

# TOUR DE GRAVITE – BATIMENT 14

2 Avenue Edouard Belin – 31 - TOULOUSE


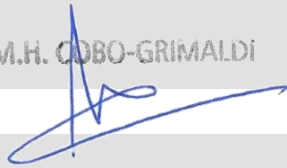
## ISAE SUPAERO

### ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION G2 AVP

Affaire n°

09D2404061

01-B

Ind.	Date	Modifications	Rédigé par	Validé par	Nb.
A	27/01/2025	1 <sup>ère</sup> Emission	Mathilde BADENS	Marie-Hélène COBO-GRIMALDI	29
B	25/02/2025	1 <sup>ère</sup> Emission	Mathilde BADENS	Marie-Hélène COBO-GRIMALDI	32
					



# SOMMAIRE

<b>I - CONDITIONS D'INTERVENTION .....</b>	<b>3</b>
<b>II - ETAT DES LIEUX, CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE .....</b>	<b>3</b>
II - 1. TOPOGRAPHIE, ETAT DES LIEUX .....	3
II - 2. GEOLOGIE .....	5
II - 3. HYDROGEOLOGIE .....	5
II - 4. RISQUES GEOLOGIQUES .....	6
<b>III - DESCRIPTION DU PROJET .....</b>	<b>8</b>
<b>IV - RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES ET ESSAIS .....</b>	<b>9</b>
IV - 1. ORGANISATION DE LA RECONNAISSANCE .....	9
IV - 2. RECONNAISSANCE DES SOLS .....	9
IV - 2.1. Nature et consistance du sol .....	9
IV - 2.2. Caractéristiques mécaniques .....	10
IV - 3. RECONNAISSANCE MANUELLE .....	10
<b>V - APPLICATION AU PROJET .....</b>	<b>11</b>
V - 1. FONDATION TOUR DE GRAVITE .....	11
V - 2. FONDATION DALLE EXTERIEURE .....	12
V - 3. SUJETIONS GENERALES .....	13
<b>ANNEXE A : PLANS DE SITUATION ET D'IMPLANTATION .....</b>	<b>14</b>
<b>ANNEXE B : COUPES DES SONDAGES .....</b>	<b>17</b>
<b>ANNEXE C : CALCULS FOXTA .....</b>	<b>23</b>
<b>ANNEXE D : CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS GENERALES D'UTILISATION DES RAPPORTS .....</b>	<b>27</b>



## I - CONDITIONS D'INTERVENTION

A la demande et pour le compte de l'ISAE SUPAERO, le Bureau d'Etudes Terrefort a effectué une étude géotechnique de conception – phase AVP - dans le cadre de la création d'une tour de gravité dans le bâtiment 14 sur un terrain situé 2 avenue Edouard Belin, sur la commune de Toulouse (31) – voir plan de situation en figure n°1 de l'annexe A.

Conformément à la classification des missions géotechniques types, à leur schéma d'enchaînement et aux conditions générales des missions géotechniques (norme NFP 94-500 - révision novembre 2013 - présentée en annexe C), notre mission a pour objet de fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet. Il s'agit donc d'une mission de type G2 phase AVP.

Notre rapport comprend :

- La description du contexte géologique,
- Les résultats et l'interprétation des sondages, mesures et investigations,
- Le principe des fondations adaptés (types de fondations, cote d'encastrement, contraintes dimensionnantes),
- La définition du type de plancher envisageable,
- Toutes sujétions d'ordre géotechnique y compris celles relatives à la sécheresse.

Pour mener à bien notre mission, il nous a été transmis le document suivant :

- Le cahier des charges pour sondages géotechniques.

## II - ETAT DES LIEUX, CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

### II - 1. Topographie, état des lieux

Le terrain se situe au Sud-Ouest du campus de l'ISAE SUPAERO. Il est entouré par :

- A l'Est par une voie d'accès en enrobé ;
- Au Sud, Est et Nord, un espace vert.

La Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) est limitée à la parcelle accueillant le projet.

Le terrain est actuellement occupé par le bâtiment 14.



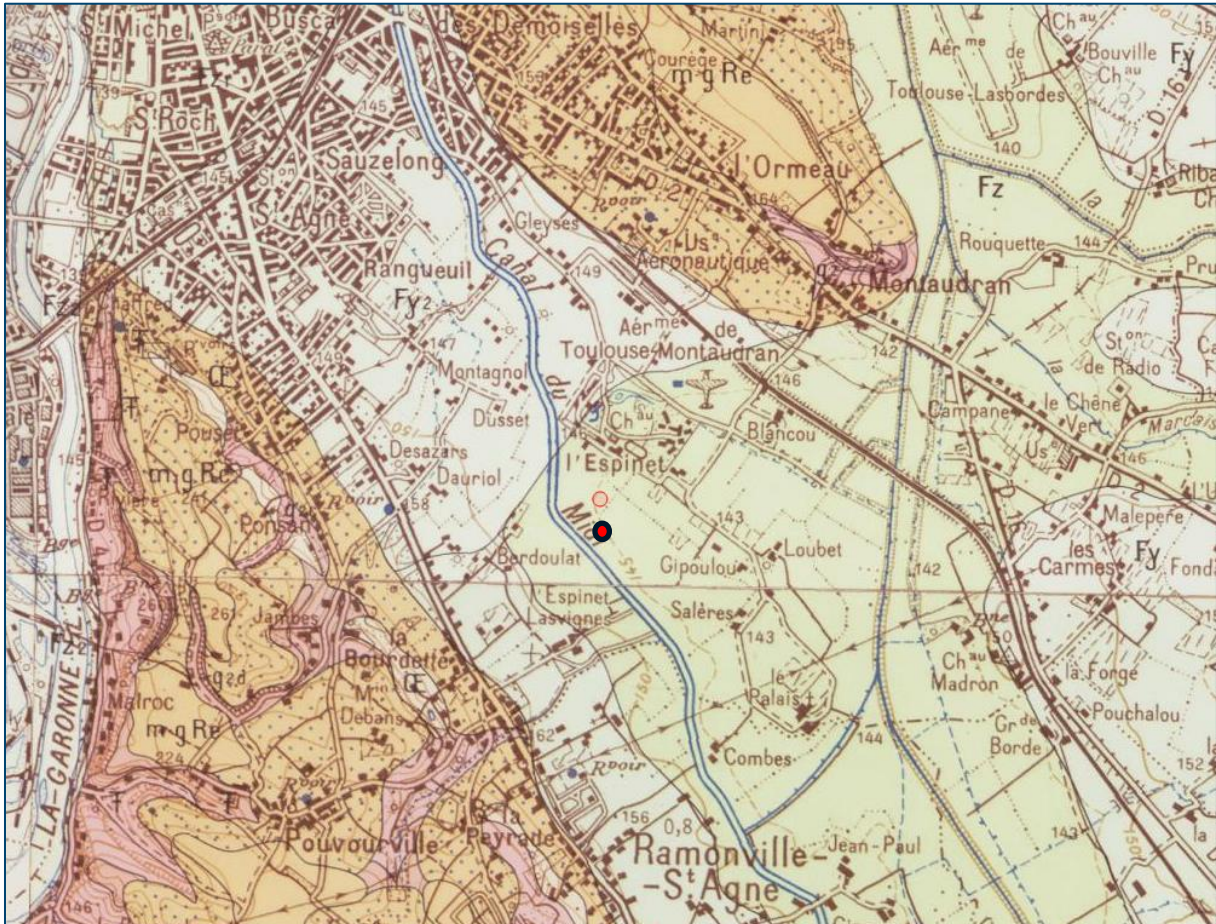
*Photographie de la zone d'étude*





## II - 2. Géologie

D'après la carte géologique (feuille de Toulouse-est au 1 / 50 000), le terrain appartient à la formation **Fz** correspondant aux Alluvions actuelles et modernes de l'Hers. Il s'agit d'un limon d'inondation à éléments fins, parfois décalcifié, mais le plus souvent un peu calcaire. Ces alluvions reposent sur le substratum molassique daté du stampien. Cette formation molassique est majoritairement représentée par des argiles, des argiles sableuses ou silteuses plus ou moins marneuses. Des bancs calcaires ou gréseux de faible épaisseur peuvent être présents.



*Extrait de la carte géologique, source : [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)*

## II - 3. Hydrogéologie

La nappe phréatique siège dans les alluvions fines superficielles.

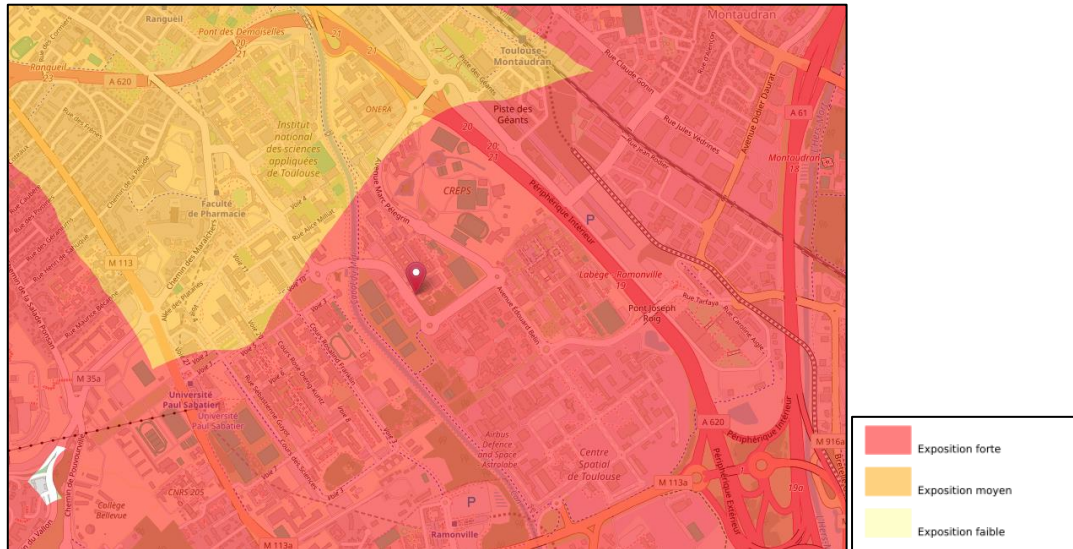
Le substratum est généralement peu perméable mais de l'eau peut circuler en particulier au sein d'éventuelles lentilles sableuses.

Notons que les terrains argileux et limoneux de surface peuvent être le siège de saturations d'eau temporaires en période de fortes pluies.



## II - 4. Risques géologiques

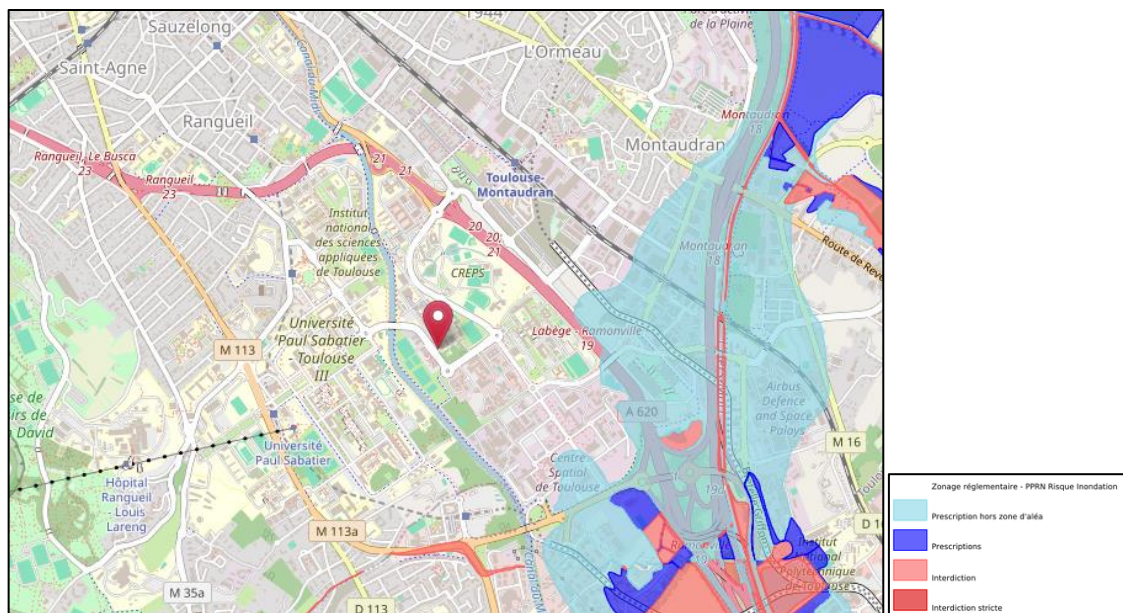
- **Aléa Retrait/Gonflement** : La carte d'aléa retrait-gonflement des argiles éditée par le BRGM classe le secteur dans une zone « d'aléa fort » - cf. extrait de cartographie ci-après.



*Cartographie aléa retrait/gonflement des argiles, source : georisques.gouv.fr*

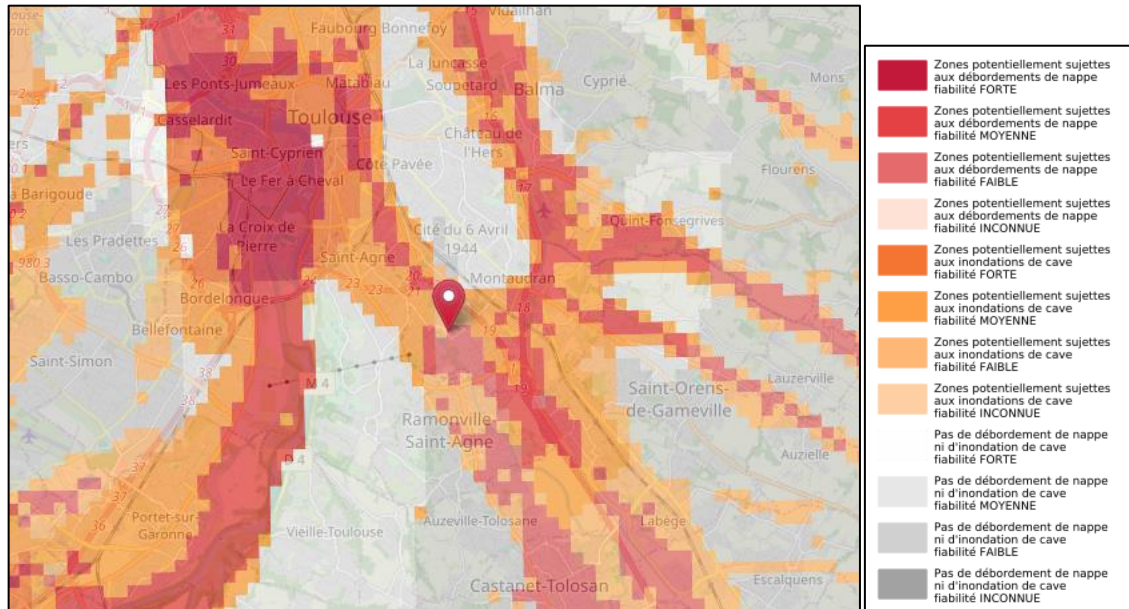
La commune a fait l'objet de 27 arrêtés de Catastrophe Naturelle pour le phénomène sécheresse et/ou réhydratation des sols entre 1989 et 2020. Un PPRN concernant cet aléa a été approuvé en 2010.

- **Inondation** : La parcelle étudiée ne se trouve pas en zone inondable mais la commune de Toulouse dispose du PPRN Inondation (Cf. Extrait de cartographie).



*Cartographie PPR Inondation, source : georisques.gouv.fr*

- **Inondation par remontée de nappe** : Le terrain étudié est situé en zone potentiellement sujette aux débordements de nappes (Cf. Extrait de cartographie ci-dessous).



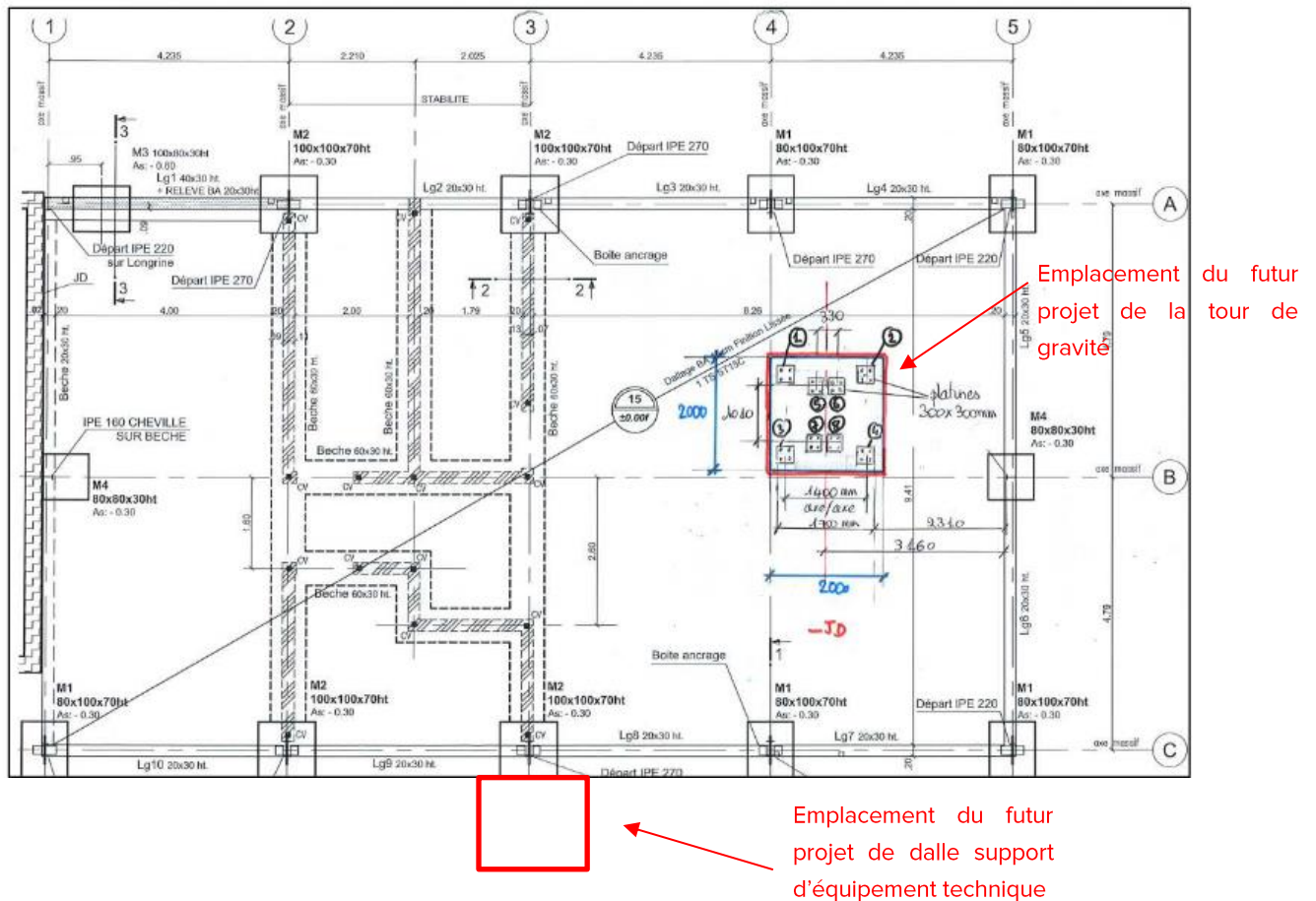
*Cartographie aléa remontée de nappe, source : [georisques.gouv.fr](http://georisques.gouv.fr)*

- **Mouvement de terrain** : Selon la cartographie des zones à risque, la zone étudiée n'est pas concernée.
- **Sismicité** : le site se trouve en zone 1 selon le zonage sismique de la France (aléa très faible).

### III - DESCRIPTION DU PROJET

Le projet prévoit la construction d'une tour de gravité à l'intérieur du bâtiment 14 et une dalle support d'équipement technique à l'arrière du bâtiment.

La dalle devra se situer à la côte altimétrique du bâtiment, soit à 145.7 mNGF.



Plan du bâtiment 14 et emplacement du futur projet, source : cahier des charges



## IV – RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES ET ESSAIS

### IV - 1. Organisation de la reconnaissance

Pour mener à bien notre mission, nous avons réalisé :

- Un sondage pressiométrique, repéré SP1, pour reconnaître la nature des sols et déterminer leurs caractéristiques mécaniques. Les investigations ont été menées à la tarière hélicoïdale continue Ø63 mm jusqu'à 10.5 m de profondeur. La précision des interfaces pour ce type de forage est de 30 à 40 cm. Ce forage a servi de support à 8 essais pressiométriques réalisés suivant la norme NF EN ISO 22476-4. Ces essais donnent la pression limite  $P_l$  et le module pressiométrique  $E_M$  des différentes couches.
- Deux sondages au pénétromètre dynamique lourd, repérés PD1 et PD2, menés jusqu'aux refus obtenus respectivement à 4.0 et 3.8 m de profondeur. Ces essais donnent le diagramme de pénétration sous forme de résistance de pointe à la rupture ( $q_d$ ) en fonction de la profondeur ;
- Une fouille de reconnaissance manuelle, notée F1, pour reconnaître la nature et la géométrie des fondations ;
- Un carottage, noté C1, pour reconnaître l'épaisseur de la dalle.

Dans la suite du rapport, les profondeurs sont données par rapport au niveau du terrain lors de l'intervention. Ce niveau est noté « TA ».

On se reportera au plan d'implantation des sondages en annexe A, figure 2.  
Les coupes et relevés des différents sondages se trouvent en annexe B.

### IV - 2. Reconnaissance des sols

#### IV - 2.1. Nature et consistance du sol

Les coupes des sondages SP1 et C1 ainsi que l'interprétation des pénétrogrammes PD1 et PD2 font apparaître la succession géologique suivante, sous la terre végétale et les terrains de recouvrement :

- **Jusqu'à 0.6 – 1.2 m/TA en PD1 et SP1 : une dalle en béton, un isolant et un hérisson/couche de forme (graves roulées) moyennement dense à très dense ;**
- **De 0.6 – 1.2 à 3.6 – 3.8 m/TA : une argile sableuse, grisâtre, de consistance molle à très raide ;**
- **Au-delà de 3.6 – 3.8 m/TA : une molasse argileuse sableuse, de consistance raide à très raide.** Il s'agit du substratum.

**IV - 2.2. Caractéristiques mécaniques**

Prof. toit (m/TA)	Prof. base (m/TA)	Nature du sol	Résistance de pointe qd (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	Module pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)
0	0.6 – 1.2	Dalle et hérisson	7.5 à > 40	/	/
0.6 – 1.2	3.6 – 3.8	Argile sableuse	1.0 à 11.7	0.48 à 2.91	7 à 59
3.6 – 3.8	N.D.	Molasse argileuse sableuse (substratum)	> 40 (refus)	1.47 à >3.88	17 à 92

**IV - 3. Reconnaissance manuelle**

La fouille F1 a été réalisée à l'intérieur du bâtiment, contre la file n°4. Nous avons réalisé plusieurs perçages à la mèche en biais. Ils ont permis de mettre en évidence une fondation en béton d'aspect sain dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Hauteur : >0.30 m (reconnue par perçage à la mèche) ;
- Encastrement : - 0.30 m/dalle béton (reconnu par perçage à la mèche) ;
- Débord : > 20 cm ;
- Sol d'assise : non reconnu ;
- Remarque : les perçages ont obtenu un refus sur des armatures métalliques.

## V – APPLICATION AU PROJET

### V - 1. Fondation tour de gravité

Compte tenu du contexte géologique, de la taille du projet et de la situation à l'intérieur du bâtiment, nous préconisons le principe suivant :

#### Fondations profondes par micropieux ancrées dans le substratum :

- Type de fondation : micropieux. Il pourra s'agir de micropieux de type II et de classe 18 (selon la NFP 94-262 de Juillet 2012) ;
- Horizon d'ancrage : molasse argileuse sableuse reconnue à partir de 3.6 – 3.8 m/TA ;
- Ancrage minimum : 1.5m au sein du substratum pour les micropieux ;

Profondeurs(m/TA)	Nature du sol	$p_l^*$ (MPa)	$\alpha$ pieu-sol	Courbe	$q_s$ (kPa)	$k_p$
De 0 à 1.6	Remblais	/	/	Neutralisation du frottement		
De 1.6 à 3.8	Argiles sableuses molles à très raides	0.5	1.1	Q1	39	1.1
Au-delà de 3.8	Substratum Raide à très raide	2.0	1.5	Q4	143	1.6

#### Remarques :

- Pour un  $f_{c;k} = 25$  MPa, la contrainte maximale dans le béton sera limitée à 5,5 MPa ;
- La longueur de chaque pieu devra être ajustée aux conditions rencontrées en cours d'exécution (mesure et enregistrement des paramètres de forage nécessaires), la nature et la compacité des horizons étant sujet à variations ;
- Le forage des pieux constituera une reconnaissance des sols à l'avancement. Les fiches de pieux seront adaptées au cas par cas ;
- L'entreprise de fondations devra prendre les dispositions nécessaires pour assurer la bonne tenue des parois de forage et assurer l'injection du béton en présence d'eau ou de passages très mous – notamment vis-à-vis du risque de surconsommation de béton ;
- En fonction des efforts transmis aux pieux, l'entreprise justifiera la nécessité ou non d'armer les pieux ;
- L'entreprise de fondation devra s'assurer que son matériel (puissance) et sa technique de forage lui permettent de forer au sein des sols rencontrés et de réaliser les ancrages requis en fonction des caractéristiques mécaniques du sol ;
- La longueur des pieux peut varier en fonction des variations des horizons rencontrés et des travaux de terrassement de la plateforme, susceptible de modifier sa cote ;
- En cas de gonflement des argiles, les longrines devront être désolidarisées du sol : prévoir un espace vide de 5 cm minimum de hauteur, ou polystyrène.

## V - 2. Fondation dalle extérieure

Il est envisagé la création d'une dalle de 2.5 x 2.5 m avec des charges réparties de l'ordre de 600kg/m<sup>2</sup>. Dans l'absence d'informations, nous supposerons une dalle de 20cm d'épaisseur.

Compte tenu de la destination du dallage, support d'une PAC, la maîtrise d'œuvre souhaite éviter un plancher sur vide sanitaire, et un dallage sur terre-plein est envisagé.

Afin d'atteindre un sol d'assise de nature homogène, il conviendra de purger les remblais jusqu'à atteindre les argiles sableuses rencontrés à l'intérieur du bâtiment, à partir de 0.6 – 1.2 m de profondeur. Les épaisseurs purgées seront alors remplacées par des remblais de substitution support de dallage insensibles à l'eau (matériaux traités à la chaux ou matériaux d'apport granulaire) soigneusement compactés par couches successives, conformément au DTU 13.3. La portance de la plateforme ainsi créée devra impérativement être vérifiée par des essais à la plaque.

Au-dessus du remblai de substitution, il faudra prévoir l'apport d'une couche de forme d'une épaisseur minimum de 30 cm.

La réception de la couche de forme, support du dallage, devra garantir un module **EV2 = 50 MPa** (valeur minimale requise par le DTU 13.3 mais à adapter à la classe de dallage et aux charges).

En vue du dimensionnement du dallage, on retiendra les caractéristiques élastiques suivantes :

Formation	E <sub>M</sub> (module pressiométrique)	α (coefficient rhéologique)	E <sub>S</sub> (module conventionnel)
Alluvions sableuses	6 MPa	0.67	9 MPa
Substratum molassique	17 MPa	0.67	25 MPa

Avec ces hypothèses, On obtiendrait alors un tassement inférieur à 1 mm.

Compte tenu du contexte géotechnique, on prévoira de **respecter impérativement l'ensemble des préconisations** :

- Mise en place de dispositifs s'opposant à l'évaporation sur une largeur de 1.5 m (trottoirs, ...),
- Ne pas planter d'arbres, à une distance de la dalle inférieure à 1.5 fois leur hauteur à l'âge adulte ou mise en place d'écrans anti racines,
- Interdiction d'ouvrages d'infiltration à moins de 5 m de la dalle.





### V - 3. Sujétions générales

- Toute anomalie devra être signalée sans délai au géotechnicien ;
- Au vu de la nature des sols superficiels (argiles), les travaux devront être réalisés lors de conditions météorologiques favorables sinon le terrain pourrait devenir rapidement impraticable et nécessiter la mise en place d'une couche de forme en matériaux granulaires pour assurer la circulation des engins ;
- La démolition des structures de chaussées existantes et les passages indurés pourront nécessiter l'utilisation de pelles puissantes, voire un BRH lors des travaux de terrassement ;
- Respect des PPR de la commune ;
- Les canalisations mises en place entre les constructions et l'extérieur seront aussi flexibles que possible et seront associés à des raccords souples et des joints parfaitement étanches.

Nous restons à la disposition du maître d'ouvrage pour la poursuite éventuelle des études et le suivi du chantier, missions G2 PRO à G4 : voir en annexe C le principe d'enchaînement des missions géotechniques.

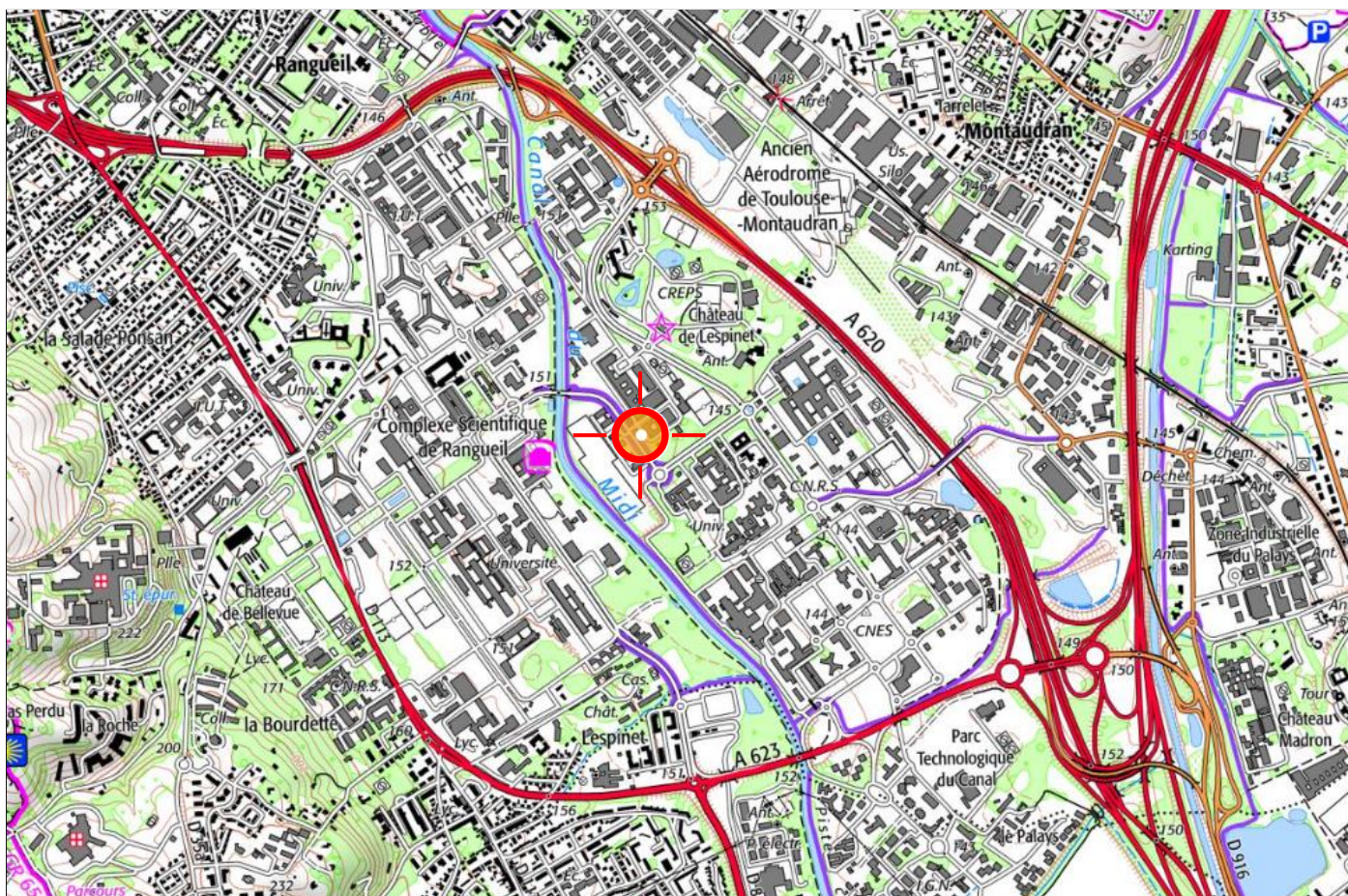




## ANNEXE A : PLANS DE SITUATION ET D'IMPLANTATION









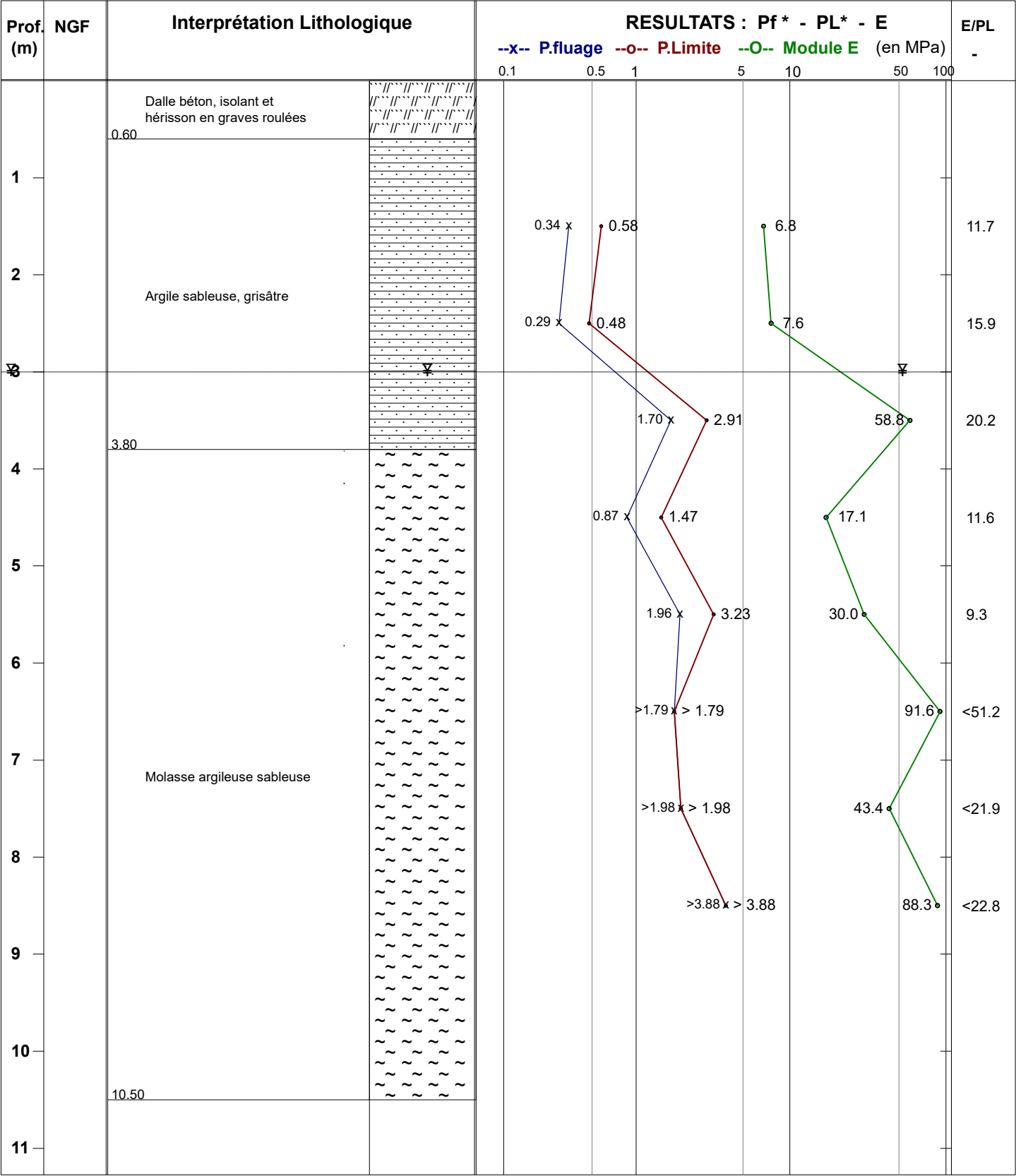






## ANNEXE B : COUPES DES SONDAGES





OUTILS DE FORAGE

Tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	10.50 m

TUBAGES


DATES D'EXECUTION

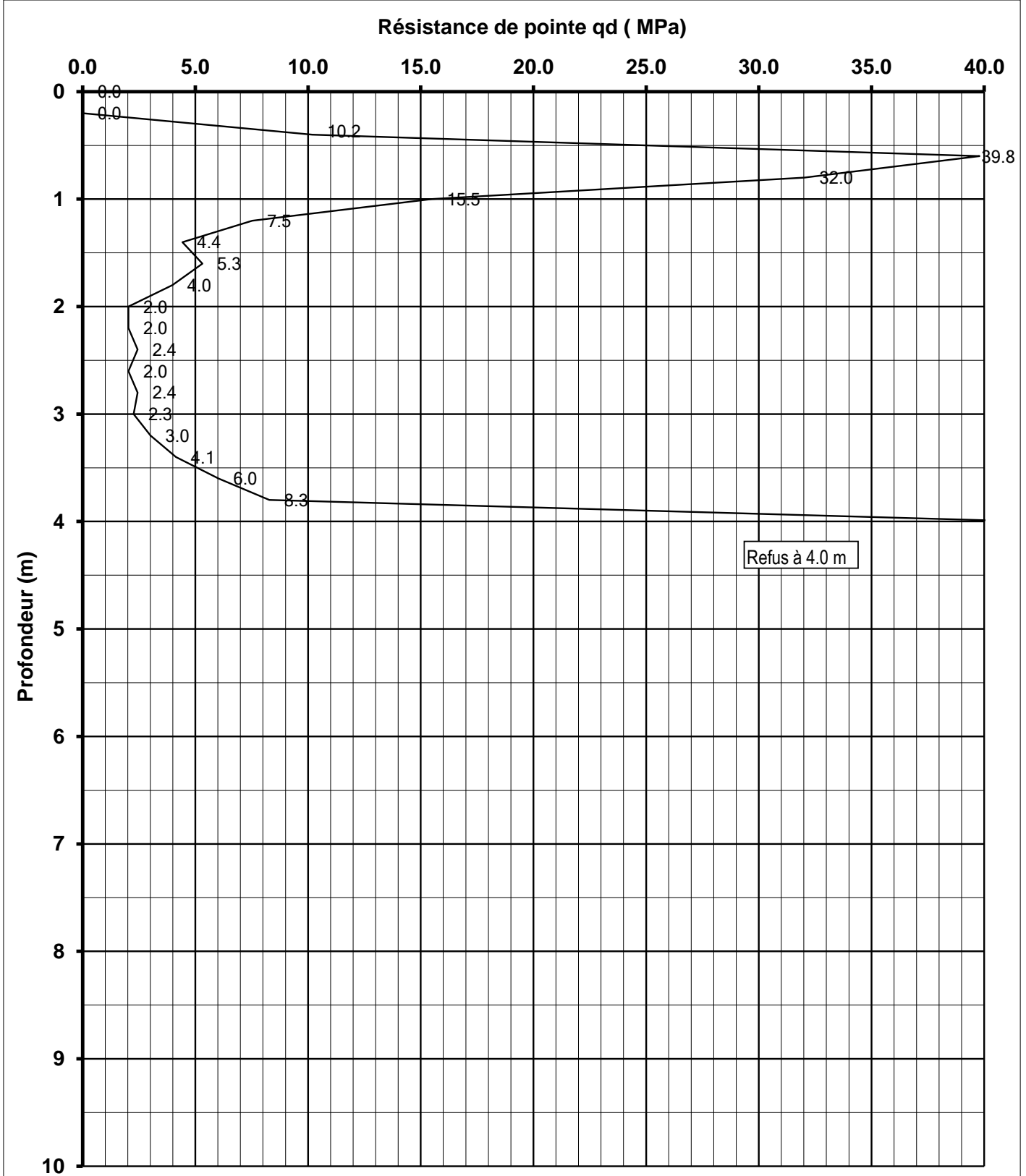
06/01/25	10.50 m

# SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

**7 ERREFORT**  
 GEOTECHNIQUE  
 1956, La Lauragaise  
 31 670 LABEGE  
 Tél. : 05 62 24 35 97  
 Fax : 05 62 24 87 12

Affaire : **TOUR DE GRAVITE - BAT 14**  
 Lieu : **TOULOUSE**  
 Dossier : 09D2404061  
 Client : ISAE  
 Cote :  
 Nappe : /

SONDAGE :  
**PD1**  
 DATE :  
**06/01/2025**



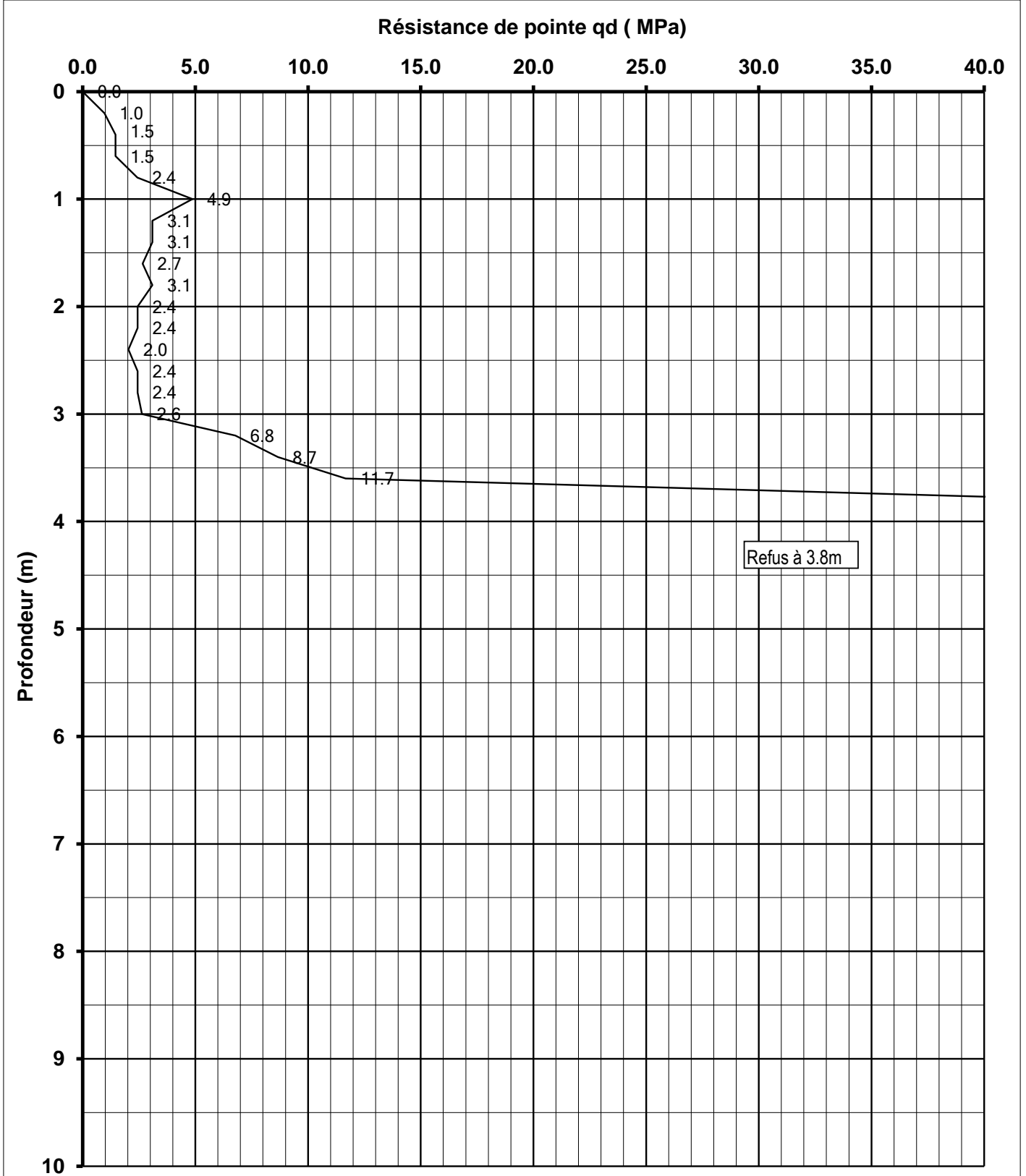
Caractéristiques du pénétromètre :		LM50	Observations :
Masse du mouton (kg)		50	
Hauteur de chute (m)		0.5	
Poids d'une tige (kg / ml)		6.2	
Poids mort initial (kg)		8.2	
Section pointe (cm²)		20	

# **SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE**

**7 ERREFORT**  
GÉOTECHNIQUE  
 1956, La Lauragaise  
 31 670 LABEGE  
 Tél. : 05 62 24 35 97  
 Fax : 05 62 24 87 12

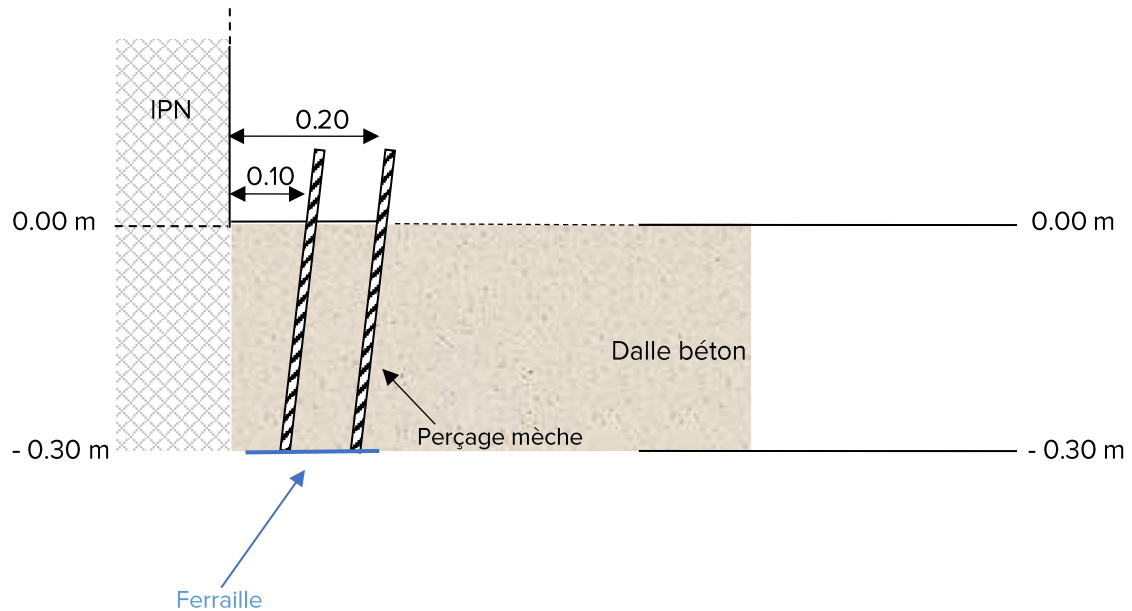
Affaire : **TOUR DE GRAVITE - BAT 14**  
 Lieu : **TOULOUSE**  
 Dossier : 09D2404061  
 Client : ISAE  
 Cote :  
 Nappe : /

SONDAGE :  
**PD2**  
 DATE :  
**06/01/2025**

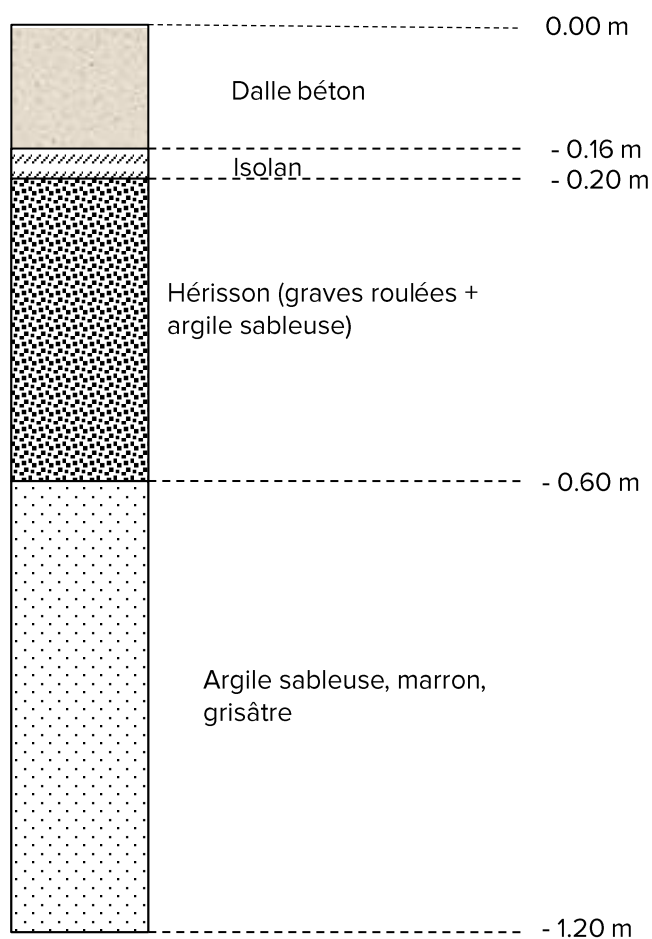


Caractéristiques du pénétromètre :		Observations :
Masse du mouton (kg)	LM50 50	
Hauteur de chute (m)	0.5	
Poids d'une tige (kg / ml)	6.2	
Poids mort initial (kg)	8.2	
Section pointe (cm²)	20	





<p>   19  05 62 24 35 97 05 62 24 87 12  terre-fort@wanadoo.fr </p>	<p> Affaire 09D2404061  TOUR DE GRAVITE – BAT 14  31 - TOULOUSE </p>	<p>Annexe B</p> <hr/> <p>Carottage C1</p>
--	--	---



**Profondeur en m**  
**Echelle ~ 1/10**





## ANNEXE C : CALCULS FOXTA



# Données

Titre du projet : tour de gravité

Numéro d'affaire : 09D2404061

Commentaires : N/A

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Non

## Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	argile sableuse		-3.80	9.00E03	0.33	0.000	0.000
2	molasse		-10.00	2.50E04	0.33	0.000	0.000

Contrainte initiale en surface (kPa) : 0,00

## Plaque - Carré

N°	E	v	e	zbase	X	Y	L	θ
1	3.50E07	0.33	0.20	0.00	2.50	2.50	2.00	0.0

## Surcharge répartie - Carré

N°	Q	X	Y	L	θ
1	6.00	2.50	2.50	2.00	0.0

Pas maximal (m) : 0,10

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

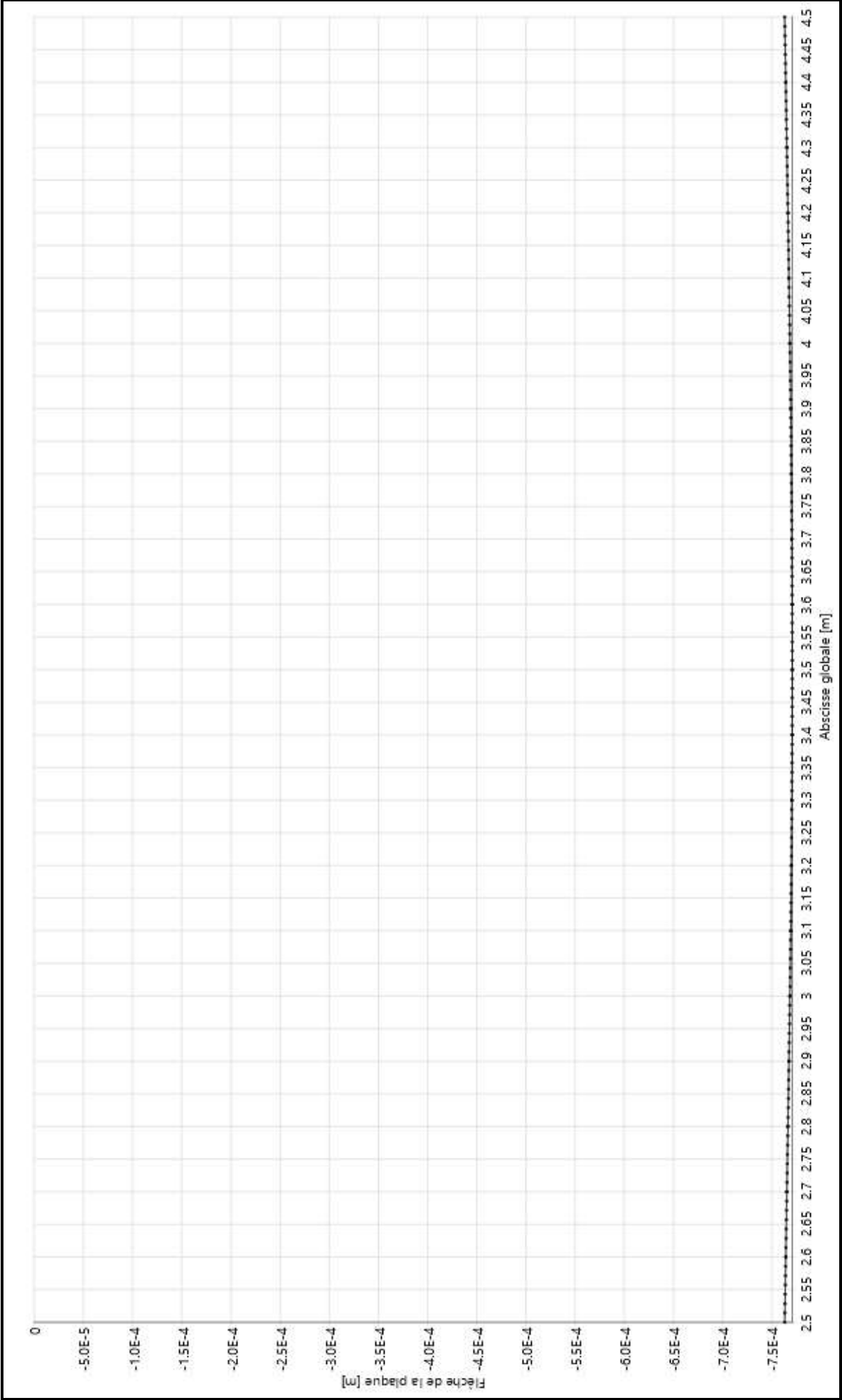


FoXta v4  
v4.0.5

Imprimé le : 25/02/2025 - 16:57:42  
Calcul réalisé par : TERREFORT

Projet : Dalle extérieure  
Module : Tasplaq (Plaque 1/1)

# Coupe / Flèche de la plaque / Y=3,50m





# Isovaleurs / Flèche de la plaque





## **ANNEXE D : CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS GENERALES D'UTILISATION DES RAPPORTS**





## CONDITIONS GENERALES D'INTERVENTION

Les présentes conditions générales viennent en complément des deux documents joints :

- Classification des Missions Géotechniques Types
- Conditions générales des Missions Géotechniques

### ARTICLE I - DELAIS

Sauf indication contraire précise, les estimations de délai d'intervention et de délai d'exécution des missions ne sauraient engager notre société. Ces estimations sont données de bonne foi, elles sont approximatives. L'estimation du délai d'exécution ne peut prendre en compte les retards dus à la rencontre de sols inattendus ou de circonstances naturelles imprévisibles, aux arrêts provenant de cas de forces majeures ou de causes non imputables à notre société.

### ARTICLE II - AUTORISATIONS ET FORMALITES

Les démarches et formalités administratives, et en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les chantiers et terrains à reconnaître et d'y effectuer les sondages et essais prévus, sont à la charge du client. En fonction des résultats de la demande de renseignements concernant les réseaux, à fournir préalablement par le client, notre société engage si nécessaire la procédure D.I.C.T.

### ARTICLE III - PRESTATIONS EXCLUES

Sauf rémunération spécifique, sont notamment exclues des missions :

les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier,  
la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou essais,  
les travaux éventuels permettant l'accessibilité aux points de sondages ou essais, et l'aménagement des plates-formes nécessaires aux matériels utilisés,  
la prise en charge des dégâts au terrain, à la végétation et aux cultures, inhérents à notre intervention,  
la recherche des ouvrages enterrés autres que ceux objet de la D.I.C.T. et de la prise en charge des dommages ayant pu être causés.

### ARTICLE IV - FIN DE MISSION

La mission de notre société prend fin par la remise du rapport géotechnique.

### ARTICLE V - CONDITIONS FINANCIERES

Nos prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date de la proposition.

Ils sont valables trois mois et actualisés au-delà de cette période selon l'indice TP04, l'indice Syntec, ou l'indice ingénierie, en fonction de la nature de la mission.

Les quantitatifs retenus pour la facturation seront ceux réellement exécutés en fonction des nécessités techniques de la mission.

Lors de la signature du contrat, le client versera un acompte de 30% du montant total estimé. Le montant de cet acompte sera déduit du décompte final établi après remise du rapport géotechnique.

Par nature, nos prestations ne sont pas soumises à retenue de garantie.

Les paiements interviendront dans les 30 jours, date de facturation. Un désaccord de quelque nature que ce soit, ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission régulièrement réalisée. De convention expresse, toute somme non réglée à son échéance portera intérêts de plein droit au taux légal.

En cas de recouvrement contentieux, consécutif à la carence du débiteur, il sera dû par celui-ci une indemnité de 15% des sommes restant dues à titre de clause pénale sans préjudice des intérêts ci-dessus, les frais de procédure et les dépenses pouvant être dues par ailleurs.

### ARTICLE VI - RESILIATION

Toute procédure de résiliation sera obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes de notre société, celle-ci aura la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son cocontractant par lettre recommandée avec accusé de réception.

En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat pourra être résilié de plein droit.

Dans tous les cas, cela emporte paiement de l'intégralité des prestations régulièrement fournies par notre société au jour de la résiliation.

### ARTICLE VII - RESPONSABILITES

Indépendamment des présentes obligations contractuelles, notre société est soumise aux responsabilités découlant du droit commun et à la responsabilité décennale édictée par les articles 1792 et 2270 du Code Civil pour les ouvrages qui tombent dans le champ d'application desdits articles.

Elle déclare, par la présente, avoir souscrit les contrats d'assurance couvrant ses responsabilités.

### ARTICLE VIII – LITIGES ET CLAUSE ATTRIBUTIVE DE JURIDICTION

Pour les litiges pouvant survenir dans l'application du contrat, les parties solliciteront d'abord, l'avis d'un arbitre choisi d'un commun accord. Faute d'accord sur le choix d'un arbitre ou sur la solution proposée par celui-ci, ou tout simplement en cas de contestation, seules les juridictions du ressort au siège social de notre société seront compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie, ou de pluralité de défendeurs.





## SCHEMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

**Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013)**

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase 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



## CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

### Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version 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)

## CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

### **Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013)**

#### **1. Cadre de la mission**

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution.

En particulier :

- Les missions d'études géotechniques préalables (étude de site G1 ES, étude des Principes Généraux de Construction G1 PGC), Les missions d'études géotechniques de conception (étude d'avant-projet G2 AVP, étude de projet G2 PRO et étude G2 DCE/ACT), Les missions étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif.
- la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique.
- L'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit.
- Toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport.
- Toute mission d'étude géotechnique préalable G1 phase ES ou PGC, d'étude géotechnique de conception G2 AVP, ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée.
- Une mission d'étude géotechnique de conception G2 AVP, de projet G2 PRO et G2 DCE/ACT engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

#### **2. Recommandations**

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

#### **3. Rapport de la mission**

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.