

Agence de DRAGUIGNAN
110 Avenue de l'Europe
83300 DRAGUIGNAN

Agence d'Avignon
473 Chemin de la Banastière
84270 VEDENE

Tél : 04 90 01 39 02
Contact@geotechnique-sas.com



GÉotechnique
sciences de la terre sas

RAPPORT DE DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE MISSION G5

Localisation :

**Rue de l'Observance
83300 DRAGUIGNAN**

Objet :

Désordres de fissuration de plusieurs immeubles d'habitation

Demandeur :

**SAIEM DRAGUIGNAN
247 Rue Jean Aicard
83300 DRAGUIGNAN**

REFERENCE : CGa2024-11-32

Ind.	Date	Contenu	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	07/01/2025	21 pages + 4 annexes	C. GRIMAL	I.COLLOMBAT	1ère diffusion

Référentiel document : v2 22/12/2020

PLAN DU RAPPORT

1. PRESENTATION	2
1.1. Définition de l'opération	2
1.2. Contrat – Mission géotechnique	2
1.3. Documents communiqués	3
1.4. Caractéristiques générales du site	4
1.4.1. Localisation	4
1.4.2. Caractéristiques de la zone d'étude	5
1.4.3. Contextes géologique & hydrogéologique	5
1.5. Risques naturels	6
1.5.1. Risque de mouvement de terrain	6
1.5.2. Présence de cavités	7
1.5.3. Risques d'inondation	7
1.5.4. Risque de remontée de nappe	8
1.5.5. Sensibilité au retrait-gonflement des argiles	8
1.5.6. Risque sismique	8
2. DESCRIPTION DES DESORDRES	9
3. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	12
3.1. Implantation et nivellement	12
3.2. Investigations in situ réalisées	12
4. SYNTHESE GEOTECHNIQUE	13
4.1. Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques	13
4.2. Niveaux des eaux souterraines	15
4.3. Reconnaissance sur ouvrages existants	15
5. DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE	17
5.1. Modèle géotechnique retenu	17
5.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines	17
5.3. Hypothèses sur les origines possibles des désordres	18
6. PRINCIPES DE CONFORTEMENT	19
6.1. Confortement des bâtiments	19
6.1.1. Principes de réalisation	19
6.1.2. Conditions et précautions de réalisation de micropieux	20
6.2. Travaux - précautions	21
6.3. Recommandations vis-à-vis des réseaux enterrés/ Drainage	21
7. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT	22

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 de novembre 2013

Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude

Annexe 3 : Implantation des sondages

Annexe 4 : Coupes des essais

Le présent document devient la propriété du client uniquement après paiement intégral de la prestation correspondante.

1. PRESENTATION

1.1. Définition de l'opération

La présente étude entre dans le cadre de désordres de fissuration affectant plusieurs immeubles d'habitations situés dans la vieille ville de Draguignan.

A ce jour, et selon les informations transmises, les désordres de fissuration sont présents depuis de nombreuses années ; une aggravation a été constatée au cours des dernières années. Les immeubles étudiés sont à ce jour placés en péril et sont vides de tout occupant.

Les principaux intervenants du projet sont :

- Maître d'ouvrage : SAIEM Draguignan (sylvie.barbero@saiem-draguignan.fr).

1.2. Contrat – Mission géotechnique

À la demande de la **SAIEM (Maître d'Ouvrage)**, notre société **GEOTECHNIQUE SAS** a été mandatée afin de réaliser une mission géotechnique.

Notre offre d'étude géotechnique référencée CGa2024-11-32 en date du 05/11/2024 a été acceptée le 15/11/2024.

Conformément à notre offre et selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013, il s'agit d'une **mission de diagnostic géotechnique G5**.

Elle consiste à :

- Réaliser une enquête documentaire sur les sites institutionnels : GEOPORTAIL, INFOTERRE, GEORISQUES, ... ;
- Réaliser un programme d'investigations géotechniques et en assurer le suivi technique ;
- Établir la synthèse géotechnique à l'issue des investigations et le(s) modèle(s) géotechnique(s) ;
- Établir le diagnostic et donner des hypothèses sur les origines possibles des désordres ;
- Proposer des solutions de confortements pour assurer la stabilité de la construction (hors dimensionnement).

Il convient de rappeler que les aspects non exhaustifs suivants ne font pas partie de la mission :

- Les études environnementales éventuelles (diagnostic de pollution, voisinage, etc...).
- Les études hydrogéologiques et hydrauliques.
- Les éventuelles anomalies ou désordres sur les autres constructions (chemin, murs...).
- La reconnaissance des anomalies géotechniques en dehors de l'emprise des investigations.

Concernant les eaux souterraines, les informations hydrogéologiques intégrées à la présente mission sont limitées à l'enquête documentaire générale et au report des niveaux d'eaux mesurés en cours d'investigations.

Si ces éléments peuvent être de nature à induire un éventuel impact sur le projet, une étude hydrogéologique spécifique pourra être réalisée dans les phases ultérieures d'études en adéquation avec les objectifs et les enjeux au regard du projet.

1.3. Documents communiqués

Les documents ci-dessous nous ont été transmis pour la réalisation de cette étude :

Documents	Référence	Format	Date
Reconnaissance géotechnique SIMECSOL	51990064 NT5101490J0102A	Pdf	30/06/1999
Etude de Diagnostic géotechnique (G5) GINGER CEPTP	CNI2.E.131XXX2.B.	Pdf	26/06/2014
Rapport d'étude géotechnique Mission G2 AVP Sol Essais	48319 48321	Pdf	04/12/2015
Note technique NT01 Mission G2 PRO Sol Essais	48321	Pdf	21/01/2016

Les documents énoncés précédemment entrent dans le cadre d'études géotechniques précédemment réalisées au droit d'un îlot de bâtiments situé au 26 Rue de l'Observance, soit à quelques dizaines de mètres au Nord des bâtiments actuellement étudiés.

1.4.2. Caractéristiques de la zone d'étude

Les éléments principaux à retenir concernant la configuration du site sont les suivants :

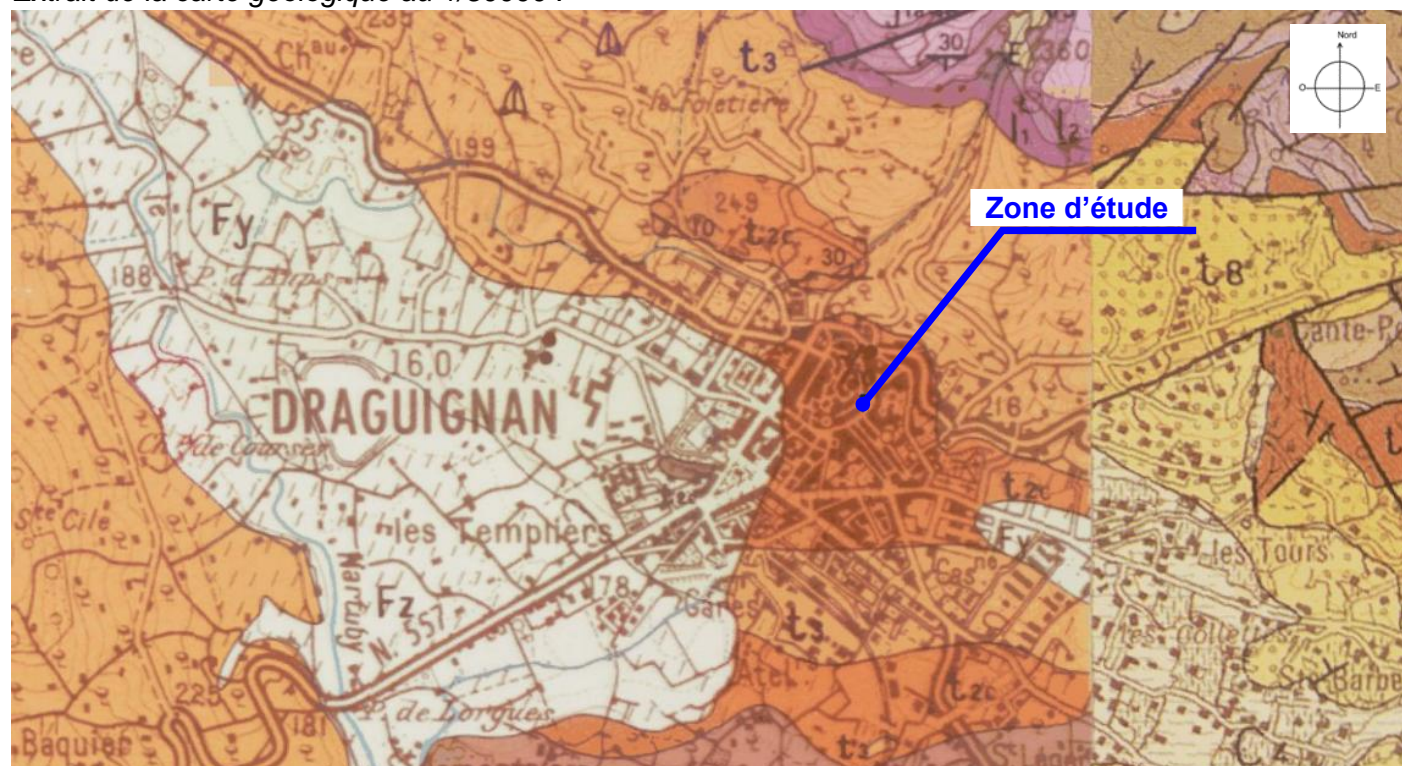
- Les immeubles d'habitation étudiés se situent au cœur de la vieille ville de Draguignan, en aval de la tour de l'Horloge,
- D'après la carte IGN du secteur, ils s'insèrent à environ +190m d'altitude NGF,
- Ils sont desservis et bordés à l'Est par la Rue de l'Observance.
- Il s'agit d'immeubles en pierres maçonnées, de type R+3 à R+4, reposant chacun sur un niveau de cave voutée de hauteur variable (environ 2m à 4m).
- Les murs de refend présents à la jonction entre les immeubles n°50, 48 et 46 mettent en avant des désordres de flambement et d'effondrement importants. Un système d'étalement complet a été mis en place au droit des immeubles n°46 et 48.

1.4.3. Contextes géologique & hydrogéologique

D'après les données de la carte géologique au 1/50000 du secteur (cf. extrait inséré ci-après), la succession lithologique attendue est la suivante :

- Des remblais d'aménagement issus des aménagements existants,
- La formation du Muschelkalk supérieur dolomitique, noté t2c, généralement représentée par des dolomies grises stratifiées avec quelques bancs de marnes verdâtres.

Extrait de la carte géologique au 1/50000 :



Source : [Infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)

Lors de notre visite, nous avons pu remarquer la présence d'une falaise rocheuse (calcaires dolomitiques) à quelques dizaines de mètres au Nord-Ouest du site, en aval de la tour de l'horloge.

D'un point de vue hydrogéologique :

- L'horizon de recouvrement alluvionnaire est réputé perméable, et peut s'avérer être le siège de circulations d'eau à la faveur des passées plus sableuses et/ou graveleuses ;
- La formation géologique sous-jacente, le Keuper, peut quant à lui s'avérer imperméable en fonction des alternances de dolomies, et de marnes argileuses, et en fonction de la nature et de l'état d'altération des dolomies et des marnes, ou s'avérer être le siège de circulations erratiques anarchiques et ponctuelles à la faveur des fractures de la roche.

Par ailleurs, notons que plusieurs puits sont référencés dans le secteur du site étudié, ainsi la présence de veines d'eau en profondeur ne peut être exclue.

1.5. Risques naturels

Les risques naturels relevés au droit du site, qui peuvent avoir une incidence sur l'interaction sol-structure, sont synthétisés ci-après (données Infoterre).

A noter que les risques naturels sans lien direct avec la stabilité des ouvrages (présence d'amiante, présence de radon, présence de pollutions de sol, etc...) ne sont pas l'objet de l'étude géotechnique et ne sont donc pas répertoriés.

1.5.1. Risque de mouvement de terrain

À ce jour, la commune ne dispose pas de Plan de Prévention des Risques Naturels de Mouvement de Terrain, cependant ce dernier a été prescrit en Janvier 1997 et est actuellement en cours d'élaboration.

D'après la base de données du BRGM, trois mouvements de terrain de type effondrements (dont celui de l'Eglise Saint Michel) sont référencés à 100m et 400m à l'Ouest, du site.

Extrait de la carte de localisation des mouvements de terrain (source Infoterre) :



Selon le document de présentation ARCADIS au SOLSCOPE de Juin 2019, l'église Saint Michel a subi des confortements, de chaînage et de démolition de la voûte en 1962. Des travaux d'injections solides ont été réalisés en 1992 sous le clocher. Depuis le basculement du clocher (1m) se serait stabilisé.

Une surveillance de l'édifice (clocher, piliers, etc) est toujours en cours par le bureau d'étude ARCADIS (cordes vibrantes, fil INVAR, fissuromètres à billes tridimensionnelles, suivi topographique). On notera que les tassements des socles des piliers (travée Nord) suivis entre 01/01/1976 et 30/06/2018 font état de déformations s'échelonnant de 3cm à 20cm.

1.5.2. Présence de cavités

Selon la base de données du BRGM, trois cavités naturelles sont référencées à 100m et 400m à l'Ouest et au Nord-Ouest du site.

Extrait de la carte de localisation des cavités naturelles (source Infoterre) :



1.5.3. Risques d'inondation

La commune de Draguignan dispose d'un PPR Inondation approuvé en Février 2014.

D'après le plan de zonage réglementaire, le terrain étudié est situé en dehors des zones exposées.

Il est de la responsabilité du Maître d'Ouvrage de se renseigner sur le risque réel d'inondation auprès des services d'urbanisme (P.L.U. notamment).

Des dispositions de protection des ouvrages peuvent être prescrites et devront être dimensionnées par un bureau d'étude hydraulique.

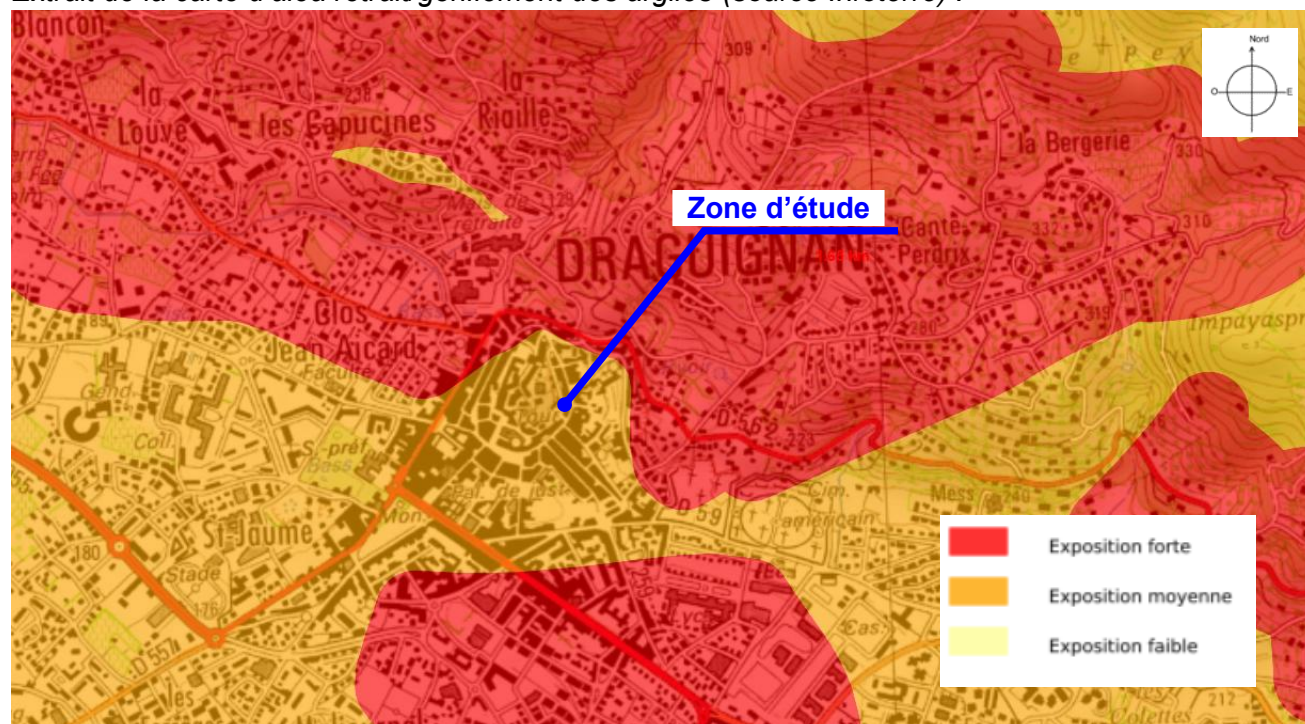
1.5.4. Risque de remontée de nappe

D'après les données issues du BRGM, le site est cartographié au droit d'une zone exposée à de potentielles inondations de caves.

1.5.5. Sensibilité au retrait-gonflement des argiles

D'après les indications du BRGM, le site se trouve dans une zone d'aléa moyen, vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Extrait de la carte d'aléa retrait/gonflement des argiles (source Infoterre) :



1.5.6. Risque sismique

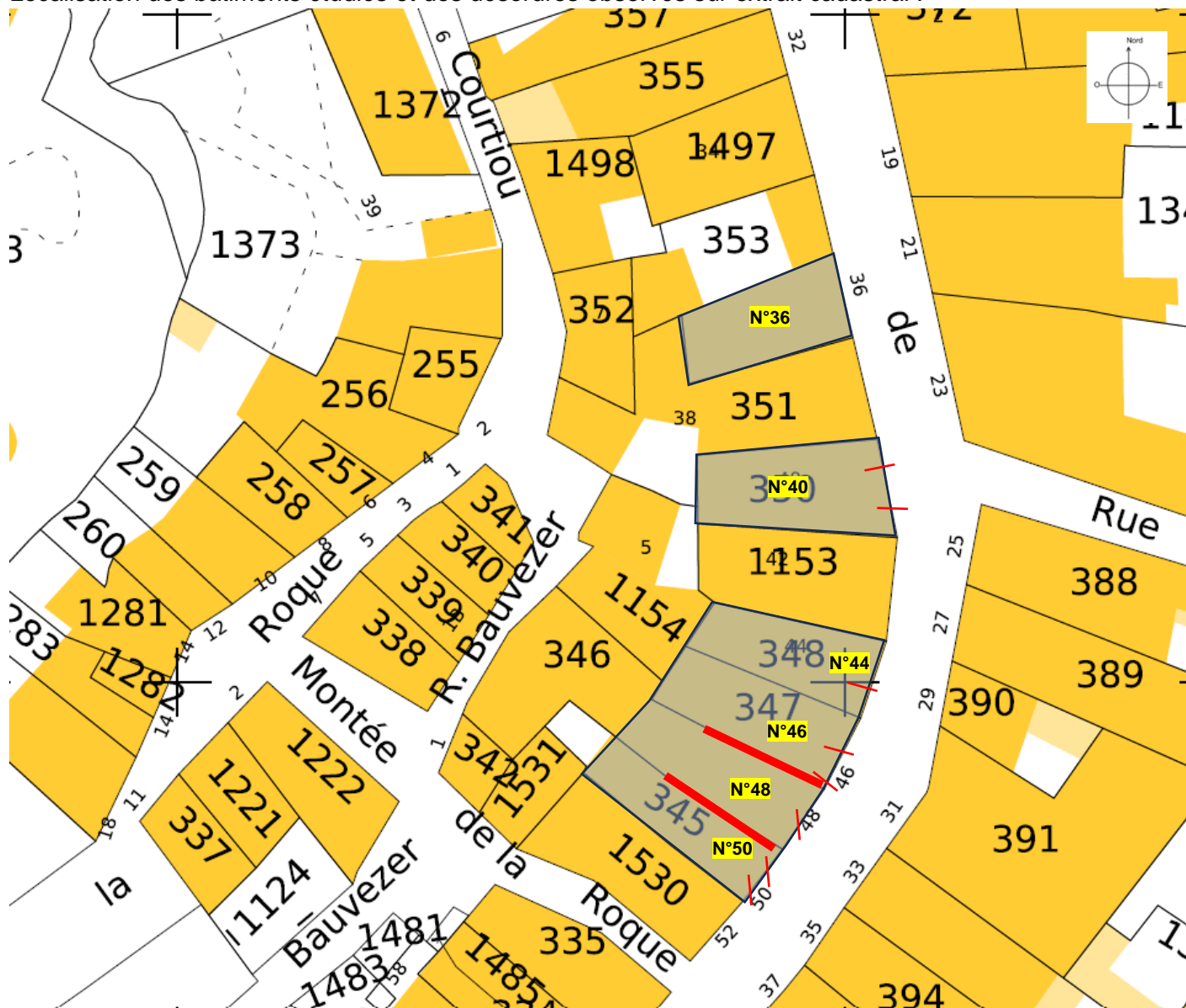
Selon la réglementation parasismique applicable depuis le 1^{er} mai 2011, le terrain se trouve sur une commune classée en zone de sismicité 3 (sismicité modérée).

2. DESCRIPTION DES DESORDRES

Tel qu'évoqué précédemment, le bâti faisant l'objet de la présente étude correspond à une succession de 6 bâtiments (n°36, 40, 44, 46, 48 et 50) situés Rue de l'observance à Draguignan.

Il s'agit de bâtiments de type R+3 et R+4 reposant sur un niveau de cave voutées.

Localisation des bâtiments étudiés et des désordres observés sur extrait cadastral :



Lors de notre visite, nous avons pu remarquer que les façades extérieures Est (donnant sur la Rue de l'Observance) sont affectées par de nombreuses fissures.

Elles se localisent essentiellement au niveau des angles de portes et de fenêtres, elles sont verticales et obliques avec des ouvertures de l'ordre de 2mm à 1cm.



Vue des fissures qui affectent la façade du n°50



Vue des fissures qui affectent les façades des n°48, 46 et 44

Les murs de refends présents à la jonction entre les bâtiments n°50, 48 et 46 mettent en avant des désordres de basculement et d'effondrement importants.



*Vue du mur de refend présent à la jonction
entre le n°48 et le n°50*



*Vue du mur de refend présent à la jonction
entre le n°46 et le n°48*

Il convient également de noter la présence de vestiges d'un ancien canal (hypothèse à vérifier) ont été observés dans la partie Nord-Ouest de la cave du n° 40.



Vue des vestiges observés au droit du n°40

3. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 3. Elle a été définie en fonction de la configuration du site, de la localisation des désordres, des emprises disponibles sur le site et de la localisation des réseaux enterrés.

Les cotes des têtes de sondages n'ont pas pu être déterminées à partir des documents transmis.

Remarque : Les profondeurs mentionnées par la suite de l'étude sont données à partir du TN présent le jour de notre intervention.

3.2. Investigations in situ réalisées

Les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de la présente mission G5 :

Type de sondage	Référence	Prof. / TN	Critère d'arrêt/commentaires
Essais au pénétromètre dynamique lourd Norme NF P 94-114 Méthode : DPM	P1	4.2m	Arrêt par refus
	P2	1.5m	Arrêt par refus
	P3	1.5m	Arrêt par refus
	P4	1.8m	Arrêt par refus
	P5	1.2m	Arrêt par refus
	P6	1.5m	Arrêt par refus
	P7	4.7m	Arrêt par refus
Fouilles de reconnaissance de fondation Méthode : Fouilles manuelles	RF1	0.80m	Base de fondation atteinte
	RF2	0.75m	Base de fondation atteinte
	RF3	0.40m	Base de fondation atteinte

Les résultats détaillés des sondages et essais sont insérés en annexe 4.

Nota :

Un sondage destructif avec essais pressiométriques était initialement prévu, cependant, compte tenu de l'identification d'une anomalie (ancienne cave suspectée) au droit du sondage P7, le forage n'a pas été réalisé (risque majeur d'effondrement sous le poids de notre sondeuse).

4. SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

La description lithologique des terrains a été établie à partir des résultats des investigations effectuées et par corrélation entre les éléments suivants :

- les matériaux observés dans les fouilles de dégagement de fondations ;
- les diagrammes de résistance dynamique de pointe qui permettent d'apprécier la compacité des sols meubles jusqu'au refus éventuel avec une mesure tous les 10 cm.
- Notre expérience acquise dans le centre ancien de Draguignan.

Les limites de couches au droit des essais au pénétromètre dynamique sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes de résistance dynamique de pointe.

Nota : la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des investigations.

4.1. Stratigraphie du terrain - caractéristiques mécaniques

Les sondages réalisés ont permis de mettre en avant les éléments suivants :

➤ **Horizon R : Remblais anthropiques**

Cet horizon correspond vraisemblablement à des matériaux de remblais issus des anciens aménagements du site.

- Aspect visuel : Limons sableux avec des débris (briques, verre, métaux, bois, ...).
- Epaisseur : variable, entre 0.3m (P4) et 3.5m (P7),
- Caractéristiques mécaniques faibles :
 - Résistance dynamique de pointe : $0.2 \leq R_d < 3$ MPa.

Des variations de nature et d'épaisseur sont à attendre dans l'emprise du projet. Le site n'étant pas complètement vierge (présence de réseaux enterrés, vestiges de construction, ...), nous attirons l'attention des différents intervenants sur les points suivants :

- un potentiel remaniement partiel ou général du terrain en surface lors des différents aménagements successifs,
- la mise en œuvre antérieure de remblais autochtones et/ou d'apports sur des épaisseurs variables.

➤ **Horizon R1 : Argiles à blocs**

Cette formation semble correspondre à des matériaux de recouvrement (dépôts colluvionnaires anciens) et/ou à la partie supérieure très altérée du substratum référencé en profondeur.

- Aspect visuel : Argiles limoneuses à cailloutis et à blocs.
- Epaisseur : > 3.8m (P1),
- Profondeur de la base de l'horizon : Non atteinte, > 4.2m / TN (P1) ;
- Caractéristiques mécaniques moyennes :
 - Résistance dynamique de pointe : $3 \leq R_d > 10$ MPa (refus).

Les sondages pénétrométriques ont obtenu des refus de battage entre 1.2m (P5) et 4.7m de profondeur/TN (P7). Les refus semblent avoir été atteint sur le toit de blocs isolés.

Il convient également de noter que le sondage P7 a mis en évidence une anomalie entre 0.3m et 2.1m de profondeur/TN avec la présence de sols très lâches ($R_d < 0.2$ MPa), pouvant potentiellement correspondre à une ancienne cave (hypothèse à vérifier).

A la vue de cette anomalie, le sondage SP1 n'a pas été réalisé pour éviter tout risque d'effondrement sous le poids de notre sondeuse.

Les études géotechniques antérieures qui nous ont été transmises, réalisées successivement par les BET SIMECSOL, GINGER CEPTP et SOL ESSAIS ont été opérées à environ 40m au Nord des immeubles actuellement étudiés.

Les sondages avaient été réalisés au droit de la Rue du Courtiou située en amont et au droit de la Rue de l'Observance, plus en aval.

Ils avaient permis de mettre en avant deux modèles lithologiques distincts présentés ci-dessous :

Rue de l'observance :

Les sondages opérés au niveau de la Rue de l'Observance mettent en avant des remblais et/ou sol meubles (colluvions/frange d'altération) sur 4 à 8m d'épaisseur, qui surmontent des calcaires dolomitiques plus ou moins altérés et fracturés.

Notons la mise en évidence d'une anomalie de type cavité au droit du sondage SP1 opéré par le BET SIMECSOL, entre 13.9m et 16.7m de profondeur/TN.

Le tableau ci-dessous résume les profondeurs des horizons identifiés :

	SIMECSOL 1999		GINGER CEPTP 2014	
	SP1	SP2	SP1	SD1
Sols R Remblais/sols meubles lâches Profondeur base (m/TN)	7.8m	4.5m	4.75m	7.5m
Sol S1 Calcaires dolomitiques +/- altérés et fracturés Profondeur base (m/TN)	> 20m	>20.6m	> 10.4m	> 15.5m
Anomalies	Entre 13.9 et 16.7 m	-	-	-

Rue du Courtiou :

Les sondages opérés au droit de la Rue du Courtiou ont mis en avant des remblais ou/ sols meubles lâches (colluvions/frange d'altération) sur 9m à plus de 29m d'épaisseur, poursuivis par des calcaires dolomitiques plus ou moins altérés et fracturés.

Le tableau ci-dessous résume les profondeurs des horizons identifiés :

	SIMECSOL 1999		GINGER CEPTP 2014		SOL ESSAIS 2015	
	SP3	SP4	SP2	SD2	FP1	FP2
Sols R Remblais/sols meubles lâches Profondeur base (m/TN)	18m	> 15.4m	9.5m	> 20m	> 31m	9m
Sol S1 Calcaires dolomitiques +/- altérés et fracturés Profondeur base (m/TN)	24.5m	-	> 15m	-		>29m
Anomalies	Entre 24.5 et 26.7	-	-	-		Entre 12 et 14m Entre 16 et 16.5m Entre 21 et 26m

Notons la mise en évidence d'anomalie de type sols lâches au droit du sondage SP3 opéré par le BET SIMECSOL, entre 24.5m et 26.7m de profondeur/TN et au droit du sondage FP2, opéré par le BET SOL ESSAIS entre 12 et 14m de profondeur/TN, puis entre 16 et 16.5m de profondeur/TN, et entre 21 et 26m de profondeur/TN avec des vitesses d'avancement très rapides ($> 250\text{m/h}$).

Les sondages réalisés mettent ainsi en évidence des hétérogénéités très marquées des sols présents en profondeur, ainsi que la présence d'un accident géologique important entre la Rue de l'Observance et la Rue du Courtiou.

4.2. Niveaux des eaux souterraines

Aucun niveau d'eau n'a été identifié lors de la réalisation des sondages pénétrométriques. Les matériaux mis à jour au droit de la fouille RF2 étaient légèrement humides.

Des circulations erratiques d'eaux ne sont pas à exclure au sein des formations superficielles et/ou au sein des fractures de la roches, notamment en période pluvieuse.

Nous rappelons que le régime hydrogéologique est variable dans le temps, en fonction notamment des caractéristiques des formations géologiques en place et de la pluviométrie régionale.

Le délai de réponse des eaux souterraines (nappe massique ou circulations isolées), au droit d'un forage ou d'une excavation de surface limitée est variable en fonction de la perméabilité du sol. Dans les sols fins, ce délai peut atteindre plusieurs jours, notamment dans le cas des sols fortement argileux.

4.3. Reconnaissance sur ouvrages existants

Trois fouilles de reconnaissance des fondations ont été réalisées lors de notre intervention, des 11 et 13/12/2024 :

- La fouille RF1 a été opérée au sein de la cave du bâtiment n°50, au droit du mur de refend Sud-Ouest.
- La fouille RF2 a été réalisée dans la cave du bâtiment N°44, au droit du mur de refend Sud-Ouest.
- La fouille RF3 a été faite dans la cave du bâtiment N°40 au niveau de son angle Nord-Est.

Les coupe et les photos des fouilles de reconnaissance des fondations sont présentées en annexe.

Le tableau inséré ci-après en présente les principaux résultats :

<i>Excavation</i>	RF1 Mur Sud-Ouest	RF2 Profil AA Mur Sud-Ouest	RF2 Profil BB Cloison intérieure Est
Type de fondation	Empierrement	Empierrement	Empierrement
Débord extérieur (m)	Aucun	Aucun	Aucun
Épaisseur (m)	0.80m	0.75m	0.10m
Profondeur d'assise (m/TN)	0.80m	0.75m	0.10m
Sol d'assise présumé	Argiles limoneuses à cailloutis et à blocs (Sol R1)	Argiles limoneuses à cailloutis et à blocs (Sol R1)	Remblais (sol R)

Excavation	RF3 Profil AA Mur Nord	RF3 Profil BB Mur Est
Type de fondation	Empierrement	Empierrement
Débord extérieur (m)	Aucun	Aucun
Épaisseur (m)	0.40m	0.40m
Profondeur d'assise (m/TN)	0.40m	0.40m
Sol d'assise présumé	Argiles limoneuses à cailloutis et à blocs (sol R1)	Argiles limoneuses à cailloutis et à blocs (sol R1)

Les fouilles de reconnaissance des fondations réalisées ont permis de mettre en avant des murs en pierres reposant sur des empierrements descendus entre 0.4m et 0.80m de profondeur/sol des caves au sein d'argiles à cailloutis et à blocs (sol R1).

Le mur de cloison intérieure présent dans la cave du bâtiment N°44, repose quant à lui sur un empierrement descendu à 0.1m de profondeur/TN au sein de remblais (Sol R).

Il s'agit d'une première approche étant entendu que seule des reconnaissances exhaustives permettraient de relever la dimension précise des différentes fondations.

Remarque : Les relevés effectués sont ponctuels et ne représentent pas la totalité des fondations existantes. Des variations de géométrie et de profondeur sont donc possibles. Des reconnaissances complémentaires seront probablement nécessaires en phase PRO et EXE.

5. DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE

5.1. Modèle géotechnique retenu

Le modèle géotechnique a pour but de fixer la coupe de sols et les propriétés mécaniques caractéristiques que nous avons retenues pour chaque faciès, en vue de réaliser les calculs de prédimensionnement des ouvrages géotechniques.

Les paramètres indiqués dans le modèle sont les plus représentatifs au regard des résultats des essais, des hétérogénéités observées dans chaque sol et du nombre d'essais.

Les caractéristiques retenues sont données dans le tableau ci-après :

<i>Id.</i>	<i>Description</i>	<i>Prof.de la base (m/TN)</i>	<i>Résistance de pointe q_d (MPa)</i>
R	Sol remaniés / remblais	0.3 à 2.1m	1 à 3
R1	Limons argileux marron beige	> 5m	3 à 10

q_d : résistance dynamique de pointe

Note importante : la profondeur et la cote altimétrique des différentes limites de couches étant variables, elles seront considérées au cas par cas en fonction du type de structure considéré.

5.2. Niveaux caractéristiques des eaux souterraines

Aucun niveau d'eau n'a été identifié lors de la réalisation de notre campagne de sondages.

Cependant, des circulations erratiques d'eaux ne sont pas à exclure au sein des formations superficielles et au sein des fractures du substratum (calcaires dolomitiques) notamment en période pluvieuse.

En effet, le délai de réponse des eaux souterraines (nappe massique ou circulations isolées), au droit d'un sondage ou d'une excavation de surface limitée est variable en fonction de la perméabilité du sol. Dans les sols fins, ce délai peut atteindre plusieurs jours, notamment dans le cas des sols fortement argileux.

Nous rappelons que le régime hydrogéologique est variable dans le temps, en fonction notamment des caractéristiques des formations géologiques en place et de la pluviométrie régionale.

5.3. Hypothèses sur les origines possibles des désordres

Les observations menées sur site et les investigations in situ ont montré :

- La localisation et l'orientation des fissures semblent mettre en avant un tassement des murs de refend présents à la jonction entre les bâtiments.
- L'absence de fondation à proprement parlé avec la présence d'empierrement descendues à des profondeurs variables, entre 0.1m et 0.8m de profondeur/sol des caves.
- Des assises situées au sein d'argiles limoneuses à cailloutis et à blocs mettant en évidence des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.
- La présence potentielle de veines d'eau et/ou de fuites des réseaux humides, pouvant être de nature à entraîner un lessivage des particules fines.
- La potentiel présence de défauts structurels (rigidification des murs, chainages, ...).

Au vu de l'ensemble des données acquises, les désordres qui affectent les bâtiments étudiés pourraient être liés aux différents éléments suivants :

- Une forte hétérogénéité des sols présents au droit des bâtiments étudié,
- Un encastrement hétérogène et/ou insuffisant des assises au sein du terrain naturel,
- Des assises identifiées au sein de matériaux argilo-limoneux hétérogènes mettant en avant une contrainte q_{ELS} variable, entre 150 et 300 KPa.
- La présence de blocs isolés pouvant jouer le rôle de points durs,
- La présence de potentielles circulations d'eau importantes en profondeur et/ou fuites des réseaux humides pouvant entraîner un lessivage des sols, notamment dans le cas de sols fins.
- La présence de bâtiments anciens en pierres maçonnées dont la rigidité et le comportement monolithique s'est probablement dégradé depuis sa construction.
- Des défauts structurels (rigidification insuffisante) peuvent également être présents ; l'intervention d'un BET structure permettrait de vérifier cette hypothèse.
- L'absence d'étanchéité et/ou de système de drainage périphérique.

6. PRINCIPES DE CONFORTEMENT

6.1. Confortement des bâtiments

A ce stade du dossier et à la vue de l'hétérogénéité des sols présents en profondeur, nous conseillons de procéder à un confortement des bâtiments par une solution de reprise en sous-œuvre avec réalisation de fondations profondes.

A la vue de la configuration du bâti existant et de la présence de caves, cette solution pourra s'avérer difficile de réalisation. Dans ce cas, il devra être envisagé la démolition/reconstruction des bâtiments avec la réalisation de fondations profondes.

6.1.1. Principes de réalisation

Cette solution permettra de mobiliser le frottement des terrains présents en profondeur et de s'affranchir de la règle du 3H/1V à respecter entre l'assise des fondations des ouvrages existants à conserver et mitoyens.

Le choix du type de micropieux devra être guidé par :

- les valeurs de descente de charges du projet (non établies actuellement) qui conditionneront le diamètre des micropieux et les profondeurs d'ancrage minimales,
- les moyens dont disposera l'entreprise titulaire du marché avec, dans tous les cas, l'entreprise est tenue à une obligation de bonne exécution des fondations. En effet, l'entreprise devra s'assurer en toute connaissance du site qu'elle disposera de la technicité et du matériel suffisant pour réaliser les micropieux,
- la nécessité d'assurer, dans le cas de micropieux en béton, la qualité et la continuité du bétonnage. Des contrôles a posteriori sont recommandés.

A ce stade du dossier et compte tenu de la configuration du bâti existant, il est possible d'envisager la réalisation de micropieux de type III (MIGU).

S'agissant d'une réhabilitation, il conviendra au maître d'ouvrage de nous signaler si les micropieux devront être dimensionnés selon le DTU 13.2 ou selon les Eurocodes 7 et 8.

La justification des micropieux sera conduite selon la méthode proposée par la norme NF P 94-262, dans les conditions suivantes :

- **Les micropieux seront descendus au sein du substratum rocheux calcaires dolomitiques qui d'après les sondages opérés dans les études antérieures se situe entre 4.5m et >20m de profondeur/TN.**
- **La longueur de chacun des micropieux devra être adaptée en fonctions des différents faciès rencontrer.**
- L'entraxe des micropieux sera d'au moins trois diamètres.

Le prédimensionnement des micropieux sera à réaliser dans le cadre d'une mission G2 PRO – Etude géotechnique de projet (sous comportement axial et transversal).

La réalisation de sondages destructifs avec essais pressiométriques descendus entre 20m et 25m de profondeur sera nécessaires.

**Les descentes de charge devront être transmises par le BET Structure en charge du projet.
En fonction des charges à reprendre les micropieux pourront être doublés.
Les valeurs de q_s retenues seront fonction de la technique de micropieux choisi, et conforme à la norme NF P 94-262.**

Les efforts horizontaux éventuels induiront des efforts dans les micropieux ainsi que des déplacements qui devront être vérifiés dans le cadre d'une étude géotechnique en phase projet (G2 PRO).
Il sera impératif de vérifier la stabilité au flambement des micropieux en cas de sols compressibles.

Après recépage des micropieux et soudage d'une plaque ou platine, les appuis isolés ainsi générés seront reliés par un réseau de longrines BA.
Un audit des structures existantes devra être opéré par le BET structure afin de s'assurer que les existants soient aptes à supporter les travaux envisager.

Lors de la mise en œuvre des micropieux, un système de mesure des vibrations devra être mis en place afin de ne pas engendrer de dommages aux aménagements existants et avoisinants.

6.1.2. Conditions et précautions de réalisation de micropieux

Dans le cas de micropieux en béton exécutés en place, l'entreprise devra intégrer toutes les sujétions liées aux surconsommations de béton et à la conservation de l'intégrité des pieux fraîchement réalisés. En particulier, on veillera au cheminement de la machine de forage sur la plate-forme pour éviter le cisaillement des pieux et au respect des distances minimales entre deux pieux voisins exécutés le même jour (influence du forage et du bétonnage sur le pieu voisin).

Les choix constructifs doivent être faits par la maîtrise d'œuvre mais les points suivants sont à signaler :

- L'entrepreneur vérifiera que le type de micropieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés.
- L'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les existants et avoisinants.

Lors de la réalisation des micropieux, il conviendra :

- De vérifier précisément la nature des matériaux extraits ainsi que les paramètres d'enregistrement pour s'assurer du bon ancrage dans les calcaires dolomitiques compacts.
- De procéder au scellement des micropieux suivant la technique retenue.
- D'armer impérativement les pieux sur toute leur hauteur en zone sismique.
- De mesurer précisément les volumes de coulis de ciment injectés dans chaque micropieu. Nous attirons l'attention sur les risques de surconsommation notamment pour des micropieux de type III ou IV.

L'entreprise devra s'engager strictement, en fonction de sa technologie propre, sur sa solution, documents techniques à l'appui. Une procédure de contrôle renforcé au stade de l'exécution, associée à des essais d'auscultation permettant de vérifier a posteriori l'intégrité des micropieux sera impérativement à prévoir. La fréquence des essais et les critères de réception devront être précisés au moment de la notification du marché.

6.2. Travaux - précautions

Un audit complet de l'ensemble des structures devra être réalisé par le BET Structure en charge du dossier, afin de mettre en avant les faiblesses structurelles mais aussi d'estimer la possibilité et leur capacité à supporter les travaux envisagés en définissant les éventuels renforcements à prévoir.

En fonction de la nature des outils utilisés par l'entreprise, un système de mesure des vibrations devra être mis en place afin de ne pas engendrer de dommages aux aménagements existants et avoisinants.

Durant les travaux, on sera particulièrement attentif à la survenue éventuelle d'aléas géologiques qui devront nous être signalés.

Nous rappelons par ailleurs, que si des venues d'eau importantes surviennent durant la phase chantier, il conviendra de nous en faire par immédiatement afin que nous puissions émettre les dispositions qui s'imposeront et qui devront être mises en place.

Un délai minimum d'attente de l'ordre d'un an, après la fin des travaux, est recommandé sur éléments porteurs et pour le bouchage des enduits, de sorte à permettre une stabilisation des micromouvements consécutifs aux nouveaux reports des charges au sol.

Par la suite, les fissures, affectant les murs, seront dégarnies, épinglées par brochage transversal, puis colmatées. Les enduits seront refaits ultérieurement avec mise en place d'un entoilage.

On veillera à s'assurer que les travaux de reprise en sous-œuvre ne soient pas de nature à générer de mouvement de terrain, par la réalisation d'une planche d'essais au démarrage des travaux.

6.3. Recommandations vis-à-vis des réseaux enterrés/ Drainage

L'étanchéité des canalisations (compris pluviales) devra impérativement être vérifiées et l'on procédera à la mise en œuvre de joints souples aux raccordements.

Si des fuites sont identifiées, ces dernières devront être réparées, le cas échéant des désordres supplémentaires seront à attendre.

Les eaux pluviales ne doivent en aucun cas s'infiltrer au pied des façades, nous conseillons ainsi la mise en place d'un drain périphérique et/ou de refaire le dallage périphérique afin qu'ils assurent l'étanchéité des pieds de façade.

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

Le maître d'ouvrage devra assurer un entretien régulier des ouvrages de drainage afin de garantir la pérennité de son fonctionnement.

Le rejet des eaux pluviales devra se faire à une distance suffisante des ouvrages présents sur le site.

7. CONDITIONS GENERALES DE VALIDITE DU RAPPORT

Le présent rapport a été établi en fonction des données transmises. Il conclut le diagnostic géotechnique G5 qui nous a été confiée.

Nous rappelons que, conformément à notre offre, notre prestation est encadrée par la norme NF P94-500 de novembre 2013 dont un extrait est donné en annexe 1 et par les conditions de validité de l'étude propres à GEOTECHNIQUE SAS, fournies en annexe 2.

Selon l'enchaînement des missions géotechniques préconisées par la norme NF P94-500, une étude géotechnique de conception phase projet (G2 PRO) doit être envisagée en collaboration avec les différents intervenants du projet afin de réduire les aléas géotechniques.

GEOTECHNIQUE SAS reste donc à la disposition de la Maitrise d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire et pour la réalisation des missions ultérieures (études G2 PRO et G4 notamment).

Célia GRIMAL
Chargée d'affaires



Isabelle COLLOMBAT
Responsable d'agence

Annexe 1 : Extrait de la norme NF P94-500 de 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'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.

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'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2 : Conditions de validité de l'étude

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à GEOTECHNIQUE SAS au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne peut pas prendre en compte les variations éventuelles entre sondages. L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à GEOTECHNIQUE SAS.

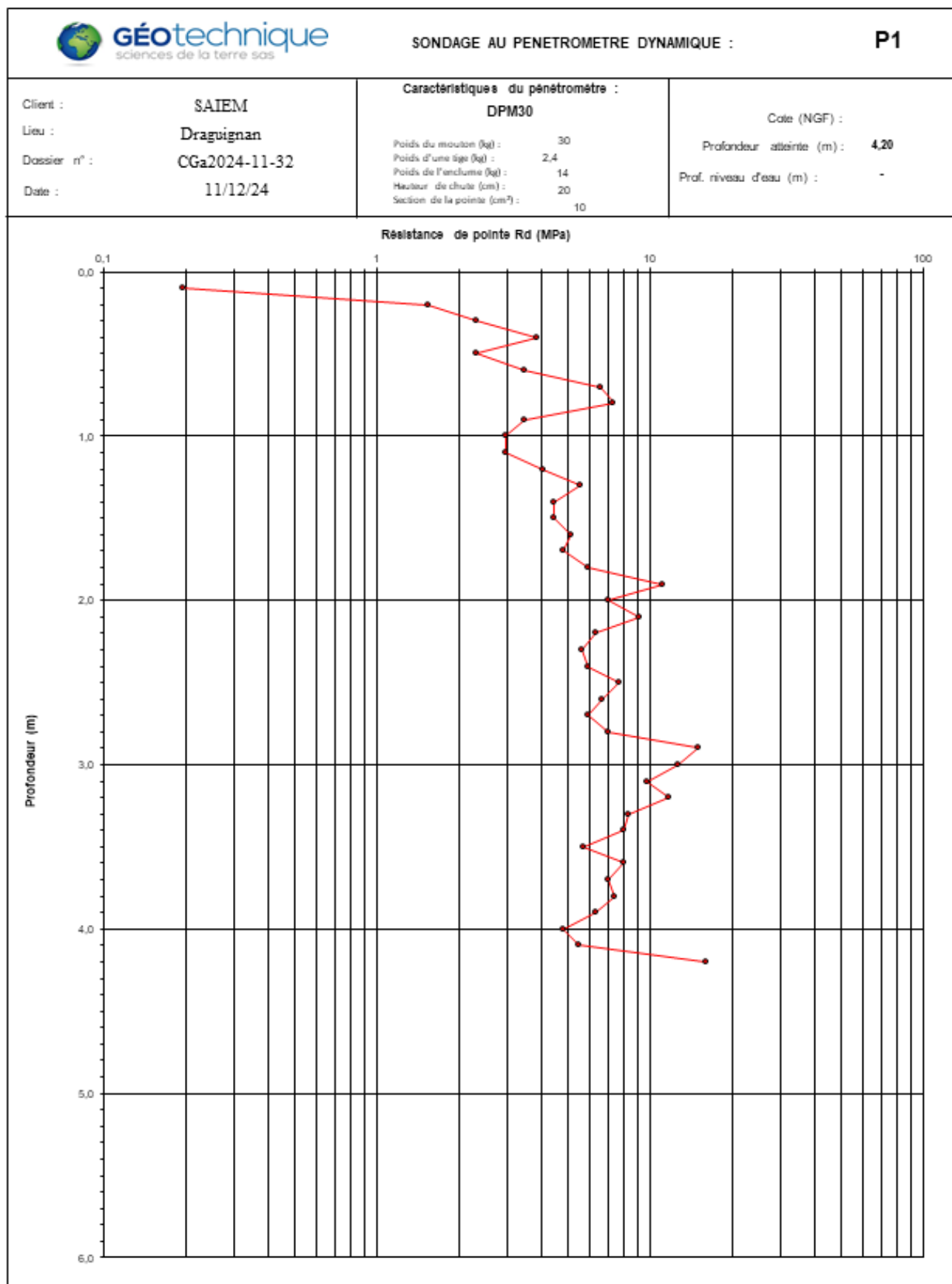
3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

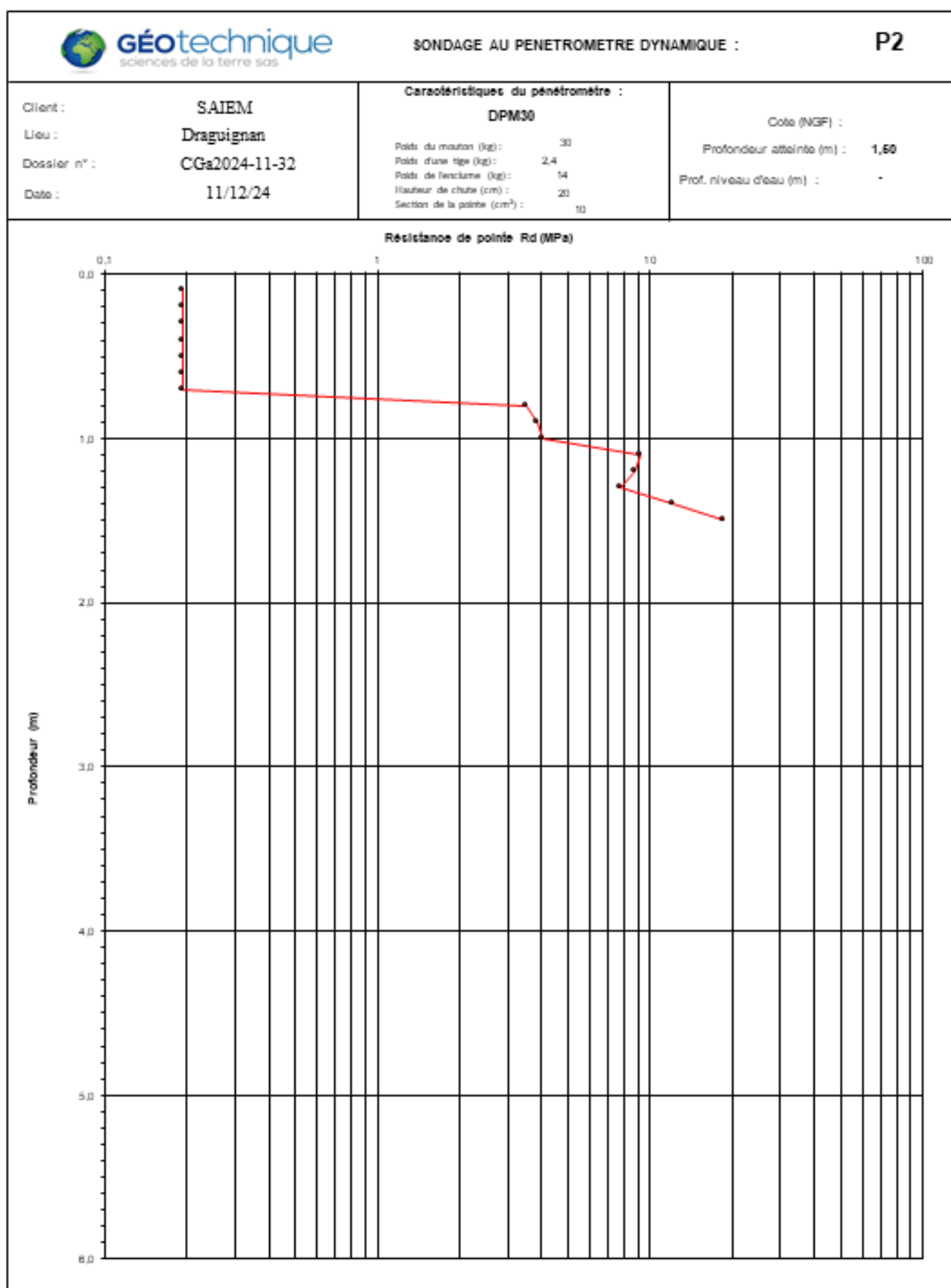
4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à GEOTECHNIQUE SAS qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

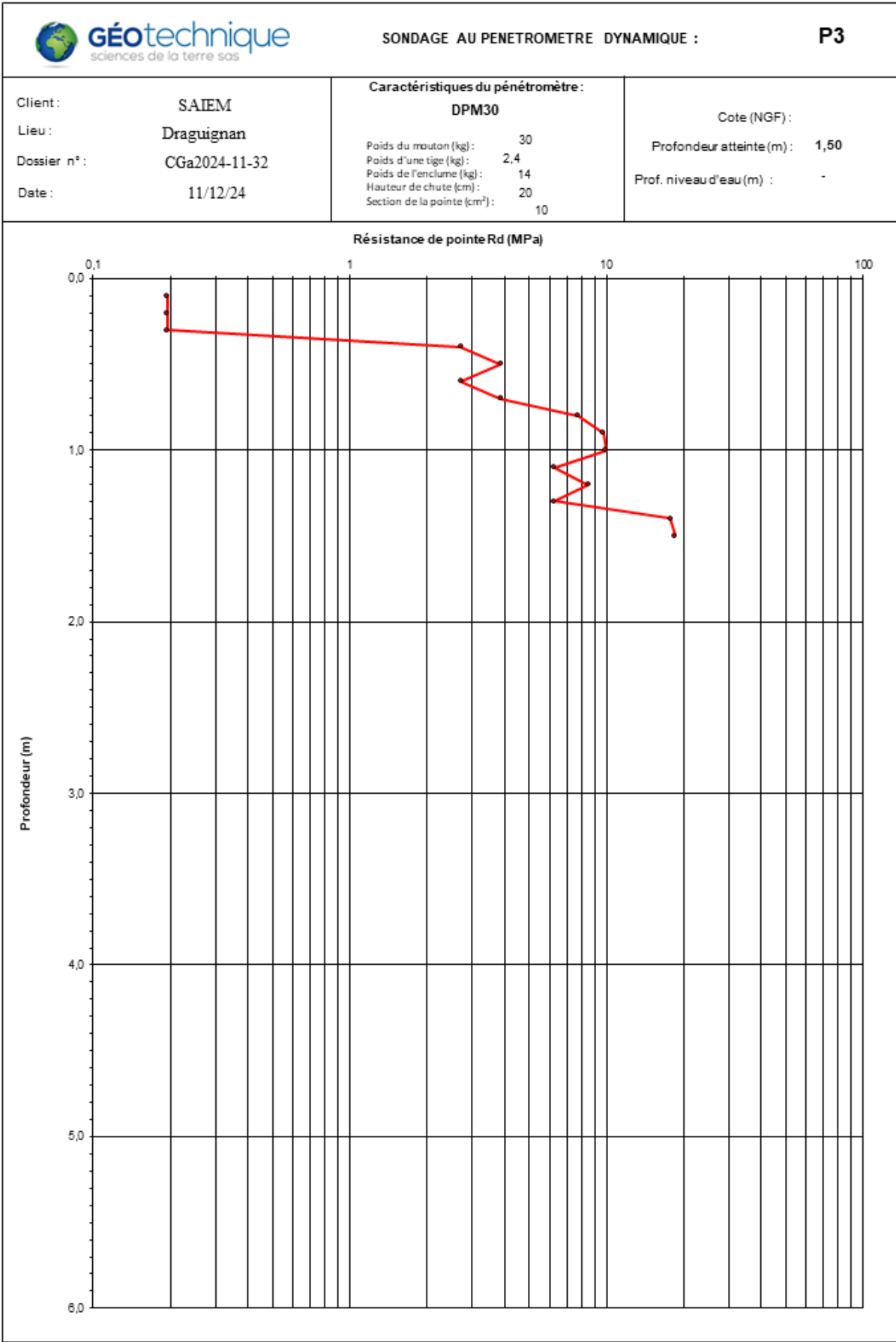
5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux de fondations et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à GEOTECHNIQUE SAS afin d'étudier les adaptations nécessaires.

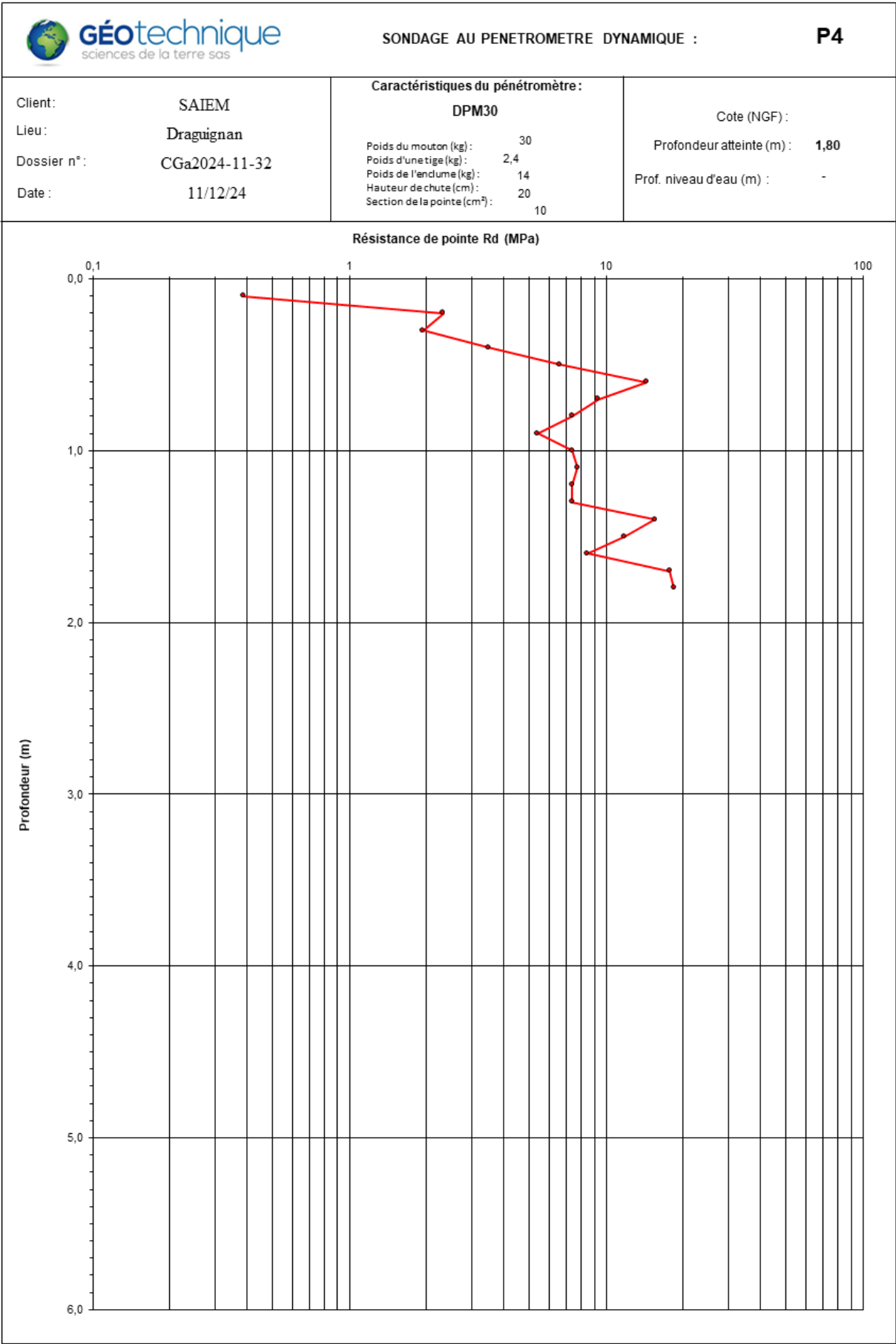
6 - Nous recommandons que toutes les opérations de construction en relation avec les terrassements et les fondations soient inspectées par un ingénieur géotechnicien afin d'assurer que les dispositions constructives soient totalement accomplies pendant les travaux.

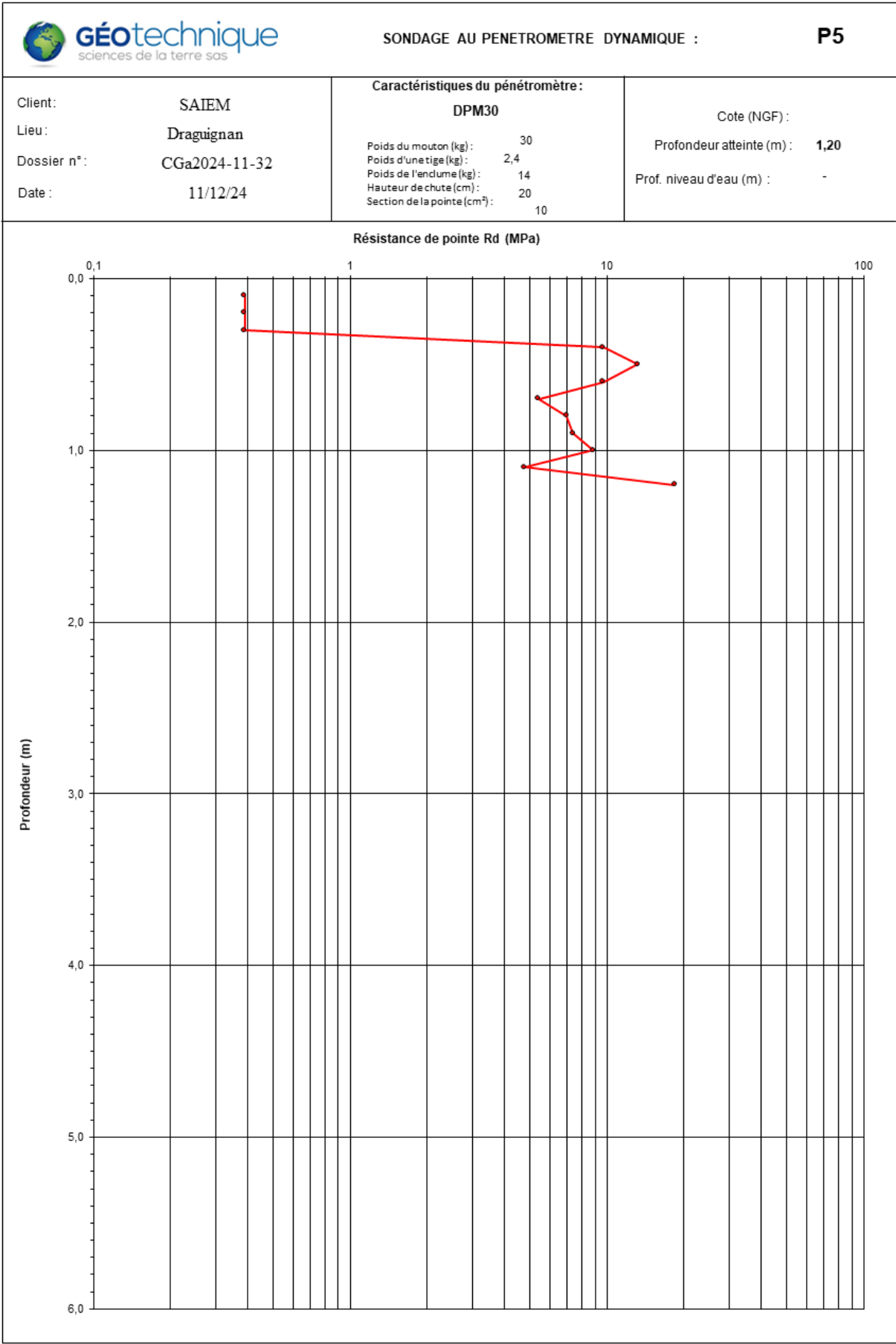
Annexe 4 : Coupes des essais

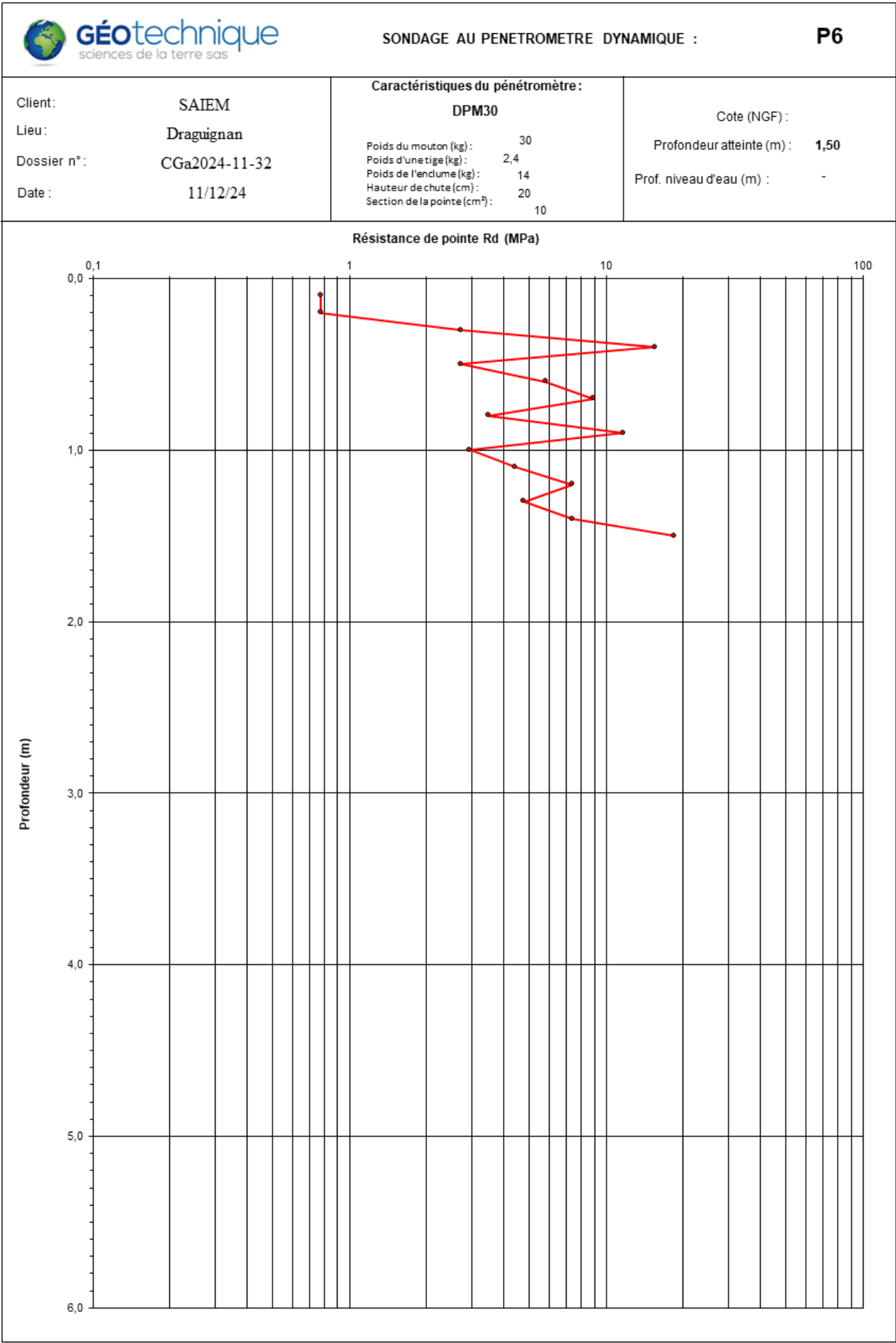


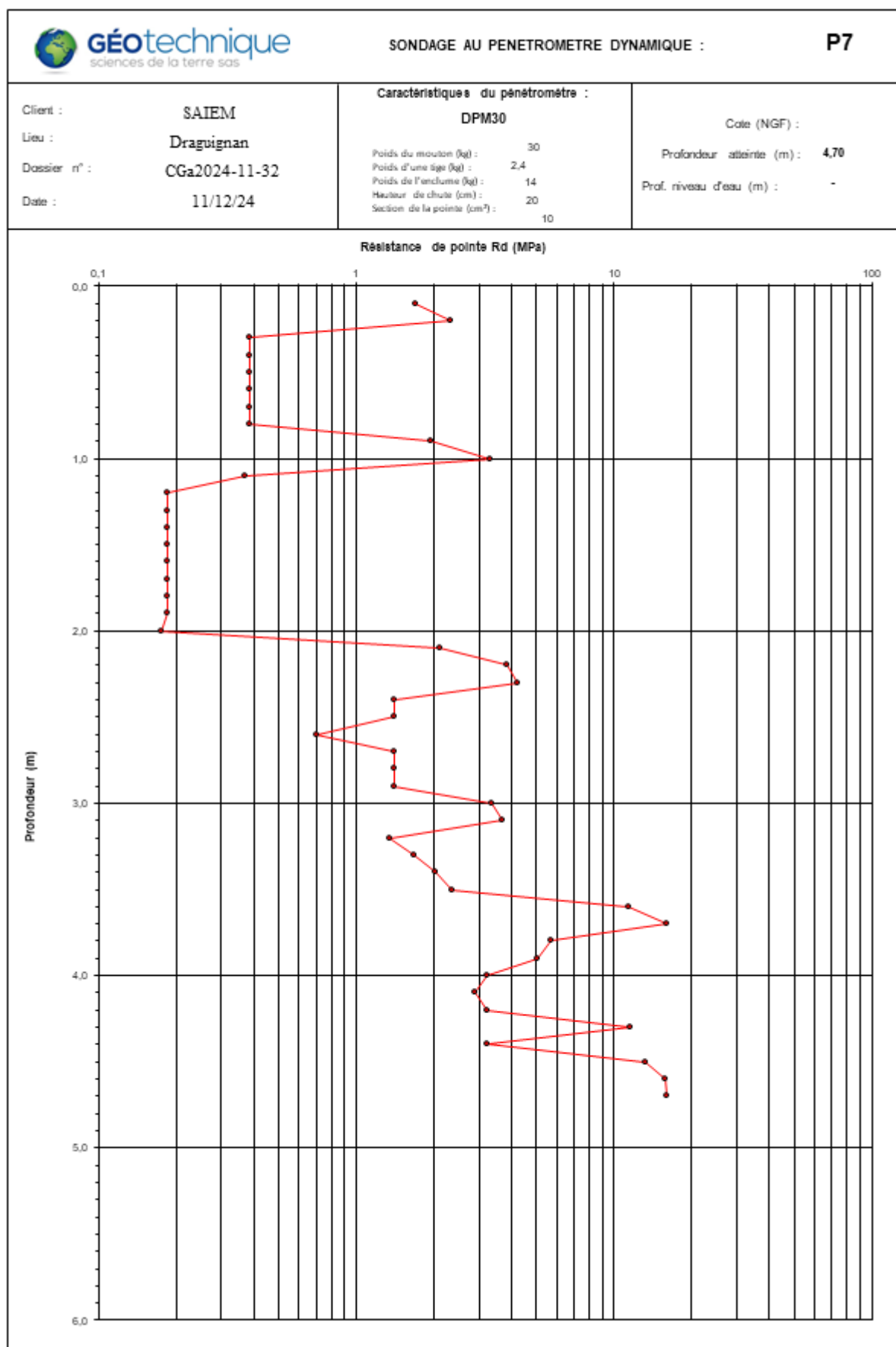


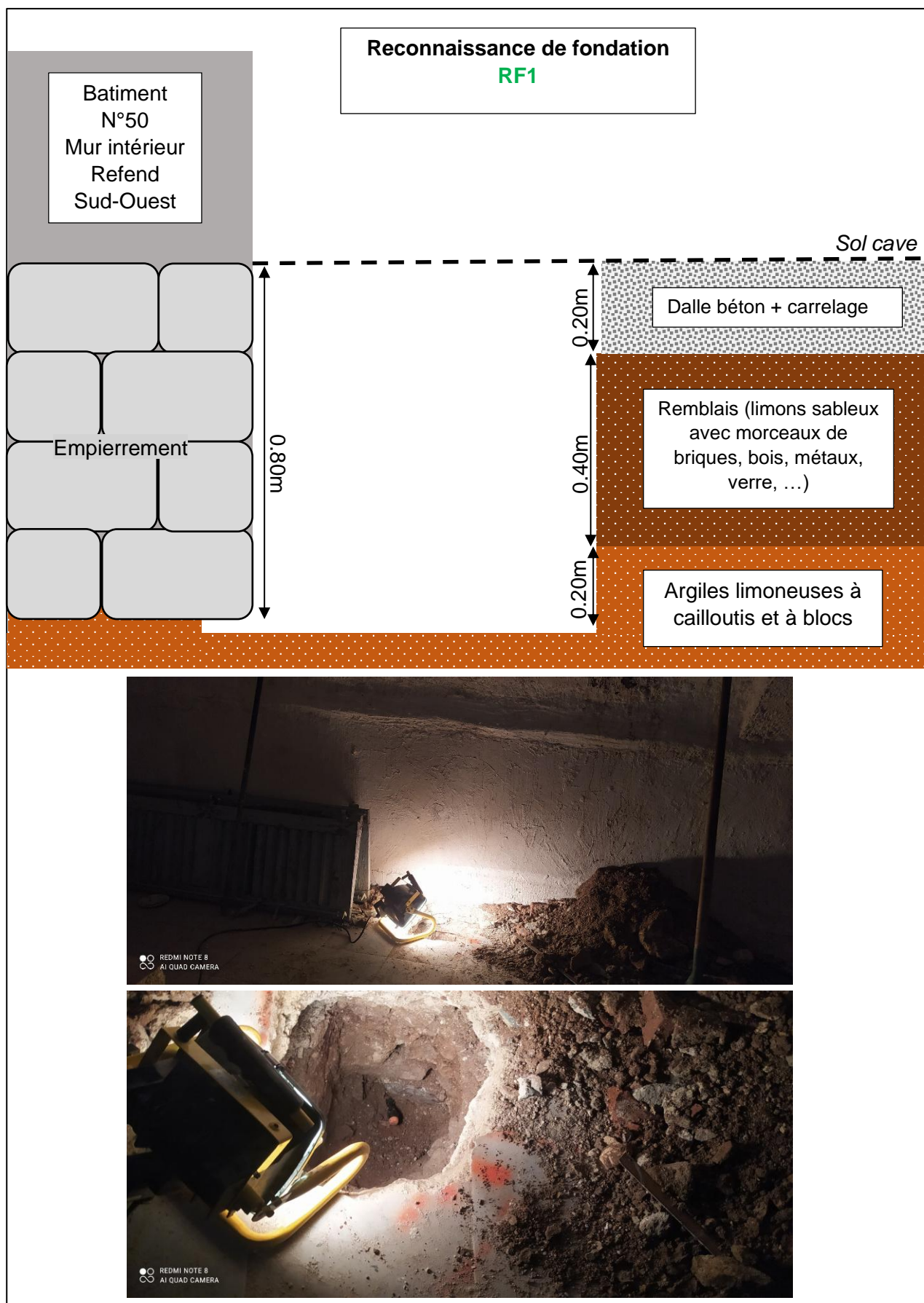


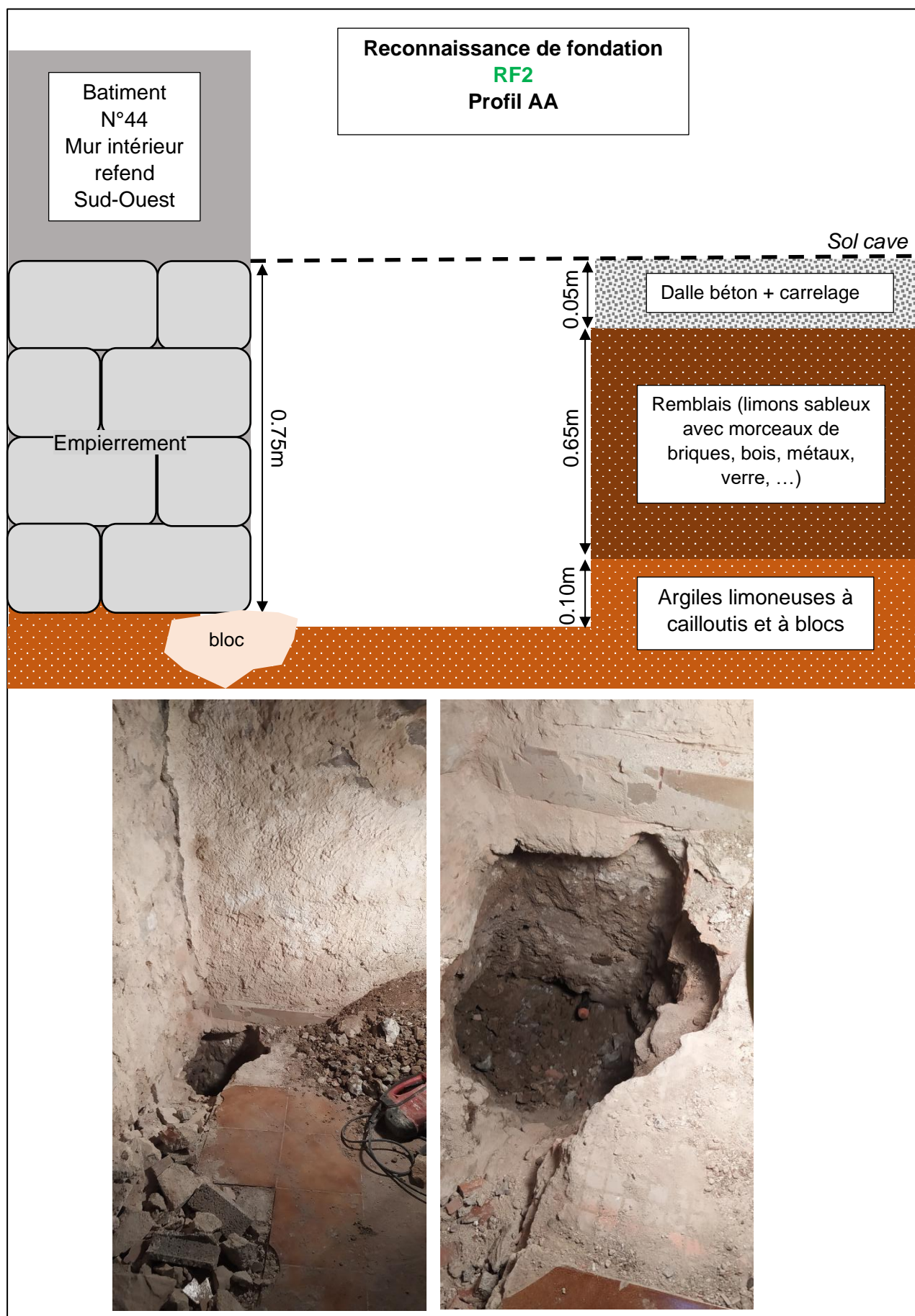


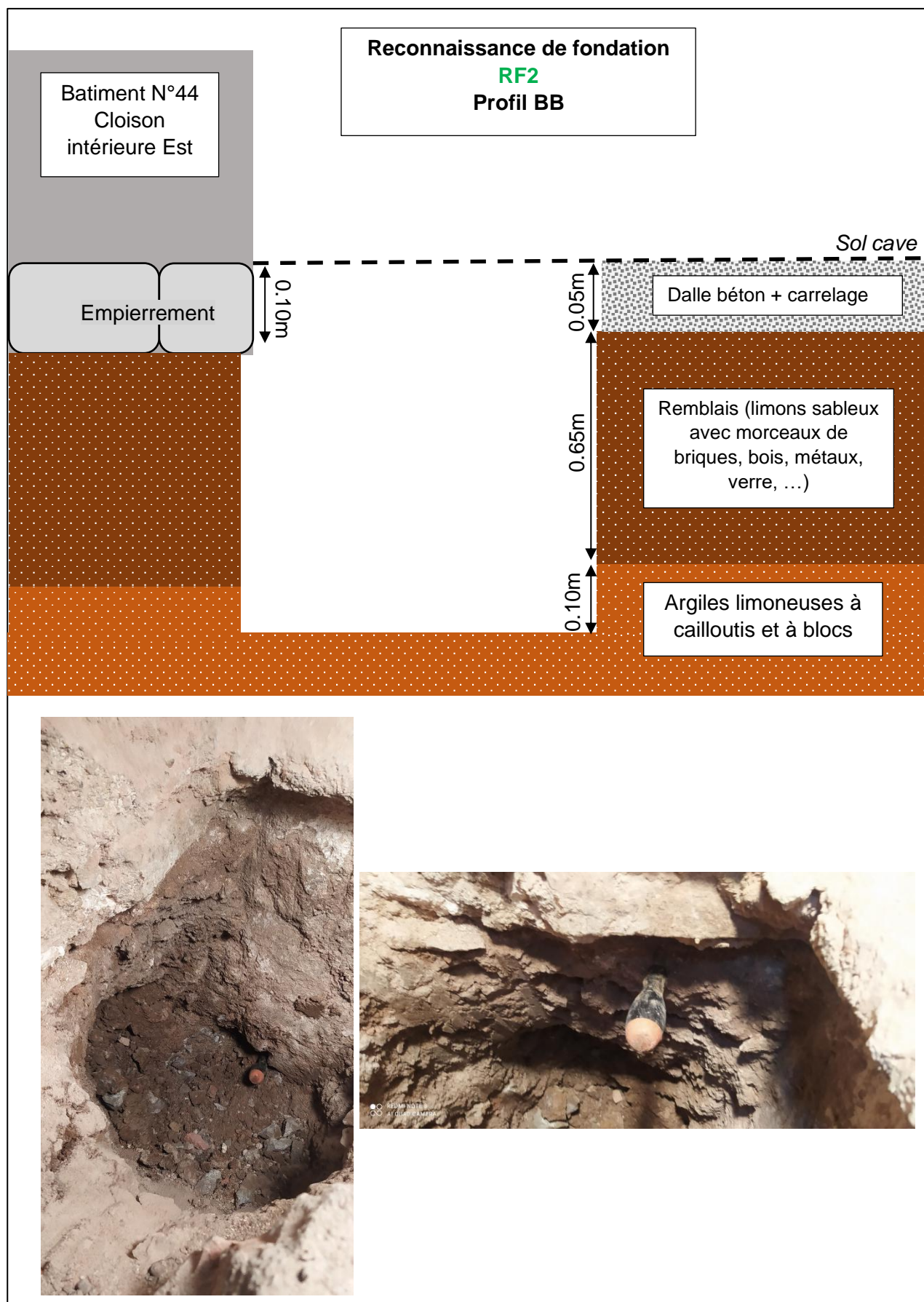


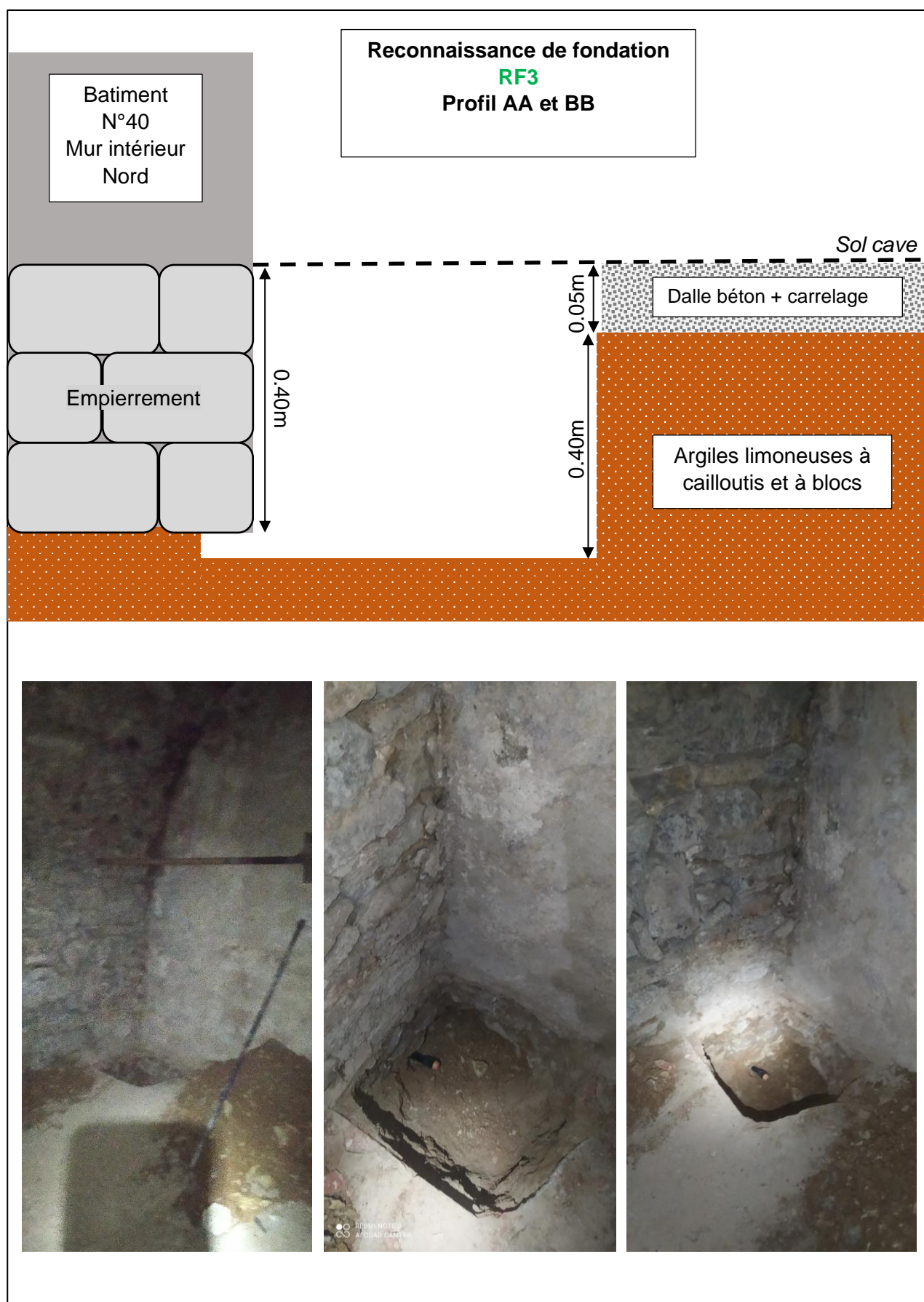












NOTRE SIÈGE SOCIAL

170 rue du Traité de Rome CS 80131
84918 AVIGNON Cedex 9
Tél. : 04 90 01 39 02
contact@geotechnique-sas.com

Retrouvez toutes nos agences sur
www.geotechnique-sas.com

0 805 690 989



GÉOtechnique
sciences de la terre sas