



V  
L

# ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

## Phase AVANT-PROJET

### MISSION G2 - AVP

**(31) AIGREFEUILLE**

1, Chemin de Lauzerville

**Belvédère**

Référence dossier	Indice	Date d'émission	Rédigé par	Visé par
AJ / 16824.17	0	29/11/2017	A. JUSPIN	J.F. CHIAPPA



## — RÉSUMÉ —

*Ce résumé vise à présenter succinctement les conclusions de la présente étude.  
En aucun cas, ces éléments ne peuvent servir seuls de justification.*

La présente étude (mission de type G2<sub>AVP</sub>), réalisée préalablement à la construction d'un belvédère sur un terrain situé 1, Chemin de Lauzerville sur la commune de AIGREFEUILLE (31), conduit aux solutions techniques suivantes.

---

### TERRASSEMENTS

Mur de soutènement prévu  
Talutage définitif en remblai à 2H/1V  
Protection des talus d'habillage définitifs

---

### DISPOSITIONS VIS- A-VIS DE L'EAU

Drainage à l'arrière du mur de soutènement  
Barbacanes au travers du mur

---

### FONDATEMENTS

Fondations superficielles



## — SOMMAIRE —

<b>I – MISSION .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1 – Cadre de la mission .....</b>	<b>3</b>
I.1.1 – Consultation .....	3
I.1.2 – Offre technique .....	4
I.1.3 – Commande .....	4
<b>I.2 – Réalisation de la mission .....</b>	<b>5</b>
I.2.1 – Investigations géotechniques .....	5
I.2.2 – Synthèse et interprétation des résultats .....	6
<b>II – CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>	<b>7</b>
<b>II.1 – Documents de l'étude .....</b>	<b>7</b>
<b>II.2 – Caractéristiques de l'avant-projet .....</b>	<b>7</b>
II.3.1 – Situation géographique .....	8
II.3.2 – Topographie et occupation du site .....	8
II.3.3 – Contexte géologique et risques naturels .....	8
<b>III – SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES .....</b>	<b>10</b>
<b>III.1 – Première approche du modèle géologique .....</b>	<b>10</b>
<b>III.2 – Première estimation des caractéristiques mécaniques des sols .....</b>	<b>10</b>
<b>III.3 – Synthèse hydrogéologique .....</b>	<b>11</b>
<b>IV – ETUDE DE L'AVANT-PROJET .....</b>	<b>12</b>
<b>IV.1 – Hypothèses géotechniques .....</b>	<b>12</b>
<b>IV.2 – Approche générale de la Zone d'Influence Géotechnique .....</b>	<b>12</b>
<b>IV.3 – Contraintes géotechniques .....</b>	<b>13</b>
<b>IV.4 – Principes constructifs envisageables pour l'avant-projet .....</b>	<b>13</b>
IV.4.1 – Fondations .....	14
IV.4.2 – Conditions de terrassements .....	15
IV.4.3 – Dispositions vis-à-vis de l'eau .....	16
IV.4.4 – Voiries .....	17
<b>V – SUITE DE L'ETUDE .....</b>	<b>19</b>
 MISSIONS GEOTECHNIQUES	
ANNEXES	



## I – MISSION

Les démarches entreprises par GFC dans le cadre de cette étude sont menées selon l'Eurocode 7 (Normes NF EN 1997 -1/NA de septembre 2006 et NF EN 1997-2 septembre 2007).

### I.1 – Cadre de la mission

#### I.1.1 – Consultation

Date de la consultation : 11/07/17

Client : Mairie de AIGREFEUILLE

Opération : Belvédère

Adresse : 1, Chemin de Lauzerville

Commune : AIGREFEUILLE (31)

Pièces jointes à la consultation :

- Plan de situation
- Plan de masse

Description générale de l'opération :

- Réalisation d'un belvédère

Type de mission demandée : G<sub>2</sub> phase Avant-Projet

- Terrassements
- Fondations
- Voiries

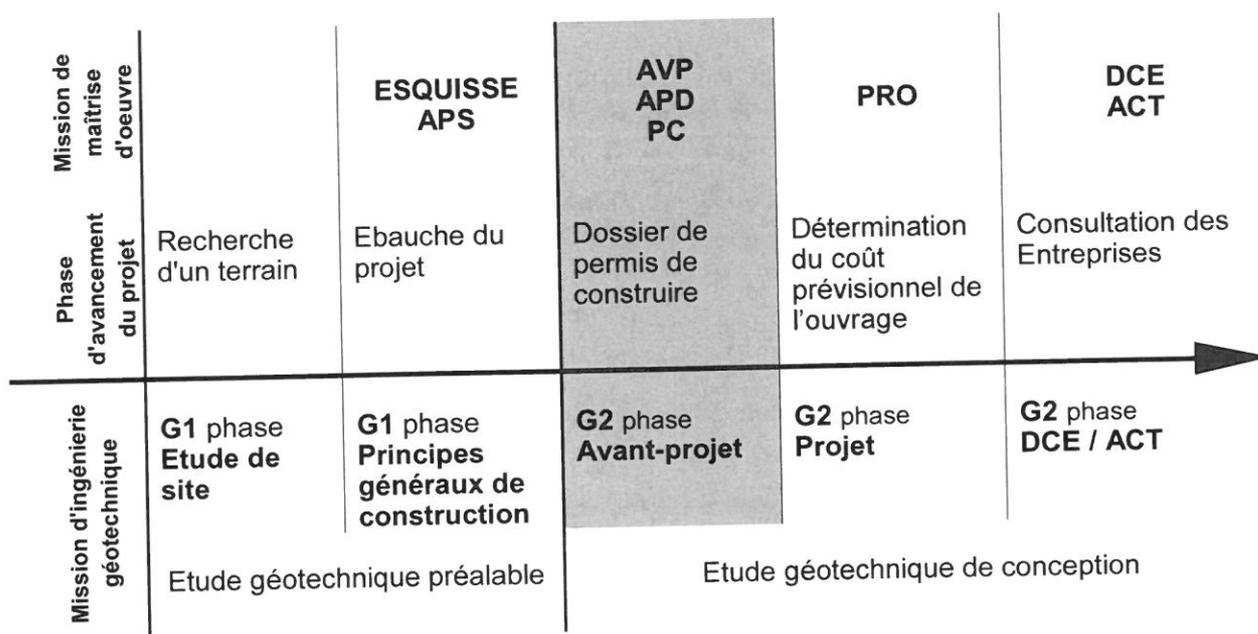
Documents existants :

- Rapport d'étude géotechnique (mission G<sub>2</sub><sub>AVP</sub>) réalisé par GFC sur le projet de l'ensemble immobilier sur la parcelle mitoyenne (réf. AJ/16019.16, daté du 18/11/16).

### I.1.2 – Offre technique

La consultation et les différents éléments joints au dossier, ont permis à GFC d'établir l'offre technique référencée 14790P17 datant du 25/07/17 relative à la réalisation d'une **étude géotechnique de conception phase d'avant-projet (mission de type G2<sub>AVP</sub>)**.

#### PRINCIPE D'ENCHAÎNEMENT ET SYNCHRONISATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Norme NF P 94-500 – 30 Novembre 2013) ET DE MAITRISE D'ŒUVRE



Afin de mener à bien cette mission, GFC a demandé les pièces complémentaires suivantes :

Plan topographique / Coupe de principe

### I.1.3 – Commande

La présente étude fait suite à l'acceptation de l'offre technique et financière le 25/09/17.



## I.2 – Réalisation de la mission

La mission réalisée correspond à une **étude géotechnique de conception phase Avant-Projet (Mission G2<sub>AVP</sub>)** selon la norme NF P 94-500 du 30 Novembre 2013. Elle comprend une phase d'investigations géotechniques et une phase de synthèse et d'interprétation des résultats de ces investigations.

### I.2.1 – Investigations géotechniques

Le programme d'investigation réalisé a été établi par GFC d'après les éléments de la consultation et conformément à la norme *NF EN 1997-2 - Eurocode 7 - Reconnaissance des terrains et essais de septembre 2007*.

*Ces essais ont pour vocation l'identification des sols et l'évaluation de leurs caractéristiques géotechniques. Aucune détection de pollution ne peut être déduite de ces sondages et essais.*

#### Implantation

Le plan d'implantation des différents sondages ainsi que les résultats des essais sont fournis en annexe.

L'implantation des sondages a été réalisée au GPS à partir du plan de masse fourni.

#### Nivellement

Les cotes de la tête des sondages ont été relevées par GFC en prenant comme référence les courbes de niveaux figurant sur le plan de masse de l'opération immobilière sur la parcelle mitoyenne.

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



### Sondages et essais in situ

Les sondages et essais qui suivent ont été effectués en novembre 2017.

Sondage et essai	Qté	N°	Profondeur	Données	Normes NF
Sondage pressiométrique	1	PR1	11,9 m/TN	-Coupe approximative des sols -Module pressiométrique : $E_M$ (MPa) -Pression limite nette : $PI^*$ (MPa) -Pression de fluage nette : $Pf^*$ (MPa) -Rapport $EM / PI$	NF EN ISO 22475-1  NF P94-110-1
Essai de pénétration dynamique (type DPSH-B)	2	PD1 à PD2	7,9 à 9,5 m/TN	-Résistance dynamique en pointe $q_d$ (MPa)	NF EN ISO 22476-2

### **I.2.2 – Synthèse et interprétation des résultats**

Conformément à l'offre technique acceptée et d'après les spécifications de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 relative aux missions d'ingénierie géotechnique, la présente mission comprend :

- une première approche du modèle géologique et hydrogéologique
  - Synthèse des éléments géologiques et hydrogéologiques connus
- une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes
- une première approche de la Zone d'Influence Géotechnique
- l'identification des contraintes géotechniques majeures
- la définition des principes généraux de construction envisageables
  - Conditions de terrassements
  - Types et horizons de fondations envisageables avec éléments de prédimensionnement
  - Exemple de prédimensionnement d'une structure de voirie

#### **La présente mission exclut :**

- le dimensionnement des ouvrages géotechniques,
- l'étude du rejet des eaux pluviales,
- l'étude de la stabilité des talus,
- l'étude des ouvrages de soutènement.



## II – CONTEXTE DE L'ETUDE

### II.1 – Documents de l'étude

Les documents en possession de GFC pour réaliser cette étude sont les suivants :

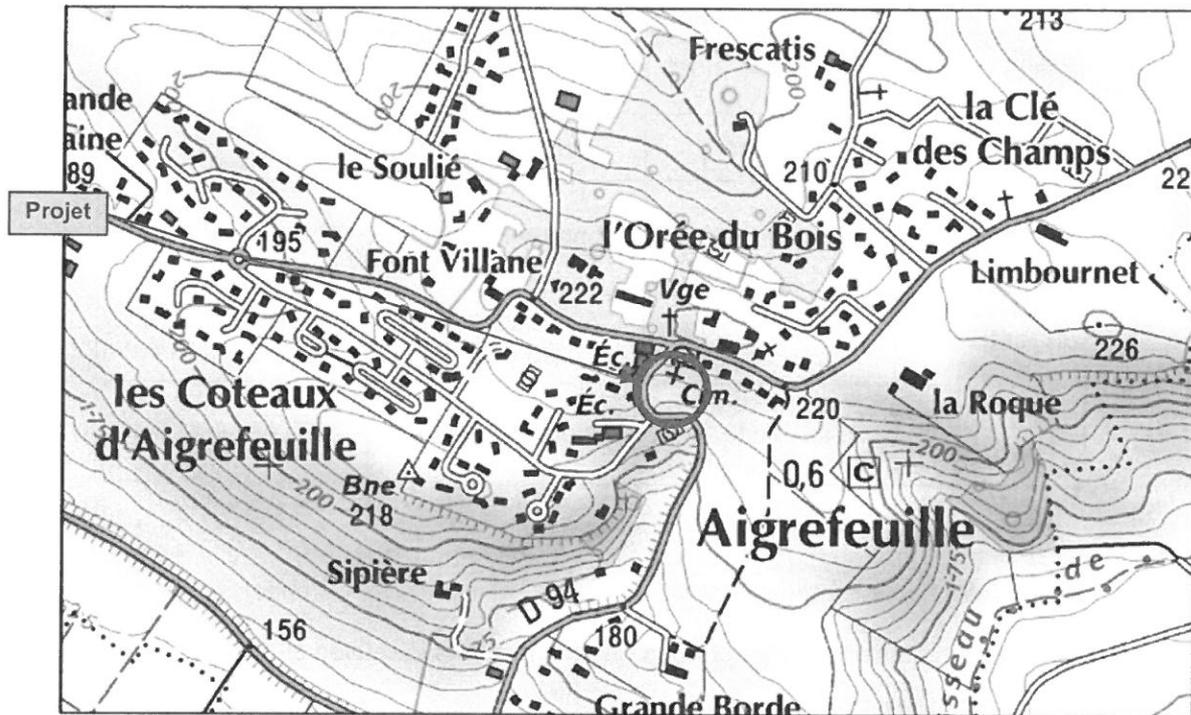
Document	Référence	Date	Echelle	Remarque
Plan de situation	01	Mai 2017	1/1000	
Plan de masse	PRO 02	Mai 2017	1/100	
Vues des façades	PRO 03	Mai 2017	1/100	

### II.2 – Caractéristiques de l'avant-projet

Le projet consiste à réaliser un belvédère composé d'un parking en plateforme supérieure et d'un espace vert en pied. Ces deux parties sont séparées par un mur de soutènement de l'ordre de 2,5 m à 5,0 m de hauteur habillé de talus végétalisés.

*Les documents qui nous ont été remis nous ont conduits à établir des hypothèses pour réaliser notre étude. Si des modifications du projet s'opèrent ou si les hypothèses prises en compte dans le présent rapport ne sont pas conformes à ce qui sera effectivement réalisé, elles devront impérativement nous être soumises de façon à ce que nous puissions valider ou adapter les conclusions de notre rapport voire éventuellement proposer un programme d'étude complémentaire.*

### II.3.1 – Situation géographique



Extrait de carte IGN

### II.3.2 – Topographie et occupation du site

D'un point de vue topographique, ce terrain, situé sur un versant, présente une pente générale vers le Sud-est.

Au moment de l'étude, le terrain était constitué de deux parties séparées par un talus d'une hauteur de 3 m environ : la partie supérieure était un parking gravillonné quasiment plat, la partie inférieure était un espace vert présentant une pente moyenne vers le Sud-est.

### II.3.3 – Contexte géologique et risques naturels

⇒ Géologie

D'après la carte géologique de la France au 1/50.000, feuille de TOULOUSE (EST), le contexte géologique du site est le suivant :

- Formations résiduelles des plateaux ;
- Marnes et molasses du Stampien.



⇒ Risques naturels

Les éléments relatifs aux risques naturels identifiés sur la commune devant être pris en compte dans le cadre de la présente étude sont synthétisés ci-après :

<b>Risque</b>	<b>Séisme</b>	<b>Inondation</b>	<b>Retrait / Gonflement</b>
<b>PPRn</b>	-	Approuvé en 2016	Prescrit en 2004
<b>Arrêté de catastrophe naturelle</b>	-	4 arrêtés entre 1996 et 2009	2 arrêtés entre 2003 et 2011
<b>Aléa sur la parcelle</b>	Zone de sismicité 1 (aléa très faible)	Non inondable	Moyen

Sources : <http://www.georisques.gouv.fr/>

<http://www.haute-garonne.gouv.fr> (Services de l'état en Haute Garonne)

Le présent rapport d'étude tient compte des risques naturels identifiés ci-dessus.

### III – SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

#### III.1 – Première approche du modèle géologique

Le modèle géologique suivant est déduit de l'ensemble des sondages réalisés in situ lors de la campagne de reconnaissance réalisée. Notons que la précision des données lithologiques (faciès, interfaces) peut varier en fonction de la méthodologie de sondage utilisée. Par ailleurs, chaque sondage donnant une information ponctuelle, les éventuelles variations liées aux changements de faciès géologiques ne peuvent être décelées sur l'ensemble du site. **La première approche du modèle géologique présentée ci-après peut donc comporter des incertitudes qui pourront être réduites par une densification des points de sondage. Le modèle géologique devra être validé dans le cadre de la mission G2<sub>PRO</sub>.**

Les sondages réalisés in situ ont permis l'identification suivante, sous une **couche superficielle végétalisée** (épaisseur de l'ordre de 30 cm) :

- des **remblais hétérogènes puis des sols fins peu compacts (limons, silts et argiles)**, rencontrés jusqu'à 7,0 m à 8,0 m de profondeur au droit des sondages réalisés. Ces terrains présentent des caractéristiques mécaniques faibles.
- Le **substratum molassique marno-argileux** a été identifié au-delà. Les caractéristiques mécaniques sont moyennes à élevées.

#### III.2 – Première estimation des caractéristiques mécaniques des sols

Les essais réalisés in situ permettent de dresser le tableau de synthèse présenté ci-après.

Toit de la couche (m / TN)	Nature des sols	Valeurs mesurées	Première approche des caractéristiques géotechniques
0,3	Remblais puis sols fins peu compacts	$PI^* = 0,6 \text{ à } 2,4 \text{ MPa}$ $E_M = 5 \text{ à } 34 \text{ MPa}$ $q_d < 2 \text{ à } 9 \text{ MPa}$	$PI^* = 0,7 \text{ MPa}$ $E_M = 7 \text{ MPa}$ $\alpha = 2/3$
7,0/8,0	Substratum molassique	$PI^* > 2,8 \text{ MPa}$ $E_M = 36 \text{ à } 60 \text{ MPa}$ $q_d \geq 10 \text{ MPa}$	$PI^* = 2,8 \text{ MPa}$ $E_M = 35 \text{ MPa}$ $\alpha = 2/3$



### **III.3 – Synthèse hydrogéologique**

Lors de la campagne de reconnaissance réalisée en novembre 2017, aucune présence d'eau n'a été mise en évidence au droit des sondages réalisés.

Lors de la campagne de reconnaissance réalisée par GFC en novembre 2016 sur la parcelle mitoyenne, un niveau d'eau stabilisé avait été mesuré à 5,5 m de profondeur.

Il est connu dans ce type de contexte, des circulations d'eau erratiques se produisant sur le toit du substratum molassique compact ou à la faveur des éventuels niveaux sableux les plus perméables le constituant.

## IV – ETUDE DE L'AVANT-PROJET

### IV.1 – Hypothèses géotechniques

#### ⇒ Modèle géologique et hydrogéologique

- Le terrain présente une pente générale vers le Sud-est. Il est constitué d'un parking gravillonné surplombant un espace vert. Le talus séparant ces deux parties mesure environ 3 m de hauteur.
- Les remblais hétérogènes et les sols fins (limons, silts et argiles) présentent des caractéristiques mécaniques faibles jusqu'à 7,0/8,0 m de profondeur.
- Le toit du substratum molassique moyennement compact à compact a été reconnu au-delà.
- Un niveau d'eau stabilisé a été mesuré à 5,5 m de profondeur en novembre 2016 sur la parcelle mitoyenne.

#### ⇒ Risques naturels

- Retrait / Gonflement : Le terrain est situé en zone d'aléa moyen vis-à-vis du retrait et gonflement.

#### ⇒ Ouvrage

- Le projet consiste à réaliser un belvédère composé d'un parking en plateforme supérieure et d'un espace vert en pied. Ces deux parties sont séparées par un mur de soutènement de l'ordre de 2,5 m à 5,0 m de hauteur habillé de talus végétalisés.
- En l'absence d'éléments, les charges sur fondations sont supposées faibles.

### IV.2 – Approche générale de la Zone d'Influence Géotechnique

*La Zone d'Influence Géotechnique au sens de la norme NF P 94-500 constitue la zone d'interaction entre l'ouvrage, le terrain et son environnement.*

Après examen des hypothèses géotechniques, la Zone d'Influence Géotechnique l'ensemble du terrain étudié.

### IV.3 – Contraintes géotechniques

Les **risques géotechniques identifiés au stade de l'avant-projet** conditionnant l'adaptation de l'ouvrage, sont les suivants :

- Hétérogénéités entre les différents points de sondages réalisés.
- Sols sensibles au phénomène de retrait-gonflement
- Présence de remblais hétérogènes et de sols de faible compacité sur des épaisseurs importantes
- Variation de la profondeur du toit du substratum molassique

### IV.4 – Principes constructifs envisageables pour l'avant-projet

*N.B. : Les choix constructifs sont du ressort de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre.*

Compte tenu des éléments précédents et dans la limite de la mission G2<sub>AVP</sub>, il pourra être envisagé les principes constructifs ci-après qui seront détaillés séparément dans les paragraphes suivants.

- **Conditions de terrassement**

<b>Mur de soutènement prévu</b> <b>Talutage définitif en remblai à 2H/1V</b> <b>Protection des talus définitifs</b>
---

- **Dispositions vis-à-vis de l'eau**

<b>Drainage à l'arrière du mur de soutènement</b> <b>Réalisation de barbacanes au travers du mur</b>
---

- **Principe de fondation**

<b>Fondations superficielles</b>
----------------------------------



#### IV.4.1 – Fondations

*Références normatives :*

NF P 94-262 - Justification des ouvrages géotechniques - Eurocode 7 - Fondations profondes, Juillet 2012

⇒ Niveau de l'horizon de fondation

Il pourra être envisagé de fonder la construction **dans les sols fins peu compacts à partir de 1,5 m de profondeur par rapport au terrain naturel (ancrage compris)**.

##### Remarque importante

**A ce stade d'avant-projet (mission G2<sub>AVP</sub>), le maillage des sondages réalisés a permis de définir un principe de fondation. Une densification de ce maillage dans le cadre d'une mission de type G2<sub>PRO</sub> permettrait d'établir des quantitatifs en vue de la consultation des entreprises.**

⇒ Contrainte

La contrainte aux états limites de service dans ce niveau, sous une charge verticale centrée, peut être estimée, en première approche, à :

$$q_{ELS} \leq 0,1 \text{ MPa (10 t/m}^2\text{)}$$

Dans le cas éventuel de charges inclinées, cette contrainte devra être réduite (en fonction de la nature du sol, de l'angle d'inclinaison de la charge, de l'encastrement et de la largeur de la fondation).

⇒ Tassements

A ce stade du projet les descentes de charges n'ont pu nous être communiquées.

Les tassements des fondations devront être déterminés dans le cadre d'une étude de projet (mission G2<sub>PRO</sub>).

##### Remarque importante

**Des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels prohibitifs. L'amplitude des tassements devra être calculée dans le cadre d'une étude complémentaire (mission G2<sub>PRO</sub>) après communication des descentes de charges réelles et du plan de fondation.**

⇒ Sujétions d'exécution

Les principes généraux d'exécution devant être retenus, à ce stade de l'étude, sont les suivants :

- L'ensemble des fondations de l'ouvrage devra impérativement être établi sur un sol d'assise homogène (sols de nature et compacité identiques).
- Les fondations devront être coulées immédiatement après l'ouverture des fouilles sur un fond de fouille propre et sec. La présence éventuelle d'eau météorique en fond de fouille nécessitera un épuisement et un curage supplémentaire.

**Remarque importante**

**A ce stade d'avant-projet, seuls des principes généraux d'exécution peuvent être indiqués. Les choix constructifs sont du ressort de la maîtrise d'œuvre et les sujétions d'exécution devront faire l'objet d'une étude détaillée dans le cadre d'une mission de type G2<sub>PRO</sub> et devront être validées dans le cadre d'une mission de type G3.**

#### IV.4.2 – Conditions de terrassements

Les indications suivantes, données en estimant des conditions normales d'exécution, devront être adaptées aux conditions réelles des travaux (conditions météorologiques, matériel utilisé, choix des matériaux, phasages, ...).

**Les dispositions spécifiques de terrassements pourront être précisées dans le cadre d'une mission de type G3 après établissement du plan de terrassement.**

Les travaux de terrassement devront s'opérer selon les règles de l'Art.

⇒ Traficabilité / 1<sup>ère</sup> approche de la plate-forme PST / AR

Après décapage et purge des couches superficielles végétalisées et de remblais, le sol sera constitué essentiellement de formations limoneuses à argileuses. L'état hydrique de ces matériaux fins influence de façon importante leur portance.

Dans des conditions hydriques favorables, on devrait se situer dans le cas d'une PST2 / AR1. Dans des conditions hydriques défavorables, on se situera dans le cas d'une PST1 / AR1.

Une attention particulière sera exigée pour les terrassements dans les matériaux limoneux ou argileux sensibles au remaniement et dont la portance peut varier pour de faibles variations hydriques.

**Nous attirons l'attention sur les éventuels problèmes de portance médiocre en période humide qui pourraient nécessiter la mise en œuvre d'une couche de forme pour assurer la traficabilité du site.**



⇒ Terrassabilité

Etant donné la nature des sols rencontrés, des moyens de terrassement classiques pourront être utilisés.

⇒ Talutage

Les pentes des talus d'habillage en remblais pourront être de l'ordre de **2H pour 1V à long terme en phase définitive**, pour une hauteur de terrassement de l'ordre de 2,5 m.

Afin de limiter le phénomène d'érosion, le talus définitif devra être protégé par bâchage ou végétalisation.

⇒ Ouvrage de soutènement

*Référence normative : NF P 94-282 - Calcul des ouvrages de soutènement, mars 2009*

Il est prévu la réalisation d'un mur de soutènement.

Les coefficients de poussée et de butée à prendre en compte dans le dimensionnement des **murets de soutènement définitifs** sont les suivants, en considérant un angle de frottement  $\varphi = 20^\circ$  à long terme dans les remblais à l'arrière du mur et une cohésion nulle :

Coefficient de poussée  $k_a = 0,49$   
Coefficient de butée  $k_p = 2,4$

Cet ouvrage de soutènement devra être étudiés dans le cadre d'une étude de projet (mission G2<sub>PRO</sub>).

#### **IV.4.3 – Dispositions vis-à-vis de l'eau**

Il devra être mis en place un système de drainage à l'arrière du mur de soutènement, et des barbacanes devront être mises en place au travers de celui-ci avec collecte des eaux d'écoulement dans des cunettes en pied de mur et rejet vers un réseau pluvial.

#### IV.4.4 – Voiries

Ouvrages de référence :

Guide technique de réalisation des remblais et couches de forme - SETRA / LCPC, septembre 1992 (GTR).

Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic - LCPC / SETRA, juillet 1981.

Guide régional des chaussées : Gestion Construction Entretien – Echange d'expériences sur les routes départementales, mars 2004.

⇒ Hypothèses

En l'absence d'élément concernant les caractéristiques des voiries, il a été pris les hypothèses suivantes :

- Voiries en remblai
- Trafic : **T5 ( $\leq 7$  PL/jour/sens)**
- Durée de service : **10 ans**
- Taux de croissance annuel : **0 %**

A partir de ces hypothèses, il a été considéré un trafic cumulé  $N = 1.10^4$ .

⇒ Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase (AR)

Après décapage et purge des remblais et des couches végétalisées, le sol support sera constitué essentiellement de formations limono-argileuses. L'état hydrique de ces matériaux fins influence de façon importante leur portance.

Dans des **conditions hydriques favorables**, on devrait se situer dans le cas d'une **PST2 / AR1**. Dans des **conditions hydriques défavorables**, on se situera dans le cas d'une **PST1 / AR1**.

Dans ces deux cas, afin d'obtenir une portance à long terme de la plate-forme suffisante, il sera nécessaire de mettre en œuvre une couche de forme.

⇒ Couche de forme

Les caractéristiques de la couche de forme (nature des matériaux et épaisseurs) sont données dans le Fascicule II du Guide GTR 1992.

Afin d'obtenir une plateforme de portance PF2 ( $EV2 > 50$  MPa), il sera nécessaire de réaliser une couche de forme dont des caractéristiques sont présentées à titre d'exemple dans le tableau ci-après.

		<b>PST1 / AR1</b> Conditions hydriques défavorables	<b>PST2 / AR1</b> Conditions hydriques favorables
Epaisseur de couche de forme	Matériau granulaire type D3	0,75 m (0,6 m avec géotextile)	0,5 m (0,4 m avec géotextile)

La portance du sol support après mise en place de la couche de forme devra être vérifiée à l'aide d'essais à la plaque avec comme critères de réception :

- ⇒ Rapport  $EV2/EV1 \leq 2$
- ⇒ Module de réaction  $EV2 > 50 \text{ MPa}$

En considérant une surcharge due au remblaiement du terrain sur +2,5 m à 5,0 m, on obtient une contrainte au sol de l'ordre de 45 à 90 kPa. Le tassement dû au remblaiement est évalué comme suit :

$$S = \sigma \times \alpha \times H/E_M = 45 \times 2/3 \times 7/7000 = 0,032 \text{ m}$$

$$S = \sigma \times \alpha \times H/E_M = 90 \times 2/3 \times 7/7000 = 0,064 \text{ m}$$

Avec : S = tassement sous dallage  
 $\sigma$  = contrainte appliquée au sol (= 45 à 90 kPa)  
 $\alpha$  = coefficient rhéologique du sol d'assise (= 2/3)  
H = épaisseur de la couche compressible (= 7,5 m)  
 $E_M$  = module pressiométrique de la couche compressible (= 7000 kPa)

**Le tassement dû au remblaiement du terrain est donc estimé de l'ordre de 3,2 cm à 6,4 cm.**

⇒ Exemple de structure type de chaussée

Le tableau établi ci-après donne un exemple de structure minimale à mettre en œuvre après obtention d'une assise de portance PF2 :

	<b>Voirie « légère » Trafic T5 (<math>\leq 7 \text{ PL/jour/sens}</math>)</b>
Couche de Roulement	Béton Bitumineux
Couche de base	15 cm G.N.T.0/20
Couche de fondation	0

Des structures équivalentes ou l'adaptation de cette structure pourront être proposées par l'entreprise en fonction des matériaux choisis et devront être validées dans le cadre d'une mission G3).



## V – SUITE DE L'ETUDE

Conformément à l'enchaînement des missions géotechniques de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013, une étude géotechnique de conception phase PROJET (mission G2<sub>PRO</sub>) doit être réalisée afin de réduire les risques géotechniques. Cette mission permettra en particulier :

- de valider le modèle géologique ainsi que les caractéristiques géotechniques ;
- d'optimiser le projet (profondeurs de fondation, calculs de tassements, ...)

GFC reste à la disposition du demandeur pour fournir les renseignements qu'il pourrait désirer et pour participer à la suite de la mission.

**N.B.** : Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des documents joints ci-après :

- Conditions générales des missions géotechniques ;
- Classification des missions géotechniques types ;
- Schéma d'enchaînement des missions géotechniques types ;



## Norme NF P 94-500 (Novembre 2013)

# 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, 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 préalable (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), 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 conception phase projet G2-PRO 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 reconnaissance 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.



Norme NF P 94-500 (Novembre 2013)

## CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

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. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 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 Etude 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'avoisnants 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 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 avoisnants), 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 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 avoisnants), 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 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (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).
- Elaborer 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 Etude.
- 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).
- Etablir 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'EXÉCUTION (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).

**ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

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

## ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Suite)

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



## — ANNEXES —

ANNEXE 1 : COUPES DES SONDRAGES

ANNEXE 2 : PLAN D'IMPLANTATION DES SONDRAGES



# ANNEXE 1

## COUPES DES SONDAGES

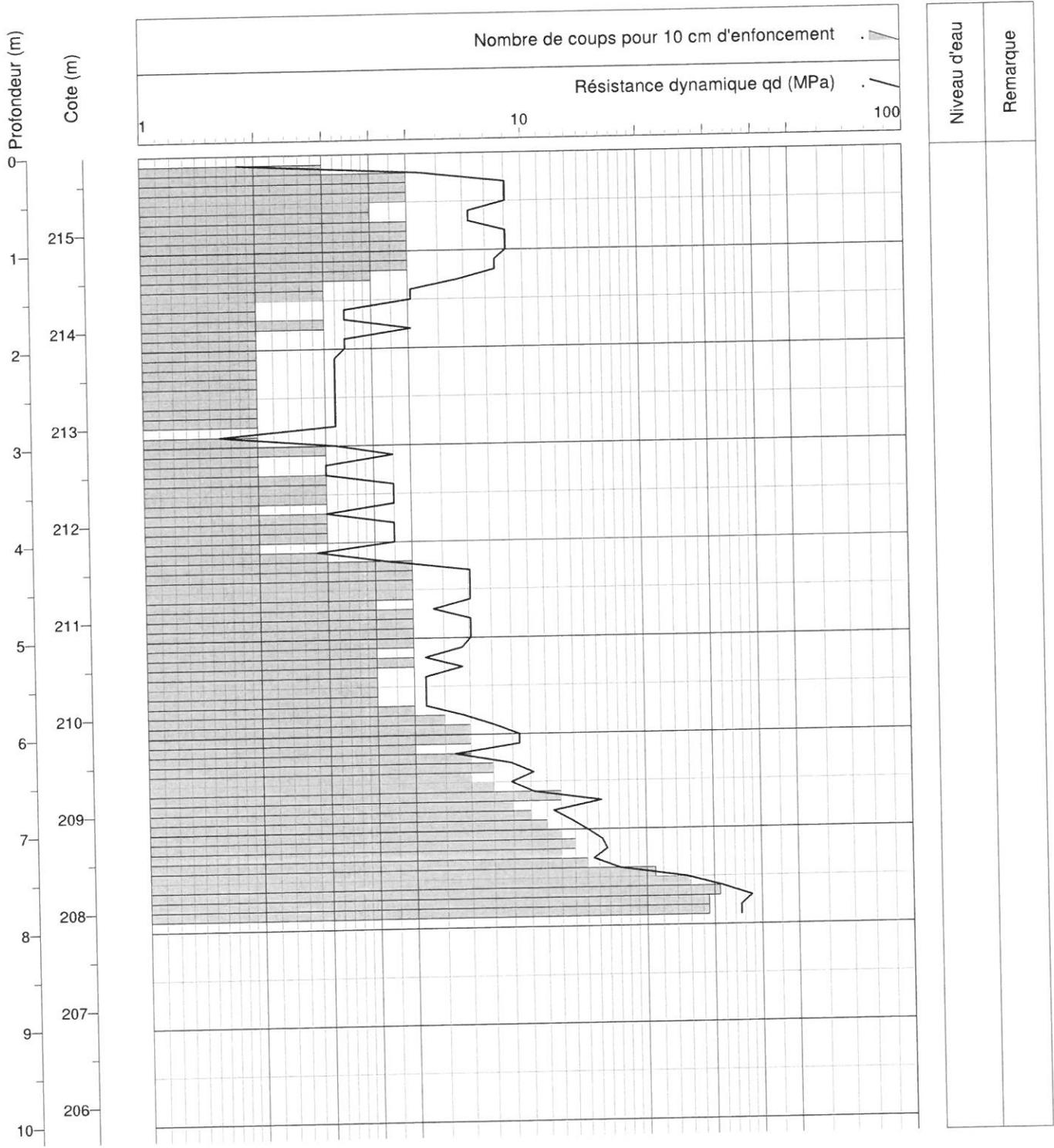


**31 - AIGREFEUILLE**  
**Belvédère**

**PD1**  
Dossier : **16824.17**  
Date : 24/11/2017  
  
Z = 215.8 m

## ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE TYPE B

Réalisé conformément à la norme NF P 94-115



Niveau d'eau	Remarque

Nombre total de coups :	Machine : GéoTool
-------------------------	-------------------

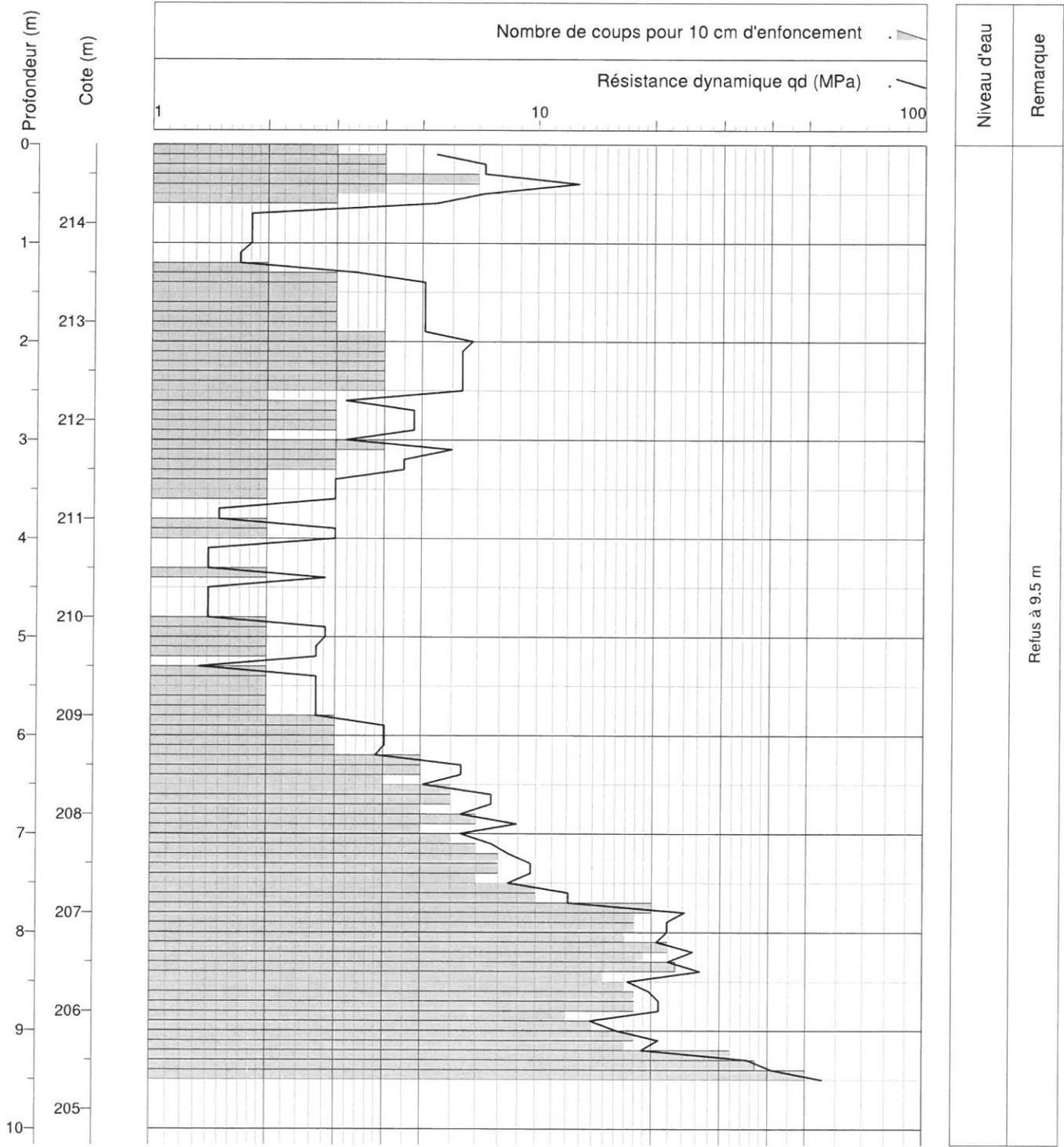


31 - AIGREFEUILLE  
Belvédère

PD2  
Dossier : 16824.17  
Date : 24/11/2017  
Z = 214.8 m

# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE TYPE B

Réalisé conformément à la norme NF P 94-115



Niveau d'eau	Remarque
	Refus à 9.5 m

Nombre total de coups : \_\_\_\_\_ Machine : GéoTool

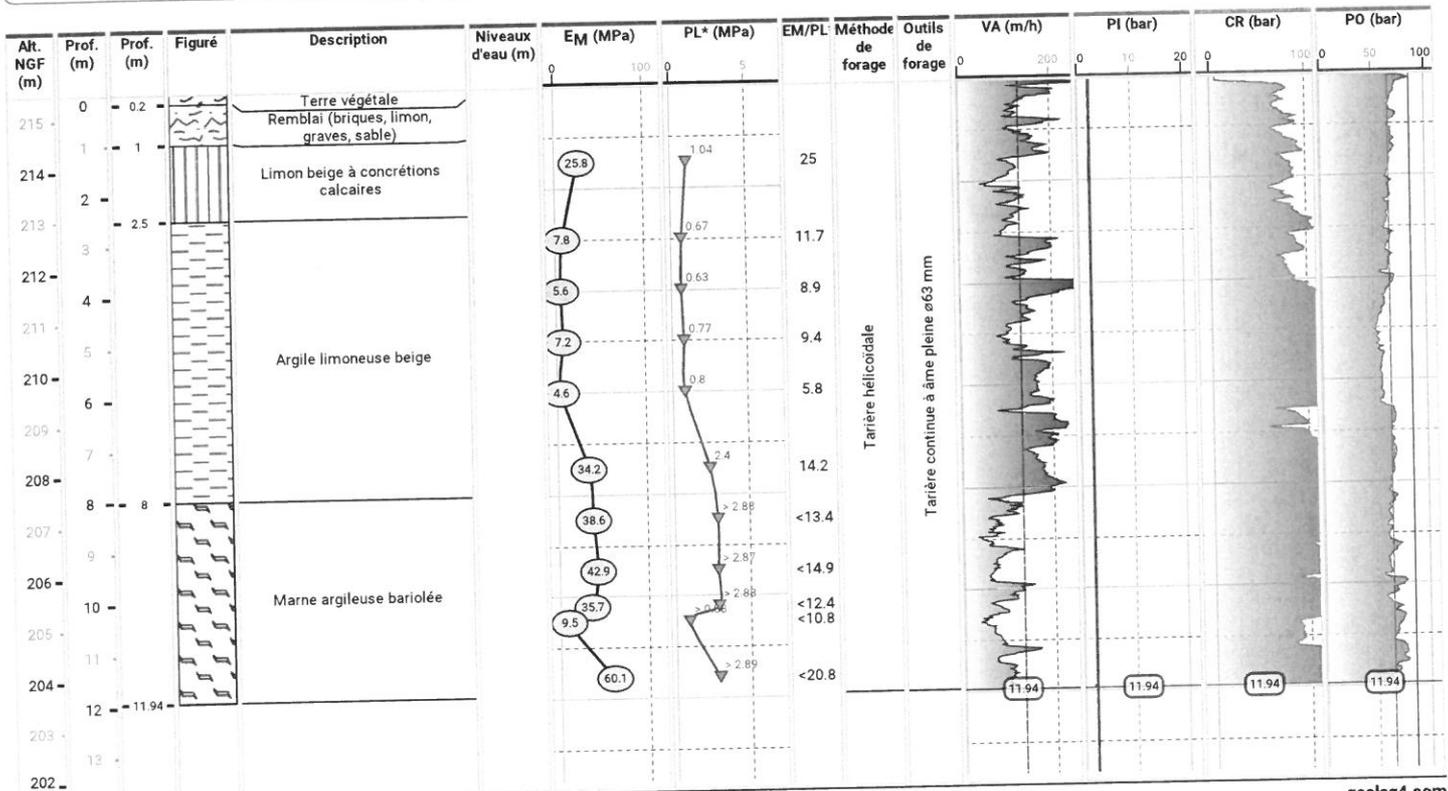


**REFERENCE DU CHANTIER**

Chantier  
**31 - AIGREFEUILLE**  
 Description du dossier  
**Belvédère**  
 Dossier  
**16824**

**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE**

Forage  
**PR1**  
 Altitude (NGF)  
**215.5 m**  
 Date de début  
**24/11/2017 00:00:00**





# ANNEXE 2

## PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



