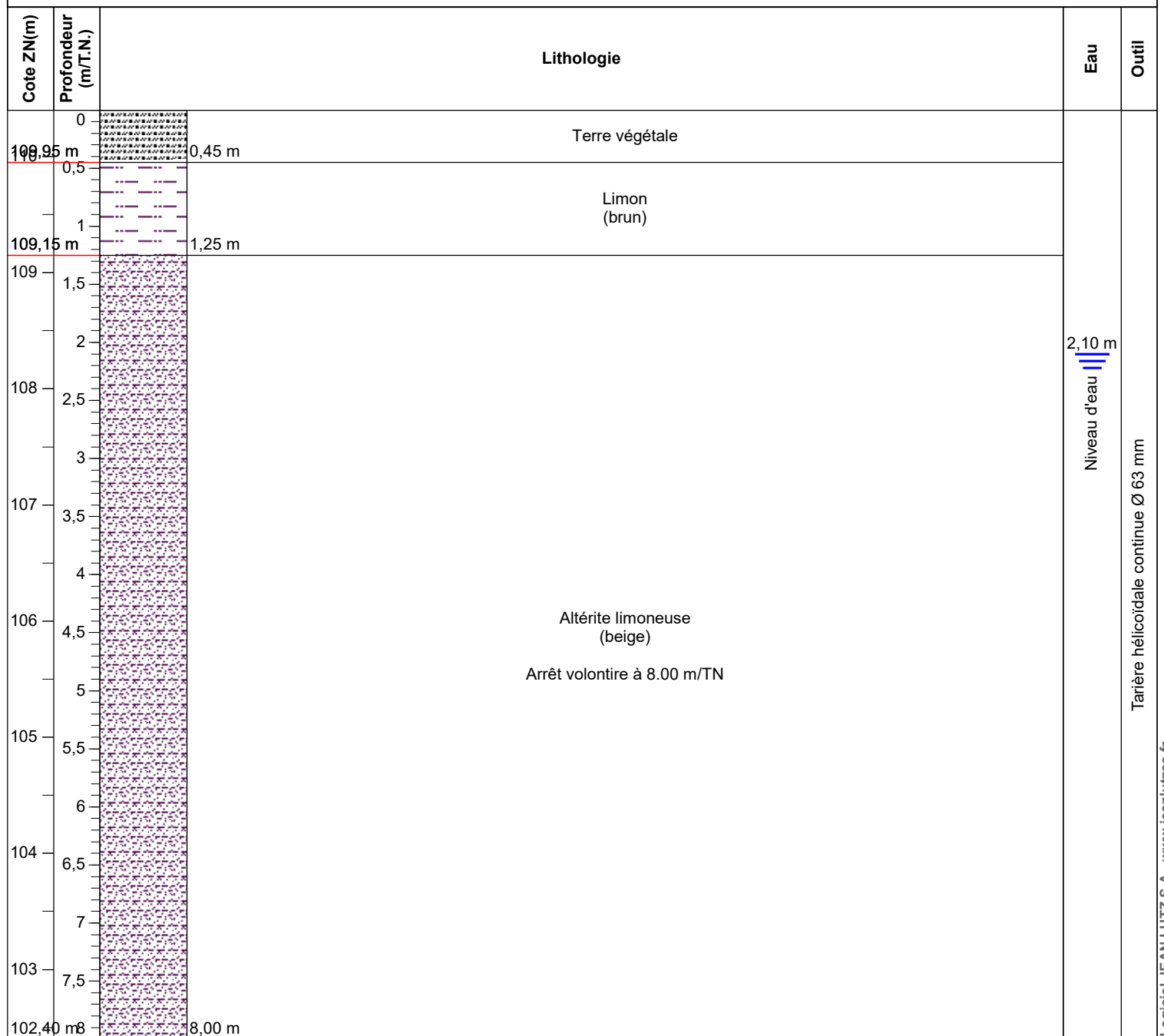
Aire de la section droite de la pointe : 0,002 m² Masse d'une tige : 6 kg Masse du mouton : 64 kg



Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP** N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.40 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.10**

Forage : **T6** Type de forage : Tarière



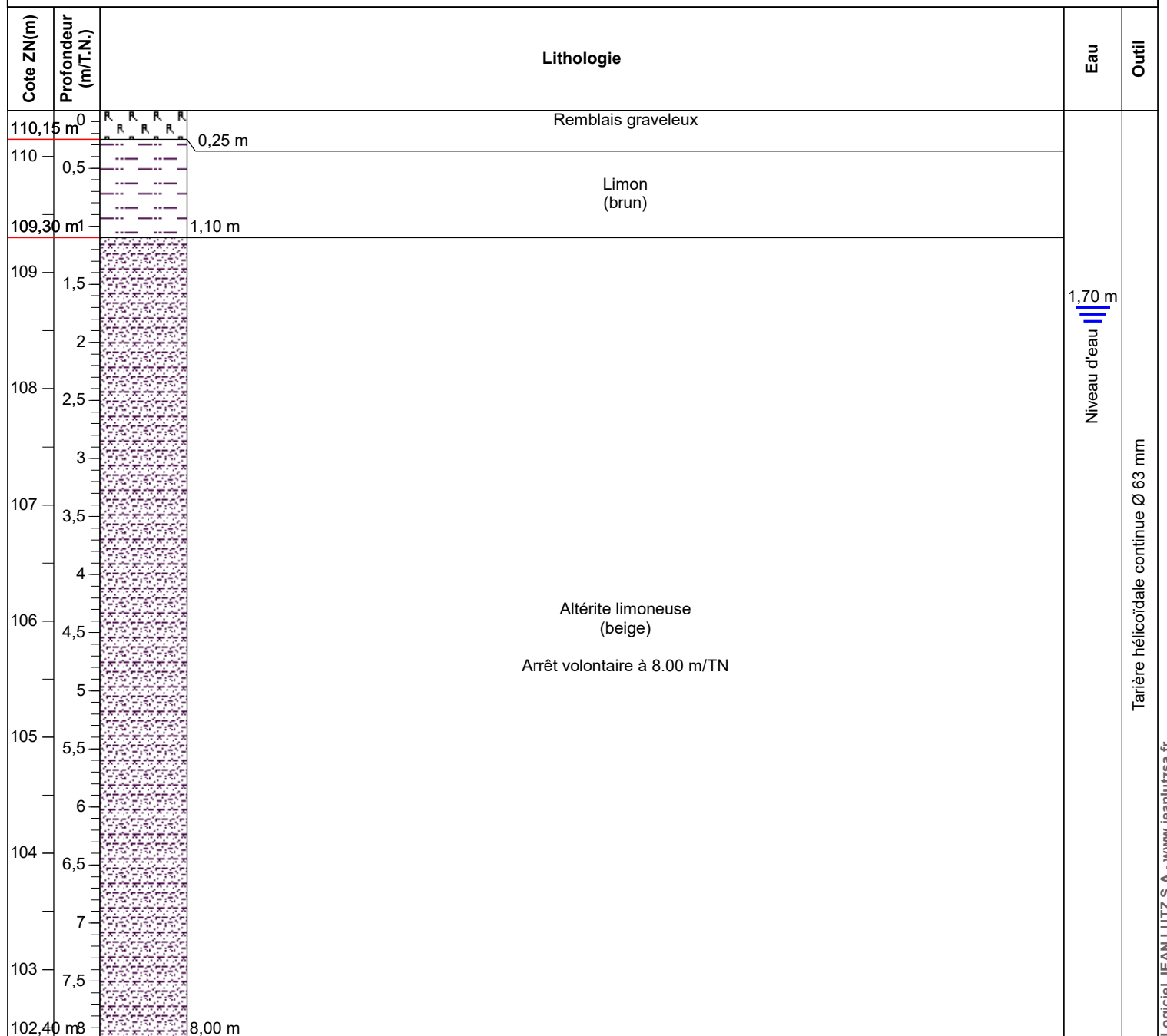


Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP** N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.40 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.70**

Forage : **T7**

Type de forage : Tarière

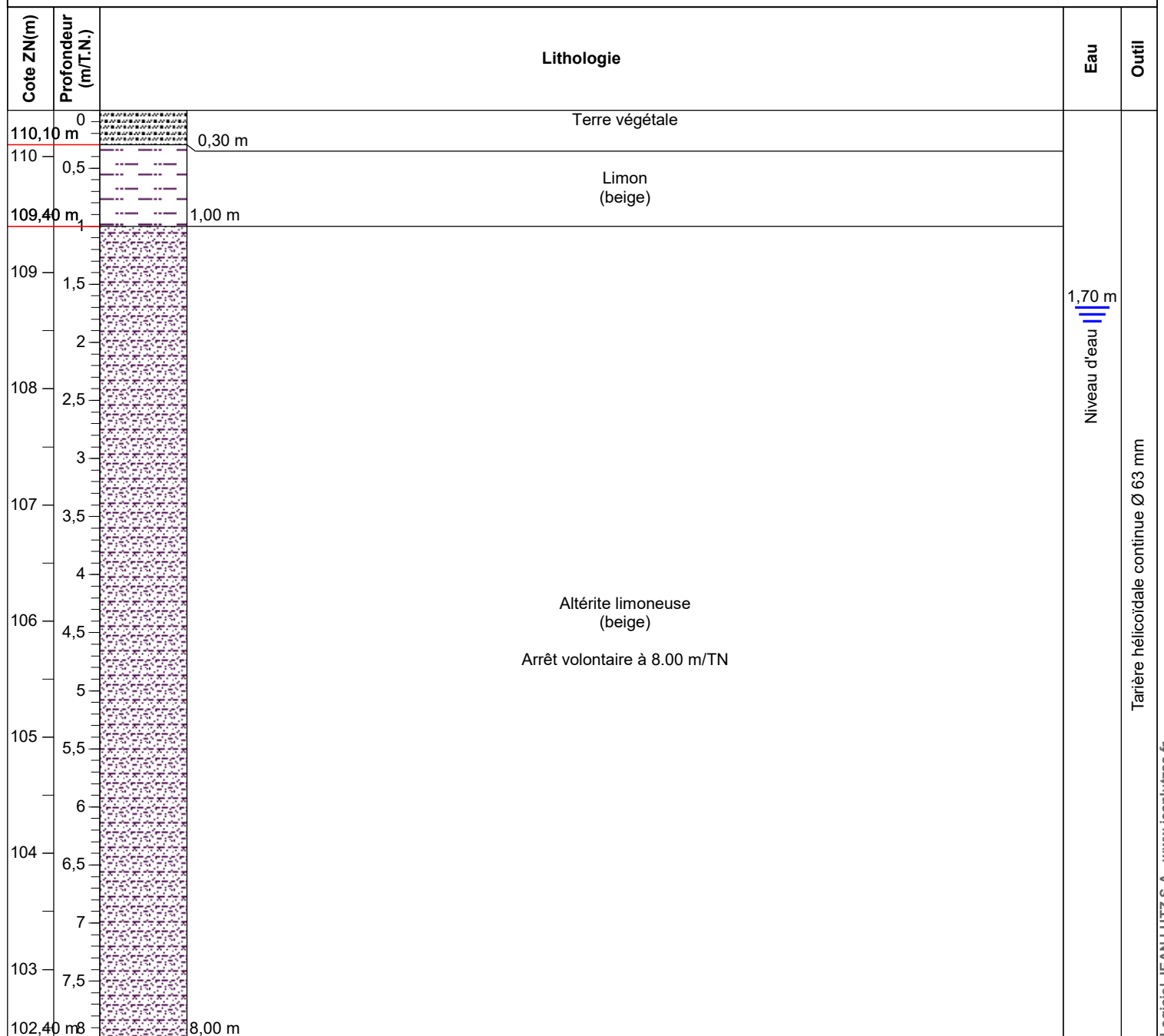




Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP** N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.40**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **2.10**

Forage : **T8** Type de forage : Tarière

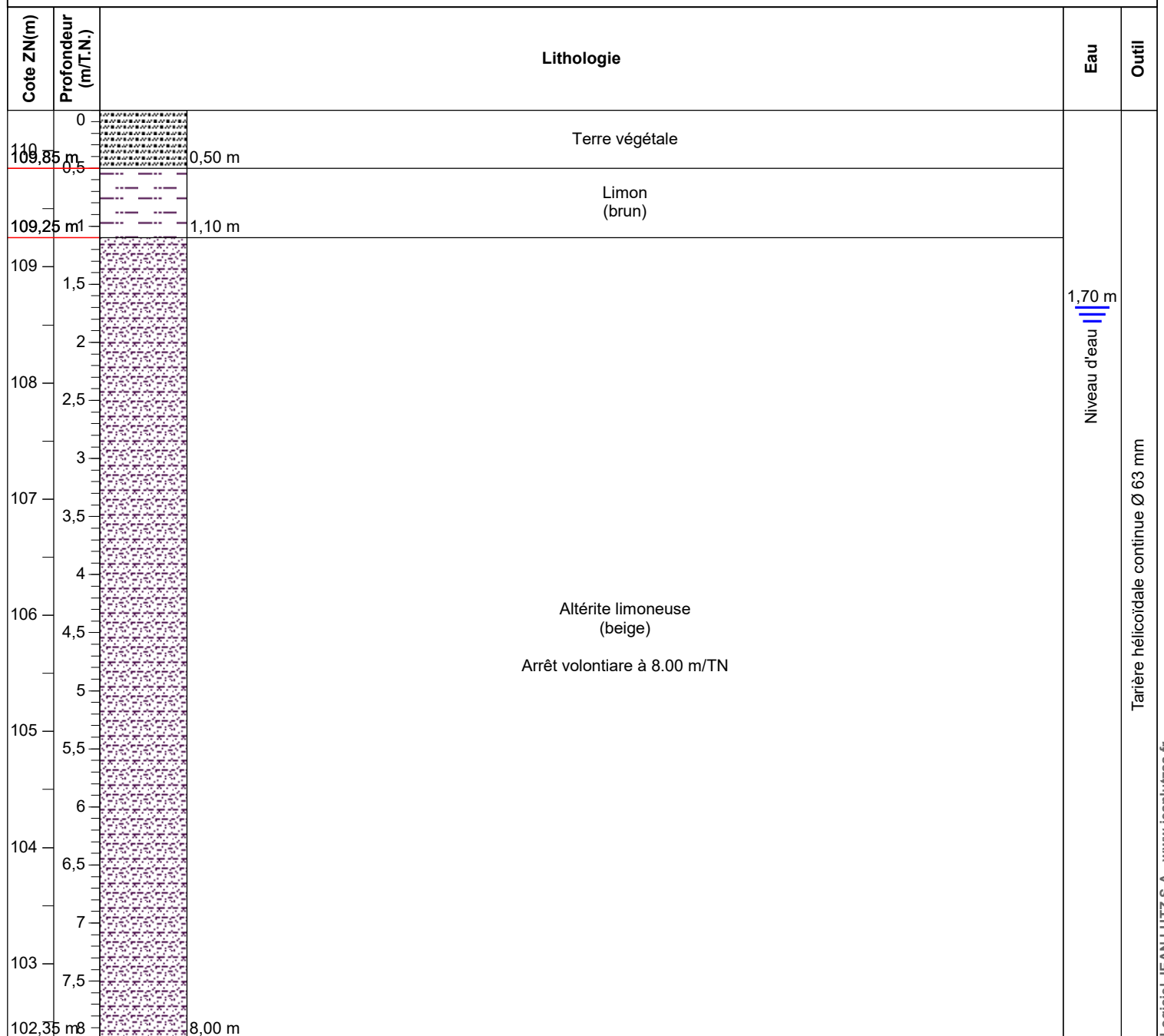




Client : **SEMBREIZH**
Etude : **Construction d'un atelier**
Site : **Base aéronavale à LANDIVISIAU (29)**
Mission : **G2 AVP** N° d'affaire : **2905533**

Date : **20/12/2023**
Cote z : **110.35 m NGF**
Echelle : **1/50**
Niveau d'eau (m/TN) : **1.70**

Forage : **T9** Type de forage : Tarière



Annexe 4

Résultats des essais en laboratoire



PROCES-VERBAL D'ESSAI

A la demande de : M. LE GALLIC

Mail : klegallic@ecr-environnement.com

Entreprise : ECR Environnement BREST
130, rue Paul-Emile Victor
29470 PLOUGASTEL-DAOULAS

Chantier : 2905533 Landivisiau

Lieu des essais : Laboratoire NEXTROAD – Agence Centre Ouest

Matériau : Remanié

Quantité : 2 sacs

Prélevé par : le client

Date de prélèvement : 20-
21/12/23

Livré à notre laboratoire :

Date des essais : 21/01/2024


Essais réalisés :

GTR (w%+AG+VBS)

2u

Résultats des essais :
Voir Procès verbaux

Observations :

					
0	09/02/2024	J. BOULET Opérateur	P. SEON Responsable d'agence	1+4	1 ^{ère} diffusion
Indice	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Modifications - Observations

Note : la reproduction intégrale de ce procès-verbal sans modification d'aucune sorte est seule autorisée ; les essais faisant l'objet du présent procès-verbal portent sur un échantillon prélevé dans certaines conditions ; leur représentativité est liée à celle de l'échantillon et ne peut être étendue à une population dont est issu l'échantillon que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée ; en conséquence, le présent procès-verbal n'a en aucun cas valeur de certificat de qualification de l'ensemble de la fabrication et ne doit pas être présenté comme tel.

RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE
CLASSIFICATION TYPE GTR - NF P11-300 (Novembre 1992)

Client : **ECR Environnement**
 Chantier : **2905533 Landivisiau**

N° Affaire : **Q-18.2962**
 Fiche programme : **F24.4784**

Chantier	Sondage	Profondeur (m)	Nature	Teneur en eau	Granulométrie						VBS g/100g	GTR
				ω %	<63mm %	< 50 mm %	< 5 mm %	< 2 mm %	< 80μm %	< 63μm %		
2905533 Landivisiau	T2/PD2	0.6-1.5	Arène	22.2	100.0	100.0	99.9	99.4	88.3	87.2	2.0	A1 F1
	T5/PD5	1-1.5	Arène	20.9	100.0	100.0	96.6	95.4	52.7	50.9	1.3	A1 F1

Observations :

Les valeurs indiquées en rouge indiquent les classifications selon le guide GTR 2023 à titre informatif.

Teneur en eau W(%) NFP 94-050 Septembre 1995

N° dossier/ N° Affaire : **Q-18.2962/F24.4784**

Nom du chantier : **2905533 Landivisiau**

Client : **ECR Environnement**

Date de prélèvement : **20-21/12/23**

Mode de prélèvement : **-**

Conservation : **Sacs hermétiques**

Date de l'essai : **22/01/2024**

Opérateur : **JB**

T°C d'étuvage: **105°C**

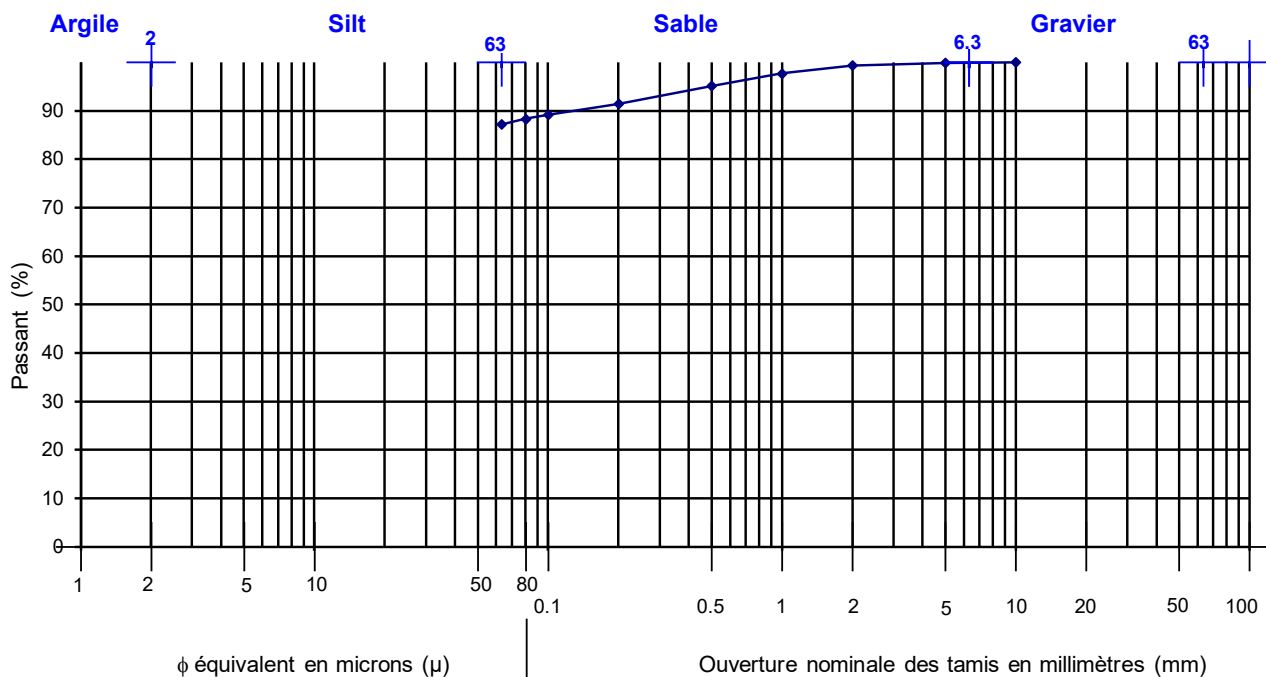
Chantier	Sondage	Profondeur (m)	Nature	Poids total humide (g)	Poids total sec (g)	Poids de la tare (g)	Poids net de l'eau (g)	Poids net matériau sec (g)	Teneur en eau (%)
2905533 Landivisiau	T2/PD2	0.6-1.5	Arène	540.6	472.0	163.3	68.7	308.6	22.2
			w% VBS 0/5mm	300.5	290.7	245.7	9.9	45.0	21.9
	T5/PD5	1-1.5	Arène	513.7	454.1	169.4	59.6	284.7	20.9
			w% VBS 0/5mm	302.5	291.8	242.7	10.7	49.1	21.8

PROCES-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE Ex NF P94-056

N° du dossier : **Q-18.2962**
 Nom du chantier : **2905533 Landivisiau**
 N° Sondage : **T2/PD2**
 Date d'essai : **24/01/2024**

N° Affaire : **F24.4784**
 Client : **ECR**
 Profondeur (m) : **0.6-1.5m**
 Opérateur : **JB**
 dm : **10mm**



φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1
Passant (%)								100.0	99.9	99.4	97.7	95.2	91.5	89.2
φ équivalent (μ)	80.0	63.0												
Passant (%)	88.3	87.2												

COMMENTAIRES:

ESSAI AU BLEU DE METHYLENE NF P94-068 Octobre 1998

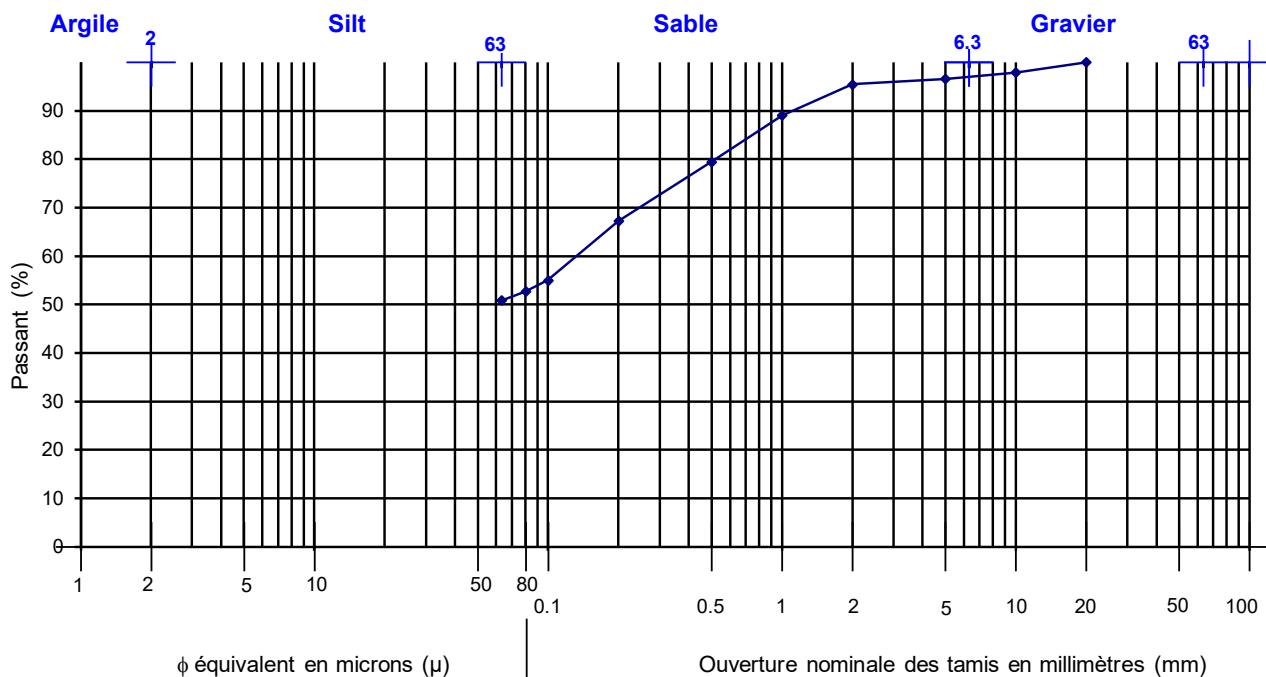
Masse humide (g)	Teneur en eau (%)	Masse sèche (g)	Masse totale initiale M1 (g)	Masse totale bleu M2 (g)	VBS
50.26	21.9	41.23	729.0	811.7	2.0

PROCES-VERBAL D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE Ex NF P94-056

N° du dossier : **Q-18.2962**
 Nom du chantier : **2905533 Landivisiau**
 N° Sondage : **T5/PD5**
 Date d'essai : **24/01/2024**

N° Affaire : **F24.4784**
 Client : **ECR**
 Profondeur (m) : **1-1.5m**
 Opérateur : **JB**
 dm : **20mm**



φ des tamis (mm)	100	80	63	50	40	31.5	20	10	5	2	1	0.5	0.2	0.1
Passant (%)							100.0	97.9	96.6	95.4	89.1	79.5	67.3	55.0
φ équivalent (μ)	80.0	63.0												
Passant (%)	52.7	50.9												

COMMENTAIRES:

ESSAI AU BLEU DE METHYLENE NF P94-068 Octobre 1998

Masse humide (g)	Teneur en eau (%)	Masse sèche (g)	Masse totale initiale M1 (g)	Masse totale bleu M2 (g)	VBS
51.81	21.8	42.54	742.1	801.4	1.3

ECR ENVIRONNEMENT OUEST

Monsieur David GALINIER

130, rue Paul Emile Victor

29470 PLOUGASTEL-DAOULAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E008957

Version du : 08/02/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Date de réception technique : 19/01/2024

Première date de réception physique : 19/01/2024

Référence Dossier : N° Projet : G2905533

Nom Projet : agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Référence Commande : G2905533

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	T7 (1.5-3) sol
002	Eau souterraine	(ESO)	T7 eau

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E008957

Version du : 08/02/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Date de réception technique : 19/01/2024

Première date de réception physique : 19/01/2024

Référence Dossier : N° Projet : G2905533

Nom Projet : agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Référence Commande : G2905533

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001
T7 (1.5-3)
sol
SOL

 10/01/2024
 19/01/2024
 8.1°C

002
T7 eau
ESO
 10/01/2024
 19/01/2024
 8.1°C

Préparation Physico-Chimique

 LS025 : **Filtration 0.45 µm**

Effectuée

Analyses immédiates

 LS001 : **Mesure du pH**

pH

Température °C

▲ # 5.7

18.4

 JI020 : **Titre Alcalimétrique**

Complet (TAC) ° f

* 2.87

 LS028 : **Anhydride carbonique**
(CO2) agressif

mg/l

95.1

Indices de pollution

 LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**

Nitrates mg NO3/l

▲ # 33.2

Azote nitrique mg N-NO3/l

▲ # 7.51

 LS02I : **Chlorures (Cl)**

mg/l

* 16.0

 LS02R : **Ammonium**

mg NH4/l

▲ # <0.05

 LS02Z : **Sulfates (SO4)**

mg/l

* 24.7

 LSRDB : **Classe d'agressivité**
selon NF EN 206

XA2

Métaux

 LS206 : **Magnésium (Mg)**
dissous

mg/l

* 8.78

 LS204 : **Calcium (Ca) dissous**

mg/l

* 10.8

 LS207 : **Potassium (K) dissous**

mg/l

* 1.90

 LS208 : **Sodium (Na) dissous**

mg/l

* 16.0

Sous-traitance

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E008957

Version du : 08/02/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Date de réception technique : 19/01/2024

Première date de réception physique : 19/01/2024

Référence Dossier : N° Projet : G2905533

Nom Projet : agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Référence Commande : G2905533

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**T7 (1.5-3)****sol****SOL**

10/01/2024

19/01/2024

8.1°C

002**T7 eau****ESO**

10/01/2024

19/01/2024

8.1°C

Sous-traitance
EM00B : **Sulfates solubles dans l'acide (SO4) -****Agressivité sur béton**

Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité mg/kg

Béton

Classe d'agressivité selon NF EN 206

1110

< XA1

Observations	N° d'échantillon	Référence client
La conformité relative à la température relevée à réception des échantillons n'est pas remplie.	(002)	T7 eau
L'accréditation a été retirée pour l'analyse identifiée par le symbole ▲. Par conséquent, celle-ci n'est ni présumée conforme au référentiel d'accréditation ni couverte par les accords de reconnaissance internationaux.	(002)	T7 eau
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(002)	T7 eau
Spectrophotométrie visible automatisée : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(002)	T7 eau

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E008957

Version du : 08/02/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Date de réception technique : 19/01/2024

Première date de réception physique : 19/01/2024

Référence Dossier : N° Projet : G2905533

Nom Projet : agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Référence Commande : G2905533

**Marion Medina**

Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Annexe technique

Dossier N° :24E008957

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Emetteur : M David Galinier

Commande EOL : 006-10514-1097161

Nom projet : N° Projet : G2905533

Référence commande : G2905533

agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
JI020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Spectrophotométrie (UV/VIS) - Méthode interne - Méthode interne - Méthode interne - Méthode interne - Méthode interne	0.5	30%	° f	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS001	Mesure du pH pH Température	Potentiométrie - NF EN ISO 10523			°C	
LS025	Filtration 0.45 µm	Filtration - Méthode interne				
LS028	Anhydride carbonique (CO2) agressif	Calcul - Calcul			mg/l	
LS02I	Chlorures (Cl)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1	1	30%	mg/l	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1				
	Nitrates		1	35%	mg NO3/l	
	Azote nitrique		0.2	35%	mg N-NO3/l	
LS02R	Ammonium	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	0.05	22%	mg NH4/l	
LS02Z	Sulfates (SO4)	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrophotométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1	5	20%	mg/l	
LS204	Calcium (Ca) dissous	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	30%	mg/l	
LS206	Magnésium (Mg) dissous		0.01	30%	mg/l	
LS207	Potassium (K) dissous		0.1	40%	mg/l	
LS208	Sodium (Na) dissous		0.05	35%	mg/l	
LSRDB	Classe d'agressivité selon NF EN 206	Calcul - Calcul				

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
EM00B	Sulfates solubles dans l'acide (SO4) - Agressivité sur béton Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité Béton Classe d'agressivité selon NF EN 206	Gravimétrie - NF EN 196-2 - NF EN 206	100		mg/kg	Prestation soustraite à Eurofins Analyses Des Matériaux Et Combustibles Fr

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flacons des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E008957

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-025291-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1097161

Nom projet : N° Projet : G2905533

Référence commande : G2905533

agressivite eaubeton sol beton

Nom Commande : Agressivite eau/beton landivisiau

Eau souterraine

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique ⁽¹⁾	Date de Réception Technique ⁽²⁾	Code-Barre	Nom Flacon
002	T7 eau	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	P01GT6167	100mL PE
002	T7 eau	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	P01GT6180	100mL PE
002	T7 eau	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	P02GQ3860	120mL PE
002	T7 eau	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	P040021846	250mL PE
002	T7 eau	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	V020557570	250mL verre

Sol

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique ⁽¹⁾	Date de Réception Technique ⁽²⁾	Code-Barre	Nom Flacon
001	T7 (1.5-3) sol	10/01/2024 12:26:00	19/01/2024	19/01/2024	P09509079	Seau Lixi

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS**
Département Environnement

5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-002063-01 Version du : 08/02/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24Q000586

Date de réception : 24/01/2024

Référence Dossier :

Référence Commande : EUFRSA200138934

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Préleveur
001	Sols	24E008957-001	Client

Conservation de vos échantillons

Les échantillons seront conservés pendant 1 mois après la date d'édition du rapport. Sans avis contraire, ils seront détruits après cette période sans aucune communication de notre part.

EUROFINS ANALYSES DES MATERIAUX ET COMBUSTIBLES France SAS

3 rue d'Otterswiller
67700 Saverne
SAS au capital de 115 750 €
APE 7120B RCS SAVERNE 529294100
TVA FR72529294100
Tél 03 88 021 562 - fax 03 88 916 531
Mail : Materiaux@Eurofins.com

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-EM-002063-01 Version du : 08/02/2024

Page 2/2

Dossier N° : 24Q000586

Date de réception : 24/01/2024

Référence Dossier :

Référence Commande : EUFRSA200138934

N° Echantillon **24Q000586-001**

Référence : 24E008957-001

Date de prélèvement : 10/01/2024

Début d'analyse : 08/02/2024

Description échantillon : T7 (1.5-3) sol -

Essais Chimiques

	Résultat	Unité	Limite
EM00B : Sulfates solubles dans l'acide (SO4) - Agressivité sur béton Prestation réalisée sur le site de Saverne (Non accrédité) Gravimétrie - NF EN 196-2 - NF EN 206			
Sulfate dans l'acide (SO4) Agressivité Béton	1110	mg/kg	
Classe d'agressivité selon NF EN 206	< XA1		

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s).

Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'est pas responsable de la représentativité des échantillons. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

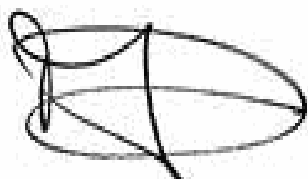
Les résultats non conformes aux limites ou références de qualité sont signalés par un rond noir ● .

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée en observation.

Les résultats précédés du signe "<" correspondent à des limites de quantification. Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec k = 2) sont disponibles sur demande. Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

MS : Matières Sèches

P.B. : Produit Brut



Dorothée Mangold
Cheffe d'Equipe

EUROFINS ANALYSES DES MATERIAUX ET COMBUSTIBLES France SAS

3 rue d'Otterswiller

67700 Saverne

SAS au capital de 115 750 €

APE 7120B RCS SAVERNE 529294100

TVA FR72529294100

Tél 03 88 021 562 - fax 03 88 916 531

Mail : Materiaux@Eurofins.com