



Géologie
Étude de sol
Géotechnique
Ingénieur conseil
Assainissement
Expertise
Chantier
Eau



Réf : R74/25/28844 BG+E

Indice : 0

Date de rédaction : 17/10/2025

RAPPORT D'ÉTUDE

MISSION GEOTECHNIQUE G2 PRO

Phase Projet

Extension du centre INRAE

THONON-LES-BAINS (74 - Haute-Savoie)

INRAE

Chargé d'Affaire

Victor COUPILLAUD

07 88 11 73 20

victor.coupillaud@egsol.fr

Suivi de l'affaire

Indice	Date	Rédigé par	Vérifié par	Modifications
0	17/10/2025	VC	RA	-

Unités courantes

Unité	Définition	Dimension
kN	Kilonewton	Force
kN/ml	Kilonewton par mètre linéaire	Force par mètre linéaire
kN.m	Kilonewton mètre	Moment
kN/m ² ou kPa	Kilonewton par mètre carré / Kilopascal	Surcharge répartie / pression
MPa	Mégapascal	Pression
ml	Mètre linéaire	Distance
m/TA	Mètre par rapport au terrain actuel	Profondeur
t	Tonne	Masse

NOTA : 1 t \approx 10 kN

Abréviations courantes

Symbole	Définition
TA	Terrain actuel
TN	Terrain naturel
TF	Terrain fini
NGF	Nivellement général de la France
NI	Nivellement indépendant
CUR	Charge Uniformément Répartie
PFT	Plate-forme de travail
FF	Fond de fouille
DTU	Document technique unifié
EC	Eurocodes
GTR	Guide du terrassement routier
ELU	États limites ultimes
ELS	États limites de service
RSO	Reprise en sous-œuvre
CDF	Couche de forme

Table des matières

1. INTRODUCTION	3
2. RENSEIGNEMENTS GENERAUX	4
2.1. Le site	4
2.2. Contexte géologique.....	6
2.3. Contexte hydrogéologique	7
2.4. Risques naturels.....	7
2.5. Documents en notre possession	8
2.6. Le projet	8
3. CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE DES SOLS ET RESULTATS	10
3.1. Campagne de reconnaissances	10
3.2. Remarques préalables.....	11
3.3. Modèle géologique et géotechnique	11
3.4. Résultats des essais de laboratoire	13
3.5. Données hydrogéologiques	14
3.6. Tests d'infiltration	16
3.7. Reconnaissances de fondations existantes.....	16
3.8. Reconnaissance du dallage.....	18
4. SYNTHÈSE ET PRÉCONISATIONS	20
4.1. Risques géotechniques potentiels : identification et impact	20
4.2. Aléa sismique et susceptibilité à la liquéfaction	20
4.3. Fondations	20
4.4. Traitement des niveaux bas	26
4.5. Couche de forme et remblais techniques.....	27
4.6. Protection vis-à-vis de l'eau	28
4.7. Terrassement - Talutage - Soutènement	30
5. REMARQUES ET SUGGESTIONS PARTICULIERES – ALEAS ET INCERTITUDES	33

ANNEXES

1. Introduction

Principales données de la mission :

Maître d'ouvrage	INRAE
Commune / Département du site	THONON-LES-BAINS (74 - Haute-Savoie)
Projet	Extension du centre INRAE
Mission géotechnique *	Mission géotechnique G2 PRO Phase Projet
Date de la commande	16/05/2025

* Selon la « Classification des Missions Géotechniques Types » définie dans la norme NF P 94-500 de Novembre 2013 dont est joint un extrait en annexe.

Cette étude fait suite aux précédentes missions G1PGC-G5 et G2AVP réalisées sur le même site dans le cadre de l'extension du centre INRAE de Thonon, faisant l'objet des rapports référencés R28844G+E en date du 27/05/2024 et R28844BG_ind1 en date du 23/06/2025. Les sondages et essais réalisés seront réutilisés dans le cadre de la présente étude.

Les objectifs de cette étude sont :

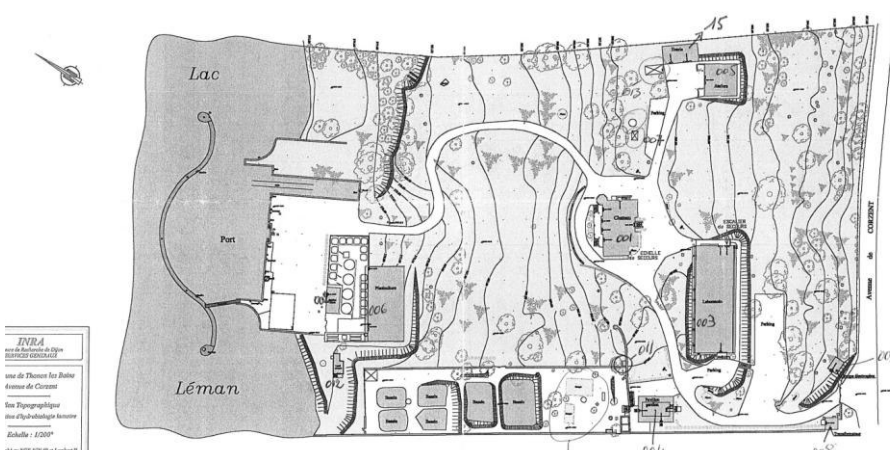
- Préciser les contextes et modèles géologique, hydrogéologique et géotechnique du site ;
- Procéder à une identification des risques géotechniques du site ;
- De valider la solution de fondations proposée par le BET Structure et de donner une approche des tassements sous fondations ;
- Se prononcer sur la perméabilité des terrains rencontrés ;
- Donner des recommandations pour la réalisation des fondations, des niveaux bas, des terrassements (mitoyens) et pour la protection vis-à-vis de l'eau.

En revanche, les aspects suivants ne font pas partie de notre mission :

- Impact sur les réseaux éventuels présents sur le site ;
- Étude de gestion des eaux pluviales ;
- Diagnostic structure et géotechnique des existants et des avoisinants ;
- Étude hydraulique ;
- Reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de nos sondages et notamment en profondeur.

2. Renseignements généraux

2.1. Le site

<i>Localisation du site</i>	<ul style="list-style-type: none"> Adresse : 75bis Avenue de Corzent – THONON-LES-BAINS (74 – Haute-Savoie) Parcelle cadastrale n°357, section BM
<i>Paysage / altitude</i>	<ul style="list-style-type: none"> Altitude environ 374 à 398 m NGF Paysage : Terrasses de Thonon Contexte : Complexe de recherche
<i>Etat des lieux / morphologie / pente</i>	<ul style="list-style-type: none"> La zone d'étude d'une surface d'environ 500m² concerne la partie amont du site, au Sud-Est de la parcelle, cette zone présente une pente moyenne d'environ 10% vers le Nord. Lors de notre visite le site était occupé par un terrain enherbé (zone pressentie pour accueillir les nouveaux bâtiments), des arbres et plusieurs bâtiments (laboratoire, « château », écurie et atelier) ainsi que les bassins de la pisciculture. Le site est bordé au Nord par le Lac Léman, à l'Ouest par des parcelles pavillonnaires, au Sud par l'avenue de Corsent puis des parcelles boisées et à l'Est par des parcelles enherbées.
<i>Historique du site</i>	<ul style="list-style-type: none"> Le site est occupé par des ouvrages existants  <p style="text-align: center;"><u>Plan de l'existant</u></p>
<i>Réseaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> Présence de réseaux enterrés (électricité, gaz, EP, EU).
<i>Zone d'Influence géotechnique (Z.I.G) 1ère approche</i>	<ul style="list-style-type: none"> Bâtiments existants conservés (atelier, laboratoire) ; Réseaux sensibles à proximité ; Talus et pente générale du site.

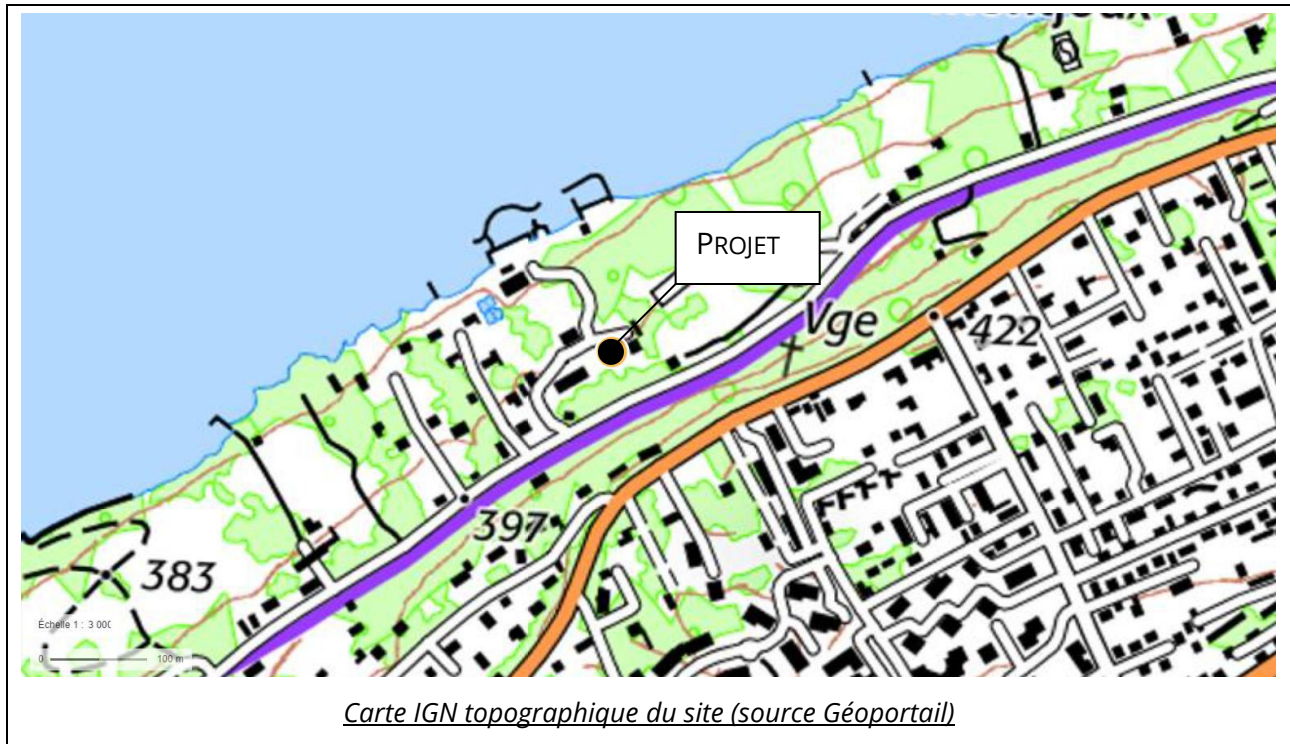




Photo générale du site (vue vers le Sud, au niveau du bâtiment projeté).

2.2. Contexte géologique

Carte géologique



Extrait de la carte géologique de DOUVAINE au 1/50000^{ème}, source BRGM

Contexte géologique du site

Terrasses fluvio-glaciaires (FL10)

Rapport EGSOL

Les études réalisées à proximité ont mis en évidence la succession lithologique suivante :


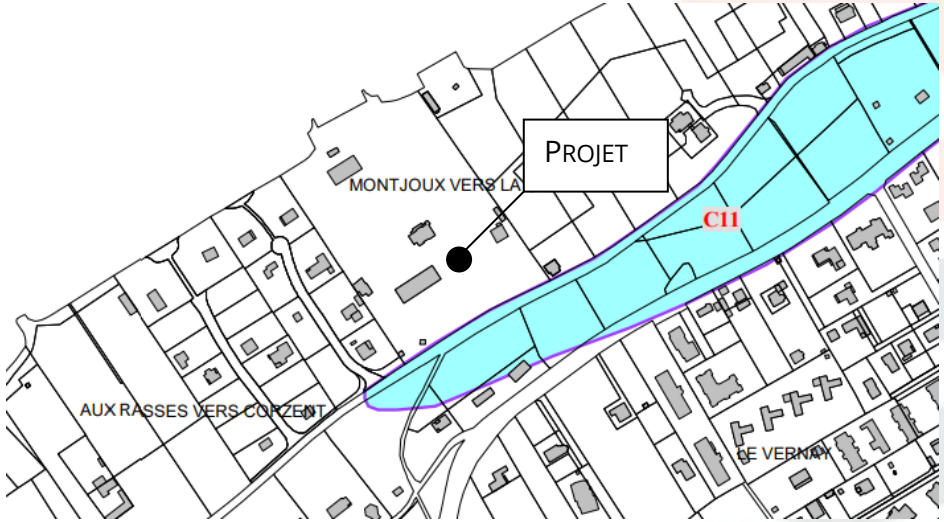
- Limons sableux légèrement graveleux, jusqu'à 1,0 m/TA ;
- Galets, graviers et sables, au-delà.

2.3. Contexte hydrogéologique

Contexte hydrogéologique du site	Le site, du fait de sa localisation à proximité du Lac Léman et dans le contexte hydrogéologique des terrasses de Thonon, est connu pour abriter des écoulements souterrains préférentiels à l'interface entre des faciès plus perméables et moins perméables.
Rapport EGSOL	Les études réalisées à proximité n'ont pas mis en évidence la présence de venues d'eau dans les sondages à la pelle descendus à 4,0 m/TA.

2.4. Risques naturels

NOTA : Il appartient au Maître d'Ouvrage/Maître d'Œuvre de se renseigner sur la situation du projet par rapport au Plan de Prévention des Risques, aux cartes d'aléas et aux périmètres de protection des captages AEP.

Exposition à l'aléa retrait/gonflement des argiles	 <p>Aléa faible</p>
Sismicité selon l'arrêté du 22/10/2010	Zone 4 (Moyenne)
Plan de prévention des risques	 <p><i>Non concerné par le PPR Inondation de Thonon les Bains</i></p>

Liste non exhaustive sur la base des données bibliographiques disponibles (site internet InfoTerre, Géorisques...)

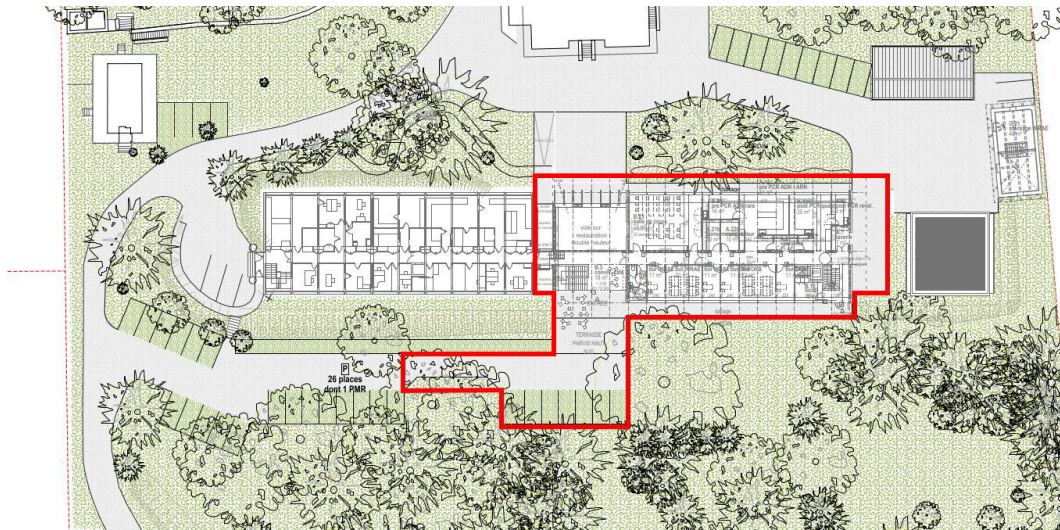
2.5. Documents en notre possession

Documents en notre possession au 17/10/2025 :

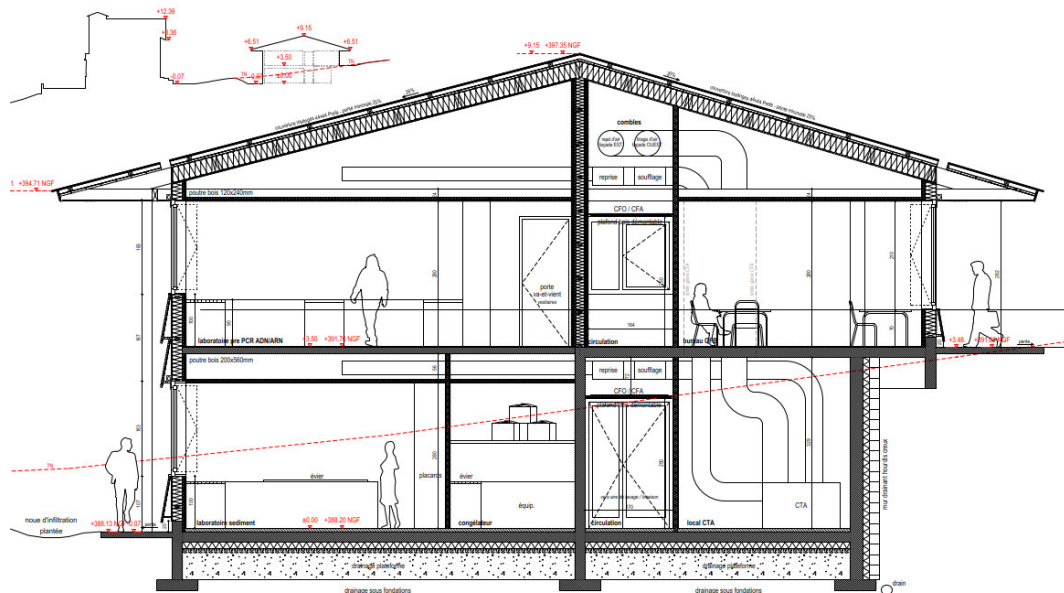
<i>Nature et Source</i>	<i>Échelle</i>	<i>Référence</i>	<i>Date d'édition</i>	<i>Format</i>
Plan de fondations DCE et DDC <i>Plantier</i>	1 : 50 ^{ème}	BAUC842	oct. 2025	PDF
Dossier de plan APS <i>Brenas Doucerain Architectes</i>	var	2405JU	04/04/2025	PDF
Plans et coupes annotés <i>Plantier</i>	var	-	28/03/2025	PDF
Plan VRD <i>TECTA</i>	1 : 200 ^{ème}	2025-009	28/03/2025	PDF
Scan Plan topographique <i>INRA</i>	1 : 200 ^{ème}	-	20/10/2000	PDF
Plan topographique des réseaux <i>IRE</i>	1 : 200 ^{ème}	-	26/04/2024	PDF

2.6. Le projet

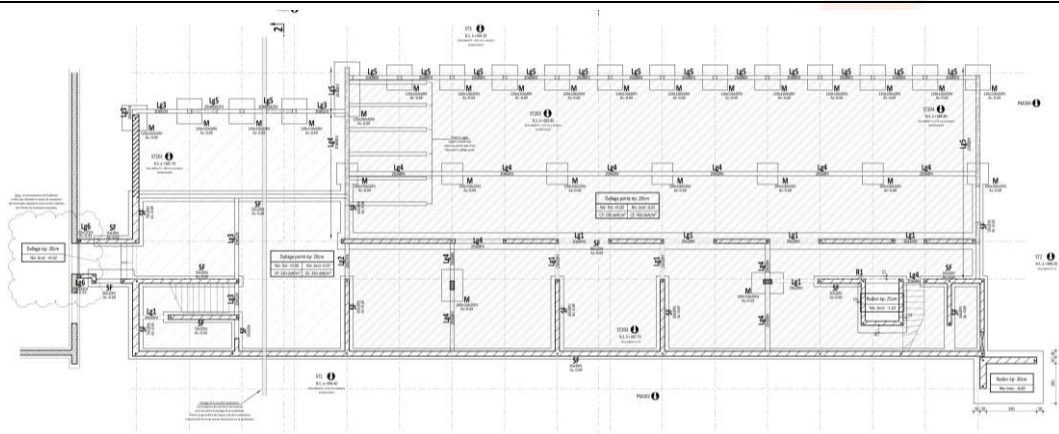
<i>Nature du projet / surface / mitoyenneté</i>	<ul style="list-style-type: none"> Le projet prévoit l'extension du bâtiment de bureau et de laboratoire de l'INRAE. L'extension en R+1 et combles sera encastrée dans la pente du terrain sur un niveau à l'amont et au niveau du TN à l'aval.
<i>Partie enterrée / décalage de niveaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> Projet enterré sur un niveau à l'amont.
<i>Calage du projet</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calage du niveau $\pm 0,00$ à la cote 388,20 m NGF ; Calage du fond de terrassement à la cote 387,51 m NGF ; Calage de la plateforme de travail à la cote 387,81 m NGF.
<i>Terrassements</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hauteur maximale des terrassements en déblai : environ 4,5 m Hauteur des terrassements en remblai (surélévation) : sans objet
<i>Descentes de charges ELS (BE Plantier)</i>	<ul style="list-style-type: none"> 30 à 250 kN/ml en filant ; 113 à 250 kN en ponctuel.



Plan de masse du projet (en rouge)



Coupe du projet



Plan de fondations

Si le projet venait à être modifié par rapport à ces données, nos conclusions deviendraient caduques.

3. Campagne de reconnaissance des sols et résultats

3.1. Campagne de reconnaissances

Nous avons réalisé, le 11/04/2024, la campagne de reconnaissance des sols suivante :

	<i>Nombre</i>	<i>Nature</i>	<i>Notation</i>
<i>Sondages à la pelle</i>	4	Reconnaissance géologique	PM
	2	Reconnaissance de fondations	RF
<i>Essais au pénétromètre</i>	3	Dynamique DPSH-B	Pnd
	3	Statique 10 ou 20 T	ST
<i>Équipement hydrogéologique</i>	2	Piézomètre	Pz

Nous avons réalisé, le 05/06/2025, dans le cadre de la mission G2AVP, la campagne de reconnaissance des sols suivante :

	<i>Nombre</i>	<i>Nature</i>	<i>Notation</i>
<i>Sondages à la pelle</i>	5	Reconnaissance géologique	PM2xx
	1	Reconnaissance de fondations	RF2xx
<i>Essais au pénétromètre</i>	4	Statique 20 t	ST2xx
<i>Tests de perméabilité</i>	3	Type Matsuo (niveau variable)	EP
<i>Essais de laboratoire</i>	2	Teneur en eau	W _{eau}
	2	Valeur au bleu de méthylène	VBS
	2	Granulométrie	Gr
	1	IPI	IPI

En complément, nous avons réalisé, le 30/09/2025, dans le cadre de la présente mission G2PRO, les sondages suivants :

	<i>Nombre</i>	<i>Nature</i>	<i>Notation</i>
<i>Sondages manuels</i>	1	Carottage dallage	SC3xx
<i>Essais au pénétromètre</i>	7	Dynamique DPSH-B	Pnd3xx

L'implantation des sondages a été réalisée au mieux en fonction des conditions d'accès au terrain, des réseaux existants et de la précision des plans fournis pour notre intervention.

L'implantation des sondages, le principe ainsi que les résultats sont présentés en annexe.

3.2. Remarques préalables

Les descriptions de faciès que nous donnons (lithologie, humidité) sont basées sur la réalisation des sondages à la pelle mécanique (profondeur d'investigation jusqu'à environ 3,0 m/TA) sur la base d'une reconnaissance visuelle ne se substituant en aucun cas à des essais en laboratoire.

Au droit des essais pénétrométriques, les faciès ne sont donc qu'une interprétation basée sur les résultats de ces essais qui sont des essais « en aveugle » ne permettant pas de connaître précisément la nature géologique des terrains traversés, ou ceux ayant provoqués le refus. De cette interprétation résulte également le fait que les cotes ou profondeurs indiquées ne sont que des estimations et non des références absolues.

Ces descriptions ne résultent donc pas d'une description visuelle du matériau in-situ telle que celles pouvant être effectuées au droit de puits à la pelle mécanique ou à l'aide de sondages carottés (échantillons intacts), seules investigations pouvant caractériser avec précision la nature géologique des sols rencontrés en profondeur.

La tenue des parois indiquée dans les sondages à la pelle n'est valable que pour la réalisation d'un puits ponctuel de très courte durée.

Notons que les reconnaissances effectuées sont ponctuelles et que des variations latérales de faciès sont toujours possibles.

Toutes les cotes altimétriques précisées dans ce rapport découlent d'un nivellement effectué par nos soins mais ne résultent en aucun cas d'un relevé topographique pouvant être effectué par un géomètre. Le point de référence choisi (tampon EU) pour le nivellement de nos sondages est indiqué sur le plan d'implantation des sondages en annexe (nivellement NGF IGN 69).

3.3. Modèle géologique et géotechnique

Description		Tenue des parois	Résistances mécaniques	Compacité
Formation 1 : <i>Formation marquée par une alternance :</i> A : De passages majoritairement composés de blocs, galets et graviers dans une matrice sablo-limoneuse. B : De passages composés principalement de matériaux fins limoneux, sableux et argileux avec quelques éléments plus grossiers.	Faciès graveleux	Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> R_{da} ≈ 7,1 à 21,4 MPa {10 MPa} q_c ≈ 5,3 à 19,6 MPa {7 MPa} 	Élevée
	Faciès limoneux	Moyenne, mauvaise en présence d'eau	<ul style="list-style-type: none"> R_{da} ≈ 0,8 à 6,6 MPa {1 à 4 MPa} q_c ≈ 0,3 à 4,5 MPa {0,5 à 2 MPa} 	Très faible

Description	Tenue des parois	Résistances mécaniques	Compacité
Formation 2 : Formation profonde compacte, non observée visuellement , probablement graveleuse.	-	<ul style="list-style-type: none"> R_{da} ≈ 6,1 à 24,0 MPa {8 à 10 MPa} q_c ≈ 5,4 à 39,1 MPa {8 à 10 MPa} 	Élevée

{Valeur caractéristique}

Modèle géotechnique : Le tableau ci-après récapitule au droit de nos sondages les profondeurs et cotes estimées/interprétées des différentes formations géotechniques mises en évidence. Notons que les reconnaissances effectuées sont ponctuelles et que des variations latérales de faciès sont toujours possibles. Les profondeurs des faciès données ci-dessous ne sont que des estimations issues d'interprétation servant de prévision mais qui pourront nécessiter des recalages lors de reconnaissances ultérieures ou en phases chantier selon le contexte géotechnique réellement observé.

NOTA : compte tenu de l'hétérogénéité des faciès géologiques observés dans les sondages à la pelle mécanique, pour des compacités parfois similaires, il est difficile de se prononcer visuellement sur les limites de formation. Nous retiendrons donc comme références les valeurs de compacité au droit des essais pénétrométriques uniquement.

Sondage	Cote de la tête du sondage	Toit de la formation 2	
		Prof.	Cote
	[m NGF]	[m/TA]	[m NGF]
Pnd1	388,3	3,4	384,9
Pnd2	392,1	3,2	388,9
Pnd3	392,2	3,2	389,0
St1	391,1	3,0	388,1
St2	390,2	2,0	388,2
St3	389,3	5,0	384,3
St201	389,1	3,4	385,7
St202	389,2	3,4	385,8
St203	391,0	3,4	387,6
St204	389,2	4,4	384,8
Pnd301	389,6	3,8	385,8

Sondage	Cote de la tête du sondage	Toit de la formation 2	
		Prof.	Cote
	[m NGF]	[m/TA]	[m NGF]
Pnd302	390,0	3,2	386,8
Pnd303	389,8	3,2	386,6
Pnd304	390,2	2,6	387,6
Pnd305	390,3	2,4	387,9
Pnd306	388,4	0,6	387,8
Pnd307	389,0	3,2	385,8

3.4. Résultats des essais de laboratoire

Les résultats des essais de laboratoire sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Prof. (m/TA)	Description	Résultats	Classification GTR
PM204	2,0	Formation 1 : Limons gris	Wn (%) = 16,5 VBS = 0,32 Ømax (mm) = 20 % < 2 mm = 90,4 % < 80 µm = 65,5 IPI = 1	A1TH (1992) F1 (2022)
PM205	1,5	Formation 1 : Graves sableuses	Wn (%) = 5,93 VBS = 0,11 Ømax (mm) = 50 % < 2 mm = 39,6 % < 80 µm = 12,2	C1B5 (1992) VC1I1 (2022)

Les terrains fins de la formation 1 (sondage PM204), sont des sols limoneux peu plastiques qui changent très rapidement de consistance lors de variations hydriques, présentant une très faible traficabilité dans leur état hydrique actuel. Les terrains graveleux (sondage PM205) sont des sols graveleux avec une faible proportion en matrice plus fine, généralement insensibles à l'eau (compte tenu de la faible proportion en éléments fins < 80 µm et de leur faible argilosité, ces terrains peuvent être assimilés à des sols type C1B3).

3.5. Données hydrogéologiques

3.5.1. Observations in situ

Lors de nos reconnaissances du 11/04/2024 et du 05/06/2025, des venues d'eau ont été observées dans nos sondages à la pelle selon :

Sondage	Date	Cote de la tête du sondage	Venue d'eau ou niveau d'eau		Remarques
			Prof.	Cote	
		[m NGF]	[m/TA]	[m NGF]	
PM1	11/04/2024	392,0	1,9	390,1	Venue d'eau
PM204	05/06/2025	389,1	0,9	388,2	Venue d'eau (5 cm d'eau en fond de fouille au bout de 2h)
RF201	05/06/2025	389,3	1,5	387,8	Venue d'eau forte

Ces venues d'eau semblent s'apparenter à une nappe de versant (cf. suivi piézométrique ci-après).

Remarque : les informations mentionnées ci-dessus correspondent nécessairement à un moment donné, sans possibilité d'apprécier les variations inéluctables des circulations d'eau qui dépendent notamment des conditions météorologiques.

3.5.2. Suivi piézométrique

Deux piézomètres ont été installés sur site lors de notre première intervention le 11/04/2024, dont notamment un (nommé PZ1) situé à l'amont du bâtiment projeté et intéressant le présent projet. Son suivi a été réalisé sur une période d'un an environ (de mai 2024 à mai 2025).

Date du relevé	Profondeur / haut du capot	Hauteur du capot	Altimétrie
	[m]	[m]	[m NGF]
15-mai-24	3,45	0,48	389,14
27-mai-24	3,45	0,48	389,14
12-juin-24	3,45	0,48	389,14
28-juin-24	3,49	0,48	389,10
12-juil.-24	3,49	0,48	389,10
29-juil.-24	3,52	0,48	389,07
12-août-24	3,54	0,48	389,05

<i>Date du relevé</i>	<i>Profondeur / haut du capot</i>	<i>Hauteur du capot</i>	<i>Altimétrie</i>
	<i>[m]</i>	<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>
30-août-24	3,54	0,48	389,05
13-sept.-24	3,54	0,48	389,05
2-oct.-24	3,51	0,48	389,08
22-oct.-24	3,48	0,48	389,11
4-nov.-24	3,51	0,48	389,08
18-nov.-24	3,52	0,48	389,07
6-déc.-24	3,50	0,48	389,09
16-déc.-24	3,53	0,48	389,06
6-janv.-25	3,40	0,48	389,19
27-janv.-25	3,52	0,48	389,07
7-févr.-25	3,52	0,48	389,07
21-févr.-25	3,53	0,48	389,06
10-mars-25	3,54	0,48	389,05
31-mars-25	3,55	0,48	389,04
18-avr.-25	3,42	0,48	389,17
7-mai-25	3,54	0,48	389,05
19-mai-25	3,57	0,48	389,02
<i>Prof min / TA</i>	3,40	<i>Alt max</i>	389,19
<i>Prof max / TA</i>	3,57	<i>Alt min</i>	389,02
<i>Battement</i>	0,17		

Le battement reste très faible sur la période étudiée. Compte tenu du niveau fini du projet, calé à la cote 388,2 m NGF, des venues d'eau en phase chantier et pendant toute la vie de l'ouvrage sont à prévoir. Des dispositions spécifiques seront à mettre en œuvre afin de gérer les eaux en phases provisoire et définitive.

3.6. Tests d'infiltration

Les essais d'infiltration réalisés et les capacités d'infiltration mesurées sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Essai	Sondage	Prof.	Faciès testé	K	K	Capacité d'infiltration
		[m/TA]		[m/s]	[mm/h]	
EP3	PM3	2,6	Galets, graves et sable	2,0E-07	1	Quasi-imperméable
EP1	PM4	2,4	Limons sableux gris	Venues d'eau dans la fouille		
EP2	PM5	2,6	Galets, graves et sable jaunâtre	3,0E-05	108	Médiocre

Les terrains présentent des perméabilités assez hétérogènes au sein d'un même faciès. En effet, les terrains graveleux de la formation 1 présentent une capacité d'infiltration très faible à médiocre tandis que les terrains limoneux et sableux gris de la formation 1 sont impropres à l'infiltration compte tenu de la présence d'eau.

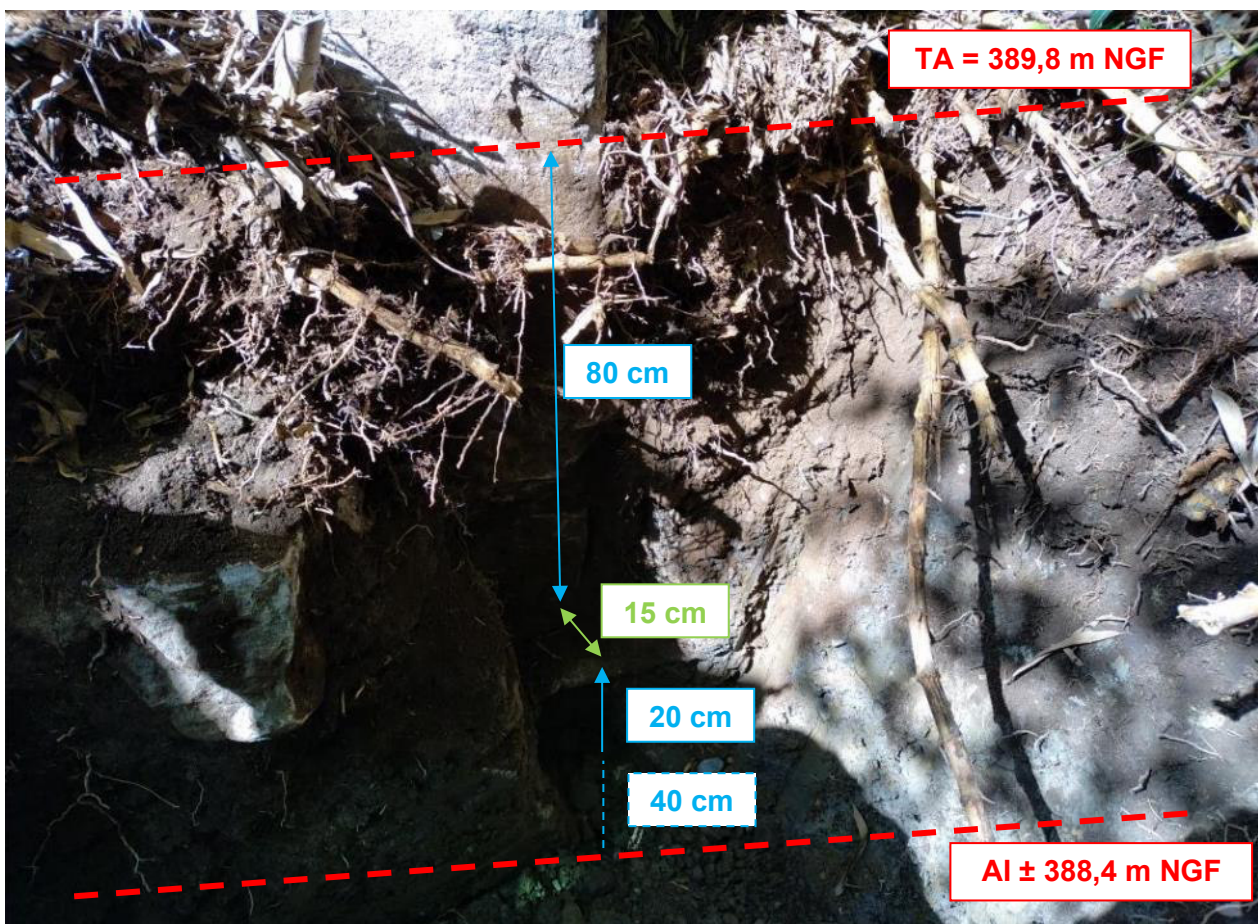
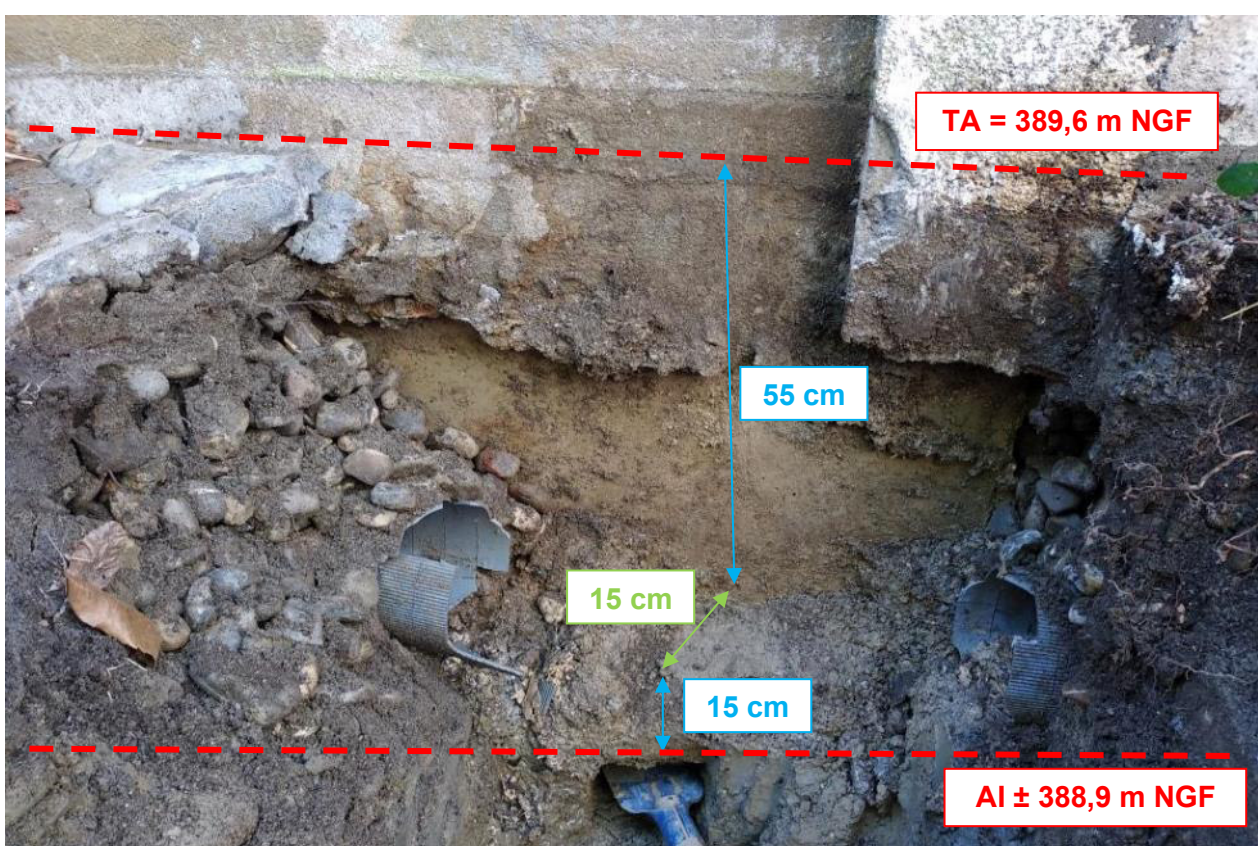
NOTA : Ces essais ponctuels donnent une indication sur la capacité d'infiltration des sols sur une petite surface et à l'endroit où ils ont été réalisés. Les perméabilités que nous donnons ne sont valables qu'au droit et à la profondeur des essais où elles ont été mesurées. Des variations latérales de faciès et donc de perméabilités sont toujours possibles.

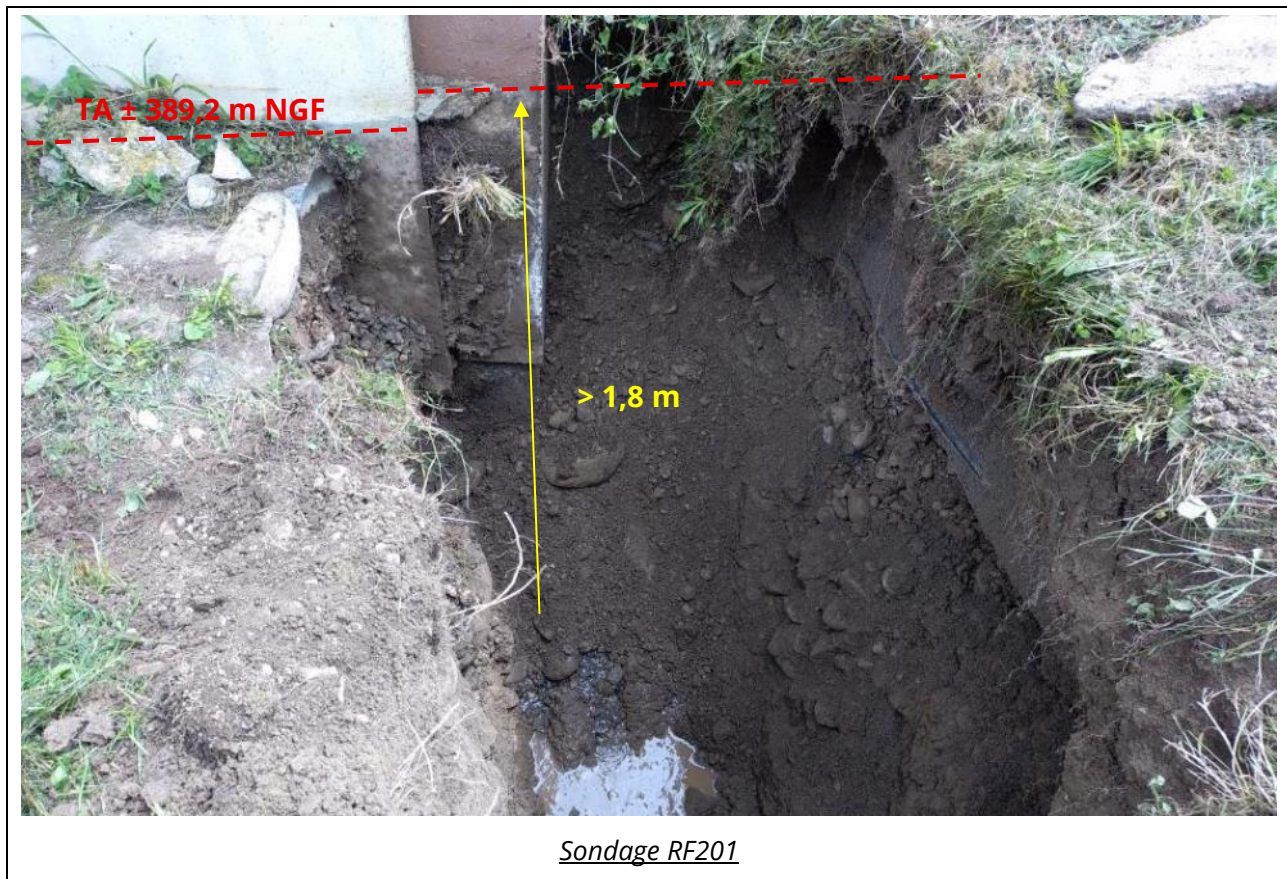
3.7. Reconnaissances de fondations existantes

Nous avons réalisé trois reconnaissances des fondations, notées RF1, RF2 et RF201.

Les caractéristiques géométriques des fondations reconnues sont résumées dans le tableau ci-après (cf. schémas et photos des reconnaissances de fondations et implantation en annexe) :

	Cote sondage	Débord	Hauteur fondation	Profondeur assise fondation	Cote assise fondation	Faciès d'assise
	[m NGF]	[m]	[m]	[m/TA]	[m NGF]	-
RF1 Écurie	389,8	~ 0,1 m	~ 0,80 pleine fouille	~ 1,40 estimée (non reconnue visuellement)	~ 388,4	Argile limono-sableuse gris foncé
RF2 Atelier	389,6	~ 0,15 m	~ 0,15 m pleine fouille	~ 0,70	~ 388,9	Sable limono-argileux marron
RF201 Laboratoire	389,2	Non reconnu	Non reconnue	> 1,8	< 387,4	Non reconnu

Sondage RF1Sondage RF2



Compte tenu des éléments observés, il apparaît que :

- L'écurie est fondée sur semelles filantes descendues à environ 1,4 m/TA (arase inférieure non reconnue visuellement, estimée par fonçage d'outils à intervalles réguliers sur l'épaisseur de la semelle) d'environ 50 cm de large (estimée par symétrie) ;
- L'atelier est fondé sur semelles filantes descendues à environ 0,7 m/TA, d'environ 50 cm de large (estimée par symétrie).

Les fondations de l'atelier ne respectent pas la cote de mise hors gel des fondations (Annexe 1 de la norme NFP 94-261) en vigueur dans ce département et à cette altitude.

Les fondations du bâtiment (laboratoire) n'ont pas été reconnues compte tenu de la mauvaise tenue des parois dans les remblais, ne permettant pas de continuer le sondage en sécurité à cause de l'éboulement des parois.

3.8. Reconnaissance du dallage

Nous avons réalisé un carottage du dallage de l'atelier, noté SC301 sur le plan d'implantation en annexe.

Les caractéristiques géométriques du dallage sont résumées ci-après :

Sondage	Cote sondage	Ep dallage	Ferrailage	Commentaires
SC301	389,5 m NGF	7 à 8 cm	~ 4,5 mm	Vide sous dallage d'environ 1 à 2 cm



Photos carottage SC301

4. SYNTHÈSE ET PRÉCONISATIONS

4.1. Risques géotechniques potentiels : identification et impact

RISQUES GEOTECHNIQUES LIES AU SITE

- Contexte géologique hétérogène (lenticulaire) avec des passages présentant de très faibles caractéristiques géomécaniques et très compressibles → risque de tassements différentiels importants.
- Terrains sablo-limoneux potentiellement saturés de très faible portance (notamment au droit des essais ST3, ST202 et ST204), présents de manière ponctuelle → risque de tassements absolus et différentiels, adaptation des fondations (approfondissements...)
- Terrains limoneux sensibles à l'eau → risque de matelassage, de perte de portance, problème de traficabilité.
- Présence de circulations d'eau souterraine, recoupant l'emprise du projet → en phase définitive : risque de remontées capillaires, nécessité de drainage et d'étanchéité. En phase provisoire : risque de venues d'eau, nécessité de drainage des eaux d'exhaure en dehors de la fouille.
- Terrain en pente et présence d'eau → risque d'instabilité de pente et de talus, nécessité de masques/éperons drainants en phases provisoires et définitives, éventuellement associés à des soutènements provisoires.
- Présence d'existants conservés (bâtiments, réseaux, voiries) → ne pas déchausser les fondations existantes (adaptation des fondations nouvelles), réseaux sensibles à dévoyer (gaz, électricité...).

4.2. Aléa sismique et susceptibilité à la liquéfaction

Le profil stratigraphique et la classe de sol associée définis selon la norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8 – Septembre 2005) ainsi que le risque de liquéfaction sont donnés ci-dessous :

Classe de sol	Profil stratigraphique	Liquéfaction
C	Dépôts (sables, graviers, limons, argiles) de densité moyenne, moyennement raides, profonds (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres)	Non liquéfiable

4.3. Fondations

4.3.1. Préambule

Le contexte géologique au droit du projet est globalement marqué par la présence de terrains de compacité hétérogène, avec des zones de compacité moyenne à élevée sous la partie amont du projet, et des passages limoneux et sableux gris de très faible compacité, lentille lâche observée au droit des essais ST3, ST202, ST204 et Pnd301 sous la partie aval du projet.

De le plus le projet prévoit de s'encaster dans la pente du terrain à l'amont, les fondations en partie amont intéresseront la formation 2 compacte, tandis que les fondations à l'aval intéresseront la

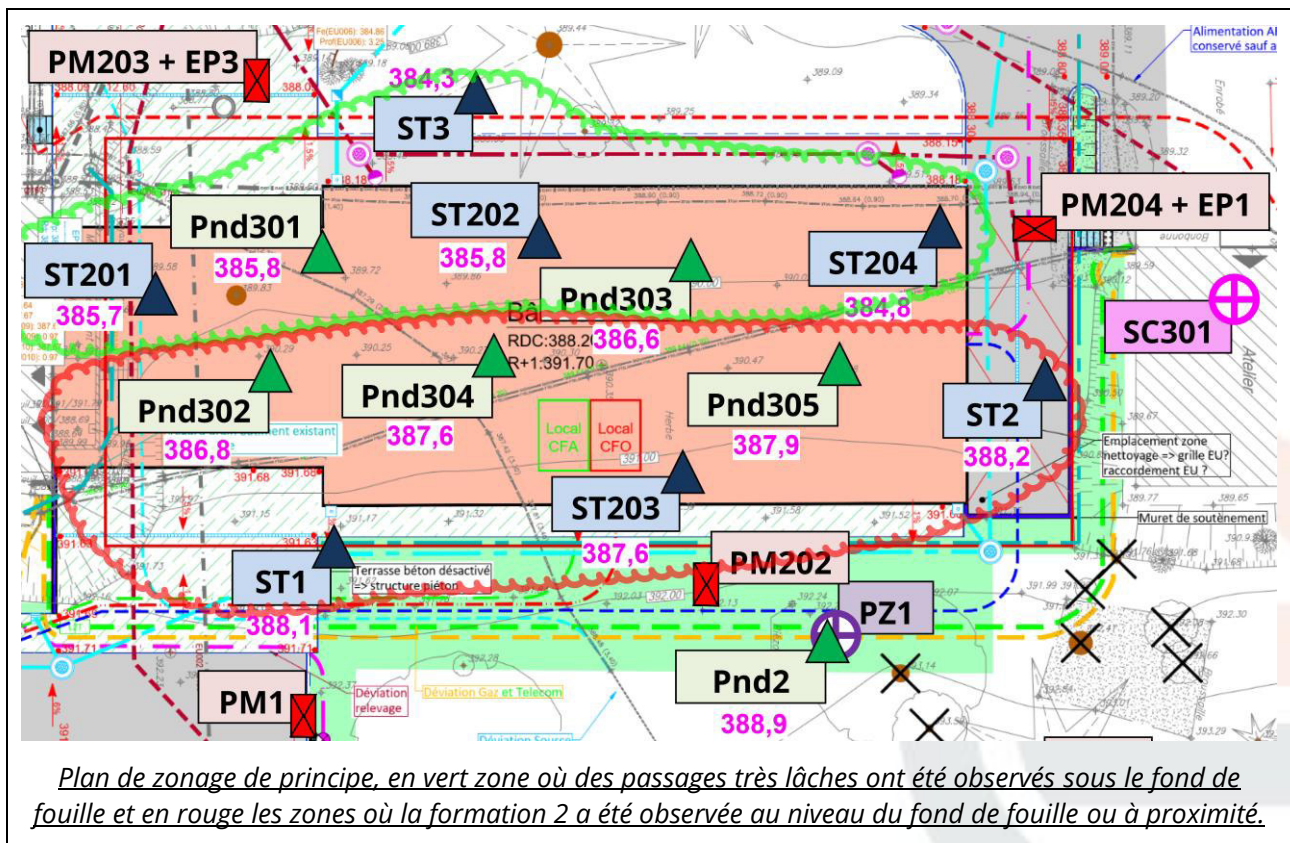
formation 1 et notamment des passages sablo-limoneux très peu compacts. Les fonds de forme seront donc hétérogènes, vraisemblablement tant en termes de géologie que de caractéristiques mécaniques.

Dans ces conditions, **afin d'éviter tout risque de tassements différentiels importants**, notamment entre l'amont et l'aval du bâtiment, il sera nécessaire d'ancrer l'ensemble des fondations dans un faciès homogène (formation 2), ce qui impliquera notamment d'approfondir de manière importante les fondations en partie aval.

Ainsi, il a été retenu la solution de fondations suivante :

- Pour la partie amont, une solution de fondations superficielles classiques type semelles filantes et ou isolées, ancrées dans la formation 2, moyennant des approfondissements en gros béton ponctuels d'environ 0,5 à 1,0 m (notamment au droit de l'essai Pnd302 par exemple)
- Pour la partie aval, notamment dans le secteur des essais ST3, ST202, ST204, Pnd301 et Pnd303, une solution de fondations semi-profondes de type semelles isolées approfondies/puits-longrines dans la formation 2 compacte, au-delà de tous les passages sablo-limoneux gris lâches, soit environ à partir de 1,1 à 3,4 m (ancrage compris) par rapport à l'arase supérieure des semelles.

Dans ce cas, compte tenu de la très mauvaise tenue des parois et de la présence d'eau souterraine, on privilégiera une technique par havage avec tubage/blindage à l'avancement avec coulage des fondations sous l'eau au tube plongeur.



Compte tenu de la présence d'une nappe de versant pouvant dégrader significativement la portance du fond de terrassement, une plate-forme de travail d'au moins 30 cm en matériaux concassés crus drainants type 20/40 mm associée à des tranchées drainantes sous le fond de fouille sera à prévoir.

4.3.2. Fondations et dimensionnement

Type de fondation envisageable	<ul style="list-style-type: none"> Fondations superficielles de type semelles filantes et/ou isolées en béton armé pour la partie amont. Fondations approfondies type semelles isolées approfondies en gros béton voire type puits-longrines, par havage avec tubage/blindage à l'avancement, pour la partie aval. 		
Profondeur minimale	<ul style="list-style-type: none"> 0,9 m minimum par rapport au terrain fini pour la garde hors-gel Approfondissement en gros béton au-delà de tous les éventuels remblais et lentilles sablo-limoneuses grises très lâches de la formation 1. Ancrage obligatoire au sein de la formation 2. 		
Faciès d'assise	Formation 2 (Estimation du toit du faciès <u>hors ancrage</u> des fondations au § 3-3 et sur le plan d'implantation en annexe)		
Ancrage minimal des fondations	0,2 m dans le faciès d'assise		
États Limites	Rupture	ELU	ELS
Facteurs partiels	$\gamma_{r,v} = 1,0$ $\gamma_{rd,v} = 1,0$	$\gamma_{r,v} = 1,4$ $\gamma_{rd,v} = 1,2$	$\gamma_{r,v} = 2,3$ $\gamma_{rd,v} = 1,2$
Contrainte de calcul : $\frac{R_{vd}}{A' \cdot i_{\delta} \cdot i_{\beta}}$ [MPa]	0,828	0,493	0,3
Angle de frottement d'interface fondation/terrain $\delta_{a,k}$	$\delta_{a,k} = \phi'$ fondations coulées pleine fouille $\phi' = 28^{\circ}$		

R_{vd} : valeur de calcul de la résistance verticale du terrain sous la fondation

A' : surface de sol comprimée sous la fondation

i_{δ} : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (1,0 si charge verticale)

i_{β} : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus (1,0 si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus > 8 B, B : largeur de la fondation).

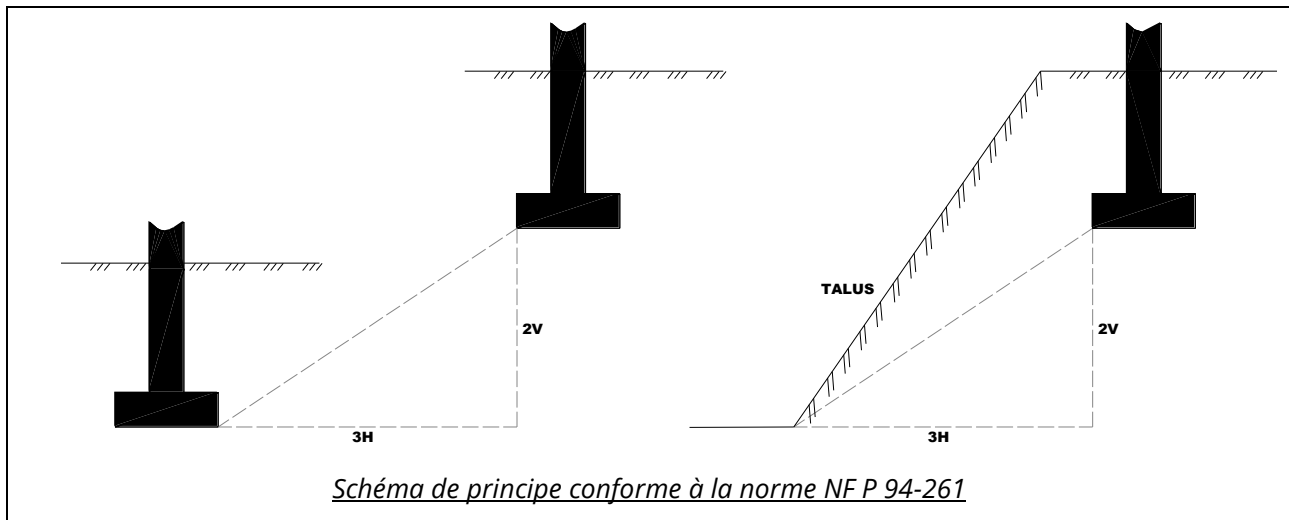
Le dimensionnement des fondations sera à réaliser conformément aux Eurocodes (Eurocode 7 « Géotechnique » et Eurocode 8 « Sismique ») et à la norme d'application nationale de justification des fondations superficielles NF P 94-261. Les fondations seront à justifier vis-à-vis du poinçonnement, du glissement et de l'excentrement sous les différentes combinaisons de charges ELS et ELU.

Les fondations devront être coulées immédiatement après ouverture en pleine fouille sur un sol sain, non remanié, damé, non gelé et hors d'eau (avec mise en place d'un béton de propreté ou gros béton). Les sur-profondeurs seront rattrapées au gros béton.

Pour rappel, compte tenu du niveau des ancrages de fondations sous le niveau des arrivées d'eau ou de la nappe, une technique de réalisation par havage avec tubage/blindage à l'avancement sera à prévoir avec coulage des fondations sous l'eau au tube plongeur.

4.3.3. Dispositions constructives

En cas de dénivelé entre fondations, une pente maximale de 2V/3H sera à respecter entre 2 fondations voisines ou 2 redans successifs (règle NF P 94-261). Notamment entre les fondations existantes et les nouvelles fondations (adaptations en phase chantier le cas échéant).



La structure devra disposer de chaînages horizontaux et verticaux mis en œuvre dans les règles de l'art.

4.3.4. Mise en œuvre des fondations

SEMELLES ISOLEES APPROFONDIES PAR BLINDAGE / HAVAGE

Afin de veiller à la bonne réalisation des puits busés havés, les dispositions suivantes seront à respecter :

- Terrassement à l'avancement du site jusqu'à la cote 287,51 m NGF, en respectant les préconisations concernant la réalisation des terrassements de pleine masse données au §4.8. ;
- Réalisation d'un réseau de tranchées drainantes descendues à 0,5 m sous le fond de fouille, constituées d'un collecteur en PVC crépiné emballé dans un géotextile anti contaminant et remblayées avec des matériaux drainants type 20/40 mm. Ces tranchées devront être réglées avec des formes de pente de 1% minimum, et devront être dirigées vers des puisards équipés chacun d'une pompe reliée à un exutoire ;
- Mise en place à l'avancement d'un tapis drainant de 30 cm d'épaisseur en matériaux crus concassés type 20/40 mm reposant sur un géotextile anti contaminant de classe 5 ;
- Mise en place du blindage provisoire et terrassement par havage à l'intérieur du blindage à l'aide d'une benne preneuse ou d'une tarière ;
- Blindage à l'avancement au fur et à mesure du terrassement par havage (sans pomper) ;
- Arrêt du terrassement une fois les puits ancrés d'au moins 20 cm dans la formation 2 ;
- Coulage du béton **au tube plongeur par le fond** pour éviter la ségrégation du béton et sans pomper pour laisser l'eau sortir du puits par la surface/par le haut ;
- Une fois le puits coulé, retrait du blindage (le cas échéant) et mise en place des armatures selon étude structure du BE Plantier ;
- Réalisation des autres massifs isolés de manière similaire.

SEMELLES FILANTES

Les semelles filantes seront réalisées à l'avancement dans les règles de l'Art. Il sera nécessaire d'évacuer les éventuelles venues d'eau des fouilles, gravitairement ou par pompage.

4.3.5. Mitoyenneté

Pour les fondations prévues en mitoyenneté de l'ouvrage existant, il devra s'agir d'appuis ponctuels ou de semelles filantes perpendiculaires par rapport aux semelles existantes.

Dans tous les cas, les dispositions ci-dessous seront à respecter :

- Un diagnostic structure des mitoyens devra être réalisé pour adapter la construction des nouvelles fondations à celles existantes ;
- Il ne faudra en aucun cas venir démolir les fondations existantes et/ou les surcharger sans un diagnostic géotechnique associé à un diagnostic structure ;
- Les fondations nouvelles seront descendues au moins au même niveau que les fondations existantes, et de façon à respecter l'ancrage dans le faciès d'assise et par rapport au terrain fini extérieur (garde hors gel) ;
- Les fondations nouvelles devront tenir compte du débord, de la géométrie et de la nature des semelles existantes (porte à faux...) ;
- Les terrassements pour les fondations en mitoyenneté devront être effectués par plots alternés afin d'éviter tout risque de déstabilisation de l'ouvrage existant avec coulage du béton le jour de l'ouverture ;
- L'intégrité des avoisinants devra être conservée en phase provisoire comme en phase définitive.

La réalisation de fondations en mitoyenneté peut engendrer sous les semelles mitoyennes une légère augmentation de contrainte et donc un léger tassement inhérent à l'acte de construire (inférieur à 5 mm).

4.3.6. Ancrage des fondations

Les fondations seront ancrées dans la formation 2 avec un ancrage de 20 cm minimum dans cette dernière. Des anomalies ou hétérogénéités du fond de fouille sont à prévoir (surépaisseurs de la lentille lâche) et devront être purgées et remblayées en gros béton coulé pleine fouille.

Le tableau ci-après donne une estimation des hauteurs de gros béton nécessaires au droit des sondages (les cotes d'ancrage données ci-après comprennent l'ancrage de 20 cm dans la formation 2 et les estimations des hauteurs de gros béton sont données à partir de l'arase supérieur de la PFT considérée à la cote 287,51 m NGF).

Sondage	Cote sondage	Prof. formation ancrage	Cote formation + ancrage 20 cm	Hauteur / AS fondations
-	[m NGF]	[m/TA]	[m NGF]	[m]
Pnd2	392,1	3,2	388,7	0,6
ST1	391,1	3,0	387,9	0,6

Sondage	Cote sondage	Prof. formation ancrage	Cote formation + ancrage 20 cm	Hauteur / AS fondations
-	[m NGF]	[m/TA]	[m NGF]	[m]
ST2	390,2	2,0	388,0	0,6
ST3	389,3	5,0	384,1	3,7
ST201	389,1	3,4	385,5	2,3
ST202	389,2	3,4	385,6	2,2
ST203	391,0	3,4	387,4	0,6
ST204	389,2	4,4	384,6	3,2
Pnd301	389,6	3,8	385,6	2,2
Pnd302	390,0	3,2	386,6	1,2
Pnd303	389,8	3,2	386,4	1,4
Pnd304	390,2	2,6	387,4	0,6
Pnd305	390,3	2,4	387,7	0,6

En bleu les sondages situés en partie amont du bâtiment, en jaune les sondages situés à l'aval.

Une attention particulière devra être apportée à la bonne réalisation des fondations par blindage et havage, notamment avec la mise en place d'un blindage à l'avancement (dont les dimensions respecteront la contrainte de sol donnée au §4.3.2 et les plans de coffrage du BET Structure), du terrassement par havage à l'intérieur avec tarière ou benne preneuse jusqu'à obtenir un ancrage de 20 cm dans la formation 2 et du coulage du béton au tube plongeur par le fond sans pomper. En effet un pompage peut générer un entrainement de fines et une décompression du fond de fouille.

Dans cette optique, pour visualiser les fonds de fouilles de fondations, nous conseillons au Maître d'Ouvrage de faire réaliser un complément de mission de visite des fonds de fouilles (mission G4 ou G5) afin de s'assurer que les fondations intéressent bien les faciès préconisés.

4.3.7. Tassements sous fondations

D'après les descentes de charges communiquées, les dimensions des semelles indiquées sur les plans de coffrages et la contrainte maximale admissible par le sol de 0,3 MPa ELS, on obtient le tassement absolu théorique suivant :

Dimensions	Descente de charges	Tassement absolu estimé
[cm]	[kN]	[cm]
SF 50	30	< 1,0
SF 80	125	< 1,0

SI 100	168	< 1,0
SI 120	250	< 1,0

Sous réserve que les charges du projet ne dépassent pas les valeurs considérées et que les contraintes sous fondations restent inférieures à 0,3 MPa ELS (conformément au tableau § 4.3.2), les tassements absolus resteront inférieurs au centimètre.

4.3.8. Ouvrages annexes

ABRI A BATEAUX

L'abri à bateaux sera porté sur des semelles isolées.

Ces semelles seront ancrées dans la formation 1 en respectant l'ancrage hors-gel à -0,9 m/TF.

Les sondages dans ce secteur sont PM1, Pnd1, Pnd306 et Pnd307, pour ces fondations on pourra considérer une contrainte de sol de 0,15 MPa ELS.

Les fonctions seront mises en œuvre dans les règles de l'Art en respectant les dispositions constructives données précédemment dans le §4.3.

Les charges sous fondations seront de l'ordre de 10 t ELS et sous réserve que les contraintes sous fondations ne dépassent pas la contrainte de sol de 0,15 MPa ELS, les tassements sous les fondations de l'abri à bateaux resteront inférieurs à un centimètre.

ESCALIER ECURIE

L'escalier de l'écurie sera posé sur un radier sur couche de forme de 30 cm reposant sur un géotextile, avec des bûches hors-gel qui seront descendues à -0,9 m/TF.

Les sondages dans le secteur sont Pnd307 et RF1.

Il sera nécessaire de réaliser des redans en gros béton à 2V/3H jusqu'à l'arase inférieure des semelles existantes à environ 388,4 m NGF.

4.4. Traitement des niveaux bas

L'hypothèse retenue est une charge uniformément répartie (C.U.R au sens du DTU 13.3) de **5 kN/m²**.

Compte tenu de l'hétérogénéité des terrains au droit du projet et de l'encastrement du futur bâtiment dans la pente du terrain, occasionnant des fonds de forme hétérogènes, la réalisation d'un dallage sur terre-plein n'est pas envisageable compte tenu du risque important de tassements différentiels sous dallages et des désordres associés.

Dans ces conditions les niveaux bas seront traités en dalle portée par la structure.

Cette solution présente de surcroît l'avantage d'éviter tous problèmes liés au compactage (vibrations sur les avoisinants, risque de microfissuration), au tassement différentiel avec la structure, à la gestion des travaux de terrassement pour préserver le fond de fouille en fonction des intempéries, à l'adaptation de

l'épaisseur de plate-forme vis-à-vis des hétérogénéités géologique et d'état hydrique, et à la réception de la plate-forme support de dallage (tassement, drainage, cloutage...).

Notons dès à présent que compte tenu de la présence pérenne d'eau souterraine, un tapis drainant devra être mis en place sous le niveau bas, permettant une meilleure protection vis-à-vis de l'eau en phase définitive ainsi qu'une plate-forme de travail traficable en phase provisoire.

IMPORTANT : Toute machine sensible aux vibrations et/ou tassements et/ou dépassant la C.U.R. doit faire l'objet d'un traitement spécifique en termes de fondations et d'étude (radier désolidarisé, fondations profondes, renforcement de sol, etc.).

IMPORTANT : Dans le cas de niveaux décalés ou dans les zones remblayées contre les murs enterrés, (comme c'est notamment le cas au niveau de la façade amont où il est prévu de réaliser un dallage périphérique d'environ 2,0 m de largeur le long de la façade, ainsi qu'un parvis au niveau de l'entrée haute du bâtiment d'environ 10 x 8 m) afin d'éviter des désordres sur ces ouvrages, il sera nécessaire de traiter ces dallages/trottoirs périphériques en dalle portée/en balcon (accrochés à la structure porteuse ou à des appuis intermédiaires) au minimum dans les zones qui ont été remblayées contre les murs enterrés du niveau inférieur.

4.5. Couche de forme et remblais techniques

Des couches de forme seront nécessaires sous les voiries. De plus, un tapis drainant devra être mis en place sous le niveau bas du projet.

Notons que lors de la réalisation du sondage PM201 au niveau du parking amont, nous n'avons pas mis en évidence la présence d'une plate-forme sous l'enrobé. De légers désordres (fissurations, tassements) étaient observables, néanmoins compte tenu de la bonne portance des terrains sous-jacents (formation 1), ces désordres restaient minimes.

Les complexes de couches de forme proposés ci-dessous ne sont que des estimations basées sur les données en notre possession à ce stade du projet et seront à adapter en phase chantier selon les conditions d'exécution, les matériaux utilisés, et les hétérogénéités du fond de terrassement. Il s'agit là de donner une prévision qui suppose la réalisation des travaux dans les règles de l'art dans des conditions météorologiques favorables (temps non pluvieux). Seuls les critères de portance sont à considérer comme obligation de résultats et il appartient à l'entreprise de mettre en œuvre des matériaux et épaisseurs adaptés afin de les respecter.

D'après le DTU 13.3 Dallage, les critères de portance à respecter à minima sont un $EV_2 \geq 50$ MPa pour une C.U.R inférieure ou égale à 20 kN/m².

Des essais de laboratoire et une planche d'essais de chargement à la plaque pourront être réalisés pour préciser les épaisseurs réellement à mettre en œuvre, avant le démarrage des travaux.

PREVISIONS DES COMPLEXES DE COUCHE DE FORME

	Voirie PF2
Critères à atteindre	$K_w > 50$ MPa/m - $EV_2 > 50$ MPa - $EV_2/EV_1 < 2,2$

	Voirie PF2
Essais de contrôle	Essais de chargement à la plaque 1 unité/300m ² - Minimum 2
Exemple de matériaux de couche de forme	GTR D ₃₁ 0/80 mm bien étagé, < 12 % de fines, VBS < 0,1 Naturels et drainants insensibles à l'eau ($E_y > 120$ MPa)
Hypothèses des caractéristiques du fond de forme	Formation 1 – Graveleuse et Formation 2 $EV_{2FF} \approx 25$ MPa ⁽¹⁾ par corrélation à partir d'essais in-situ
Complexe de couche de forme estimée pour atteindre les critères de portance	Géotextile anti contaminant (classe 5) + 30 cm de couche de forme

(1) Le fond de forme étant sensible à l'eau, sa portance (valeur de EV_{2FF}) peut rapidement chuter si sa teneur en eau augmente (venues d'eau souterraines, zones plus humides, précipitations...) nécessitant la réalisation de purges/substitutions ou d'un cloutage éventuellement associé à un réseau de tranchées drainantes pour assainir le fond de terrassement.

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE / PHASAGE

Les plates-formes et remblais techniques devront être réalisés en respectant les recommandations du guide technique SETRA LCPC (1992) et les dispositions constructives et phasage suivants :

- Purge en totalité de la terre végétale, des enrobés, des racines, des souches, des vestiges d'ouvrages, des remblais évolutifs (briques, plâtre, bois, textile, déchets poubelliers...), et décaissement à l'avancement à la pelle rétro au godet de curage sans dent jusqu'à la cote de fond de terrassement ;
- Terrassement et compactage primaire du sol d'assise en évitant la circulation des engins pour ne pas provoquer de remaniement ;
- Purge / substitution ou cloutage des zones peu portantes présentes en fond de terrassement, jusqu'à obtenir une portance EV_{2FF} au moins égale aux hypothèses considérées dans le tableau ci-dessus ;
- Pour le bâtiment, réalisation des tranchées drainantes, descendues à -0,5 m/FF ;
- Mise en place d'un géotextile anti contaminant à l'avancement ;
- Mise en œuvre de la couche de forme soigneusement compactée à l'avancement selon les règles en vigueur, par couches de 0,3 m au maximum pour les voiries, et du tapis drainant pour le bâtiment ;
- Pour les voiries, vérification du compactage à l'aide d'essais à la plaque en recherchant $EV_2 \geq 50$ MPa.

4.6. Protection vis-à-vis de l'eau

Le site est parcouru de circulations d'eaux superficielles pérennes (nappe de versant), qui recoupent l'emprise du projet (parties enterrées).

GESTION DES EAUX EN PHASE DEFINITIVE - DRAINAGE

Compte tenu de la faible perméabilité des terrains en place, de la pente du terrain, des venues d'eau rencontrées au droit de nos sondages et du projet comportant des parties enterrées, un système de drainage vertical soigné (géocomposite de protection et de drainage de type ENKADRAIN® ou équivalent, ou hourdis, ou protection de type Delta MS®, et remblai drainant 20/60 mm sur 50 cm mini), efficace et pérenne, sera à prévoir au niveau des parties enterrées.

Un drainage périphérique au niveau des fondations devra être réalisé conformément au DTU 20.1 avec des drains de type autoroutier, résistants et crépinés aux deux tiers, emballés de graviers dans une chaussette géotextile et des regards visitables aux changements de direction.

Le drainage définitif devra être connecté à un exutoire pérenne.

Pour les murs de soubassement perpendiculaires à la pente, les murs aval seront percés à leur base de barbacanes pour éviter la stagnation de l'eau de ruissellement à leur amont.

On rappelle qu'un tapis drainant sera à prévoir sous le niveau bas du bâtiment.

MURS ENTERRES – ETANCHEITE

Compte tenu du projet prévoyant la réalisation de murs enterrés abritant des locaux nobles, nous recommandons à minima la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité soudée, avant la mise en place du dispositif de drainage vertical.

Dans tous les cas, il incombera à l'équipe en charge du projet (maîtrise d'œuvre / maîtrise d'ouvrage) de choisir, les systèmes d'étanchéité (membrane d'étanchéité, cuvelage relativement étanche, imperméabilisation, cuvelage intérieur.....) s'appuyant sur les DTU 14.1 et 20.1, en fonction notamment de la destination des locaux enterrés et des objectifs souhaités en termes de protection.

On veillera à réaliser une arase étanche conforme au DTU 20.1 (15 cm minimum au-dessus du sol extérieur).

La fosse ascenseur sera cuvelée, ainsi que l'ensemble des parties enterrées si aucun suintement au sein de ces dernières n'est accepté par l'équipe en charge du projet (maîtrise d'œuvre / maîtrise d'ouvrage).

GESTION DES EAUX EN PHASE PROVISOIRE - POMPAGE

Des précautions d'usage seront à respecter :

- 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 ;
- Protéger le fond de fouille en cas d'intempéries : les surfaces devront être réglées et fermées avant l'arrivée des intempéries ;
- Protéger les talus des intempéries avec des bâches imperméables résistantes correctement fixées, **et mettre en place des éperons ou masques drainants en cas de venues d'eau dans les talus ;**

- **Réaliser des cunettes de collectes ou des tranchées drainantes en pied de talus pour évacuer les eaux en dehors de l'emprise du projet ;**
- En cas de venue d'eau, aucune stagnation ne sera tolérée et la mise en place d'un dispositif de drainage (tranchées drainantes descendues au moins 0,5 m sous le fond de terrassement et puisards) et évacuation gravitaire ou d'un système de pompage si nécessaire sera à prévoir, la réalisation de tranchées drainantes complémentaires sera à prévoir si besoin. Si de l'eau a stagné sur le fond de terrassement, les épaisseurs de plate-forme et contraintes de calculs données dans ce rapport pourront ne plus être valables.

4.7. Terrassement - Talutage - Soutènement

TERRASSEMENT – DEMOLITION – DEVOIEMENT RESEAUX

Des ouvrages existants présents sur le site seront démolis pour les besoins du projet.

Les réseaux recoupant l'emprise des terrassements du projet ou se situant à proximité immédiate devront être préalablement purgés ou déviés.

Le remblaiement de ces purges devra être réalisé avec des matériaux drainants et naturels insensibles à l'eau de type GTR D₃₁ soigneusement compactés à 98,5 % de l'OPN (qualité q₃). Des essais pénétrométriques et des essais de chargement à la plaque seront à prévoir pour vérifier la bonne compacité de ces remblaiements.

Les travaux de terrassement seront réalisés en période sèche, non pluvieuse.

Ils devraient pouvoir s'effectuer en totalité à l'aide d'une pelle mécanique puissante. Quoi qu'il en soit, les moyens devront être adaptés à la géologie constatée.

REMBLAIEMENT

Les différents remblaiements devront être mis en œuvre en respectant les recommandations du guide technique SETRA LCPC (GTR 1992) avec un compactage à 95 % de l'OPN pour une qualité remblai (q₄) et 98,5 % de l'Optimum Proctor pour une qualité couche de forme (q₃).

REUTILISATION DES DEBLAIS

Sondage	Prof.	GTR	Réutilisation
PM204	2,0	A1th	Pas de réutilisation en l'état en remblais techniques ou couche de forme, nécessité de réduire la teneur en eau (puis traitement avec liant hydraulique et/ou chaux).
PM205	1,5	C1B5	Sols réutilisables en remblais techniques ou couche de forme, après criblage et élimination de la fraction grossière.

POUSSEE DES TERRES

Pour les calculs des murs enterrés faisant soutènement (murs en béton banché armé), on retiendra en première approche les paramètres suivants à long terme :

Faciès	ϕ'	c' (long terme)	γ
	[°]	[kPa]	[kN/m³]
Formations 1 et 2	28	0	20

En présence d'une pente amont d'angle β , le coefficient k_0 sera déterminé selon l'expression empirique suivante : $k_0(\beta) = k_0(0^\circ) \times (1 + \sin \beta)$.

TALUS – SOUTÈNEMENTS PROVISOIRES

En l'absence de problèmes d'emprise vis-à-vis des limites de propriétés, des avoisinants, des réseaux, et sous réserve que le fond de terrassement se situe au-dessus d'arrivées d'eau, un terrassement par talutage est envisageable.

Compte tenu de la très mauvaise tenue des terrains à court terme en présence d'eau, des dispositions spécifiques seront à mettre en œuvre tout au long des terrassements de pleine masse ainsi que dès l'arrivée de venues d'eau dans les talus (masques et éperons drainants, tranchées drainantes en pied de talus...).

Phase	Hauteur de talutage	Pente max.	Hauteur max.
Provisoire (< 3 mois)	Jusqu'à 2,5 m de hauteur	2V/3H (33°) + masques drainants	2,5 m
	Au-delà de 2,5 m de hauteur : risberme de 2,0 m de largeur	2V/3H (33°) + éperons drainants au niveau des venues d'eau + cunette/tranchée de récupération sur la risberme	2,5 m

IMPORTANT : Les pentes de talus données ci-dessus devront être adaptées en phase chantier. Dans cette optique, une mission de suivi des terrassements pourra nous être confiée (mission de type G4, cf. norme NF P 94-500).

Si des talus provisoires de plus grande hauteur ou de pente plus raide sont envisagés, ils nécessiteront une étude spécifique justifiant leur stabilité.

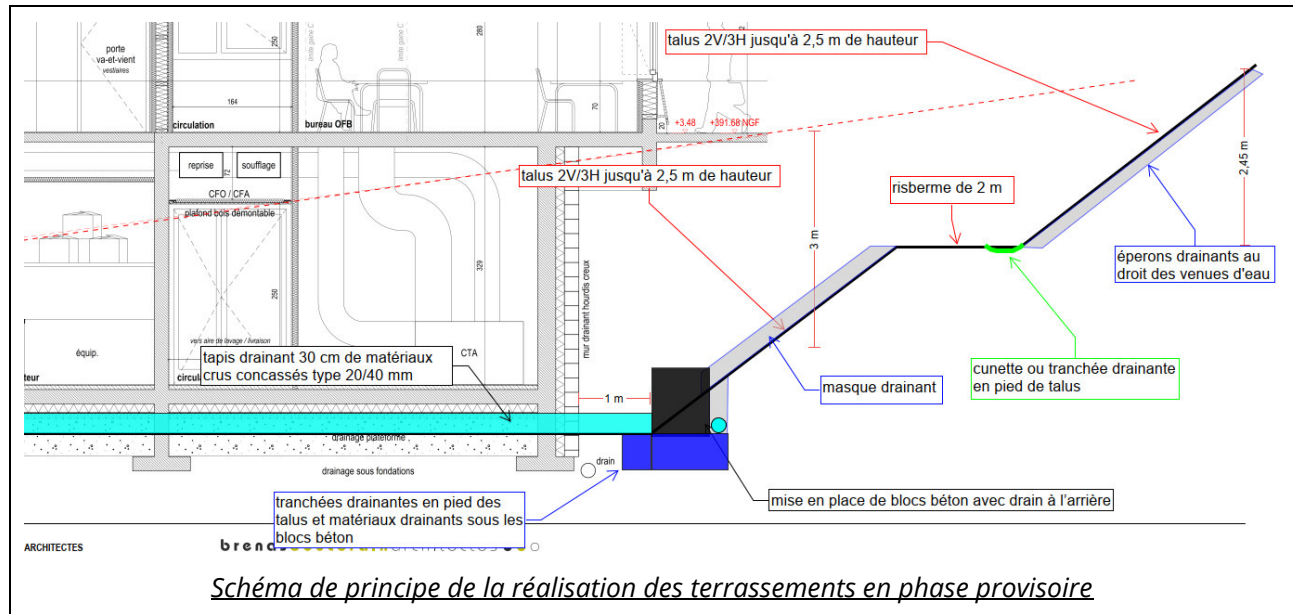
On évitera toute surcharge en crête de talus (voirie, remblais, grue...). En cas de signe d'instabilité, on devra pouvoir avoir un recul suffisant vis-à-vis de la limite de propriété (avoisinant, route, réseaux...) pour abaisser la pente des talus, ou mettre en œuvre des solutions de confortement.

Des masques drainants seront mis en place sur les talus jusqu'à 2,5 m de hauteur. Sur les talus au-delà de 2,5 m de hauteur, des éperons drainants seront mis en place au droit des venues d'eau.

Des cunettes ou tranchées drainantes seront à prévoir au pied des talus.

Un blocage en pied de talus au moyen de blocs béton empilables (type blocs TITAN®) sera à mettre en œuvre afin de stabiliser le pied des talus (en première approche on pourra envisager un lit de blocs bétons de dimensions 0,8 x 0,8 x 1,2 m).

Les talus provisoires devront être protégés des intempéries par des bâches imperméables et résistantes correctement fixées. Une surveillance de la déformation des talus sera nécessaire.



Les talus définitifs devront être revégétalisés afin d'être protégés contre l'érosion superficielle, en première approche on pourra considérer une pente de talus de 2V/3H (33°) sur une hauteur max de 2,0 m en phase définitive. Si des talus définitifs de plus grande hauteur ou de pente plus raide sont envisagés, ils nécessiteront une étude spécifique justifiant leur stabilité.

STABILITE DE SITE ET TRAVAUX V.R.D

Tout site présente un état de stabilité lors de la réalisation de nos sondages et essais. Toute création de talus et /ou de remblaiement, peut remettre en cause l'état de stabilité d'un site par rapport à son état avant travaux, en particulier pour les terrains en pente.

Ainsi, suite à la réalisation de la présente étude, dans le cadre de la conception et de la réalisation des travaux de terrassement ou d'aménagements paysagers, on devra intégrer l'impact de ces travaux sur la sensibilité du site vis à vis de son état de stabilité.

Par conséquent, tout aménagement du site, non étudié dans le cadre de la présente étude, devra faire l'objet d'une réflexion et de l'avis de notre bureau d'étude, avec le cas échéant la réalisation d'une étude spécifique d'impact de ces aménagements sur la stabilité du site et des avoisinants.

5. Remarques et suggestions particulières – Aléas et incertitudes

Tout changement, concernant le plan de masse et/ou les caractéristiques du projet, devra nous être signalé. En effet toutes modifications pourraient influencer les solutions retenues et il pourrait alors être nécessaire de revoir tout ou partie de nos conclusions. Cette réflexion est notamment valable au cas où les descentes de charges du projet seraient supérieures à nos hypothèses. Les résultats sont valables uniquement au droit de nos sondages, en effet, des variations latérales sont toujours possibles.

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle sans l'accord écrit de la société EGSOL ALPES, ne saurait engager sa responsabilité.

Le présent rapport de type « G2 PRO » rentre dans le cadre de l'enchaînement des missions géotechniques types décrit dans la norme NFP 94-500. Nous restons à la disposition du Maître d'ouvrage pour assurer des missions de type DCE/ACT, G4 et G5 en concordance avec la norme NFP 94-500 jointe en annexe applicable depuis novembre 2013.

En particulier, au stade actuel de l'information sur l'ingénierie géotechnique du chantier, il reste des points à préciser et ce dans le cadre de l'enchaînement des missions géotechniques :

- La validation des fonds de fouille des fondations, le suivi des travaux de fondations (type puits busés en partie aval), la réception des plates-formes et le suivi des travaux de terrassements (mission G4) ;
- La gestion des eaux en phases provisoire (drainage, étanchéité, cuvelage...) et définitive (tranchées/éperons drainants...) ;
- La gestion des mitoyennetés.

L'Ingénieur Chargé d'affaire ,

Victor COUPILLAUD



Contrôle Interne,

Raphaël ALBERTINI



ANNEXES

EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2013

PLAN DE SITUATION

PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES

COUPES DES PUIITS A LA PELLE

DIAGRAMMES DES ESSAIS PENETROMETRIQUES

PROCÈS-VERBAL DES ESSAIS DE LABORATOIRE

ESSAIS D'INFILTRATION



EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2013

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

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

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

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

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)****ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

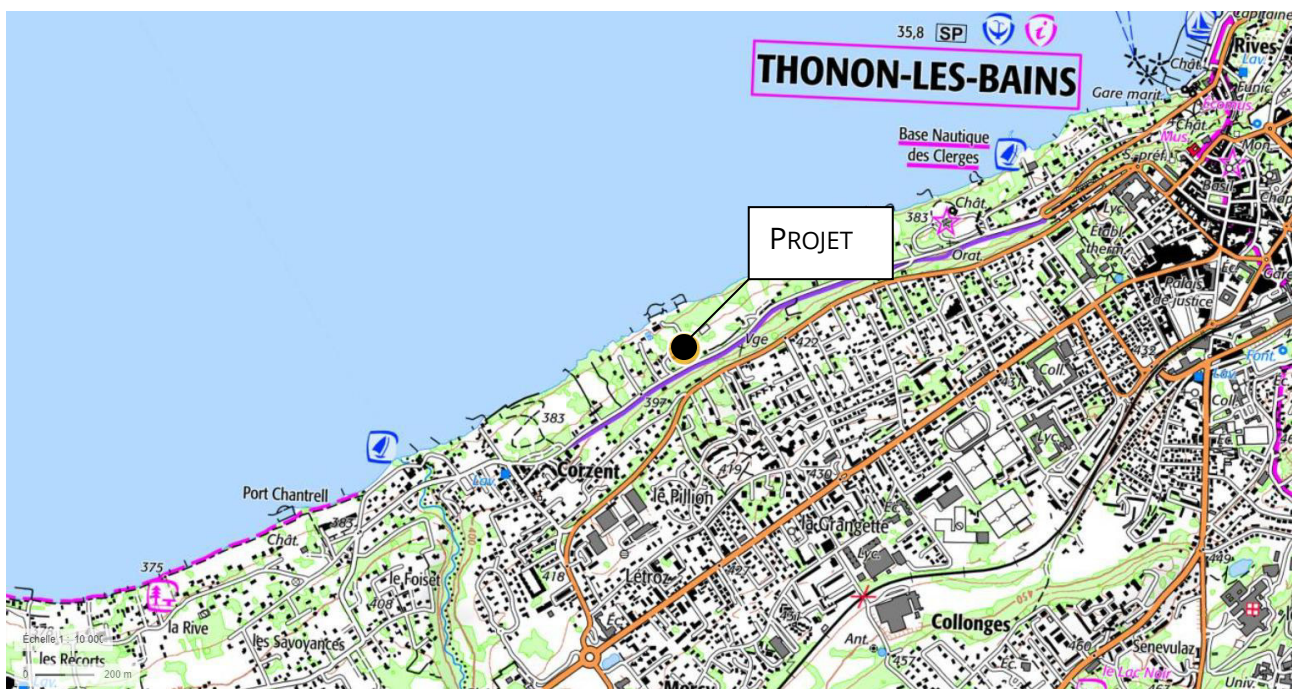
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

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

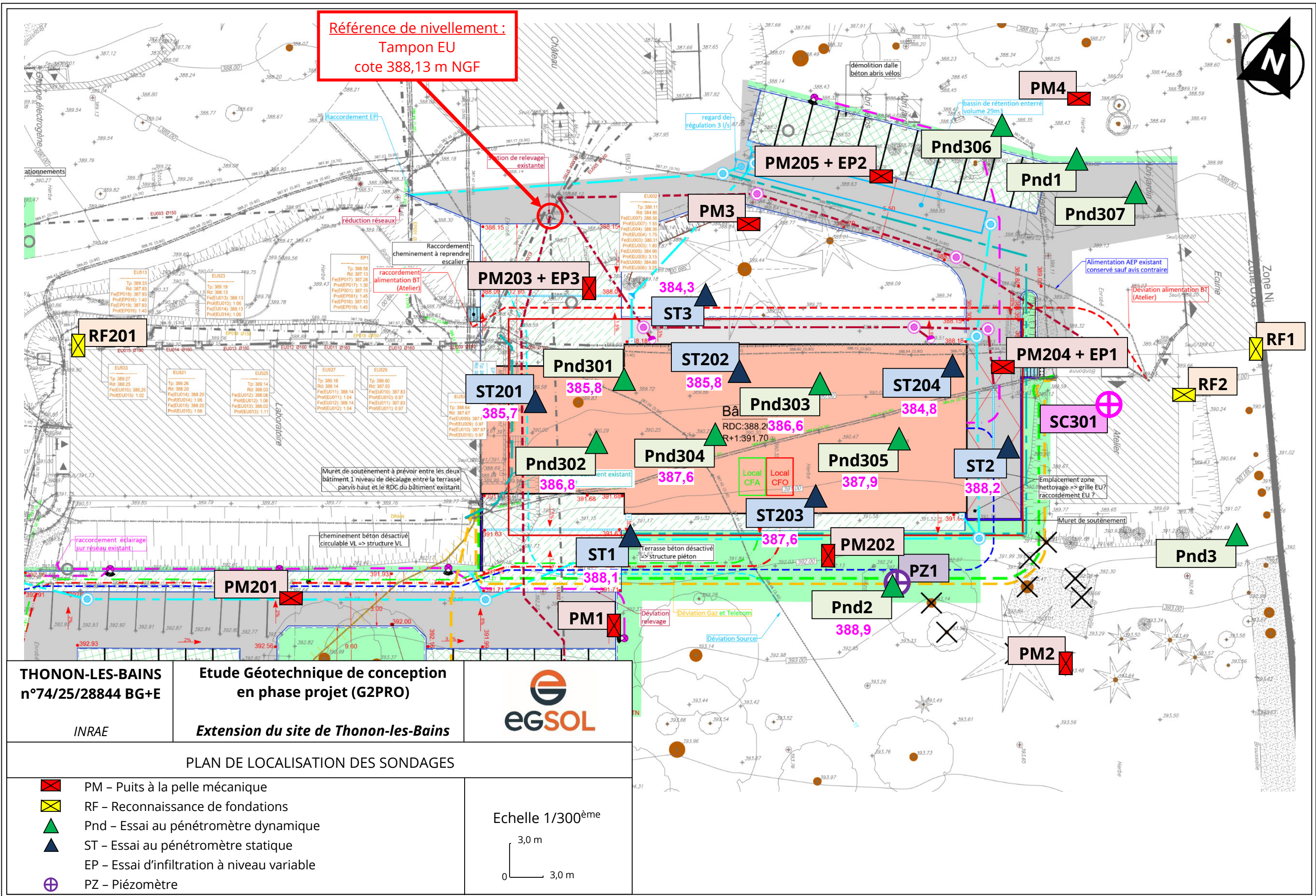
PLAN DE SITUATION

THONON-LES-BAINS - (74 - Haute-Savoie)



PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES





COUPES DES PUIITS A LA PELLE

PM1

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,2	392,0	0,0 à 0,2	Couverture végétale
0,7	391,8	0,2 à 0,9	Limons argileux à blocs et graves marron/gris Ømax = 35 cm, légèrement humide, tenue des parois moyenne
1,1	391,1	0,9 à 2,0	Sable grossier légèrement argileux à galets et graviers roulés, gris, max 15 cm, humide, tenue des parois mauvaise
0,5	390,0	2,0 à 2,5	Sable fin limoneux à rares graves Ømax = 5 cm, humide, tenue des parois moyenne
Fin du sondage	389,5		

Remarques : Venue d'eau observée à 1,90 m/TA.

Tenue des parois moyenne à mauvaise.

Arrêt du sondage éboulement des parois.



Sondage PM1

PM2

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,2	393,3	0,0 à 0,2	Couverture végétale
1,1	393,1	0,2 à 1,3	Blocs et graves sableuses légèrement limoneuses marron clair, Ømax = 40 cm, tenue des parois moyenne
0,6	392,0	1,3 à 1,9	Galets, graves et sable gris/marron Ømax = 15 cm, très raide, tenue des parois moyenne
0,6	391,4	1,9 à 2,5	Limons sableux légèrement argileux à rares graves marron, bonne tenue des parois
Fin du sondage	390,8		

Remarques : Aucune venue d'eau observée.

Tenue des parois bonne à moyenne.



Sondage PM2

PM3

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,1	388,7	0,0 à 0,1	Couverture végétale
0,9	388,6	0,1 à 1,0	Galets, graviers et sable, Ømax = 10 cm, marron clair, sec, tenue des parois moyenne
1,0	387,7	1,0 à 2,0	Galets, graviers et sable limoneux marron clair, Ømax = 20 cm, sec, très raide, tenue des parois moyenne
0,3	386,7	2,0 à 2,3	Sable grossier et graviers gris, Ømax = 10 cm, humide, tenue des parois moyenne
Fin du sondage	386,4		

Remarques : Aucune venue d'eau observée.

Tenue des parois moyenne.

Sondage PM3

PM4

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,2	388,4	0,0 à 0,2	Couverture végétale
0,4	388,2	0,2 à 0,6	Sable limono-argileux marron, bonne tenue des parois
0,8	387,8	0,6 à 1,4	Galets graves et sable marron, Ømax = 40 cm, tenue des parois moyenne
0,7	387,0	1,4 à 2,1	Sable fin limoneux, marron/gris humide, bonne tenue des parois
0,3	386,3	2,1 à 2,4	Blocs et graves avec sable gris, Ømax = 40 cm, humide, mauvaise tenue des parois
Fin du sondage	386,0		

Remarques : Aucune venue d'eau observée.

Tenue des parois bonne à mauvaise.

Sondage PM4

RF1

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,3	389,8	0,0 à 0,3	Remblais et végétaux (bambous)
0,8	389,5	0,3 à 1,1	Argile limono-sableuse gris foncé
Fin du sondage	388,7		

Remarques : Aucune venue d'eau observée.

Bonne tenue des parois.

Base de la fondation de l'écurie estimée à environ 1,4 m/TA, soit à la cote 388,4 m NGF.



Sondage RF1

RF2

Date : 11/04/2024

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
[m]	[m NGF]	[m]	
0,3	389,6	0,0 à 0,3	Remblais et drain
0,2	389,3	0,3 à 0,5	Argile limono-sableuse, gris foncé
0,5	389,1	0,5 à 1,0	Sable limono-argileux, marron
Fin du sondage	388,6		

Remarques : Venue d'eau dans le drain.

Bonne tenue des parois dans les argiles et mauvaise dans les remblais.

Base de la fondation de l'atelier reconnue à environ 0,7 m/TA, soit à la cote 388,9 m NGF.



Sondage RF2

Date : 05/06/2025

PM201

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,0	391,5	0,00 à 0,03	Enrobé
0,2	391,5	0,03 à 0,20	Couverture végétale avec racines
0,9	391,3	0,20 à 1,10	Galets, graves et sable légèrement limoneux, jaunâtre
Fin du sondage	390,4		

Remarques : Aucune venue d'eau observée

Bonne tenue des parois

Pas de couche de forme sous enrobé

Sondage PM201

Date : 05/06/2025

PM202

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,2	391,2	0,0 à 0,2	Couverture végétale et racines
0,5	391,0	0,2 à 0,7	Sable limoneux légèrement graveleux marron clair/gris
0,7	390,5	0,7 à 1,4	Galets, graves et sables gris
1,6	389,8	1,4 à 3,0	Sable limoneux à galets et graves, marron clair/jaunâtre
Fin du sondage	388,2		

Remarques : Aucune venue d'eau observée

Bonne tenue des parois

Sondage PM202

Date : 05/06/2025

PM203

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,3	389,0	0,0 à 0,3	Couverture végétale
2,3	388,7	0,3 à 2,6	Galets, graves et sable, marron clair/gris
Fin du sondage	386,4		

Remarques : Aucune venue d'eau observée

Tenue des parois bonne à moyenne

Test d'infiltration EP3 à 2,6 m/TA

Sondage PM203

Date : 05/06/2025

PM204

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,2	389,1	0,0 à 0,2	Couverture végétale
1,7	388,9	0,2 à 1,9	Sable légèrement limono-argileux avec galets et graves, gris, humide
0,5	387,2	1,9 à 2,4	Limons sableux à rares graves, gris, très humide
Fin du sondage	386,7		

Remarques : Venue d'eau observée à 0,9 m/TA 5 cm d'eau en fond de fouille au bout de 2h

Tenue des parois moyenne

Echantillon prélevé à 2,0 m/TA

Test d'infiltration EP1 à 2,4 m/TA



Sondage PM204

Date : 05/06/2025

PM205

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,5	389,4	0,0 à 0,5	Sable et petites graves, gris, racines à la base
2,1	388,9	0,5 à 2,6	Galets et graves dans matrice sableuse légèrement limoneuse jaunâtre, Ømax = 30 cm
Fin du sondage	386,8		

Remarques : Aucune venue d'eau observée

Tenue des parois moyenne à bonne

Echantillon prélevé à 1,5 m/TA

Test d'infiltration EP2 à 2,6 m/TA

Sondage PM205

Date : 05/06/2025

RF201

<i>Epaisseurs</i>	<i>Cote du toit de couche</i>	<i>Profondeurs</i>	<i>Description lithologique</i>
<i>[m]</i>	<i>[m NGF]</i>	<i>[m]</i>	
0,1	389,3	0,0 à 0,1	Couverture végétale
1,7	389,2	0,1 à 1,8	Remblais de galets, graves et sable marron/gris
Fin du sondage	387,5		

Remarques : Venue d'eau observée à 1,5 m/TA Eau de drainage ?

Très mauvaise tenue des parois, arrêt du sondage éboulement des parois

Base de la fondation non reconnue > 1,8 m/TA, soit à la cote < 389,2 m NGF



Sondage RF201

DIAGRAMMES DES ESSAIS PENETROMETRIQUES

Principe du pénétromètre dynamique - NF EN 22476-2

L'essai pénétrométrique consiste à battre, à l'aide d'un mouton de masse 63,50 kg un train de tiges équipé d'un cône de pénétration de surface connue (20 cm²). La hauteur de chute du mouton est de 75 cm. Le principe de l'essai consiste à noter le nombre de coups nécessaire à un enfoncement unitaire de 20 cm.

Les essais de pénétration permettent de déterminer la *résistance dynamique apparente* **R_{da}** des terrains traversés, calculée à partir de la formule présentée ci-dessous :

$$R_{da} = \frac{Mgh}{Ae} + \frac{M}{M + M'}$$

avec : <i>M</i>	<i>masse du mouton,</i>
<i>g</i>	<i>accélération de la pesanteur (9,8 ms⁻²),</i>
<i>h</i>	<i>hauteur de chute libre (75 cm),</i>
<i>A</i>	<i>section droite de la pointe (20 cm²),</i>
<i>e</i>	<i>l'enfoncement par coup,</i>
<i>M'</i>	<i>masse cumulée restante.</i>

Principe du pénétromètre statique - NF EN 22476-12

L'essai consiste à enfoncer, à vitesse lente et constante (0,5 à 2 cm par seconde) des tiges munies d'une pointe à leur extrémité. Il est conçu pour mesurer le frottement latéral sur les tubes extérieurs qui entourent la tige centrale et les efforts sous la pointe.

Les avantages de la pénétration statique et dynamique ont été réunis en un seul appareil (pénétromètre statique-dynamique). Tant que les couches traversées n'offrent pas une forte résistance importante, l'essai est réalisé en statique. Cependant, dès que l'appareil est bloqué, on poursuit l'essai en dynamique. Et si la résistance décroît ultérieurement, il est possible de reprendre en statique.

On trace alors les diagrammes suivants :

q_c	<i>Résistance de pointe (MPa)</i>
F_s (kPa)	<i>le frottement latéral</i>
F_s/Q_c (%)	<i>le rapport de la résistance de pointe sur le frottement latéral</i>

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd1



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 388,3 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 1,284 kg

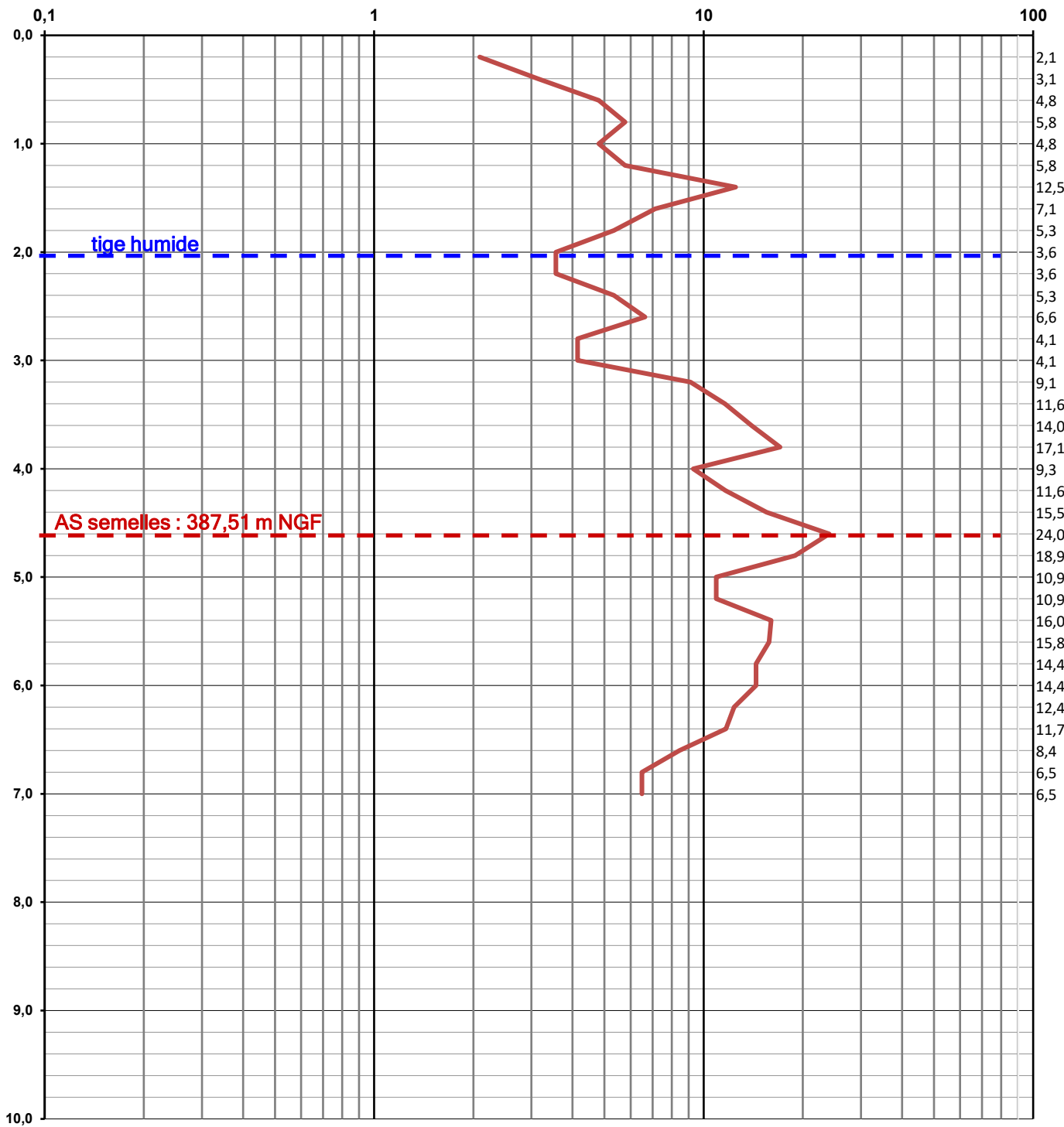
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd2



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 392,1 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²
Masse = 63,5 kg

Enfoncement = 0,2 m
Masse additionnelle = 1,284 kg

Hauteur de chute = 0,75 m

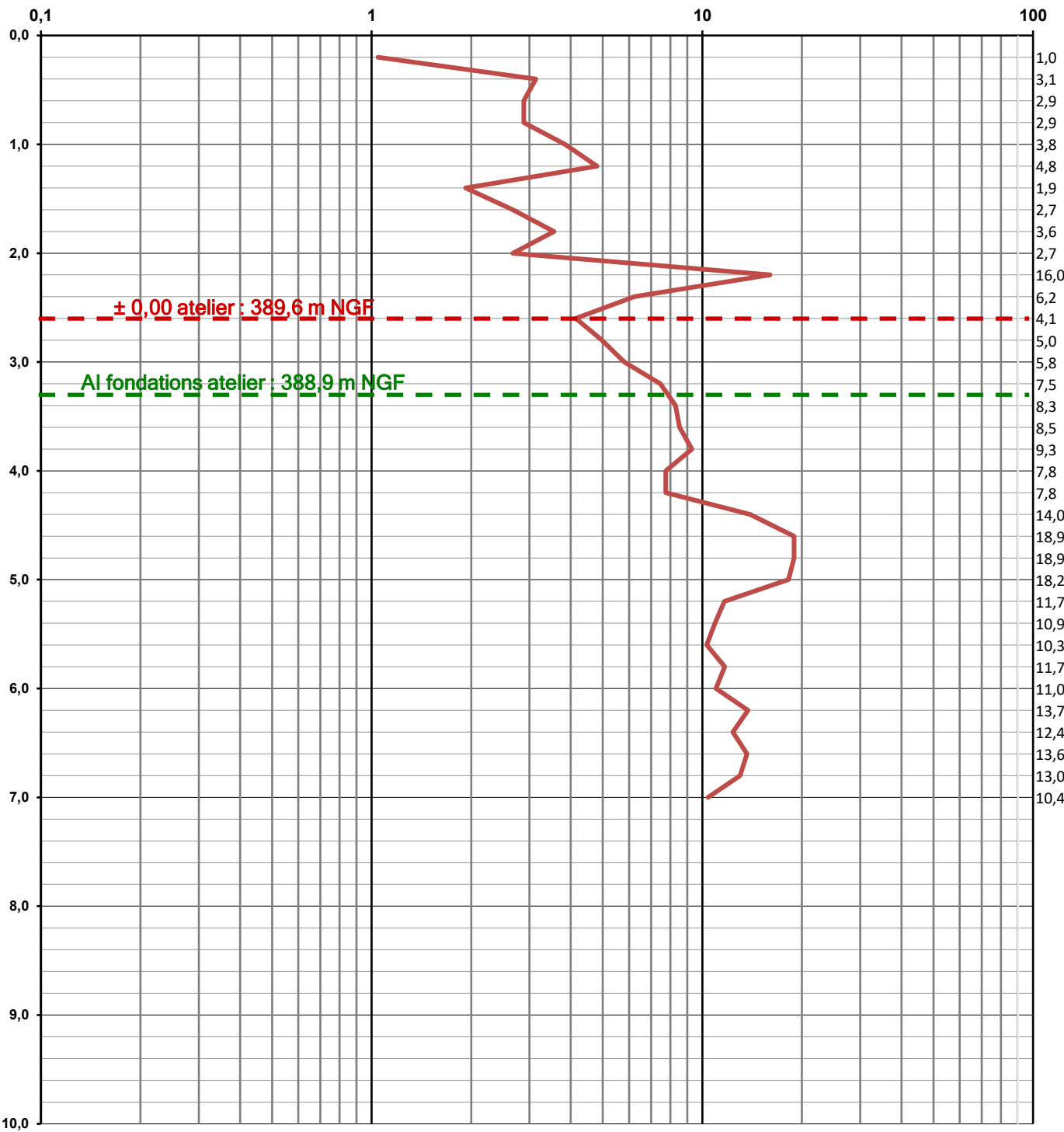
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd3



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 392,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 1,284 kg

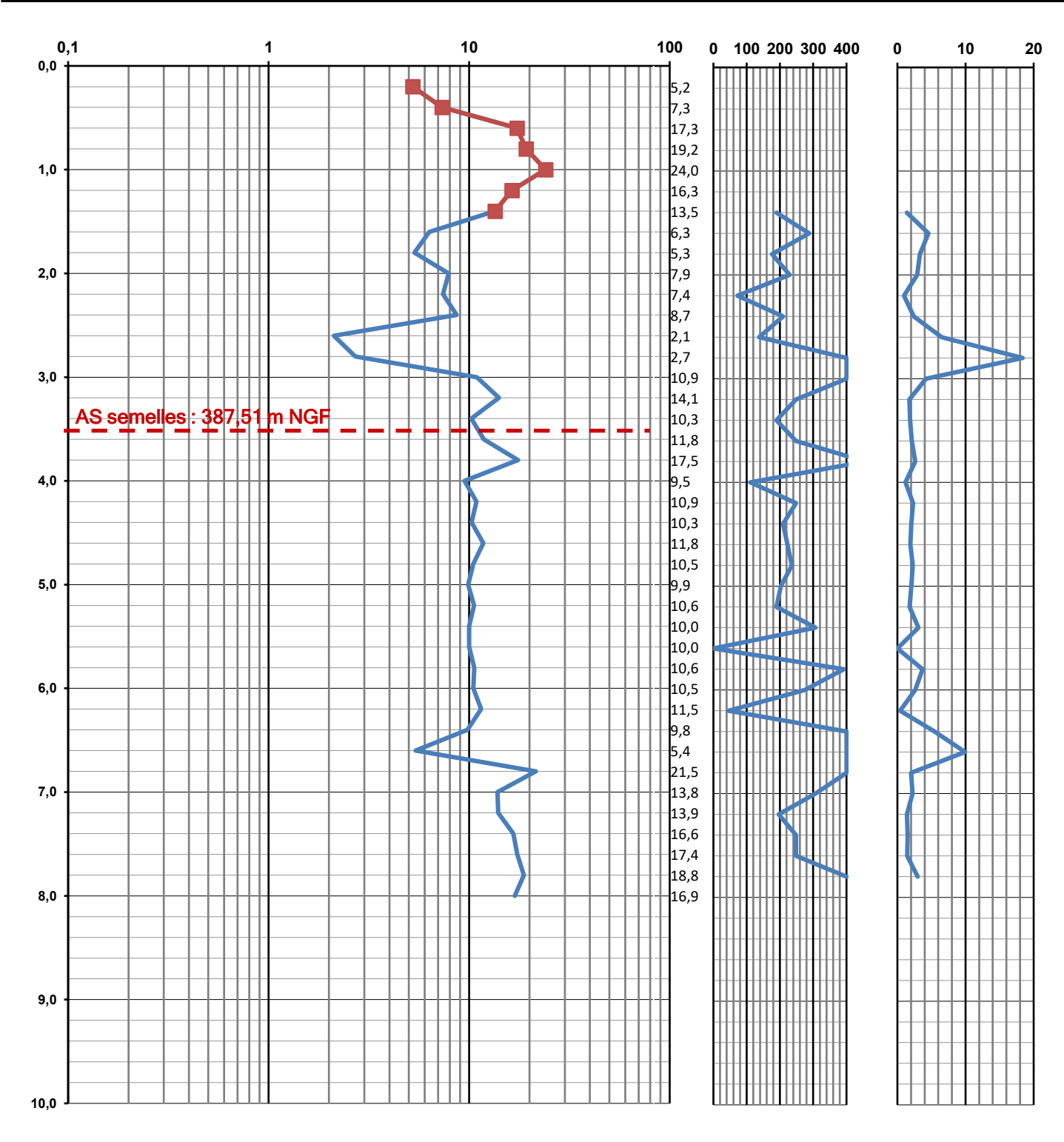
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St1



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 391,1 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm² Angle de la pointe = 60° — : Pénétration statique
Vitesse d'avancement = 2 cm/s Diamètre de la pointe = 35,7 mm —■— : Pénétration dynamique

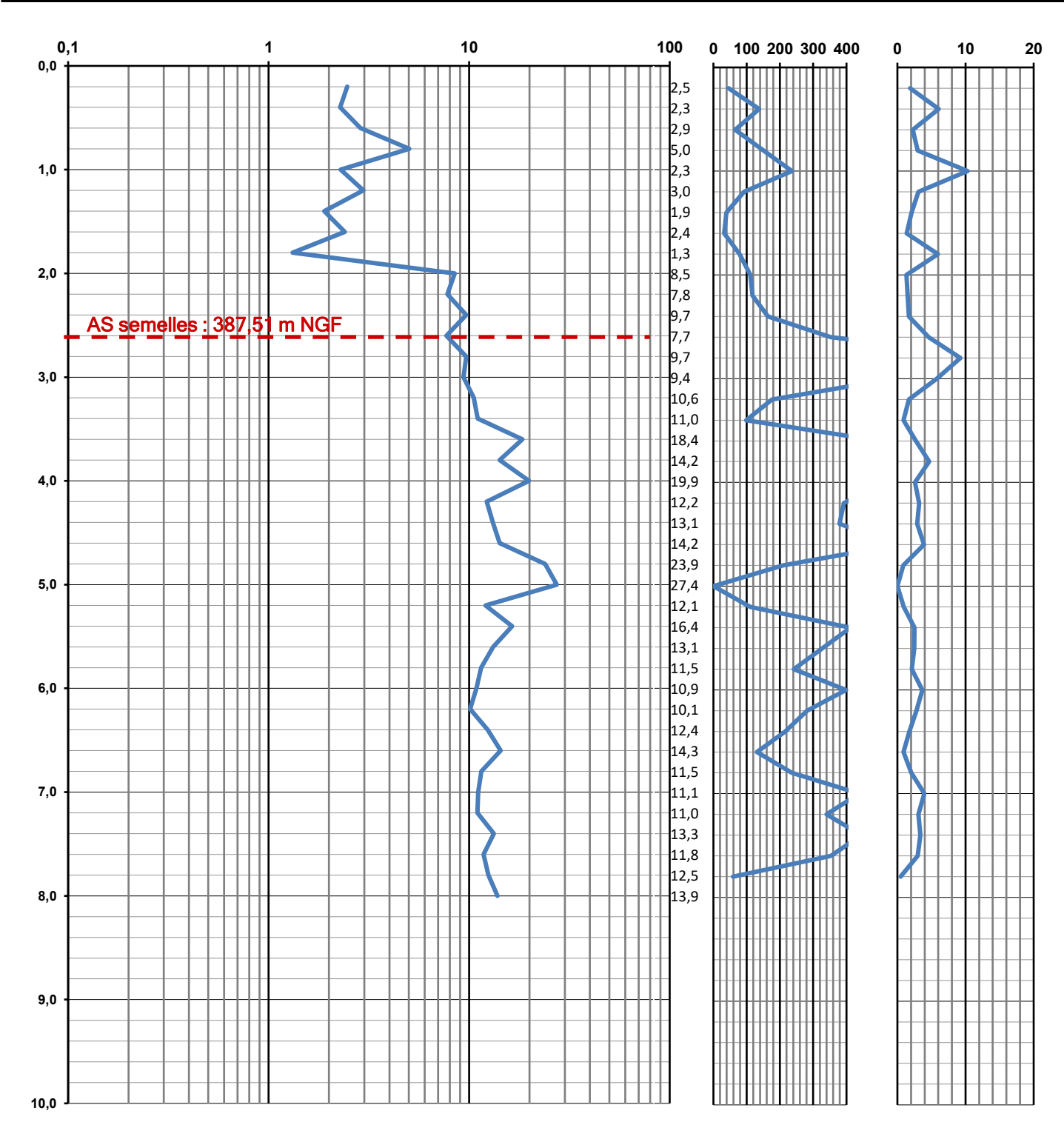
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St2



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 390,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm² Angle de la pointe = 60° : Pénétration statique
Vitesse d'avancement = 2 cm/s Diamètre de la pointe = 35,7 mm : Pénétration dynamique

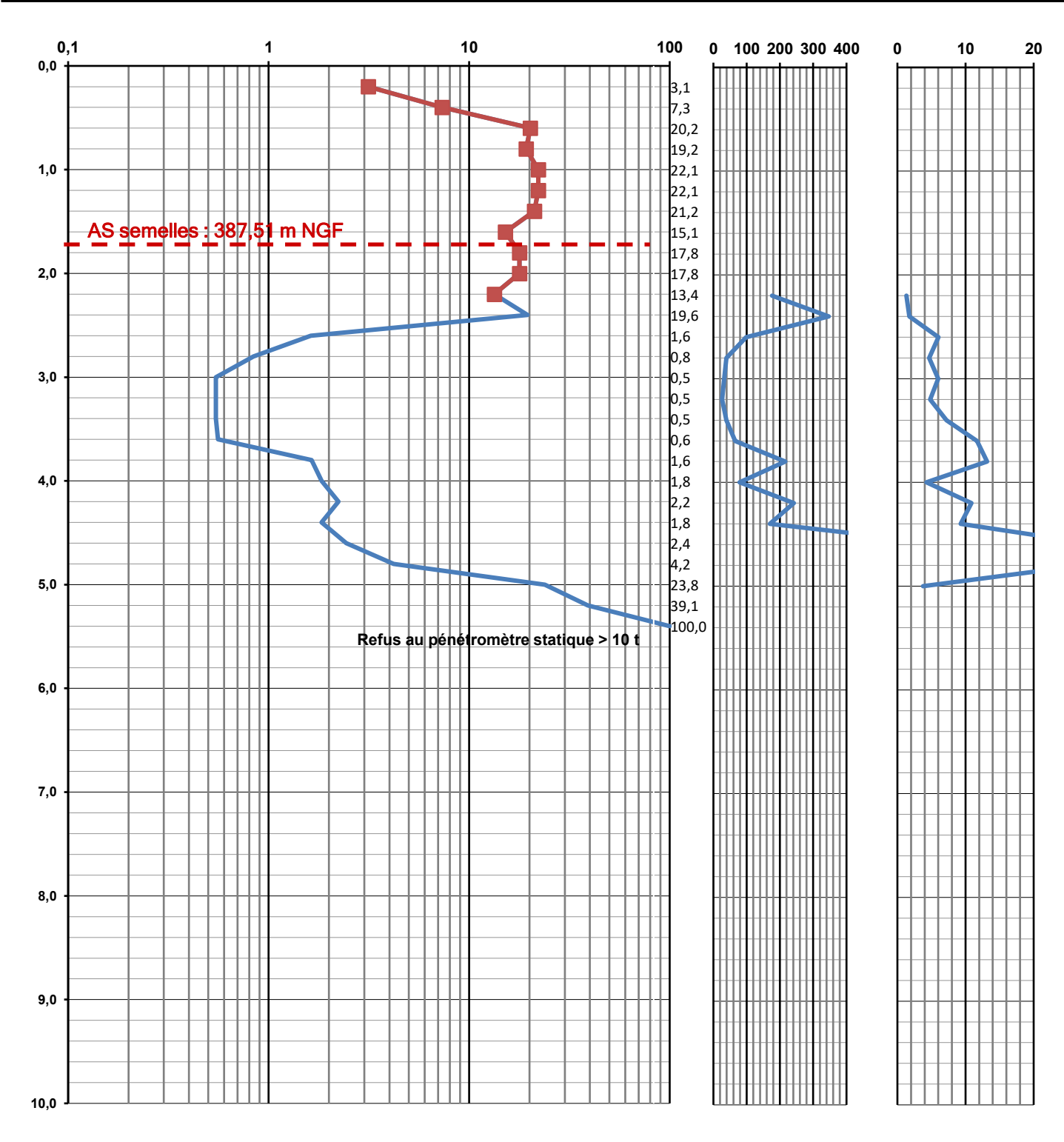
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St3



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON-LES-BAINS

Numéro du dossier : 74/24/28844_G+E
Date de réalisation : 11/04/2024
Cote du sondage : 389,3 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm² Angle de la pointe = 60° — : Pénétration statique
Vitesse d'avancement = 2 cm/s Diamètre de la pointe = 35,7 mm —■— : Pénétration dynamique

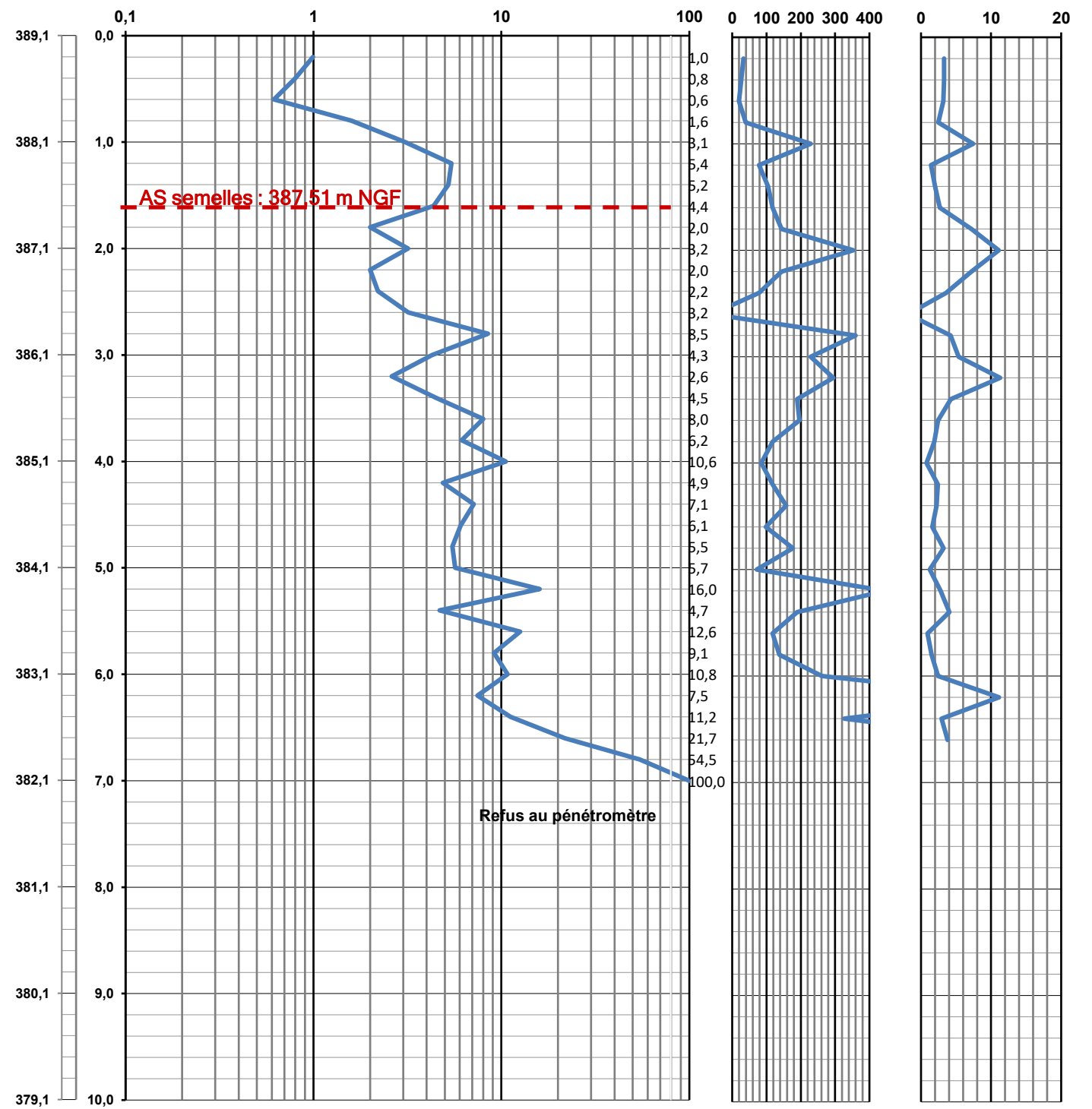
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St201



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE SBFC
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844 BG+E
Date de réalisation : 05/06/2025
Cote du sondage : 389,1 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm²
Vitesse d'avancement = 2 cm/s

Angle de la pointe = 60°
Diamètre de la pointe = 35,7 mm

— : Pénétration statique
— : Pénétration dynamique

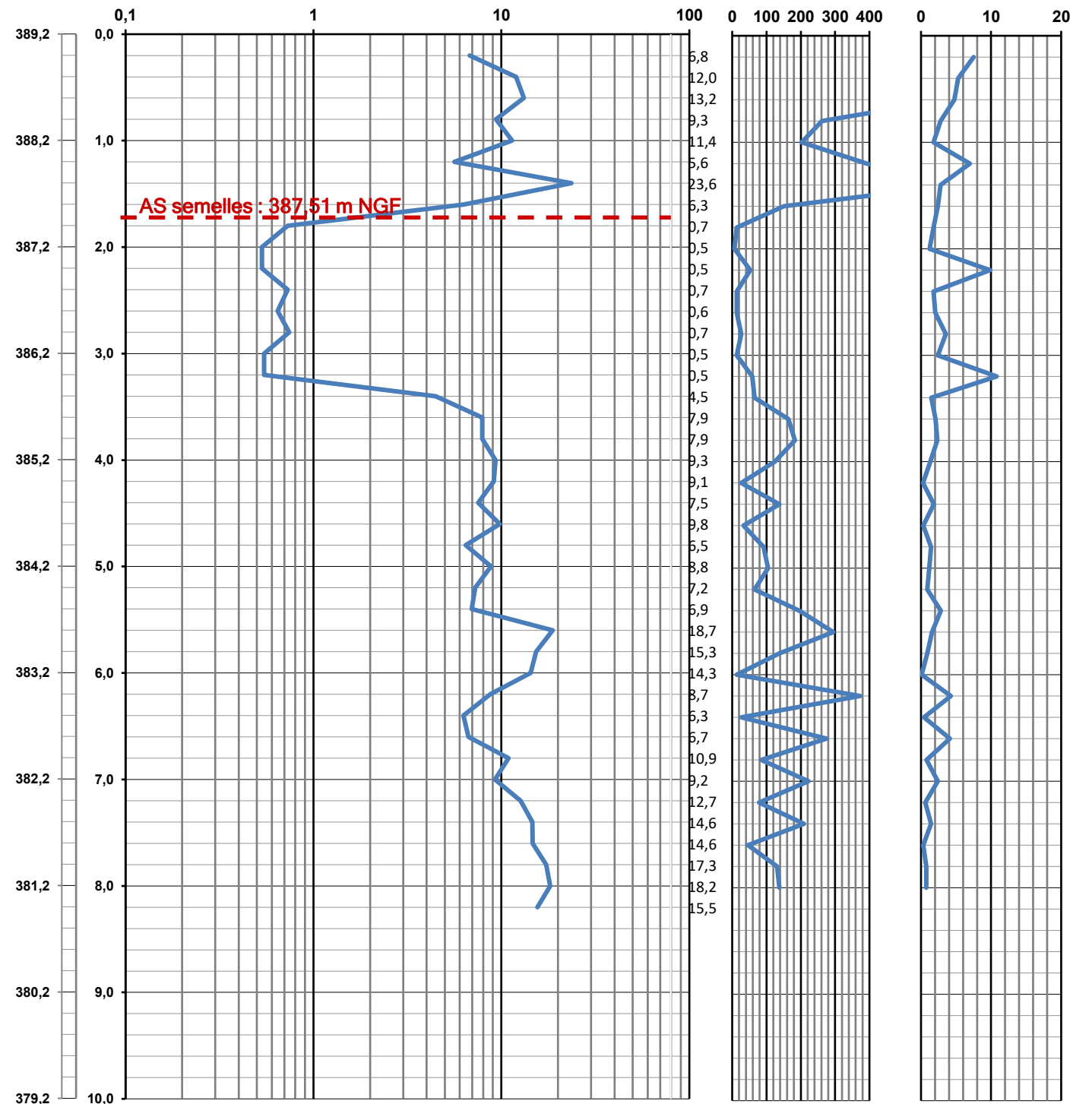
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St202



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE SBFC
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844 BG+E
Date de réalisation : 05/06/2025
Cote du sondage : 389,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

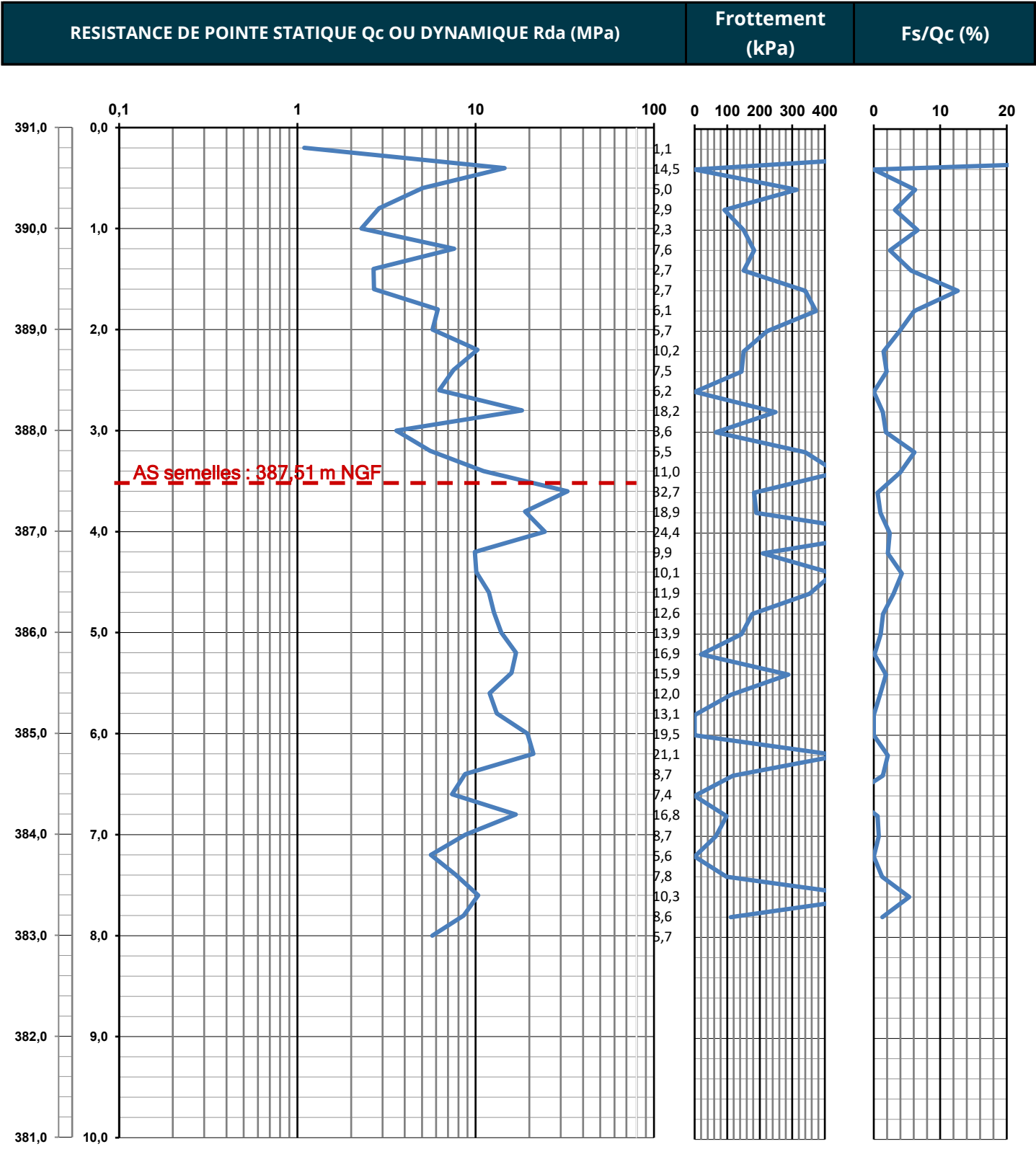
Surface de la pointe = 10 cm² Angle de la pointe = 60° — : Pénétration statique
Vitesse d'avancement = 2 cm/s Diamètre de la pointe = 35,7 mm — : Pénétration dynamique

ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St203



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE SBFC
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844 BG+E
Date de réalisation : 05/06/2025
Cote du sondage : 391 m NGF



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm²
Vitesse d'avancement = 2 cm/s

Angle de la pointe = 60°
Diamètre de la pointe = 35,7 mm

— : Pénétration statique
—■— : Pénétration dynamique

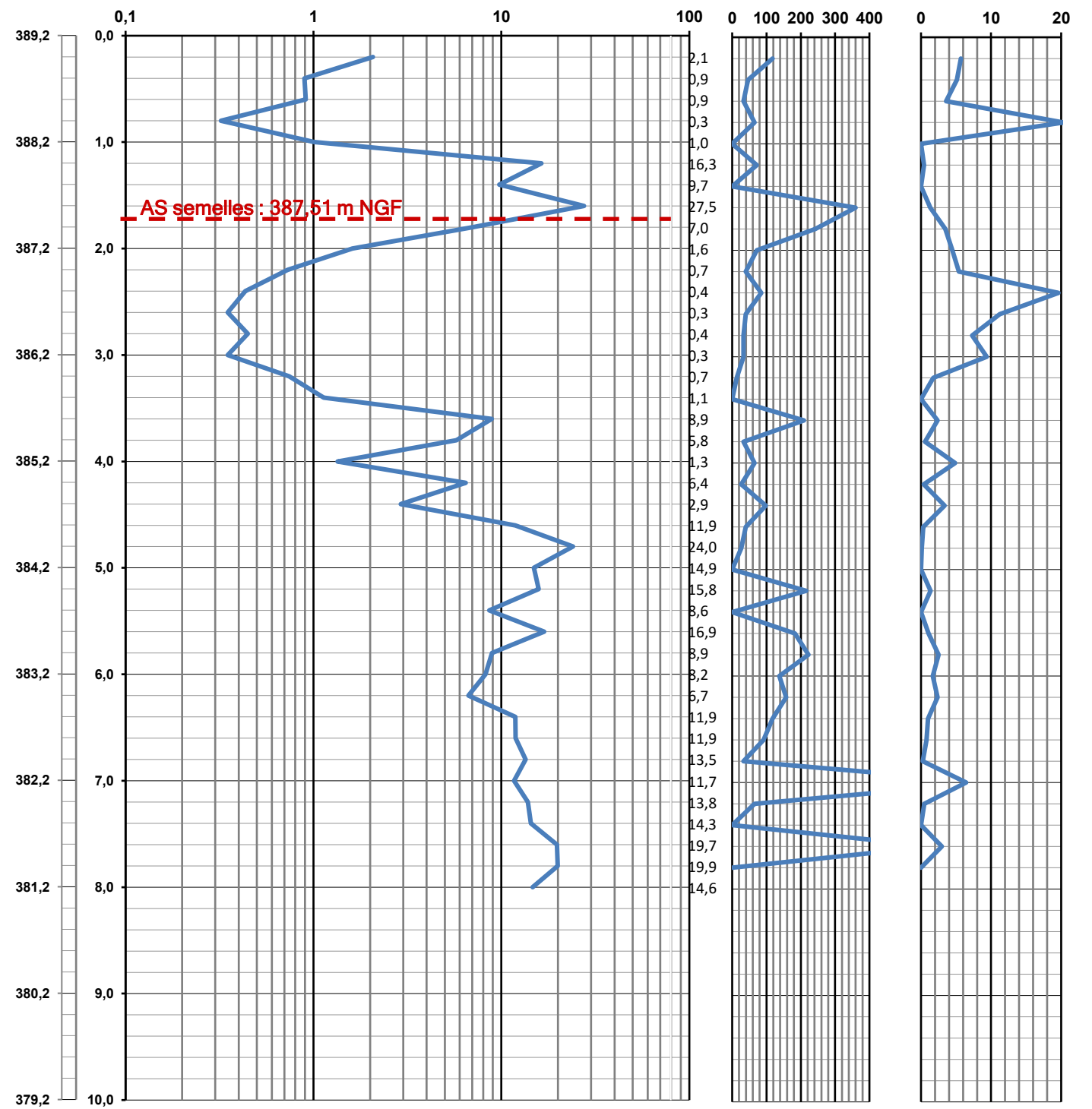
ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE/DYNAMIQUE
ESSAI St204



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE SBFC
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844 BG+E
Date de réalisation : 05/06/2025
Cote du sondage : 389,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE STATIQUE Qc OU DYNAMIQUE Rda (MPa)	Frottement (kPa)	Fs/Qc (%)
---	------------------	-----------



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE STATIQUE (Norme NF EN ISO 22476-12)

Surface de la pointe = 10 cm²
Vitesse d'avancement = 2 cm/s

Angle de la pointe = 60°
Diamètre de la pointe = 35,7 mm

— : Pénétration statique
— : Pénétration dynamique

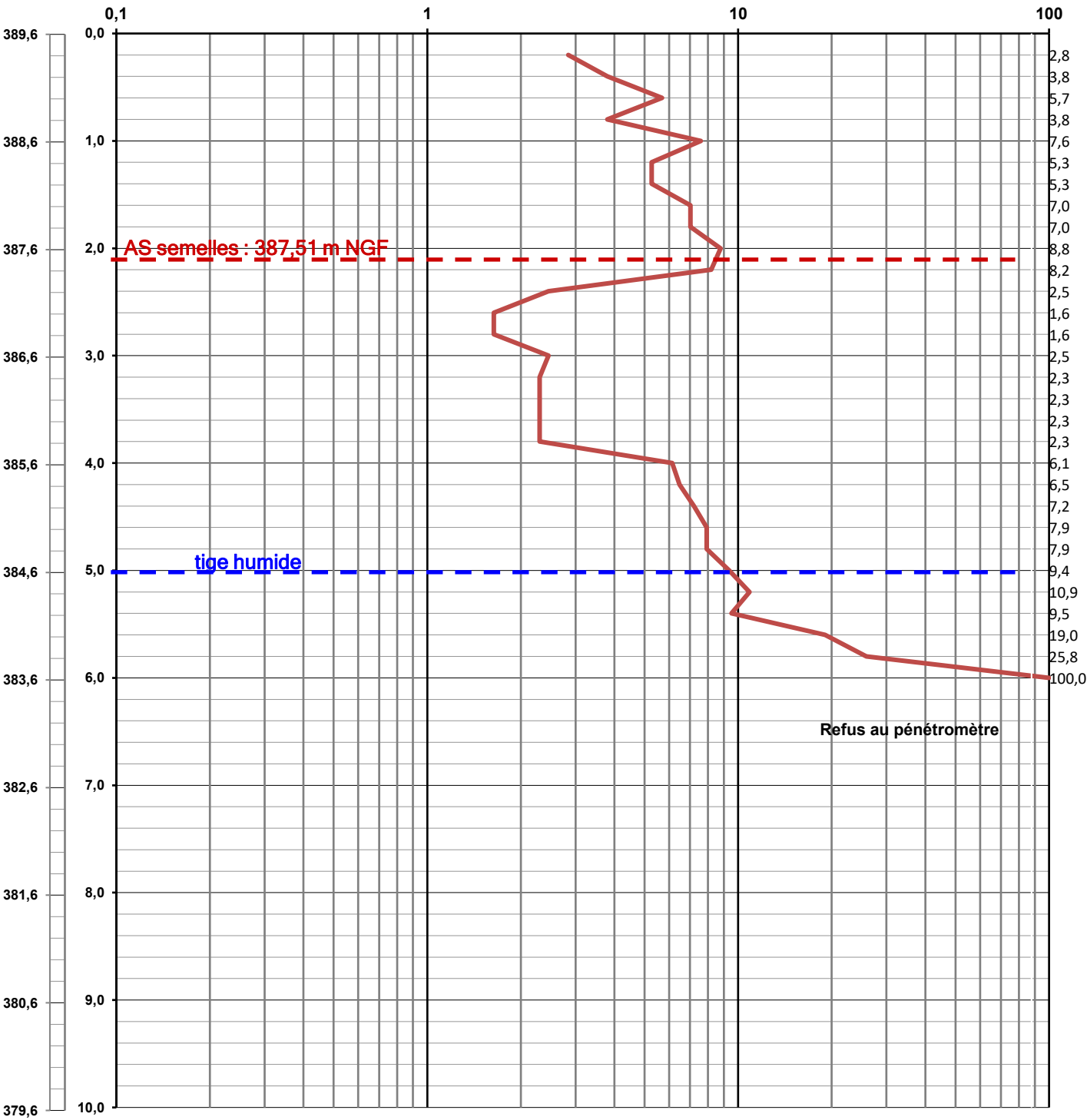
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd301



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 389,6 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

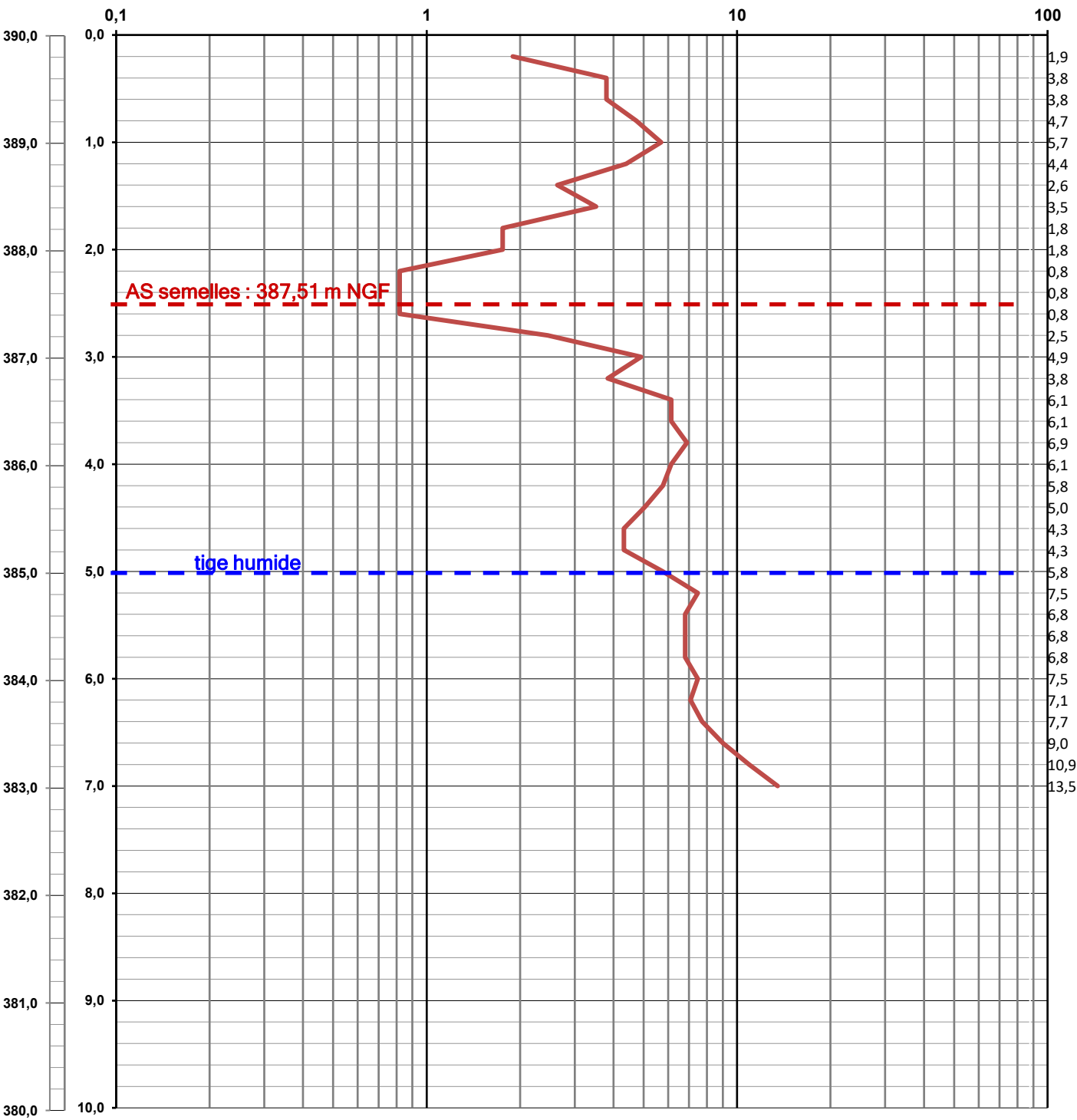
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd302



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 390 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

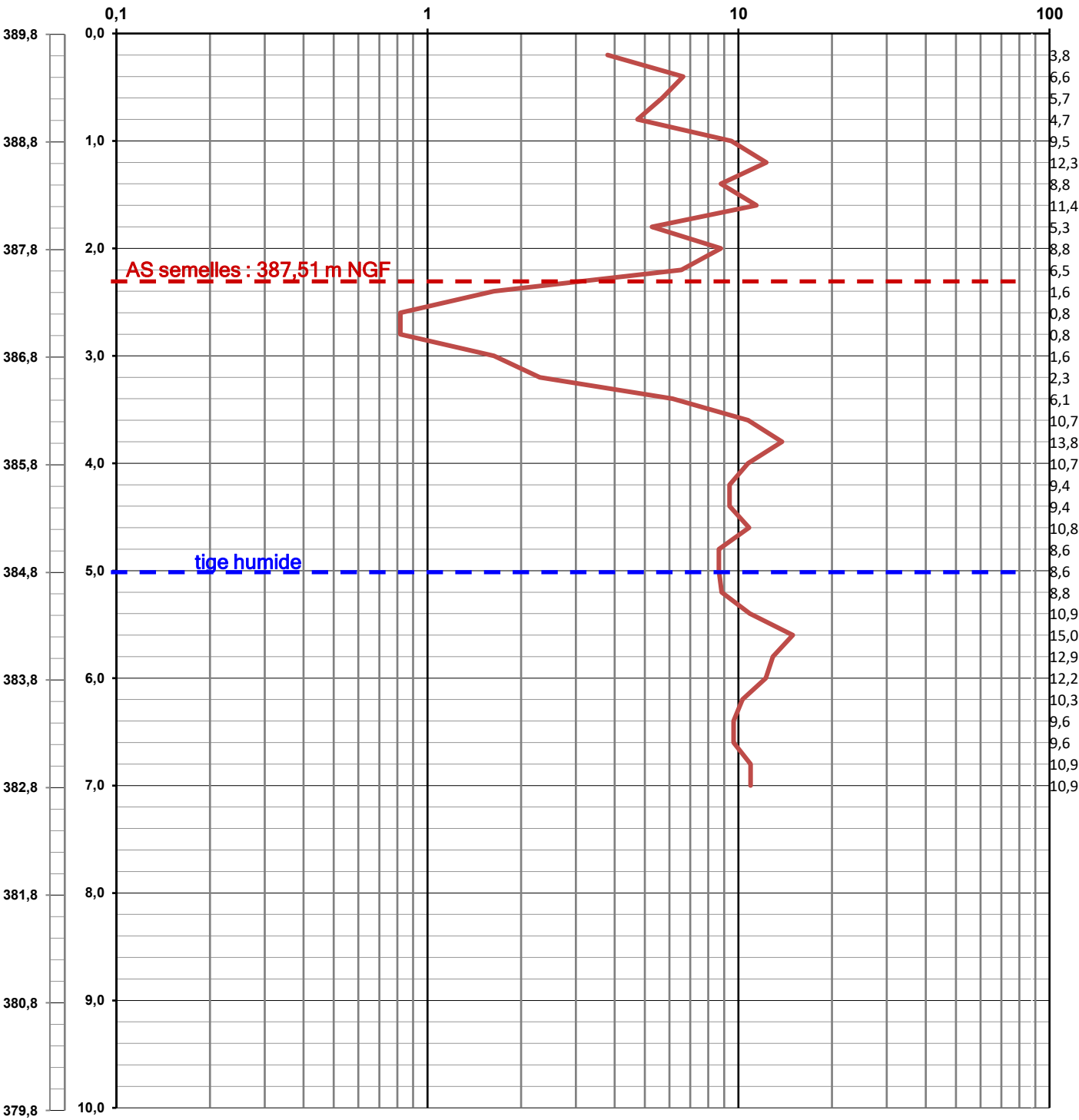
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd303



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 389,8 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

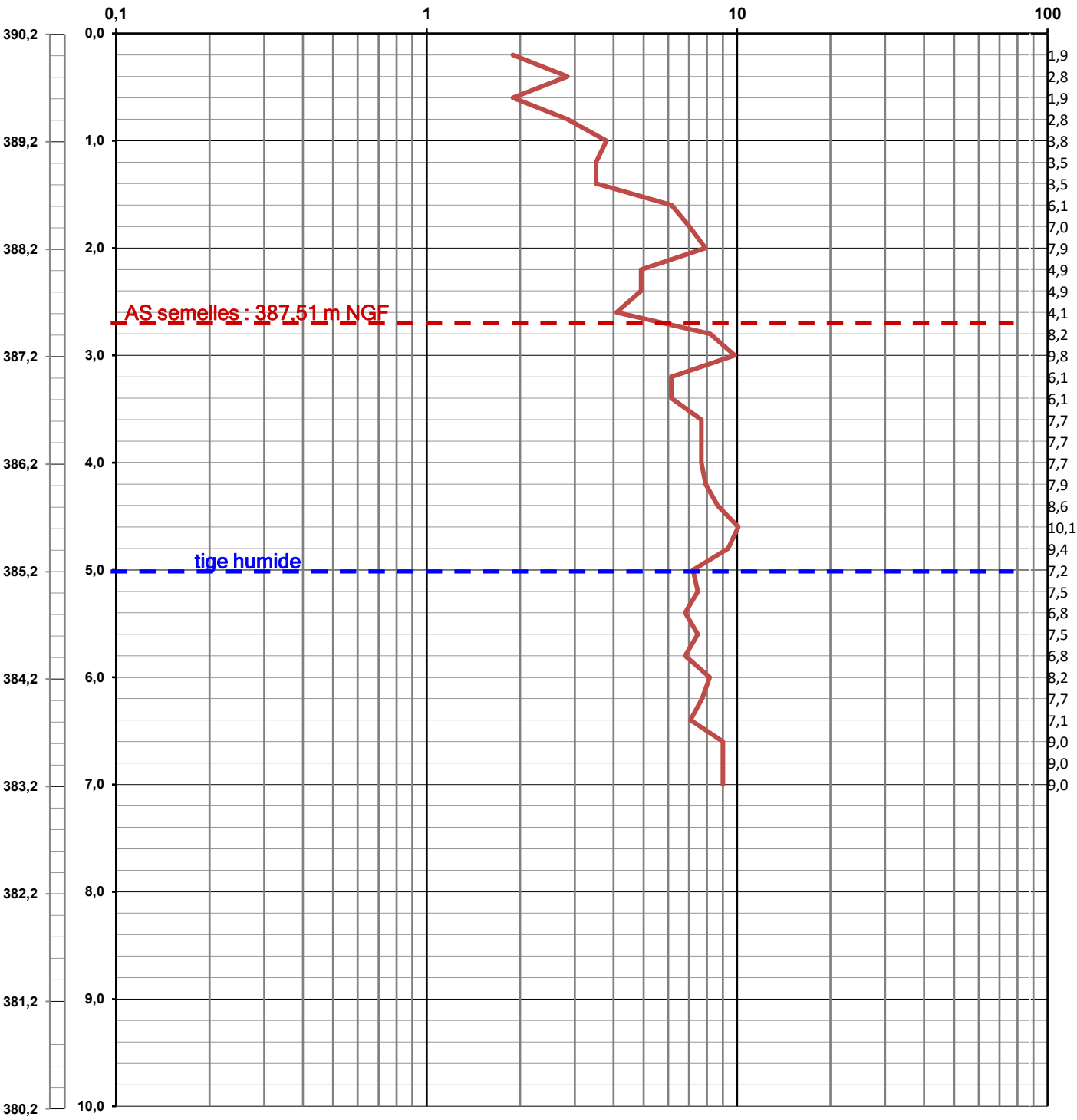
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd304



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 390,2 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm ²	Enfoncement = 0,2 m	Hauteur de chute = 0,75 m
Masse = 63,5 kg	Masse additionnelle = 8,584 kg	

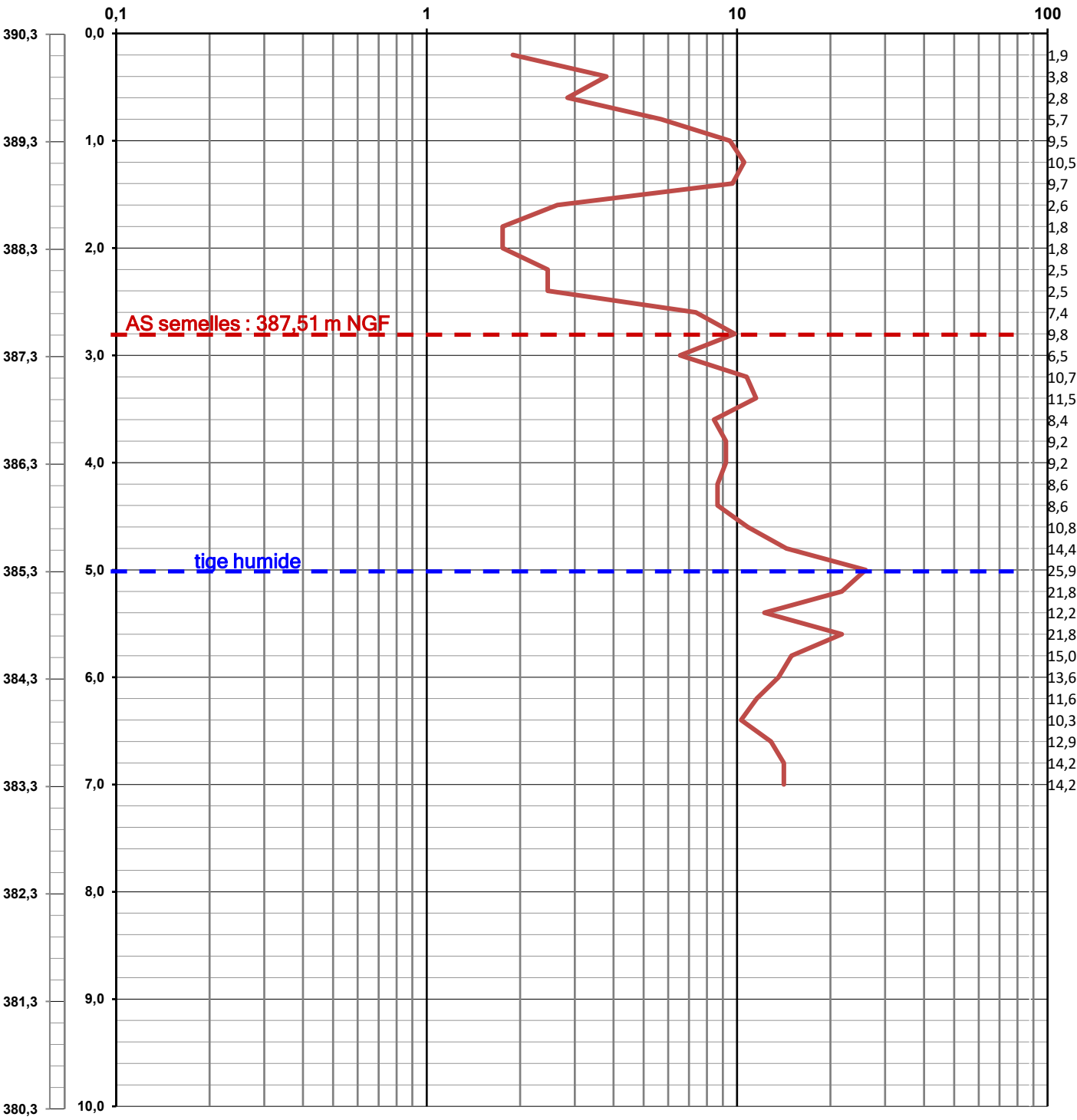
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd305



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 390,3 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²
Masse = 63,5 kg

Enfoncement = 0,2 m
Masse additionnelle = 8,584 kg

Hauteur de chute = 0,75 m

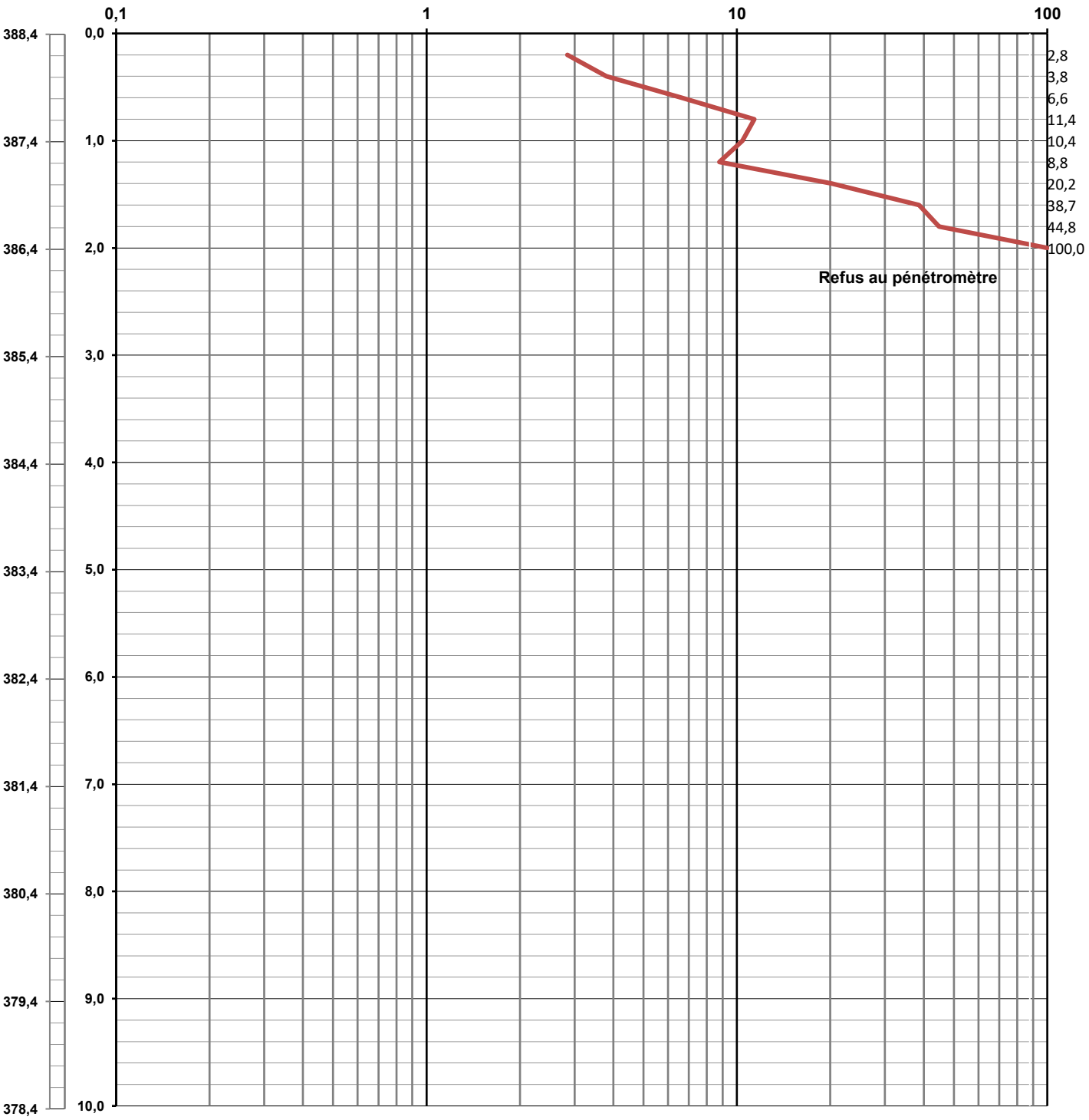
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd306



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 388,4 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²
Enfoncement = 0,2 m
Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg
Masse additionnelle = 8,584 kg

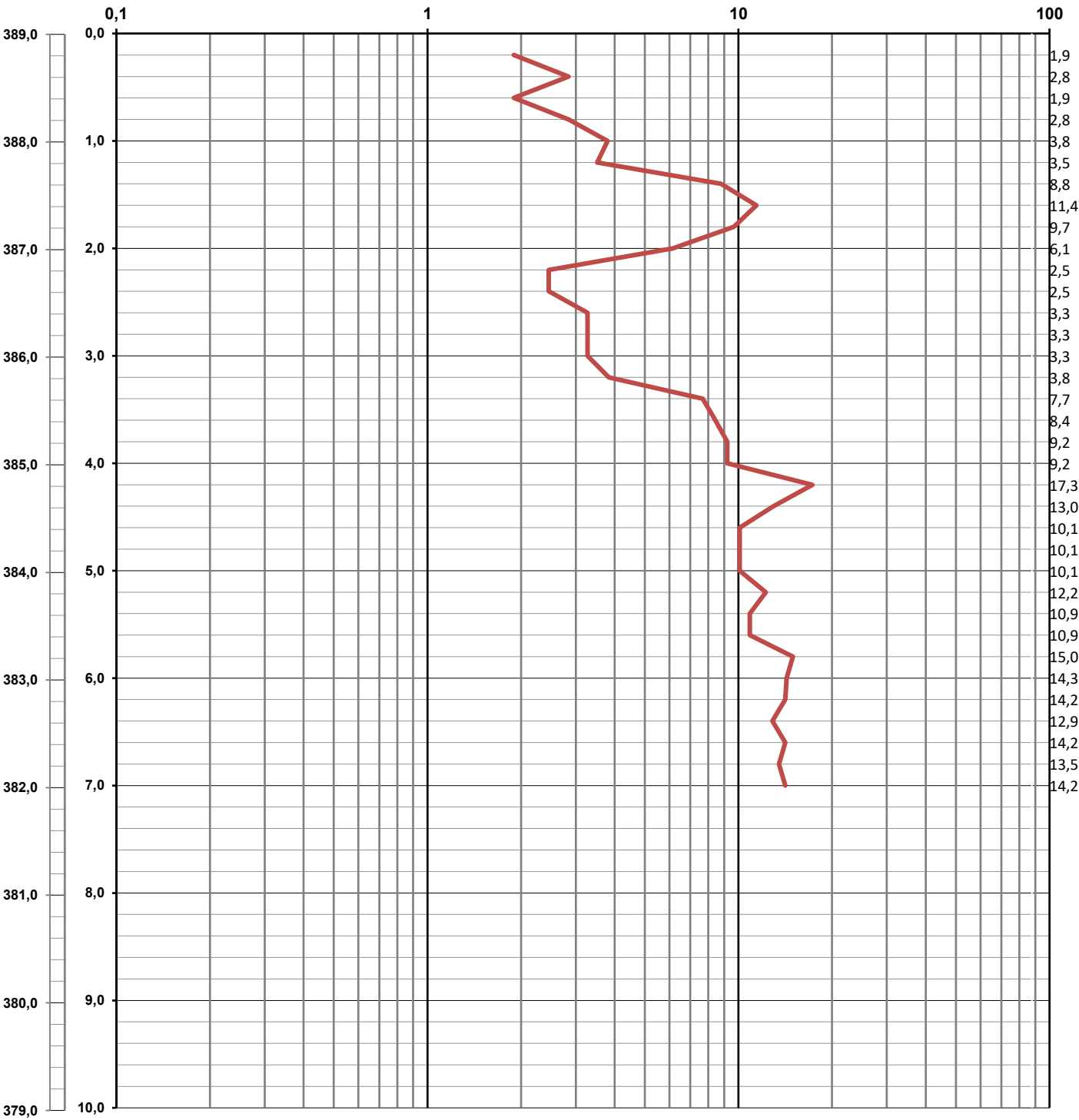
ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE
ESSAI Pnd307



Projet : Extension du site de Thonon les Bains
Client : INRAE
Commune : THONON LES BAINS

Numéro du dossier : 74/25/28844_CG+E
Date de réalisation : 30/09/2025
Cote du sondage : 389 m NGF

RESISTANCE DE POINTE DYNAMIQUE Rda (MPa)



CARACTERISTIQUES DU PENETROMETRE DYNAMIQUE (Norme NF EN ISO 22476-2)

Surface de la pointe = 20 cm²

Enfoncement = 0,2 m

Hauteur de chute = 0,75 m

Masse = 63,5 kg

Masse additionnelle = 8,584 kg

PROCÈS-VERBAL DES ESSAIS DE LABORATOIRE

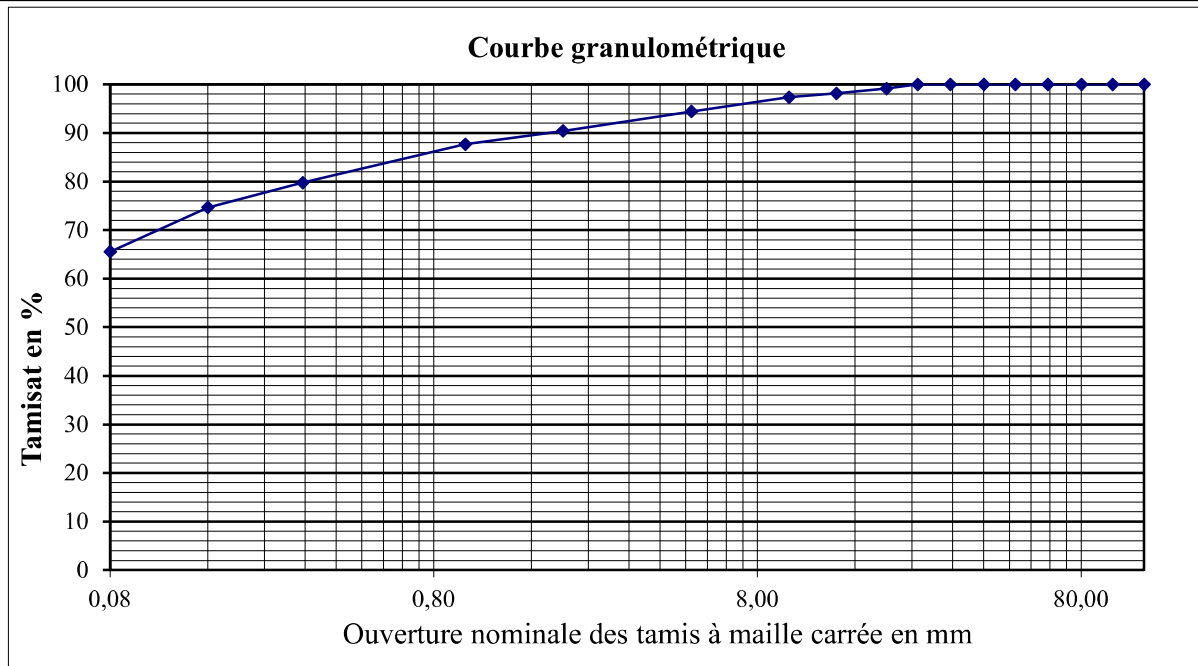




ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC APRES LAVAGE

Norme NF P 11-300 et NF EN ISO 17892-4

Affaire : THONON LES BAINS (74) - Réf 28844 BG+E **N°Affaire :** A25-237
Description : Limon type boue grise **Sondage :** PM204
Profondeur : 2,00m **Client:** EG SOL
Date de prélèvement : NC **Prélevé par:** Le Client



Diamètre maximum constaté lors du prélèvement (mm) : **20**

Tamis d (mm)	125	100	80	63	50	40	31,5	25	20	14
Tamisat %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,1	98,1

Tamis d (mm)	10	5	2	1	0,315	0,16	0,08	0,063
Tamisat %	97,3	94,4	90,4	87,6	79,7	74,7	65,5	65,2

Teneur en eau : 16,5 %	(NF EN ISO 17892-4)
Valeur au bleu : 0,32	(selon NF P 94-068)
Los Angeles (LA) : -	(selon NF EN 1097-2)

Indice Portant Immédiat : IPI =	1	(NF P 94-078)
Teneur en Sulfates Solubles :	-	(NF EN 1744-1)
Micro Deval (MDE):		(NF EN 1097-1)

Comportement Géotechnique selon GTR 92 :

Selon fascicule II de Sept, 1992:

A1TH

Selon fascicule II de 2023:

F1

Le responsable des essais: N. Pommier

DOSSIER: A25-237

AFFAIRE: THONON LES BAINS (74) - Affaire 28844 BG+E

Indice Portant Immédiat sur moulage proctor

Norme NFP 94-078

Client/Entreprise:
EG SOL

Date de prélèvement:
Profondeur :

-
1,00m

Nature: Limon type boue grise

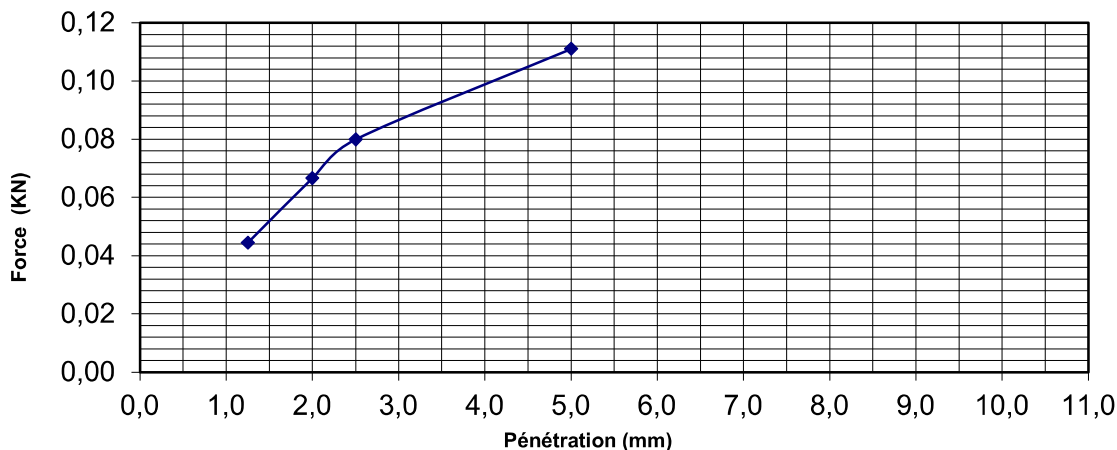
Référence : PM204 à 2,00m

Temps	Enfoncement mm	Force KN	Indice CBR/IPI	Calcul de l'indice
1'	1,25	0,04	1	$F(e 2,5) \cdot 100$
1'40"	2	0,07		13,35
2'	2,5	0,08		
4'	5	0,11		$F(e 5) \cdot 100$
6'	7,5	0,00		19,93
8'	10	0,00		

IPI Retenu:

1

COURBE EFFORT-PENETRATION



Teneur en eau :	Départ	Finale	Masse volumique du moulage	
Poids total humide:	2211		Volume du moule :	2104
Poids total sec:	1989		Masse du moule :	9995
Poids Tare:	647		Masse du moule + matériau :	14580
Pds eau	222		Masse du matériau humide :	4585
PS	1342		Masse du matériau sec :	3934,2
Teneur en eau (%) :	16,5		Masse volumique humide (t/m3) :	2,18
			Masse volumique sèche (t/m3) :	1,87

Fait à Seyssins, le: 19/06/2025
Le responsable des Essais
N.Pommier

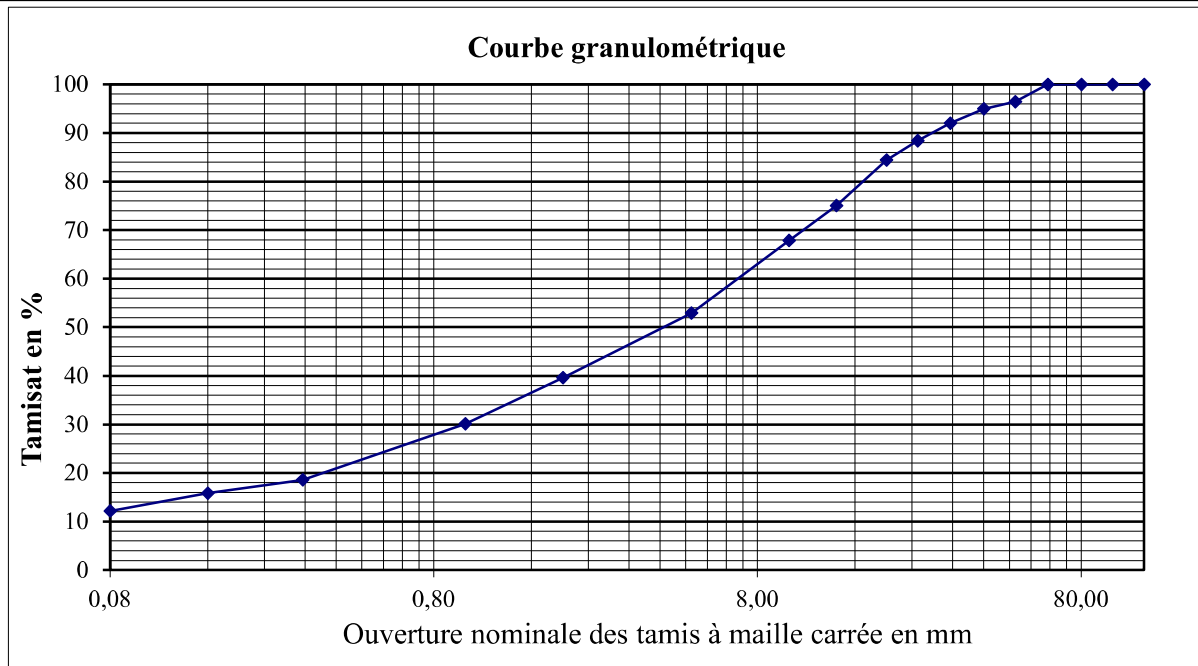




ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE A SEC APRES LAVAGE

Norme NF P 11-300 et NF EN ISO 17892-4

Affaire : THONON LES BAINS (74) - Réf 28844 BG+E **N°Affaire :** A25-237
Description : Grave sableuse roulée **Sondage :** PM205
Profondeur : 1,50m **Client:** EG SOL
Date de prélèvement : NC **Prélevé par:** Le Client



Diamètre maximum constaté lors du prélèvement (mm) : **50**

Tamis d (mm)	125	100	80	63	50	40	31,5	25	20	14
Tamisat %	100,0	100,0	100,0	100,0	96,4	94,9	92,0	88,4	84,4	75,0

Tamis d (mm)	10	5	2	1	0,315	0,16	0,08	0,063
Tamisat %	67,8	52,9	39,6	30,1	18,6	15,8	12,2	12,0

Teneur en eau : 5,93 %	(NF EN ISO 17892-4)
Valeur au bleu : 0,11	(selon NF P 94-068)
Los Angeles (LA) : -	(selon NF EN 1097-2)

Indice Portant Immédiat : IPI =	-	(NF P 94-078)
Teneur en Sulfates Solubles :	-	(NF EN 1744-1)
Micro Deval (MDE):		(NF EN 1097-1)

Comportement Géotechnique selon GTR 92 :

Selon fascicule II de Sept, 1992: **C1B5** Selon fascicule II de 2023: **VC11**

Le responsable des essais: N. Pommier

ESSAIS D'INFILTRATION



