



Marignane, le 31 Octobre 2024

N/réf :24-043b

## **MISSION GEOTECHNIQUE TYPE G2PRO**

### **AVANT PROJET EXTENSION BSE PORT - GPMM – 143 A Mole Mourepiane – 13016 MARSEILLE**

A la demande et pour le compte du service Interrégionale des Douanes PACA CORSE, le bureau d'étude SOLTHYS a réalisé à Marseille, 143 A Mole de Mourepiane, des investigations géotechniques au Sud du bâtiment de la Brigade de Surveillance Extérieure du Grand Port maritime de Marseille.

L'avant projet consiste en la réalisation d'un bâtiment en R+0 non contiguë avec l'existant.

**Notre mission de type G<sub>2PRO</sub> selon la norme NFP 94-500 rév 2013 (Union Syndicale Géotechnique) a pour but de définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade projet pour l'extension**

	Maîtrise d'œuvre d'infrastructure (loi MOP - juillet 1985)	Ingénierie géotechnique (missions selon norme NF P94-500 - novembre 2013)	
		du maître d'ouvrage	de l'entreprise
Phase actuelle	<b>CONCEPTION</b>		
	Etude préliminaire (EP) si ouvrage neuf <b>Diagnostic (DIAG)</b> si projet de réhabilitation (Hors mission témoin de la loi MOP)	Etude géotechnique préalable G1 (si ouvrage neuf) Diagnostic géotechnique G5, (si projet de réhabilitation)	
	<b>Avant-projet (AVP)</b>	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)	
	<b>Projet (PRO)</b>	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)	
	<b>Assistance pour la passation des Contrats de Travaux</b> Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) Analyse des offres, mise au point contrat travaux (ACT)	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Dossier de consultation des entreprises et Assistance pour l'établissement des contrats de travaux (DCE/ACT)	
	<b>REALISATION</b>		
	<b>Visa</b>	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision de l'étude d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) - Phase étude (en interaction avec la phase suivi)
	<b>Direction de l'exécution des contrats de Travaux (DET) Assistance aux Opérations de Réception (AOR)</b>	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision du suivi d'exécution (en interaction avec la phase supervision de l'étude)	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3)- Phase SUIVI (en interaction avec la phase étude)

Phases à réaliser pour assurer la pérennité de l'ouvrage

**Tableau : Articulation Loi MOP Infrastructure / Norme NF P 94-500**

Le 24 juin 2024, nous avons réalisé, sur la parcelle, une étude de faisabilité géotechnique type G<sub>2AVP</sub> dans le cadre du projet d'extension. Les sondages pénétrométriques et les essais de laboratoire, réalisés lors de cette étude, ont été intégrés dans le présent rapport.

**Nota :** La mission, basée sur des investigations courantes, est réalisée au cours de la phase conception pour élaborer un projet définitif adapté aux conditions géotechniques du site. Elle devra être complétée par les phases DCE et ACT pour consulter les entreprises. Cette mission n'a donc pas vocation à servir pour l'exécution du projet (cf. Tableau supra).



Aires étudiée

L'aire étudiée, sensiblement plane, se situe entre le bâtiment existant et la clôture. Un bâtiment modulaire grève en partie la zone d'étude.

En complément des éléments déjà remis pour la G<sub>2AVP</sub> le BET SERENSIP nous a fourni un plan de fondation avec les enveloppes de contraintes ELS et ELU.

## **1. GEOLOGIE (Rappel)**

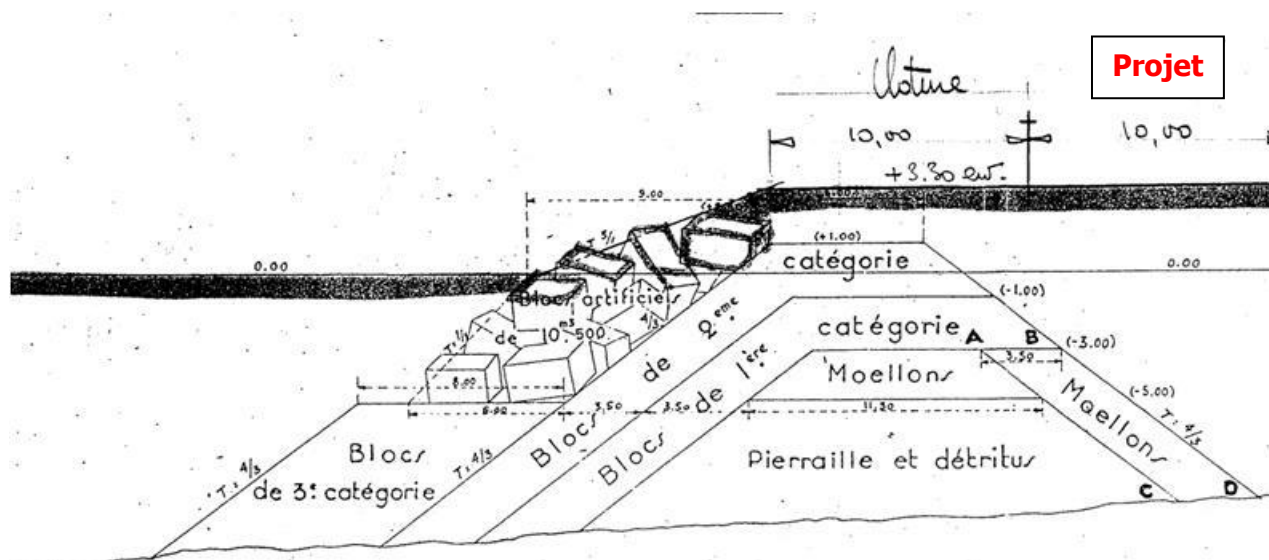
La carte géologique au 1/50.000<sup>ème</sup> d'AUBAGNE MARSEILLE indique que nous sommes dans des terrains d'âge Quaternaire caractérisés par des limons vasards putrides.

En application de l'article 68 de la loi ELAN du 23 novembre 2018, le décret du conseil d'Etat n°2019-495 du 22 mai 2019 a créé une section du Code de la construction et de l'habitation spécifiquement consacrée à la prévention des risques de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. L'exposition au retrait/gonflement est définie comme **Nulle** dans le secteur.

La commune a été classée en catastrophe naturelle (gonflement/retrait des argiles) en 1989-91, 1992-93, 1998, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2016, 2017 et 2019.

Il existe plusieurs PPRn (Plans Particuliers des Risques naturels) Mouvements de Terrain, Cavités souterraines, Retraits gonflements des sols argileux, Inondation et un PAPI inondation, consultables en mairie. Le projet définitif devra en tenir compte.

Les vases sont, ici, recouvertes d'une grande épaisseur de remblais formant la digue.



Profil type de la digue

### *Paramètres sismiques*

Le site se situe en zone de **sismicité 2** ( $a_g=0,4 \text{ m/s}^2$ ).

A ce stade des investigations la classe de sol à considérer est **E**.

La classe de l'ouvrage sera à confirmer par le maître d'ouvrage.

La classification du sol est donnée à titre indicatif. Dans le cas où une analyse spécifique serait nécessaire il faudra envisager la réalisation de forages spécifiques profonds (30 m).

L'étude structure devra tenir compte de l'Eurocode 8 et s'assurer de la stabilité des ouvrages sous sollicitations sismiques.

### *Hydrogéologie*

Le jour de l'étude, lors de la réalisation des sondages, des venues d'eau franches ont été détectées à des cotes voisines de  $-2.8 \text{ m/TJE}$  qui sont congruentes avec la présence du bassin portuaire à proximité (cf. coupe type de la digue). Il y a vraisemblablement de légères fluctuations en fonction du niveau de la mer.

La présence d'eau, lors de nos investigations n'est pas un paramètre caractéristique du régime hydrogéologique. Seule l'observation des variations aquifères à partir d'un

ou de plusieurs piézomètres, sur une période significative, permettra de définir les niveaux des eaux souterraines dont celui des plus hautes eaux HE et exceptionnelles EE au sens du DTU14,1.

Un drainage adapté devra être mis en place en périphérie des ouvrages pour récupérer et évacuer les eaux épidermiques de façon pérenne et vérifiable.

## **2. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES**

### **2.1. TARIERE - ESSAIS EN LABORATOIRE (Rappel)**

Lors de notre précédente étude, nous avons réalisé une prise échantillon en P2 à 100 cm/TJE.

*2.1.1. Teneur en Eau* : ESSAI AFNOR NF P 94-049-1

*Echantillon 1* : Limons sableux et graves avec  $w = 15.60 \%$ .

*2.1.2 Valeur VBS* : ESSAI AFNOR NF P 94-068

L'essai avait été réalisé à partir de l'échantillon 1 sur la fraction  $D_{\max} < 5\text{mm}$

La valeur de VBS est de 1.75 selon la classification de Chassagneux et al (1996), la sensibilité du matériau vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement est faible.

L'échantillon est pris dans les remblais riches en limons, sables et graves insensibles au retrait/gonflement.

### **2.2 ESSAIS PENETROMETRIQUES (Rappel)**

Le pénétromètre EMCI 230C utilise la chute d'un mouton de 63.5 kg sur une hauteur de 75 cm. Les résistances à la pénétration RPD sont obtenues à partir du nombre de coups sur 10 cm en utilisant la formule dite « des hollandais ».

$$R_{pd} = N \times \frac{M^2 H}{A} \times \frac{1}{M + m + Pz} \times \frac{1}{e}$$

M = poids du mouton en daN

H = hauteur de chute en cm

P = poids des tiges à la profondeur z en daN

A = section de la pointe en  $\text{cm}^2$

Rpd = résistance dynamique de pointe en  $\text{daN/cm}^2$

m : poids de l'enclume

e = enfoncement unitaire (10 cm)

Le calcul de  $R_{pd}^*$  (cf. pénétrogramme annexe) tient compte d'un coefficient de réduction lié au frottement latéral lors de l'enfoncement de la tige et de la pointe dans le sol. Il est fonction du nombre de coups et de la profondeur.

Les pénétrogrammes annexés à ce document donnent les valeurs de résistance en pointe dynamique corrigées ( $R_{pd}^*$ ) en Mpa en fonction de la profondeur par rapport au terrain le jour de l'étude (TJE) qui correspond à l'enrobé du parking. Pour les essais, une pointe de  $20 \text{ cm}^2$  a été utilisée afin de tester le substratum.

## Analyse des résultats

Les investigations réalisées indiquent le schéma suivant :

- Remblais assez compacts formant la couche de forme de l'enrobé de quelques décimètres. (**Horizon 1**)
- Remblais limono argileux +/- humides avec des valeurs de Rpd globalement comprises entre 1 et 6 Mpa. On note entre 2,3 et 4,3 m/TJE des horizons avec un enfoncement des tiges sous l'effet de la pression statique c'est-à-dire que la tige s'enfonce sous son propre poids, sans battage. Il est alors impossible d'obtenir une valeur de résistance dynamique cohérente. Il s'agit d'horizons fins quasi saturés pour lesquels le pénétromètre dynamique ne permet pas une lecture fine de la résistance (thixotropie). Les refus obtenus à des cotes variables correspondent vraisemblablement aux gros éléments (Blocs) constituant la digue. (**Horizon 2**)

### 2.3 ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Nous avons réalisé 1 sondage à la tarière hélicoïdale continue diamètre 64 mm.

=> On note une congruence avec les résultats des essais pénétrométriques.

Le refus obtenu correspond vraisemblablement à un bloc (soubassement de la digue ?)

Les investigations ont mis en évidence 3 horizons :

- Remblais de surface compactés (Horizon 1)
- Remblais limoneux +/- graveleux secs (Horizon 2a)
- Remblais limono argilo sableux humides à quasi saturés (Horizon 2b)

La coupe sondeur et les valeurs pressiométriques sont détaillées en annexe.

Les essais pressiométriques à -3 et -4 m/TJE donnent des résultats aberrants vraisemblablement liés à une déformation excessive du forage (eau). Nous n'en tiendrons pas compte.

## 3. MODELE GEOTECHNIQUE

	Ple (Mpa)	Em (Mpa)	$\alpha$
<b>Horizon 1</b>	-	-	-
<b>Horizon 2a</b>	<b>0.56</b>	<b>6.5</b>	<b>0.5</b>
<b>Horizon 2b</b>	<b>0.28</b>	<b>2.42</b>	<b>0.5</b>

Tableau : Interpolation des sondages\*

\*(Moyenne géométrique pour PL et Harmonique pour Em), Horizon 1 volontairement négligé.

## **4. CONCLUSION**

### **4.1 TERRASSEMENT :**

#### *4.1.1 Conditions générales*

Le terrassement de masse sera possible au tractopelle après pré découpage de l'enrobé.

La stabilité pendant la phase travaux sera assurée par un blindage pour tout creusement au delà de 1 m.

Dans les zones avec des matériaux fins et en présence d'eau les opérations de terrassement peuvent être techniquement plus complexes avec des éboulements, un enlèvement des engins, un matelassage de la plateforme lors du compactage aussi une vérification de la teneur en eau sera à prévoir. Le fond de forme sera protégé, dès exécution, par un matériau insensible à l'eau.

Il faudra tenir compte de la présence de nombreux réseaux dans le secteur.

Lors des travaux et jusqu'à achèvement complet du terrassement l'entreprise devra s'assurer de la protection des parcelles mitoyennes par tous les moyens appropriés (zone de sécurité, grillage, phasage, poids des engins...). On s'attachera à une prévention organisée par le chef de chantier lors de tous travaux de terrassement par les engins de chantier.

#### *4.1.2 Talutages et soutènements*

L'avant projet ne prévoit pas de sous sol ou de décaissement important.

Dans le cas de soutènements, il faudra réaliser la série d'études spécifiques pour chaque ouvrage.

#### *4.1.3 Protection contre les venues d'eau*

Des venues d'eau, à la circulation erratique, pourraient se produire, notamment après une période pluvieuse et dans les zones formant des points bas.

D'une manière générale, le captage et le drainage des arrivées d'eau sont essentiels tant en phase chantier qu'en phase définitive.

Pour la plateforme de travail, on prévoira une pente adaptée, et si besoin des tranchées drainantes ou un fossé périphérique ainsi qu'un poste de relevage afin d'empêcher les stagnations d'eau sur les fonds de forme.

Pour la construction, il faudra prévoir un dispositif de protection des sols contre les venues d'eau de ruissellement et d'infiltration le long de l'ouvrage vers un exutoire de manière gravitaire.

On insiste sur le fait qu'un entretien régulier des dispositifs de drainage sera nécessaire pour assurer la pérennité de l'ouvrage.



## **4.2 PRE DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS**

Les préconisations ci-dessous ne se substituent pas à l'enchaînement des missions géotechniques (cf. annexe page 18-21) ou à la réglementation en vigueur.

### *4.2.1 Prise en compte de la présence de remblais à matrice argileuse :*

Le plan de prévention, en vigueur depuis le 1 janvier 2020, indique que l'exposition aux phénomènes de retrait/gonflement est nulle.

Le PPRn concernant les mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait/gonflement des sols argileux, disponible en mairie et/ ou sur le lien suivant : <https://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/La-prevention/Les-plans-de-prevention-des-risques-naturels-approuves-dans-les-Bouches-du-Rhone> indique pour le secteur un aléa nul.

Néanmoins la présence de minéraux gonflants, même en faible quantité, obligera le maître d'ouvrage à prendre des dispositions adaptées pour limiter les variations d'hygrométrie :

- La gestion des eaux pluviales sera adaptée à la présence d'un sous-sol sensible aux variations d'hygrométrie, avec un système de gouttières conçu pour évacuer efficacement l'eau loin des fondations.
- Tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) devra être au minimum à 5 m de la construction.
- Sous la construction, le sol est à l'équilibre hydrique alors que tout autour il est soumis à évaporation saisonnière, ce qui tend à induire des différences de teneur en eau au droit des fondations. Pour l'éviter, il conviendra d'entourer immédiatement la construction d'un dispositif, le plus large possible (minimum 2 m), sous forme de trottoir périphérique, d'enrobé ou d'une membrane étanche, qui protégera sa périphérie immédiate de l'évaporation et/ou d'infiltration.

Les investigations ont mis en évidence une homogénéité du sous sol sur les 2.5 premiers mètres. Il est difficile d'interpréter avec certitude les essais pénétrométriques mais les refus obtenus indiquent un plongement vers le Nord qui pourrait correspondre à la pente de la digue (cf. profil type).

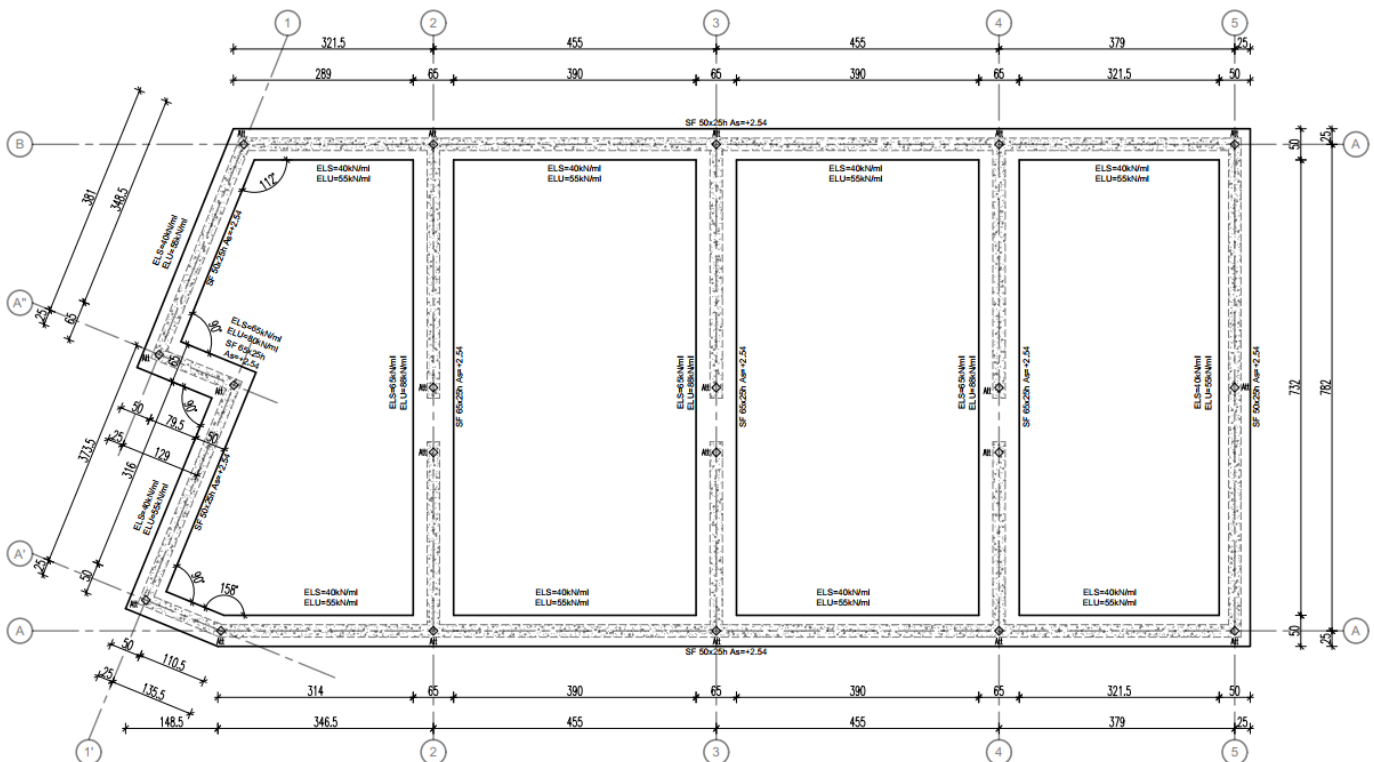
Le choix d'un mode de fondation superficielle en limitant le taux de travail admissible est adapté au projet (construction en bois).

Nous proposons de limiter l'encastrement à 60 cm/terrain le jour de l'étude pour mobiliser cette frange superficielle à condition d'appliquer strictement toutes les mesures ci-dessus pour protéger les fondations contre les variations d'hygrométrie.

### 4.2.3 Pré Dimensionnement des fondations de l'extension

#### Cas de charge :

Selon le plan de fondation provisoire du BET SERENDIP (A24-036-P001-Ind0), l'extension sera fondée sur semelles filantes. Seules les contraintes à l'ELS et l'ELU nous ont été transmises à ce stade du projet.



#### DDC (SERENDIP)

Nous notons deux types de fondation par semelles filantes

SF1 : 50 cm de large, ELS = 40 KN/ml et ELU = 55 KN/ml

SF2 : 65 cm de large, ELS 65 KN/ml et ELU = 88 KN/ml

A ce stade aucune sollicitation ne nous a été transmise. L'ensemble des combinaisons d'actions devra être vérifié en phase EXE, dans le cadre de la mission G3 à la charge de l'entreprise.

#### Niveau d'assise et Principes de fondation :

Compte tenu de la complexité du modèle géotechnique lié à la présence de remblais il faudra envisager une approche observationnelle avec un suivi très rigoureux des travaux permettant d'adapter et d'optimiser l'ouvrage en fonction du projet et de la géologie réelle du sous sol. Les poches altérées et les blocs seront systématiquement curés.



### Contrainte de sol :

Dans le cas d'un encastrement de 60 cm/terrain le jour de l'étude, nous prendrons comme hypothèse sécuritaire des contraintes du sol volontairement limitées à :

- 0.100 Mpa à l'ELS caractéristique et quasi permanent
- 0.164 Mpa à l'ELU fondamental

Ces contraintes pourraient éventuellement être optimisées en phase  $G_3$  par l'entreprise en fonction de la nature des terrains réellement mise en évidence lors des terrassements, des éventuels sondages complémentaires et sous réserve que les tassements soient vérifiés et restent admissibles.

En cas de charge inclinée un coefficient de réduction sera appliqué.

### Justification :

A ce stade, nous ne pouvons vérifier uniquement l'ELS et l'ELU.

Les charges fournies sont verticales et supposées centrées. Nous limiterons la vérification à la capacité portante du sol à l'ELS caractéristique et à l'ELU fondamental.

On vérifie que :  $V_d - R_0 \leq R_{v;d}$

$R_0$  sera négligé à ce stade

$V_d$  est la charge de calcul normal à la base de la fondation

$R_{v;d}$  est la capacité portante (dans notre cas avec des charges centrées et non inclinées)

### **A l'ELU**

Fondation	$R_{v;d}$ (KN/ml)	$V_d - R_0$ (KN/ml)	Vérification
SF1	50	40	OK
SF2	65	65	OK

Tableau de calcul à l'ELU

### **A l'ELS**

Fondation	$R_{v;d}$ (KN/ml)	$V_d - R_0$ (KN/ml)	Vérification
Cas 1	82	55	OK
Cas 2	106.6	88	OK

Tableau de calcul à l'ELS

L'ensemble des vérifications devra être assuré en phase EXE

## Tassement

A titre indicatif, nous avons effectué un calcul à partir du logiciel FOXTA FONDSUP. Pour le calcul nous avons considéré, à titre d'exemple sécuritaire, un ELS QP = 40 KN/ml en SF1 et 65 KN/ml en SF2.

Les résultats sont les suivants :

Tassement absolu SF1 = 0.40 cm

Tassement absolu SF2 = 0.64 cm

Il conviendra au BET structure de vérifier la compatibilité de ces tassements avec la structure.

Les résultats correspondent à l'enveloppe maximum de l'ELS, il faudra vérifier pour les zones moins chargées que les tassements différentiels restent également admissibles.

### *4.2.4 Dispositions constructives :*

- Concevoir et réaliser les plans d'EXE en tenant compte de la présence d'un sous sol de sensibilité faible (non nul) au phénomène de retrait/gonflement (cf. § 4.2.1). Il faudra inclure la protection périphérique et l'exutoire des gouttières sur les plans.
- Nous préconisons une largeur minimale de semelle filante de 50 cm et une harmonisation de la largeur des fondations en sorte de limiter les tassements différentiels.
- Les ouvrages géotechniques seront réalisés en phase EXE selon les normes et les DTU.
- Les fouilles devront faire l'objet d'un terrassement soigné.
- Toutes anomalies détectées lors du creusement des fouilles de fondation (poches décomprimées, zones altérées, remaniées remblayées, anciennes constructions, souches, vides...) seront purgées et remplacées par du gros béton.
- Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fondations afin de s'affranchir de toute altération ou décompression des fonds de fouille. Le béton des semelles sera ensuite coulé pleine fouille.
- Les travaux seront réalisés en dehors des périodes de pluie. En cas d'intempéries ou de venues d'eau parasites, on prévoira un pompage du fond de fouille et un curage des matériaux remaniés par l'eau ou effondrés des parois.

### **4.3 Risques résiduels**

- La présence de facteurs anthropiques reste possible et ils sont autant d'éléments susceptibles d'interagir avec le futur projet. On préconise de vérifier la totalité des réseaux humides susceptibles d'interagir avec le futur bâti. La réponse à la DICT d'SFR FIBRE mentionne un réseau qui recouperait la zone de projet (cf. plan). Ce dernier n'a pas été mis en évidence lors de la détection des réseaux mandatée par le maître d'ouvrage. Il faudra vérifier son existence afin de déterminer les éventuelles contraintes qui en découleraient en phase EXE.
- Les éventuelles arrivées d'eau ponctuelles (sources).
- Nous avons pris, à partir des éléments dont nous disposons au stade de cette étude, l'hypothèse de charges uniquement verticales centrées. Les justifications aux états limites au renversement et au glissement ne sont donc pas traitées. Ces justifications pourraient amener à une majoration des fondations.

### **4.4 Contrôles**

Compte tenu de la géologie complexe et des incertitudes résiduelles, il sera nécessaire de réaliser une étude et un suivi géotechnique d'exécution G<sub>3</sub> ainsi qu'une supervision géotechnique d'exécution G<sub>4</sub>. Ces missions devront comporter notamment un examen des sols d'assise de fondation par un ingénieur spécialiste pour avis sur la qualité du sol (vérification de la qualité et de la portance du sol d'assise)

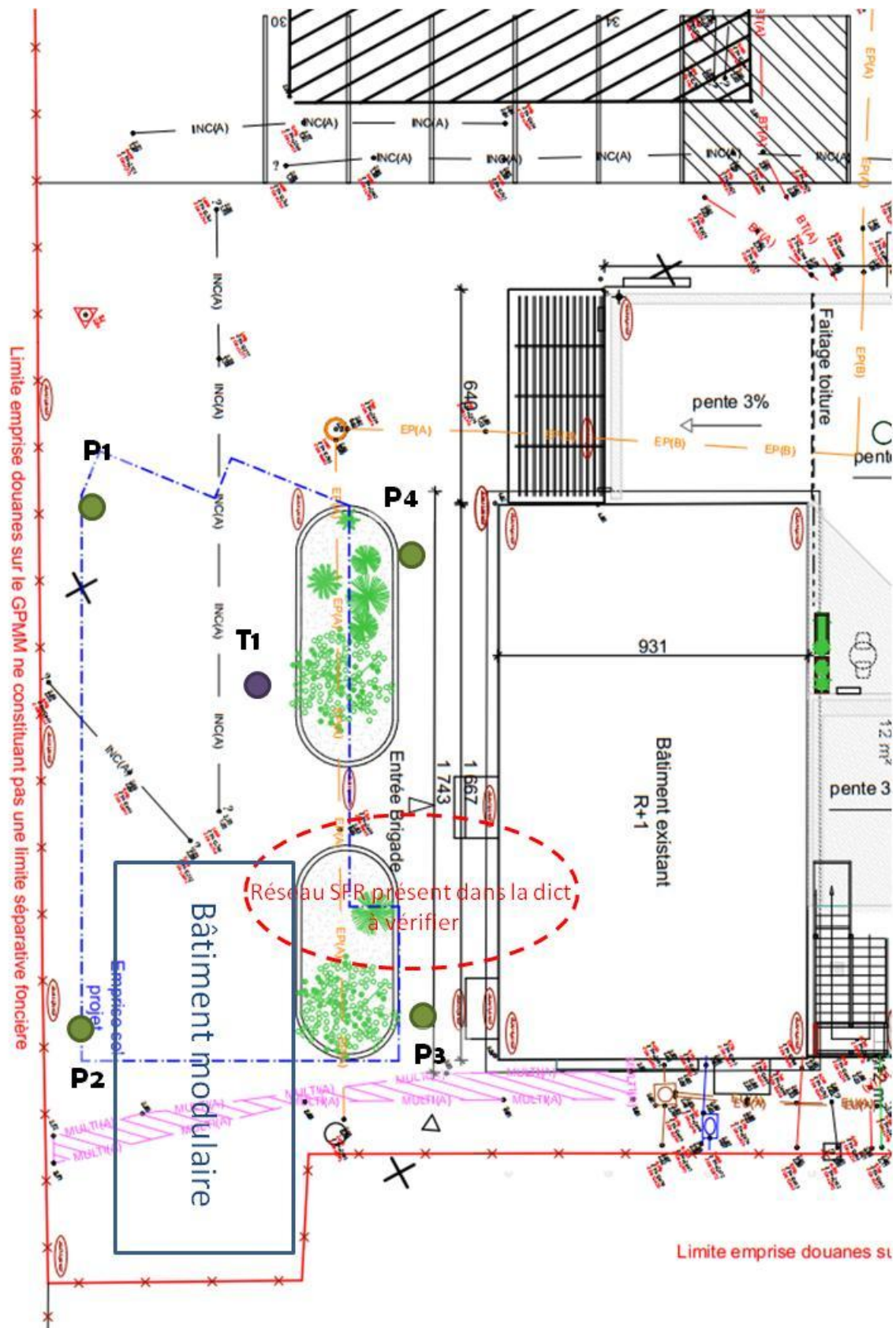
Le rapport est établi sur la base des indications et plans fournis par l'architecte et le BET structure, en cas de modification ou d'information complémentaire notre bureau d'étude sera immédiatement avisé afin de modifier les conclusions si nécessaire.

Les conditions générales des missions géotechniques décrites sur le devis et rappelées en page 18 sont réputées acceptées par le maître d'ouvrage et son maître d'œuvre. Nous restons à leur disposition afin de les clarifier si nécessaire.

Nous restons à la disposition du maître d'œuvre pour tout renseignement ou complément qu'il jugerait utile avant et pendant la réalisation de l'ouvrage.

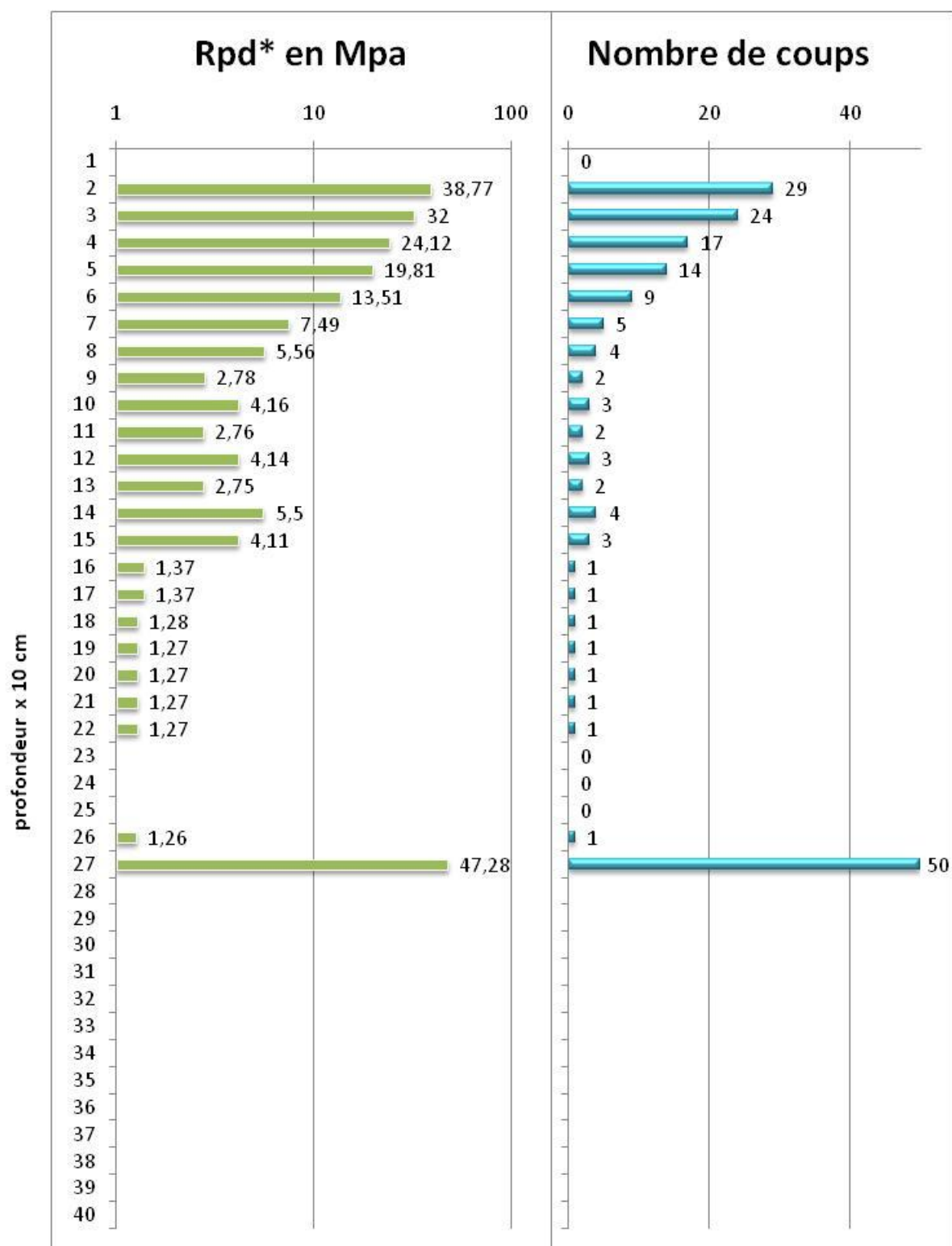
Stéphane GONZALEZ  
Gérant

## PLANS D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS ECHELLE Arbitraire



P1 Essai Pénétrométrique  
T1 Forage pressiométrique

## ESSAI PENETROMETRIQUE N°1



Caractéristiques du pénétromètre :

M = poids mouton : 63.5 daN

H = hauteur de chute en cm : 75 cm

e = hauteur de mesure unitaire : 10 cm

s = surface de la pointe : 20 cm²

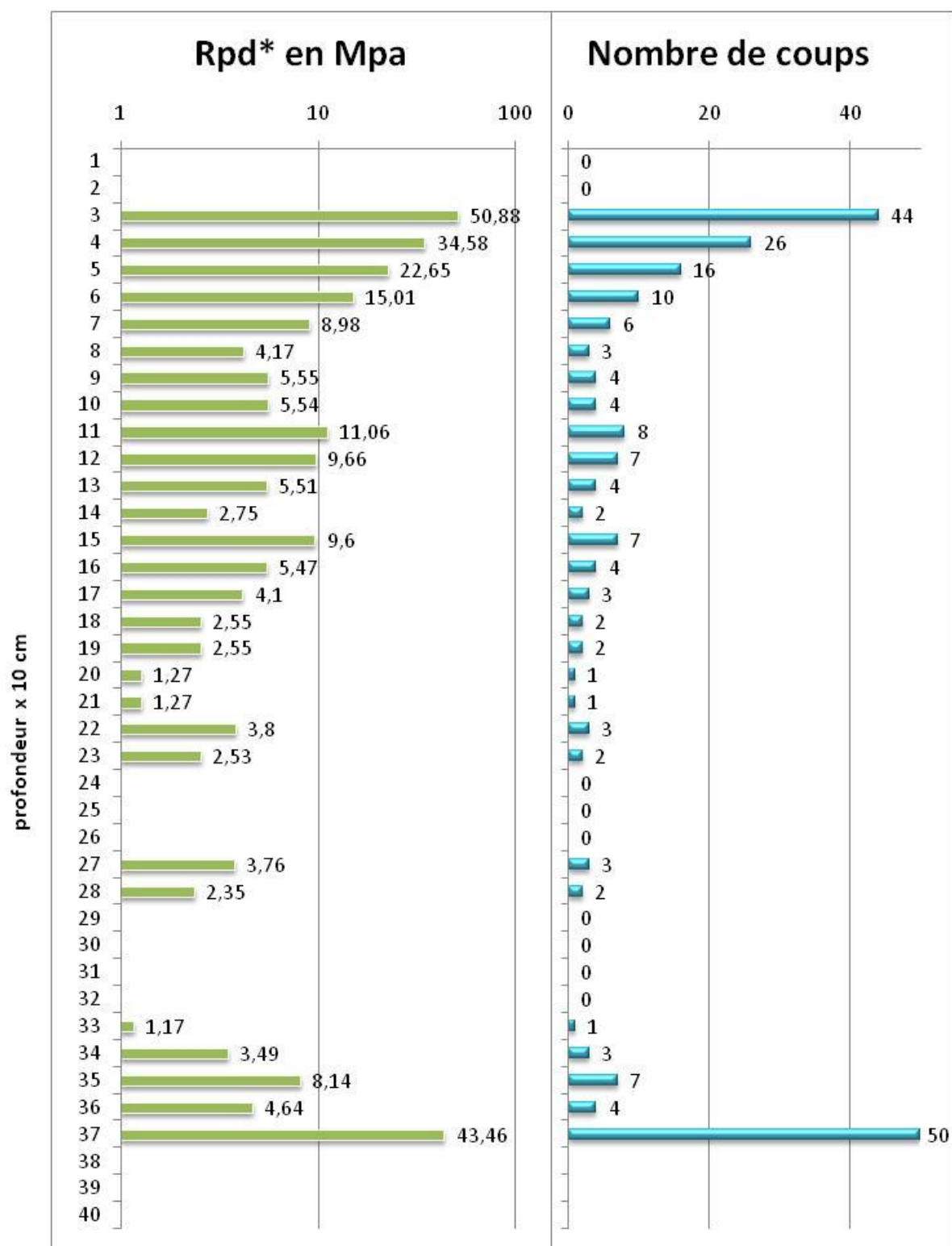
p = poids des tiges : 6.2 daN/ml

m = Poids mort : 14 daN

N = nbre de coups

Rpd\* = Rpd x coeff de frottement

## ESSAI PENETROMETRIQUE N°2



Caractéristiques du pénétromètre :

M = poids mouton : 63.5 daN

H = hauteur de chute en cm : 75 cm

e = hauteur de mesure unitaire : 10 cm

s = surface de la pointe : 20 cm<sup>2</sup>

p = poids des tiges : 6.2 daN/ml

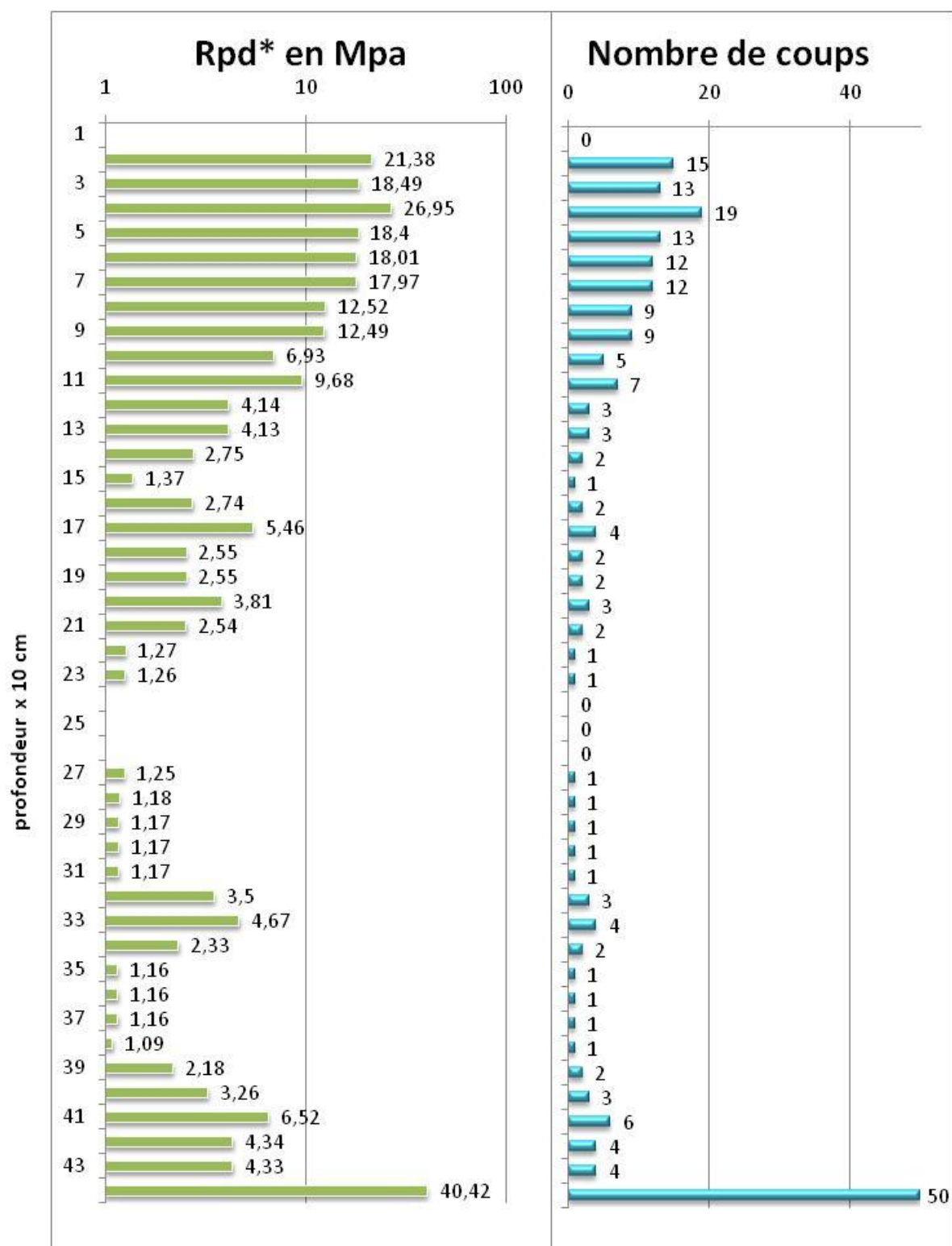
m = Poids mort : 14 daN

N = nbre de coups

Rpd\* = Rpd x coeff de frottement



## ESSAI PENETROMETRIQUE N°3



Caractéristiques du pénétromètre :

M = poids mouton : 63.5 daN

H = hauteur de chute en cm : 75 cm

e = hauteur de mesure unitaire : 10 cm

s = surface de la pointe : 20 cm<sup>2</sup>

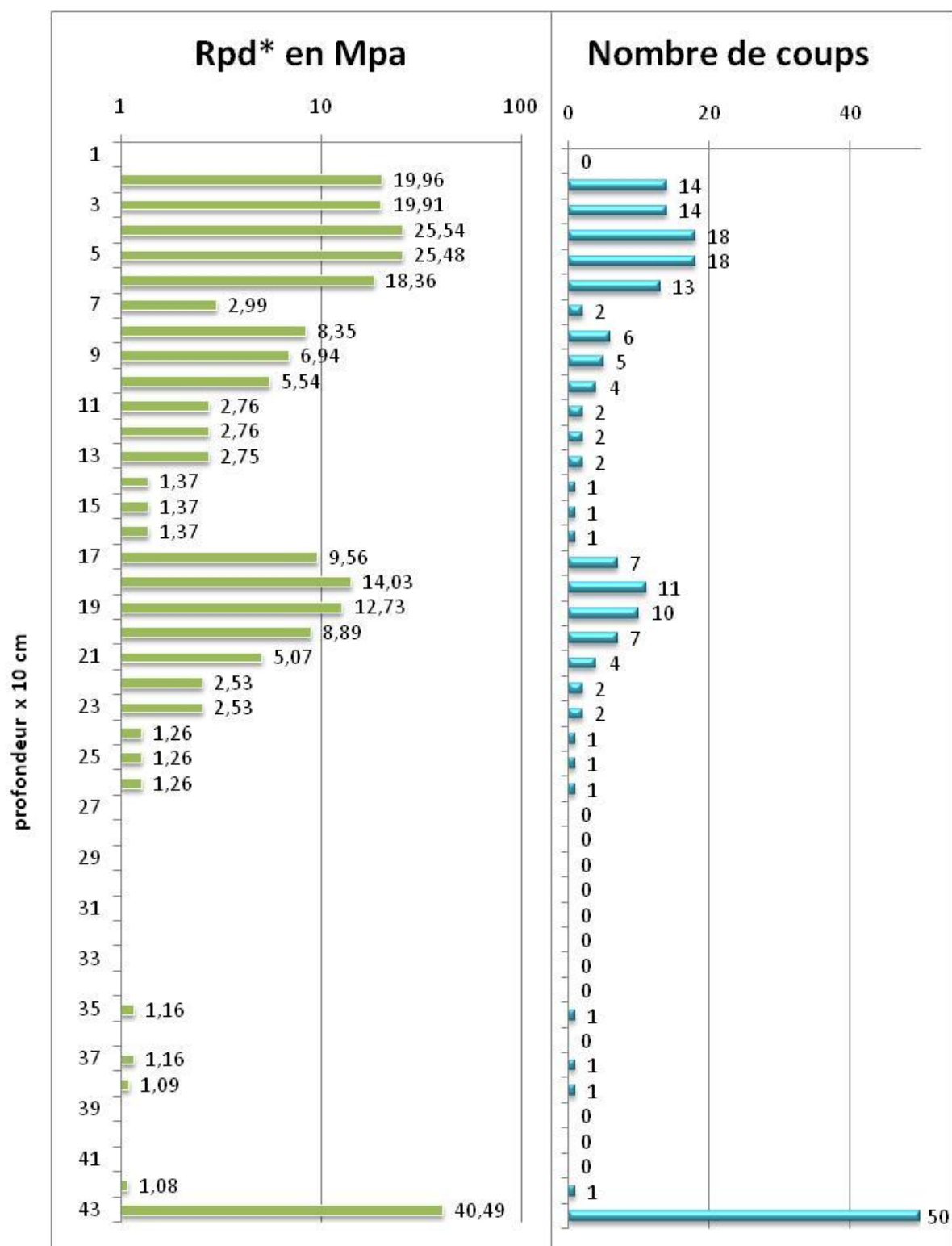
p = poids des tiges : 6.2 daN/ml

m = Poids mort : 14 daN

N = nbre de coups

Rpd\* = Rpd x coeff de frottement

## ESSAI PENETROMETRIQUE N°4



Caractéristiques du pénétromètre :

M = poids mouton : 63.5 daN

H = hauteur de chute en cm : 75 cm

e = hauteur de mesure unitaire : 10 cm

s = surface de la pointe : 20 cm<sup>2</sup>

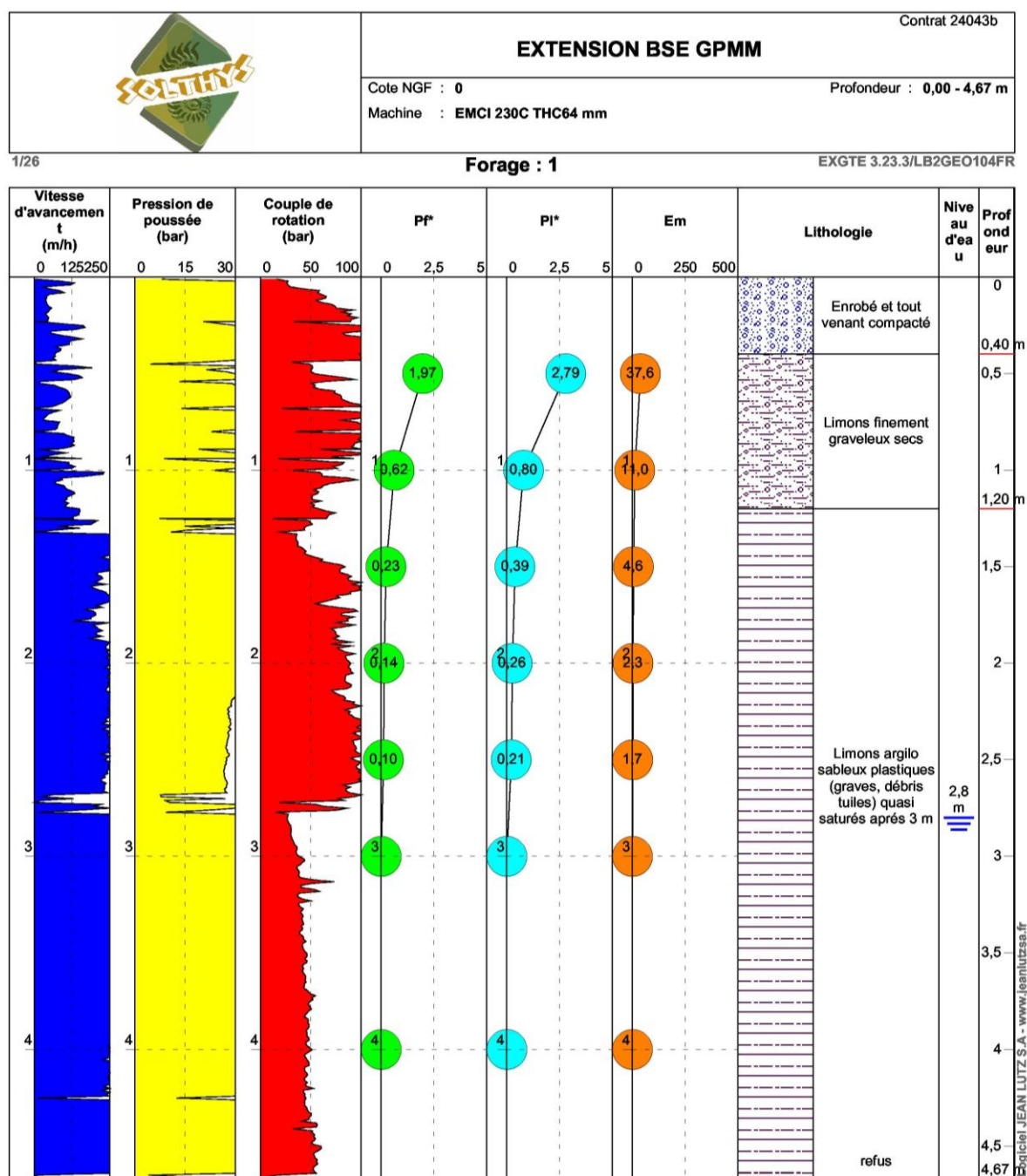
p = poids des tiges : 6.2 daN/ml

m = Poids mort : 14 daN

N = nbre de coups

Rpd\* = Rpd x coeff de frottement

## FORAGE PRESSIOMETRIQUE



**Nota :** Les descriptions des terrains traversés et la position des interfaces sont donnés à titre indicatif.

## CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

### 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'étude géotechnique préliminaire de site (G1), d'étude géotechnique d'avant projet (G2 AVP), d'étude géotechnique de projet (G2 PRO, G2 DCE/ACT), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans 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 préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet 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 projet G2PRO 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.

#### Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les



contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment) .

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

**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

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

#### **ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)**

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

##### **Phase Étude de Site (ES)**

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

##### **Phase Principes Généraux de Construction (PGC)**

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

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

#### **ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

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

##### **Phase Avant-projet (AVP) :**

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

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

#### **MISSION DEMANDEE : Phase Projet (PRO)**

**Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. -Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.**

- **Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.**

##### **Phase DCE / ACT**

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

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



### **ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**

#### **ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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

##### **Phase Étude**

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

##### **Phase Suivi**

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

#### **SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

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

##### **Phase Supervision de l'étude d'exécution**

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

##### **Phase Supervision du suivi d'exécution**

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

#### **DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

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

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