

# REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES



## Note technique de dimensionnement Fondations semi-profondes et profondes Phase Projet

**Alpha BTP**  
Parc d'activités du Cheix  
12, rue Enrico-Fermi  
63540 ROMAGNAT  
Tél. 04 73 26 86 63 - Fax 04 73 28 06 47  
Mail : [contact@alphabtp.fr](mailto:contact@alphabtp.fr)

ALPHA BTP NORD  
RCS CLERMONT-FERRAND B 420 094 625  
SIREN : 420 094 625 - SIRET : 420 094 625 00043  
Code APE : 7112 B - N°TVA intracommunautaire : FR38 420 094 625

**A25.11.497.a/A**

**MAITRE D'OUVRAGE**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP**  
**89 AVENUE DE L'EUROPE**  
**CS 82212**  
**63370 LEMPDES**

# Note technique de dimensionnement

## Fondations semi-profondes et profondes

### Phase Projet

Le présent dossier, qui constitue un ensemble indissociable, comporte :

- la note technique de dimensionnement de fondations
- un cahier d'annexes de 111 pages comprenant :
  - l'enchaînement et la classification des missions géotechniques types (NFP 94-500 novembre 2013)
  - les recommandations DGS et CSTB vis-à-vis du risque Radon
  - le plan de fondations fournis par le BET Structure
  - le rapport d'étude géotechnique en phase G2 AVP
  - les résultats des investigations menées dans le cadre de la mission G2 AVP
  - les calculs de tassements des fondations semi-profondes
  - les calculs de dimensionnement des fondations profondes à partir du logiciel FOXTA V4®, modules :
    - FONDPROF : calcul de la capacité portante des micropieux
    - PIECOEF : vérification des tubes au flambement (FOXTA V4®)
  - les vérification du dimensionnement des tubes selon l'Eurocode 3 vis-à-vis des efforts en tête de micropieux (effort vertical, effort tranchant et moment)

Affaire : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL - CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES	Date : 27/11/25
N° dossier : A25.11.497.a/A	Indice : a
Agence de ROMAGNAT, le chargé d'étude	J. AMADON
Contrôle interne	L. SANZELLE

# Sommaire

<b>1 – CADRE DE L’ETUDE</b>	<b>5</b>
1.1 - GENERALITES	5
1.2 - MISSION G2 PRO	5
1.3 - DOCUMENTS FOURNIS/UTILISES	6
1.4 - NORMES ET REGLES DE DIMENSIONNEMENT UTILISEES	6
<b>2 – PROJET ET CONTEXTE GEOTECHNIQUE</b>	<b>7</b>
2.1 - RAPPEL DEFINITION DU PROJET	7
2.2 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE	9
2.3 - CONTEXTE SISMIQUE	10
2.4 - SOLUTIONS TECHNIQUES RETENUES	11
2.5 - DESCENTES DE CHARGES DES OUVRAGES	11
<b>3 – TERRASSEMENTS</b>	<b>12</b>
<b>4 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS SEMI-PROFONDES</b>	<b>12</b>
4.1 - PATIO OUEST - FONDATIONS SEMI-PROFONDES	12
4.2 - MODELE GEOTECHNIQUE	15
4.3 - ENCASTREMENTS DE L’OUVRAGE	15
4.4 - JUSTIFICATION DES FONDATIONS	16
4.5 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D’EXECUTION	20
<b>5 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES</b>	<b>21</b>
5.1 - PRINCIPE : FONDATIONS PROFONDES PAR MICROPIEUX	21
5.2 - METHODE DE CALCUL	22
5.3 - MATERIAUX	24
5.4 - MODELE DE TERRAIN	24
5.5 - INTERACTION SOL-STRUCTURE	25
5.6 - VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DES ARMATURES	28
5.7 - RESULTATS	31
5.8 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D’EXECUTION	32
<b>6 – TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS</b>	<b>33</b>
<b>7 – DRAINAGE</b>	<b>34</b>
<b>8 – PROTECTION DES OUVRAGES VIS A VIS DE LA SENSIBILITE A L’EAU DES SOLS</b>	<b>34</b>
<b>9 – VERIFICATION DE LA TRANSCRIPTION DES PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES SUR LE PLAN DE FONDATIONS ET SUR LE PLAN DE TERRASSEMENT</b>	<b>34</b>
<b>10 – CONCLUSIONS</b>	<b>35</b>



# 1 – CADRE DE L'ETUDE

## 1.1 - Généralités

La présente étude est réalisée dans le cadre d'un projet de réhabilitation lourde du « Bâtiment Principal » du Campus VETAGRO SUP à LEMPDES.

Elle est réalisée à la demande et pour le compte de VETAGRO SUP représenté par Mme PLAISANCE.

Elle fait suite à notre devis du 13/10/2025 et à la commande du 15/10/2025.

**Cette étude s'inscrit dans la continuité de la mission G2 AVP (cf. A25.11.259.a/A) réalisée au droit du projet → Toutes les prescriptions/dispositions fournies en phase G2 AVP restent applicables (cf. annexes).**

**Cette note technique vise principalement à dimensionner les fondations en portance et en tassements et à vérifier la bonne transcription des prescriptions géotechniques sur le plan de fondations établi par le BET Structure.**

Les différents intervenants connus sur cette opération sont les suivants :

Maitre d'ouvrage	VETAGRO SUP, Mme PLAISANCE
Maître d'œuvre/architecte	B_CUBE Architectes
BET Structure	CETIS, M. GAUD
Bureau de contrôle	Non communiquée

## 1.2 - Mission G2 PRO

Conformément à la demande du client, l'étude a été menée pour permettre :

- de valider les systèmes de fondations envisagés pour le projet en G2 AVP et d'en effectuer le dimensionnement (contrainte de calcul à l'ELU et l'ELS, tassements, sollicitations horizontales, capacité portante des pieux (hors dimensionnement des cages d'armature), ...) ;
- de vérifier la bonne transcription des préconisations géotechniques sur les plans de fondations ;
- de valider les principes définis pour les terrassements de masse et de fouilles de fondations et définir les préconisations concernant la traficabilité du site en phase chantier ;
- de définir les sujétions d'exécution des terrassements (pente des talus provisoires et définitifs dans les différentes formations, stabilité du fond de fouille, ...) ;
- de définir l'influence de l'eau sur le projet et plus particulièrement les modalités de drainage ;
- d'indiquer les hypothèses à prendre en compte vis-à-vis des conditions sismiques du site.

A partir des définitions de la norme NFP 94.500 de novembre 2013, cette étude peut être classée dans les missions du type G2 PRO (étude géotechnique de conception - phase Projet) hors phase DCE/ACT et hors première approche des quantités.

Notons qu'il était prévu de ne pas étudier dans le cadre de cette mission :

- les éventuelles autres réhabilitations du Bâtiment Principal,
- les diagnostics pollution,
- l'étude des ouvrages annexes éventuels,
- les aménagements extérieurs (voiries, parkings, soutènements, terrasses, bassins d'orage/de rétention, noues, réseaux, ...) → à prévoir le cas échéant.
- les missions G2 DCE/ACT, G3 et G4 selon l'enchaînement de la norme NFP 94-500.

### 1.3 - Documents fournis/utilisés

---

- Rapport géotechnique mission G2 AVP : A25.11.259.a/A ; daté du 15/07/2025
- Documents fournis dans le cadre de la mission G2 AVP
- Documents communiqués par le BET Structure dans son mail du 08/10/2025, avec :
  - Hypothèses de descentes de charges
  - Plan d'emprise de la zone d'extension des bureaux avec implantation des fondations projetées
  - Plan de principe de structure/fondations de la zone de l'amphithéâtre projeté.

Aucun autre document ne nous a été communiqué dans le cadre de la présente étude.

### 1.4 - Normes et règles de dimensionnement utilisées

---

- Norme NFP 94.500 de novembre 2013 : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications
- D.T.U. 13.3 dallages
- Eurocode 7 – Calcul Géotechnique – Norme NFP 94.251-1
- Eurocode 3 – Calcul des structures en acier
- D.T.U. 13.12 fondations superficielles et Eurocode 7 – Norme NFP 94.261
- D.T.U. 13.2 fondations profondes et Eurocode 7 – Norme NFP 94.262
- NF EN 14199 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Micropieux
- Cahier technique n°38 – AFPS
- Normes AFNOR concernant les différents essais de reconnaissance (essais pressiométriques NFP 94-110-1 ; sondages au pénétromètre dynamique type B NFP 94-115, ...)

## 2 – PROJET ET CONTEXTE GEOTECHNIQUE

### 2.1 - Rappel définition du projet

Dans le cadre de l'étude G2 AVP référencée A25.11.259.a/A, il était initialement envisagé :

- La surélévation de 1 niveau d'une zone comportant actuellement un seul niveau en superstructure sans niveau en sous-sol → zone en rose sur le plan ci-dessous ;
- La démolition partielle des dalles et murs de refends de la zone orange du plan ci-dessous. De nouvelles fondations et un nouveau plancher bas étaient recréés dans ce cadre.



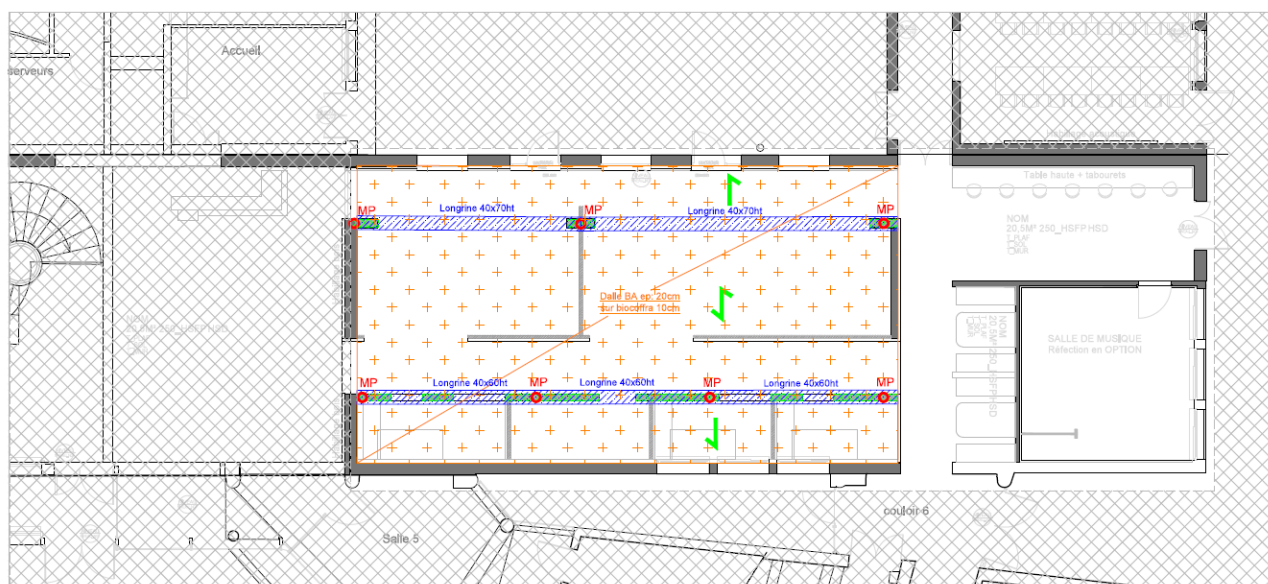
Le projet a fortement évolué à ce jour et il est actuellement envisagé :

- L'absence de modifications sur la majeure partie de la zone en rose initiale, seule la partie Sud-Ouest de cette zone devant faire l'objet de travaux → zone en jaune du plan ci-dessous :



Il ne s'agit plus à ce jour d'un projet de surélévation des ouvrages existants, mais de leur **démolition totale et de la reconstruction d'un ouvrage neuf** en structure métallique. Une solution de **fondations superficielles à semi-profondes** associée à un **traitement du niveau bas en dalle portée sur Biocoffra** est souhaitée par le BET Structure CETIS.

- Dans la zone Nord-Ouest de l'existant (zone orange initiale), les **réhabilitations seront limitées à la reconfiguration d'un amphithéâtre**.



Dans ce cadre, il sera prévu la démolition d'une partie des voiles et des planchers de la zone, avec la **reconstruction d'une nouvelle structure indépendante traitée en fondations profondes par micropieux et dalle portée sur Biocoffra**.

#### **Altitude du niveau bas/des niveaux bas :**

Les altitudes des niveaux bas projetés ne nous ont pas été communiquées. Ceux-ci devraient toutefois être **identiques aux niveaux bas actuels des ouvrages à démolir**.

**Ces informations devront impérativement être vérifiées par la Maîtrise d'Œuvre pour valider les solutions de fondations/traitements des niveaux bas fournies dans le présent document.**

## 2.2 - Synthèse géotechnique

Pour rappel, la coupe lithologique schématique suivante avait été établie dans le cadre de la mission G2 AVP (cf. A25.11.259.a/A) :

- Formation « 1 » - *Terre végétale, remblais limono-sableux bruns peu fermes à blocs divers, argiles sableuses brunes peu fermes*
- Formation « 2 » - *Argiles gris-beige à brunes moyennement fermes*
- Formation « 3 » - *Argiles marneuses beiges fermes*
- Formation « 4 » - *Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes*

Le niveau du toit des formations relevé au droit des principaux sondages est repris ci-après :

INVESTIGATIONS 2025							
Sondages		SP1 + P1	SP2 + P2 + PU3	PU1 + P3	PU2 + P4	PU4 + P5	PU5 + P6
Altitudes NI		≈ 99.4	≈ 99.8	≈ 99.9	≈ 99.9	≈ 99.8	≈ 99.8
Formation N°2	Prof (m/TN)	---	≈ 2.2	≈ 2.2	≈ 1.4	≈ 1.2	≈ 1.8 ?
	NI	---	≈ 97.6	≈ 97.7	≈ 98.5	≈ 98.6	≈ 98.0 ?
Formation N°3	Prof (m/TN)	≈ 2.2	≈ 3.8	≈ 3.4	≈ 3.8	≈ 2.6	≈ 3.2
	NI	≈ 97.2	≈ 96.0	≈ 96.5	≈ 96.1	≈ 97.2	≈ 96.6
Formation N°4	Prof (m/TN)	≈ 5.5	≈ 7.5	≥ 5.6	≥ 6.2	> 3.2	≥ 7.2
	NI	≈ 93.9	≈ 92.3	≤ 94.3	≤ 93.7	< 96.6	≤ 92.6

INVESTIGATIONS 2016								
Sondages		P7	P9	P10	P11	P12	P13	P14
Formation N°2	Prof (m/TN)	> 2.0	> 2.0 ?	> 2.0	> 0.6	≈ 2.0	≈ 1.6 ?	> 2.0
Formation N°3	Prof (m/TN)	---	---	---	---	≈ 2.6	≈ 3.0	---
Formation N°4	Prof (m/TN)	---	---	---	---	> 3.2	≥ 5.4	---



Rappel : En l'absence de plan topographique, l'altitude de référence 100,0 NI (Nivellement Indépendant) permettant le relevé des sondages avait été prise égale à celle de la dalle existante du RDC du Bâtiment Principal dans plusieurs secteurs (voir schéma d'implantation de l'étude A25.11.259.a/A) → homogénéité altimétrique du niveau du RDC existant à confirmer. **Ces altitudes ne sont pas rattachées au NGF ⇒ à rattacher impérativement au NGF par un géomètre lors de l'élaboration du plan topographique.**

### 2.3 - Contexte sismique

D'un point de vue sismique et selon les Eurocodes 8, on retiendra :

Zone de sismicité	<b>3 - Aléa modéré</b>
Accélération du sol $a_{gr}$	<b>1.1 m/s<sup>2</sup></b>
Classification du sol	<b>B</b>
Paramètre S	<b>1.35</b>
Catégorie des ouvrages existants et projetés (*)	<b>III</b>
Coefficient d'importance $\gamma_I$ (*)	<b>1.2</b>
Coefficient d'amplification topographique $S_T$	1.0
Classe de ductilité	<i>A définir par le BET Structure</i>
Coefficient de comportement/ de surcapacité	<i>A définir par le BET Structure</i>

(\*) : *A vérifier/valider par la Maîtrise d'Œuvre.*

Il revient aux concepteurs, en fonction de la catégorie d'importance des ouvrages projetés, de déterminer les règles parasismiques applicables.

Compte tenu du contexte sismique, il conviendra de tenir compte des effets inertiels :

Classe de sol	Zone de sismicité 2		Zone de sismicité 3		
	Catégorie d'ouvrage		Catégorie d'ouvrage		
	I et II	III et IV	I	II	III et IV
A	---	I	---	I	I
B	---	I	---	I	I
C	---	I	---	I	I
D	---	C + I	---	I	C + I
E	---	C + I	---	I	C + I
S1	---	C + I	---	I	C + I
S2	---	C + I	---	I	C + I

*I : effet inertiel uniquement ; C + I : Cumul des effets inertiels et cinématiques*

## 2.4 - Solutions techniques retenues

---

Compte tenu de la **nouvelle définition du projet** et des résultats de l'étude géotechnique d'Avant-Projet (cf. A25.11.259.a/A), l'équipe de conception s'est orientée vers les solutions de fondations/traitements des niveaux bas suivantes :

- **Patio Ouest - Démolition totale et reconstruction d'un ouvrage neuf**
  - **Fondations semi-profondes** par semelles linéarisées/barrettes ancrées dans la formation « 3 » (*Argiles marneuses beiges fermes*) ;
  - **Dalles portées sur Biocofra.**
- **Zone Nord-Ouest - Reconfiguration d'un amphithéâtre**
  - **Fondations profondes** par micropieux ancrées au sein de la formation « 4 » (*Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes*) ;
  - **Dalles portées sur Biocofra.**

## 2.5 - Descentes de charges des ouvrages

---

Les descentes de charges des ouvrages ne sont pas encore établies à ce jour selon les informations fournies par le BET Structure.

Le BET a toutefois établi des hypothèses d'efforts maximaux pouvant affecter les fondations :

- **Patio Ouest - Démolition totale et de la reconstruction d'un ouvrage neuf (\*)**
  - Charges verticales maximales sur les semelles linéarisées = **20 Tonnes ELS.**

(\*) : *Aucune information ne nous a été communiqué vis-à-vis d'efforts horizontaux/moments en tête de fondations, aux ELS, ELU fond et ELU sismique → à fournir par le BET structure le cas échéant et à considérer dans le dimensionnement des fondations.*

- **Zone Nord-Ouest - Reconfiguration d'un amphithéâtre (\*)**
  - Charges verticales sur le point d'appui le plus chargé = **110 Tonnes ELS.**
  - Absence de fourniture d'efforts horizontaux/moments aux ELS ou ELU.
  - Absence de fourniture d'efforts sismiques horizontaux ou verticaux.

(\*) : *Aucune information ne nous a été communiqué vis-à-vis d'efforts horizontaux/moments en tête de fondations, aux ELS, ELU fond et ELU sismique → à fournir par le BET structure le cas échéant et à considérer dans le dimensionnement des fondations.*



Il conviendra de vérifier que les solutions proposées sont compatibles avec les descentes de charges apportées par les ouvrages et que les descentes de charges ci-dessus sont du même ordre de grandeur que les descentes de charges EXE réellement apportées par les ouvrages. Dans le cas contraire, les conclusions de notre rapport devront éventuellement être modifiées.

### 3 – TERRASSEMENTS

Les principes définis dans le cadre de la mission G2 AVP (cf. A25.11.259.a/A) pour les terrassements de masse et de fouilles de fondations, des têtes de micropieux et des longrines et les préconisations concernant la traficabilité du site en phase chantier restent applicables → cf. rapport G2 AVP annexé. Le présent dimensionnement ne tient pas compte de la mise en œuvre de remblais de surélévation du terrain naturel sous les ouvrages ou contigus (frottements négatifs, perte de la capacité portante des micropieux, ...) → **pour rappel, les remblais de surélévation du terrain initial sont à éviter et à considérer dans le dimensionnement des fondations profondes par pieux.**

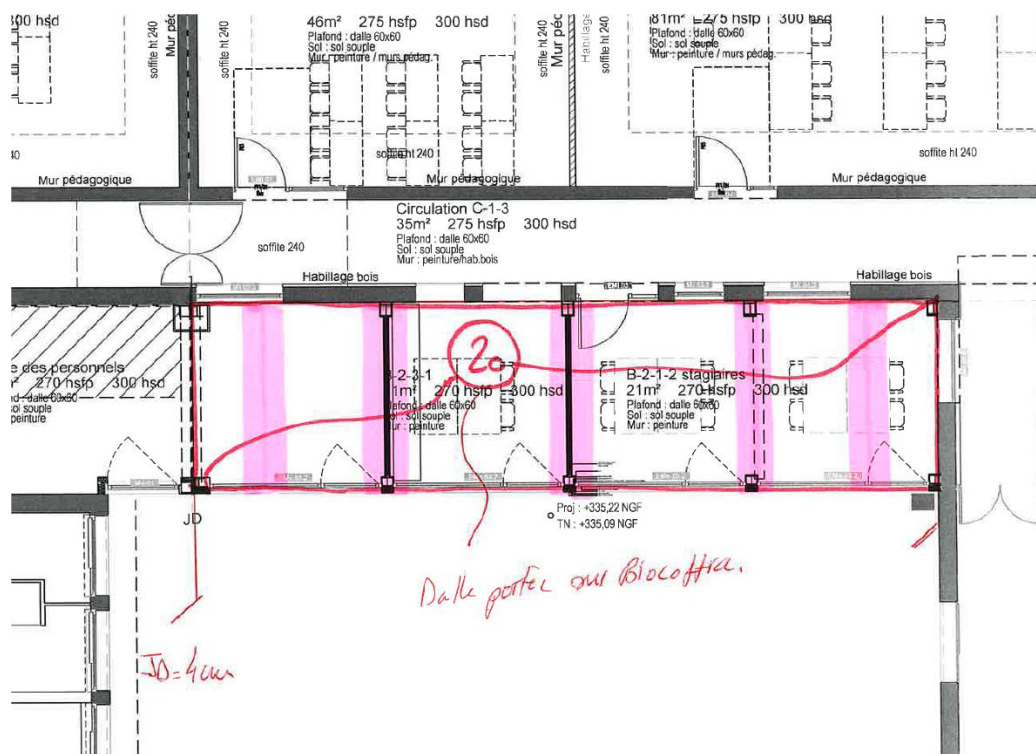
## 4 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS SEMI-PROFONDES

### 4.1 - Patio Ouest - Fondations semi-profondes

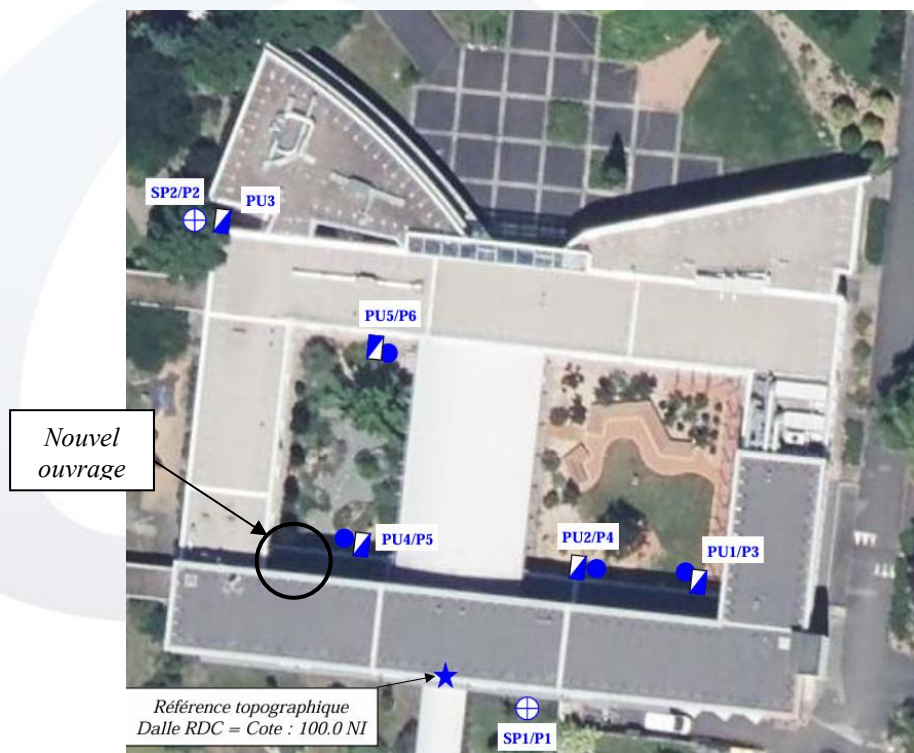
---

Ce type de fondations a été retenu par l'équipe de conception dans le cadre de la démolition totale de l'existant et de la reconstruction d'un ouvrage neuf.

Selon les informations communiquées par le BET Structure, il serait envisagé la réalisation de **5 semelles linéarisées/barrettes d'une longueur de l'ordre de 3.0 mètres**, perpendiculaires à l'ouvrage existant futur mitoyen afin de limiter les interactions entre fondations.



Un **ancrage minimum de 0.3 m** devra être assuré dans la **formation « 3 »** (*Argiles marneuses beiges fermes*), reconnue à partir de 2.6 m/TN actuel ( $\approx 97.2$  NI) au droit des sondages « PU4/P5 » réalisés à proximité de la zone du projet. La fiche totale des fondations, sur la base de ces sondages, serait donc de l'ordre de 2.9 m/TN actuel → fiche de fondations à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage et à l'altitude de la plateforme de terrassement.



Un **encastrement minimum de 3.0 m/Terrain Extérieur Fini** devra être assuré et permettra de s'affranchir de certaines dispositions vis-à-vis de la sensibilité à l'eau des sols, notamment les protections périphériques étanches (cf. paragraphe 10 de l'étude G2 AVP annexée).

### **Mitoyens**

Le nouvel ouvrage devrait être mitoyen au Bâtiment Principal sur ses aspects Sud et Ouest.

Les fondations envisagées contre ce mitoyen devront permettre d'assurer sa stabilité et de ne pas solliciter ses fondations → prévoir **respect des règles d'influence à 3B/2H** entre arases inférieures des fondations existantes et projetées.

La géométrie des fondations envisagées par le BET Structure (barrettes perpendiculaires aux voiles existants) est adaptée à cette problématique.

Notons toutefois que, compte tenu de la présence de l'ouvrage en RDC au sein du patio voué à démolition partielle, aucune reconnaissance des conditions de fondations du Bâtiment Principal futur mitoyen ne pouvait être réalisée.

***Des investigations complémentaires en phase démolition/terrassements de masse seront donc indispensables afin d'identifier les conditions de fondation du Bâtiment Principal dans cette zone et définir précisément les interactions entre fondations existantes et projetées. A Investigacions à réaliser dans le cadre de la mission G3 étude d'exécution.***

Rappelons que les sondages « PU3 » et « PU5 » menés sur les fondations du Bâtiment Principal en zone Nord-Ouest avaient permis d'identifier des ancrages à des **profondeurs supérieures à 2.5/3.0 m/TN actuel** (vide sanitaire probable selon les informations communiquées par la Maîtrise d'Ouvrage). Un **débord de 20 cm** avait été identifié au droit du sondage « PU3 ».

Les fondations devront être descendues au-delà de tout horizon remanié par les opérations de démolition (anciennes fondations, dalles, ...) → **attention aux éventuelles sur-profondeurs des horizons porteurs.**

### **Exhaure**

L'exécution des fouilles de fondations pourra nécessiter la mise en œuvre de moyens d'exhaure de type pompage, drainage, rabattement, tube plongeur associés à l'utilisation de tubage/blindage pour assurer l'exécution des fouilles. Il conviendra également d'assurer un curage soigné des fonds de fouille avec le cas échéant l'utilisation d'une aspiratrice.

## 4.2 - Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique au droit du projet est le suivant :

- Altitude niveau bas fini :  $\approx 100.0$  NI a priori ;
- Altitude du terrain naturel :  $\approx 99.9$  NI a priori ;
- Remblai de surélévation du terrain initial : néant
- Altitude hypothétique de la plateforme de travail :  $\approx 99.7$  NI  $\rightarrow$  (niveau fini - 0.3 m pour tenir compte de l'épaisseur de la future dalle sur Biocofra)
- Coupe type : sondages « PU4 » et « P5 »

Couche	Altitude base (NI)	Module pressiométrique $E_M$ (MPa)	Pression limite nette $Pl^*$ (MPa)	Coefficient rhéologique $\alpha$
Formation « 1 »	$\approx 98.6$	5	0.50	1
Formation « 2 »	$\approx 97.2$	8	0.70	2/3
Formation « 3 »	$\approx 93.0^*$	50	2.00	
Formation « 4 »	$< 85.0$	100	3.50	

\*Altitude extrapolée par rapport aux sondages pressiométriques réalisés à proximité

## 4.3 - Encastrements de l'ouvrage

Il vient pour cet ouvrage projeté, au droit des sondages « PU4/P5 », l'encastrement suivant  $\rightarrow$  **à adapter impérativement** à l'altitude de la plateforme de terrassement et aux fluctuations de l'horizon d'ancrage (suivi G3 et/ou supervision géotechnique d'exécution G4 impératifs) :

Sondages		PU4/P5
Altitudes PFT		$\approx 99.7$
Formation N°3	Prof/PFT	$\approx 2.5$
	NGF	$\approx 97.2$
Encastrement mini Fondations	Prof/PFT*	$\approx 2.8$
	NGF	$\approx 96.9$

(\*) : Altitude de la Plateforme de travail (PF) retenue à 99.7 NI  $\rightarrow$  à confirmer/vérifier par la Maîtrise d'œuvre.

Rappels :

- Encastrements indicatifs à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage et à l'altitude des plateformes de terrassement ;
- **Un encastrement minimum de 3.0 m/Terrain Extérieur Fini** devra être assuré et permettra de s'affranchir de certaines dispositions vis-à-vis de la sensibilité à l'eau des sols, notamment les protections périphériques étanches (cf. G2 AVP annexé) ;
- Les fondations devront être descendues au-delà de tout horizon remanié par les opérations de démolition (anciennes fondations, dalles, ...) ;
- Les fondations devront être descendues a minima au même niveau que les fondations du Bâtiment Principal futur mitoyen.

#### 4.4 - Justification des fondations

---

##### Contraintes

Selon les Eurocodes 7 (Norme NF P 94.261), pour le dimensionnement des fondations, les contraintes de calcul à retenir seront de :

$$q_{net} = k_p \times Pl_e^* \times i_\delta \times i_\beta$$

Avec :

- |  |   |
|--|---|
| • $Pl_e^*$ : pression limite nette                                       | • $k_p$ : facteur de portance                                       |
| • $i_\delta$ : coefficient de réduction lié à l'inclinaison de la charge | • $i_\beta$ : coefficient de réduction lié à l'influence d'un talus |

A défaut d'information sur la nature des descentes de charges, il est considéré des coefficients de réduction équivalents à 1.

Il vient :

- contrainte caractéristique :  $q_v$  ;  $k = q_{net}/1.2$  soit = 0.81 MPa
- contrainte de calcul à l'ELU :  $q'_{ELU} - q_0 = q_v$  ;  $k/1.4$  soit = 0.58 MPa
- **contrainte de calcul à l'ELS :  $q'_{ELS} - q_0 = q_v$  ;  $k/2.3$  soit = 0.35 MPa (\*)**

(\*) *Contrainte minorée pour tenir des niveaux de moindres caractéristiques intercalés au sein de la formation « 3 ».*

Ces contraintes sont mobilisables pour des charges verticales et dans le cadre d'une exécution correcte :

- ancrage systématique de 0.3 m dans la formation « 3 »,
- nettoyage des fonds de fouille,
- purge de tous niveaux argileux peu fermes ou douteux et substitution par un gros béton.

Dans le cas d'une inclinaison de la résultante (ELU sismique notamment), il conviendra de tenir compte de la diminution de la contrainte admissible liée à cette inclinaison (calcul de  $i\delta$  conformément à la norme NF P 94-261).

Coefficient de réduction  $i\delta$  lié à l'inclinaison à la charge :

Conformément au paragraphe D.2.4 de la norme NF P 94-261, il convient de tenir compte d'une diminution de la capacité portante des fondations liée à l'inclinaison de la résultante.

L'inclinaison  $\delta$  se détermine de la façon suivante :

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$$

Avec  $H_d$  et  $V_d$  les valeurs de calcul des composantes des efforts respectivement horizontales et verticales.

Le coefficient de réduction  $i\delta$  est ensuite calculé en tenant compte du comportement du terrain tel que :

Cas d'un sol purement cohérent :

$$i_{\delta;c;De/B} = \left(1 - \frac{2 \times \delta_d}{\pi}\right)^2$$

Cas d'un sol purement frottant :

$$i_{\delta;f;De/B} = \left(1 - \frac{2 \times \delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2 \times \delta_d}{\pi} \left(2 - 3 \frac{2 \times \delta_d}{\pi}\right) e^{-\frac{De}{B}} \quad \text{pour } \delta_d < \frac{\pi}{4}$$
$$i_{\delta;f;De/B} = \left(1 - \frac{2 \times \delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2 \times \delta_d}{\pi}\right)^2 e^{-\frac{De}{B}} \quad \text{pour } \delta_d \geq \frac{\pi}{4}$$



### Cas d'un sol intermédiaire (frottant et cohérent) :

$$i_{\delta;cf;De/B} = i_{\delta;f;De/B} + (i_{\delta;c;De/B} - i_{\delta;f;De/B}) \left( 1 - e^{-\frac{\alpha \times c}{\gamma \times B \times \tan(\varphi)}} \right)$$

Avec :

- De : hauteur d'encastrement
- B : largeur de la fondation
- c : cohésion du sol d'assise
- $\varphi$  : angle de frottement du sol d'assise
- $\gamma$  : densité du sol d'assise
- $\alpha$  : paramètre de calage pris égal à 0.6

Compte tenu de la nature des sols d'assises, le comportement du terrain peut être assimilé à un sol purement cohérent.

Les diminutions de capacité portante devront être prises en compte dans l'établissement du plan de fondations par le BET Structure.

### **Calcul des tassements/coefficient de réaction vertical Kv**

Les tassements ont été calculés à partir des formules de Ménard selon les formules suivantes :

$$s_f = s_c + s_d$$

Avec :

- sf : tassement total
- sd : tassement déviatorique
- sc : tassement sphérique

Les tassements sphériques et déviatoriques sont évalués selon les formules suivantes conformément à l'annexe H de la norme NF P 94-261 :

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \times \lambda_c \times B$$

$$s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) \times B_0 \times \left( \lambda_d \times \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$



Avec :

- $E_c$  : module sphérique
- $E_d$  : module déviatorique
- $B$  : largeur de la fondation
- $B_0 = 0,6$  m : largeur de référence
- $q'$  : contrainte effective moyenne appliquée au sol par la fondation
- $\alpha$  : coefficient rhéologique fonction de la nature du sol
- $\sigma'_{v0}$  : contrainte verticale effective calculée avant travaux au niveau de la fondation
- $\lambda_c, \lambda_d$  : coefficients de forme, fonction du rapport  $L/B$

Le coefficient de réaction vertical est alors donné par la formule :

$$K_v = \frac{q'(\text{contrainte})}{s_f(\text{tassement})}$$

**Nota :** Il est à noter l'absence d'informations relatives à d'autres sollicitations de type moments, efforts horizontaux, aux ELS, ELU et ELU sismiques → à fournir le cas échéant par le BET structure et à considérer dans le dimensionnement des fondations.

Selon les informations communiquées par le BET Structure, il serait envisagé la réalisation de **5 semelles linéarisées/barrettes d'une longueur de l'ordre de 3.0 mètres**, perpendiculaires à l'ouvrage existant futur mitoyen afin de limiter les interactions entre fondations

Les tassements théoriques ont été calculés aux ELS pour plusieurs largeurs de semelles/barrettes.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant :

Type de fondations	Semelles linéarisées/barrettes		
Longueur semelle (m)	$\approx 3.0$		
Largeur semelles (m)	0.6	0.8	1.0
Charge maximale prise en hypothèse (G + Q)	200 kN (*)		
Contrainte appliquée (ELScara)	111 kPa	83 kPa	67 kPa
Tassements W (mm)	< 5		
$K_v$ (kPa/m)	179 000	157 000	141 000

(\*)Descente de charge maximale communiquée par le BET Structure.

Ces calculs mettent en évidence des tassements absolus n'excédant pas 0.5 cm dans le cadre d'une exécution correcte des fondations conformes aux règles de l'Art.

Les tassements différentiels resteront par conséquent inférieurs à 0.5 cm pour 10 m dans le cas d'une exécution correcte.

### **Glissement**

Les éventuelles vérifications vis-à-vis du glissement devront être établies par le BET Structure de l'opération à partir des hypothèses géotechniques suivantes :

Sol d'assise	C' (kPa)	$\phi'$ (°)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )
Formation « 3 »	15	27	19

Remarque : Un suivi et une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et G4) devront impérativement être envisagés pour :

- préciser le niveau d'encastrement des semelles,
- **valider les fonds de fouille,**
- définir les profondeurs des purges/substitutions éventuellement nécessaires.

## **4.5 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

### **Paramètres de dimensionnement**

Les tassements absolus des fondations semi-profondes ont été estimés inférieurs à 0.5 cm et les tassements différentiels à 5/10 000°. Il conviendra de vérifier que ces valeurs sont compatibles avec les dispositions prises pour le dimensionnement de la structure. Dans le cas contraire, la contrainte de calcul à l'ELS devra être modifiée ou le projet orienté vers la solution de fondations profondes.

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, ferrailage, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...) → à fournir par le BET Structure le cas échéant.

### **Précautions de mise en œuvre**

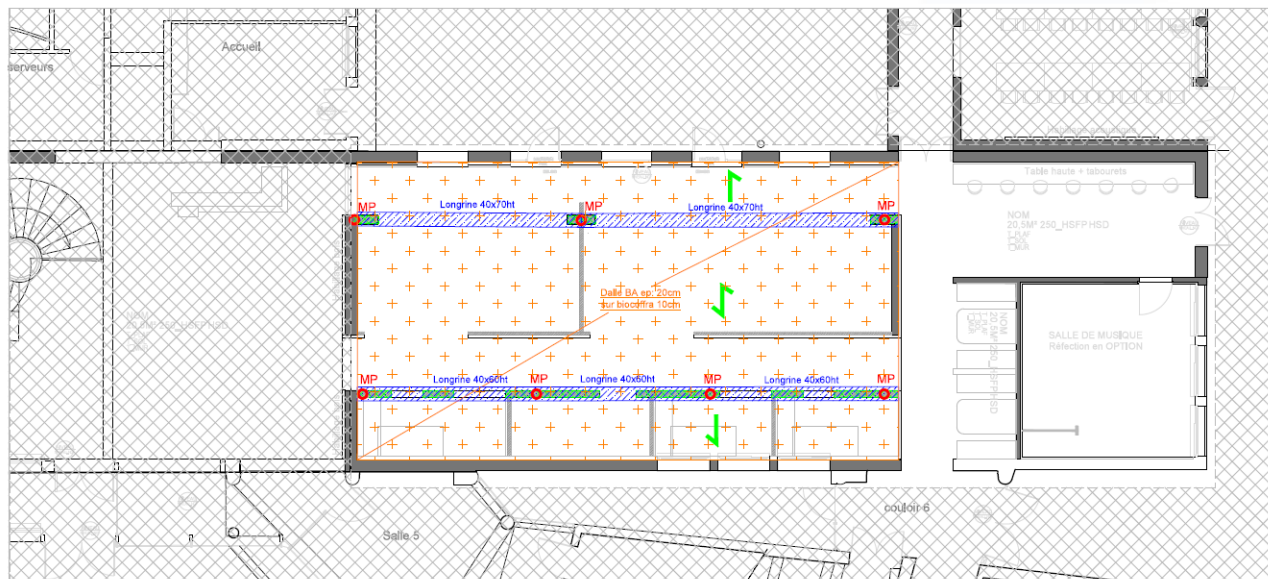
Les précautions de mise en œuvre décrites en phase G2 AVP devront être prises en compte (cf. A25.11.259.a/A) → cf. rapport G2 AVP annexé.

## 5 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES

### 5.1 - Principe : Fondations profondes par micropieux

Ce type de fondations a été retenu par l'Equipe de conception tel que :

- Type : Micropieux de type II ;
- Nombre : 7 micropieux à réaliser.



Un ancrage minimum de 3.0 m devra être réalisé au sein de la formation « 4 » (*Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes*) : identifiée à partir de **7.5 m/TN actuel au droit des sondages « SP2/P2 »** réalisés à proximité → fiche à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage, à l'altitude de la plateforme de terrassement et aux descentes de charges.

Compte tenu des **descentes de charges a priori très élevées** affectant les micropieux (maxi 110 Tonnes/appui aux ELS), un exemple de dimensionnement de micropieux du type « micropieux type II » est fourni en annexe en **diamètre 250 mm**. D'autres types de micropieux sont envisageables et pourront faire l'objet d'un dimensionnement éventuel ultérieur.

***La charge maximale de 110 Tonnes/appui ne pourra pas être reprise par un unique micropieu et nécessitera impérativement la réalisation de bipodes a minima → massif avec au minimum 2 micropieux.***

L'entreprise de fondations spéciales devra vérifier la faisabilité d'une technique micropieux type II en fonction du matériel dont elle dispose et des formations devant être traversées (remblais à blocs, vestiges de construction éventuels, bancs/blocs plus résistants, ancrages au sein d'horizons marno-calcaires raides, ...) → ***technique ODEX + marteau fond de trou potentiellement requise.***

Par ailleurs, l'entreprise devra prendre en considération la présence locale possible de vestiges anthropiques à purger (fondations, dalle béton, maçonneries, ...) qui n'auraient pas été évacués par l'entreprise de démolition.

## 5.2 - Méthode de calcul

Le dimensionnement a été réalisé selon les réglementations de l'Eurocode 7 et plus particulièrement selon la norme d'application nationale de NF P 94-262 spécifique aux fondations profondes. Les pieux ont été calculés selon la procédure « **modèle de terrain** ».

D'après les recommandations de la norme NF P 94-262, la charge limite d'un pieu,  $R_c$ , est donnée par :

$$R_c = R_b + R_s$$

Avec :

- $R_b$  : Résistance de pointe de la fondation profonde
- $R_s$  : Résistance de frottement axial de la fondation profonde

### Résistance de pointe $R_b$

$$R_b = A_b \times k_p \times P_{le}^*$$

### Résistance de frottement axial $R_s$

$$R_s = P_s \times \sum_{i=1}^n h_i \times q_{si}$$

Avec :

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A_b</math> : section du pieu</li> <li>• <math>k_p</math> : facteur de portance pressiométrique</li> <li>• <math>P_{le}^*</math> : pression limite nette équivalente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_s</math> : périmètre du pieu</li> <li>• <math>h_i</math> : épaisseur de la couche d'ancrage</li> <li>• <math>q_{si}</math> : frottement latéral unitaire axial dans la couche <math>i</math></li> <li>• <math>n</math> : nombre de couches traversées ou atteintes par le pieu</li> </ul> |
|---|--|

A partir de ces valeurs sont définies les résistances caractéristiques :

### Résistance de pointe caractéristique $R_{b;k}$

$$R_{b;k} = \frac{R_b}{\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2}}$$

### Résistance de frottement caractéristique $R_{s;k}$

$$R_{s;k} = \frac{R_s}{\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2}}$$

Où :

- $\gamma_{R;d1}$  et  $\gamma_{R;d2}$  sont des coefficients de sécurité dépendant de la procédure de calcul, de la classe et de la catégorie du pieu et de son fonctionnement (traction ou compression) définis dans l'amendement A1 de la norme NF P 94-262 daté de juillet 2018 :

	$\gamma_{R;d1}$ compression	$\gamma_{R;d1}$ traction	$\gamma_{R;d2}$ compression	$\gamma_{R;d2}$ traction
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1.15	1.4	1.1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1.4	1.7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans les sables, les sols intermédiaires et les roches	1.4	1.7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 dans l'argile, les craies et les marnes	2.0	2.0		

### Calcul de la capacité portante :

$$Q_{ELS} = \frac{\beta_p \times R_{b;k} + \beta_s \times R_{s;k}}{\gamma_{cr}}$$

$$Q_{ELU} = \frac{\beta_p \times R_{b;k} + \beta_s \times R_{s;k}}{\gamma_t}$$

#### Avec en compression :

- $\beta_p = 0.50$  (ELS) ; 1.00 (ELU)
- $\beta_s = 0.70$  (ELS) ; 1.00 (ELU)
- $\gamma_{cr} = 0.90$  (ELS cara) ; 1.10 (ELS qp)
- $\gamma_t = 1.10$  (ELU fond/sis) ; 1.00 (ELU acc)

#### Avec en traction :

- $\beta_p = 0$
- $\beta_s = 0.70$  (ELS) ; 1.00 (ELU)
- $\gamma_{cr} = 1.10$  (ELS cara) ; 1.50 (ELS qp)
- $\gamma_t = 1.15$  (ELU fond/sis) ; 1.05 (ELU acc)

### 5.3 - Matériaux

Les armatures suivantes ont été retenues dans le présent dimensionnement :

Cas	Tube 1	Tube 2
Diamètre extérieur tube D (mm)	88.9	73
Epaisseur initiale tube Ep (mm)	9.0	5.5
Limite élastique fy (MPa)	560	560
Aire de la section As (mm <sup>2</sup> )	2259	1166
Inertie I (cm <sup>4</sup> )	182.6	66.9
Produit d'inertie EI (kN.m <sup>2</sup> )	383.4	140.4
Module plastique Wpl (cm <sup>3</sup> )	57.7	25.11
Classe	1	1
Diamètre de forage (mm)	250	250
Epaisseur corrodée (mm) (*)	0	0
Charge admissible maximale ELS (Tonnes)	<b>57</b>	<b>29</b>

#### (\*) Corrosion :

Conformément au 12.3.2(1) de la norme NFP 94-262, un enrobage mini de 5.0 cm de coulis de ciment approprié constitue une protection efficace vis-à-vis de la corrosion (en l'absence d'efforts horizontaux/de moments en tête en phase service) → *enrobage suffisant, non-prise en compte de la corrosion dans le présent dimensionnement.*

Nota : A adapter le cas échéant selon les diamètres de forage réellement retenus et selon les DDC réelles apportées par le projet notamment vis-à-vis des moments et des efforts horizontaux en tête (cf. BET Structure).

### 5.4- Modèle de terrain

Le tableau ci-après reprend les paramètres de sol pris en compte dans le dimensionnement des micropieux → **micropieux de type II** (classe 1 ; catégorie 18).

Compte tenu de la relativement bonne homogénéité lithologique du site, une seule coupe type a été retenue pour le dimensionnement des fondations :

- **Coupe type** → *Sondages « SP2/P2 ».*

Les altitudes suivantes ont été retenues dans le dimensionnement des fondations profondes (compte tenue de l'absence d'information vis-à-vis de l'altitude de terrassement, l'altitude suivante est prise en hypothèse) → **à vérifier/préciser impérativement par l'équipe de conception** :

Coupe	Type
Niveau existant (NI)	100.0
Niveau bas fini (NI)	100.0
PFT (NI) → hypothèse	100.0

Les paramètres à prendre en compte pour le dimensionnement des fondations profondes (de type Micropieux type II) sont les suivants :

Formation	Cote Base (NGF)	Classe de sol	$E_M$ (MPa)	$P_f$ (MPa)	$P_l$ (MPa)	$Q_s$ (kPa) <sup>(1)</sup>	Coefficient de pointe $K_{p_{max}}$ <sup>(2)</sup>	$\alpha$
Formation « 1 »	≈ 97.6	Argiles	5	0.29	0.50	0 <sup>(1)</sup>	-	1
Formation « 2 »	≈ 96.0		8	0.41	0.70	42.31 <sup>(1)</sup>	-	2/3
Formation « 3 »	≈ 92.3		50	1.18	2.00	50.55	-	
Formation « 5 »	< 85.0	Marnes	100	2.06	3.50	162.00	-	

(1) Frottement latéral à neutraliser sur toute la hauteur de la formation « 1 » et sur mini 3.0 m/Plate-forme de travail → hauteur de chemisage des micropieux.

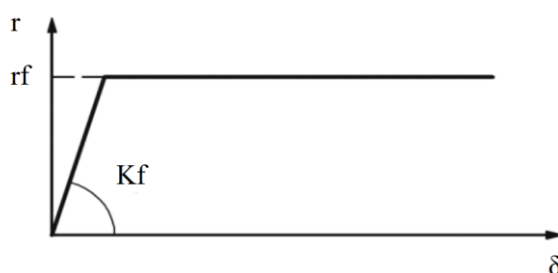
(2) : pour les micropieux, le terme de pointe  $k_p$  n'est pas pris en compte.

Notas :

- Les micropieux seront munis d'un double tubage (tubage double peau) jusqu'à 3.0 m/TN ;
- Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés.

## 5.5 - Interaction sol-structure

Pour caractériser le comportement transversal d'une fondation profonde, la loi de mobilisation de la réaction frontale  $r$  en fonction du déplacement  $\delta$  d'un micropieu est définie par un segment de pente  $K_f$  (coefficient de réaction) avec un palier  $R_f$ .





### **Coefficient de réaction Kf :**

Pour des sollicitations de **courte durée (ELU fond par exemple)**, le calcul du module de réaction linéique K<sub>fc</sub> est donné par la formule suivante :

$$K_{fc} = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times [2.65]^{\alpha + \alpha}} \text{ lorsque } B \leq B_0 = 0.6 \text{ m}$$

Pour les sollicitations de **longue durée (ELS par exemple)** et de **très courte durée (ELU sismiques par exemple)**, les coefficients de réaction découlent de K<sub>fc</sub> comme suit :

Il est donné par la formule :

Longue durée (ELS par exemple)

$$K_{fl} = \frac{K_{fc}}{2}$$

Très courte durée (ELU sismique)

$$K_{fsis} = 3 \times K_{fc}$$

Le calcul du module de réaction surfacique est donné par la formule :

$$k_{h(z)} = \frac{K_{f(z)}}{B}$$

Avec :

- $\alpha$  : coefficient rhéologique du sol
- $E_M$  : module pressiométrique
- $B$  : diamètre du pieu
- $B_0$  : diamètre de référence = 0.6 m
- $P_f$  : pression de fluage nette
- $P_l$  : pression limite nette

### **Palier Rf :**

Le palier R<sub>f</sub> est déterminé, selon la sollicitation par les formules suivantes :

ELU fond

$$R_{fc} = P_{\text{fluage}}$$

ELS qp/cara

$$R_{fl} = P_{\text{fluage}}$$

ELU sis

$$R_{fsis} = P_{\text{limite}}$$

### **Dégradation des formations en surface :**

Selon les Eurocodes 7 et selon le CT38, les caractéristiques (coefficient de réaction linéique K<sub>f</sub> et palier R<sub>f</sub>) des formations proches de la surface doivent être dégradées dans les modélisations.

Compte tenu du contexte argileux, la hauteur de dégradation doit être effectuée sur **2 diamètres**.

Pour simplifier les calculs, il est admis de considérer un profil uniforme sur la hauteur de dégradation tel que :

	ELU fond	ELS cara	ELU sis
Kf dégradé	$0.7 \times K_{fc}$	$0.7 \times K_{fl}$	$0.7 \times K_{fsis}$
Rf dégradé	$0.7 \times R_{fc}$	$0.7 \times R_{fl}$	$R_{fsis}$

### **Prise en compte de la plateforme :**

Conformément au Cahier Technique n°38, la prise en compte de la couche de forme/plateforme de terrassement/de travail **ne peut se faire que si et seulement si**, des contrôles de compacité (de type essais à la plaque, au pénétrodensitomètre ou équivalent) sont réalisés autour des longrines et des têtes de micropieux. De même, les têtes de micropieux devront être coulées pleine fouille ou des compactages devront être réalisés contre les têtes de micropieu afin de pouvoir tenir compte de la butée dans les calculs.

Compte tenu du contexte et des risques de dégradation des sols superficiels lors de l'exécution des micropieux et du cheminement de la foreuse, la prise en compte des caractéristiques mécaniques de la plateforme de travail dans les dimensionnements des micropieux aux efforts horizontaux **sera proscrite y compris en G3.**

### **Résultats des calculs :**

D'après les données communiquées par le BET Structure, **aucun effort horizontal ou moment n'affectera les fondations spéciales projetées, ni aux ELS, ni aux ELU, ni sous sollicitations sismiques.**

**Les calculs de réaction des micropieux soumis à des efforts en tête sont donc sans objet → à valider impérativement par le BET Structure.**

Le cas échéant, Alpha BTP se tient à la disposition de l'Equipe de Conception pour réaliser les éventuels calculs de réaction nécessaires.

## 5.6 - Vérification du dimensionnement des armatures

La vérification du dimensionnement des armatures vis-à-vis des efforts ELU est reprise ci-après :

Les coefficients partiels suivants ont été retenus :

- $\gamma_{M0}$  : coefficient partiel lié à la résistance des sections transversales = 1.0 (cf. EC3),
- $\gamma_{M1}$  : coefficient partiel lié à la résistance des barres aux instabilités = 1.0 (cf. EC3),
- $\gamma_{Rd}$  : coefficient partiel pour l'incertitude dans un modèle de résistance = 1.1 pour des tubes pétroliers (cf. 6.4.3.2.3 (2) de la NF P 94.262-A1).

Les résultats des calculs sont consignés en annexe.

Les vérifications décrites ci-après sont valables pour des micropieux de classe 1 et 2 uniquement.

### **Compression pure :**

La valeur de calcul de l'effort de compression  $N_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad \text{où : } N_{c,Rd} = \frac{A_s \times f_y}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $N_{ed}$  : valeur de calcul de l'effort à la compression
- $N_{c,Rd}$  : résistance du tube à la compression
- $A_s$  : aire de la section
- $f_y$  : limite élastique

### **Flexion pure :**

La valeur de calcul du moment fléchissant  $M_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad \text{où : } M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $M_{ed}$  : valeur de calcul du moment fléchissant
- $M_{c,Rd}$  : résistance du tube à la flexion
- $W_{pl}$  : module plastique de la section
- $f_y$  : limite élastique

### **Cisaillement pur :**

Pour les classes 1 et 2, la section tubulaire travaille dans le domaine plastique (*selon 6.2.1(8) de EC3*). La valeur de calcul de l'effort tranchant  $V_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0$$

$$\text{où : } V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $V_{ed}$  : valeur de calcul de l'effort tranchant
- $V_{c,Rd}$  : résistance du tube au cisaillement
- $A_v$  : aire de cisaillement réduite
- $f_y$  : limite élastique

### **Flexion + cisaillement :**

Lorsque l'effort tranchant est inférieur à la moitié de la résistance plastique au cisaillement, son effet sur le moment résistant peut être négligé conformément au 6.2.8(2) de l'EC3.

Dans le cas contraire, il convient de vérifier que la condition suivante est satisfaite :

$$\frac{M_{ed}}{M_{v,Rd}} \leq 1.0$$

$$\text{où : } M_{v,Rd} = W'_{pl} \times (1-\rho) \times f_y$$

Avec :

- $M_{ed}$  : valeur de calcul du moment fléchissant
- $M_{v,Rd}$  : résistance du tube à la flexion + cisaillement
- $W'_{pl}$  : module plastique de la section corrigé
- $\rho$  : coefficient réducteur lié à l'effort tranchant
- $f_y$  : limite élastique

Et avec :

$$W'_{pl} = \frac{(d_{extu}^3 - d_{int}^3)}{6000}$$

$$\rho = \left( \frac{2 \times V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

$$d'_{extu} = d_{extu} \times \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

$$d'_{int} = d_{int} \times \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

### **Flexion + compression :**

La relation suivante doit être satisfaite :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1.0$$

$$\text{où : } M_{N,Rd} = 1.04 \times M_{C,Rd} \times (1 - n^{1.7})$$

Avec :

- $M_{Ed}$  : valeur de calcul du moment fléchissant
- $M_{N,Rd}$  : résistance du tube à la flexion + compression

- $M_{C,Rd}$  : résistance du tube à la flexion
- $n$  : rapport entre l'effort vertical et la résistance à la compression du tube

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Pl,Rd}} ;$$

### **Flexion + compression + cisaillement :**

Lorsque l'effort tranchant est inférieur à la moitié de la résistance plastique au cisaillement, il n'est pas nécessaire de réduire le moment résistant défini lors de la vérification de la flexion + compression conformément aux EC3 6.2.10(2).

Dans le cas contraire, la relation suivante doit être satisfaite :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,V,Rd}} \leq 1.0$$

$$\text{où : } M_{N,V,Rd} = 1.04 \times M_{V,Rd} \times (1 - n^{1.7})$$

Avec :

- $M_{Ed}$  : valeur de calcul du moment fléchissant
- $M_{N,V,Rd}$  : résistance du tube à la flexion + compression + cisaillement

- $M_{V,Rd}$  : résistance du tube à la flexion + cisaillement
- $n$  : rapport entre l'effort vertical et la résistance à la compression du tube

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Pl,Rd}}$$

### **Flambement :**

La vérification suivante doit être vérifiée :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0$$

$$\text{où : } N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A_s \times f_y}{\gamma_{M1} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $N_{Ed}$  : valeur de calcul de l'effort à la compression
- $N_{b,Rd}$  : résistance de calcul du tube comprimé au flambement
- $\chi$  : coefficient de réduction pour le mode de flambement approprié
- $A_s$  : section d'acier de l'armature
- $f_y$  : limite élastique

En l'absence d'efforts horizontaux ou de moments aux ELS,  $ELU_{FOND}$  et  $ELU_{SISMiques}$ , **les vérifications en flexion et en cisaillement sont sans objet** → à valider impérativement par le BET Structure.

### **5.7 - Résultats**

Les résultats sont fournis en annexes pour 1 diamètre type (250 mm) et 2 armatures (88.9 mm épaisseur 9.0 mm et 73.0 mm épaisseur 5.5 mm) vis-à-vis :

- des calculs de portance en compression pour une charge maximale de 550 kN aux  $ELS_{CARA}$  et de 700 kN aux ELU (charge maximale admissible pour un tube de 88.9 mm épaisseur 9.0 mm) → micropieu de 250 mm avec une fiche de 20.0 m/PFT,
- des calculs de portance en compression pour une charge maximale de 290 kN aux  $ELS_{CARA}$  et de 384 kN aux ELU (charge maximale admissible pour un tube de 73.0 mm épaisseur 5.5 mm) → micropieu de 250 mm avec une fiche de 14.0 m/PFT,
- la vérification au flambement des armatures prises en hypothèse,
- les vérifications des dimensionnements des armatures prises en hypothèses vis-à-vis des efforts communiqués.

### **Notas :**

- **Les DDC devront impérativement être fournies par le BET Structure ;**
- **Les combinaisons devront impérativement être établies par le BET Structure → hors mission géotechnique.**

### **Justification des armatures des micropieux**

Les armatures, impérativement de type tube (barre y compris auto-forante proscrite) devront être vérifiées au flambement selon la méthode de Mandel ou équivalent. Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés.

Ils seront chemisés double peau (double tubage PVC) sur 3.0 m ou dimensionnés pour reprendre les éventuels efforts parasites de gonflement.

Le cas échéant, les micropieux devront par ailleurs être dimensionnés vis-à-vis des éventuels efforts horizontaux et moments en tête dans le cadre de la mission G3 entreprise.

Le type de structure DCL ou DCM devra être fourni par le BET Structure à l'entreprise de fondations spéciales pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables. Les armatures seront soumises à l'approbation du BET Structure ou du Bureau de contrôle.

### **Contrôle de l'exécution des micropieux**

Conformément à la norme NFP 94-262/A1 de juillet 2018 et à la norme NF EN 14199, il conviendra de réaliser les essais de contrôle/de conformité nécessaires.

#### **Remarques :**

- Le dimensionnement des fondations profondes devra impérativement être réalisé dans le cadre d'une **mission G3** à la charge de l'entreprise réalisatrice après établissement des descentes de charges EXE et plans de fondation ;
- Un suivi et une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et G4) devront impérativement être envisagés pour :
  - établir la NDC des fondations spéciales,
  - suivre l'exécution des micropieux,
  - superviser l'autocontrôle de l'entreprise.

### **5.8 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

#### **Paramètres de dimensionnement**

Le dimensionnement définitif des micropieux (diamètre, longueur, type de tube) devra être réalisé dans le cadre d'une mission G3 vis-à-vis des DDC EXE, des éventuels efforts horizontaux et moments et de la nuance d'acier des tubes.



En l'absence de données concernant la présence de surcharges réparties au voisinage des micropieux, l'exemple de dimensionnement de ceux-ci ne tient pas compte d'une diminution de capacité portante due à l'éventuel frottement négatif. S'il est effectivement prévu une application de surcharges réparties, il conviendra de revoir le calcul effectué.

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, Ø, tubes, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...).

Le cahier des clauses Spéciales du DTU 13.2 prévoit que la profondeur de la reconnaissance préalable doit atteindre au moins cinq mètres et sept diamètres sous la base des micropieux. Selon les Eurocodes, les reconnaissances préalables doivent atteindre à minima 6.0 m sous la base de l'élément de fondation le plus profond. Compte tenu du contexte local (nature du substratum), la présence de couches molles sous le toit du substratum compact est improbable. ALPHA BTP se tient cependant à la disposition de l'entreprise réalisatrice en charge de la mission G3 pour réaliser des investigations complémentaires.

### **Précautions de mise en œuvre**

Les précautions de mise en œuvre décrites en phase G2 AVP devront être prise en compte (cf. A25.11.259.a/A) → cf. rapport G2 AVP annexé.

## **6 – TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS**

Compte tenu de la **nature largement remblayée, compressible, très sensible aux variations hydriques et hétérogène** des formations superficielles du site et de la destination « noble » des locaux, une solution de **dalles portées sur Biocofra VS** a été retenue pour l'ensemble des niveaux bas projetés → disposition conforme à l'étude G2 AVP A25.11.259.a/A.

Compte tenu de la sensibilité hydrique importante des sols superficiels et de leur capacité à faire du retrait/gonflement sous déséquilibre de teneurs en eau, il conviendra d'une part d'aménager un espace résiduel entre arase inférieure de dalle et sol de mini 15 cm et d'autre part de s'assurer de la parfaite destruction/disparition du Biocofra par passages caméra ou tout autre procédé ad hoc.

## 7 – DRAINAGE

Les modalités de drainage définies en phase G2 AVP (cf. A25.11.259.a/A) restent applicables  
→ cf. rapport G2 AVP annexé.

## 8 – PROTECTION DES OUVRAGES VIS A VIS DE LA SENSIBILITE A L'EAU DES SOLS

Les mesures de protection définies en phase G2 AVP (cf. A25.11.259.a/A) restent applicables  
→ cf. rapport G2 AVP annexé.

## 9 – VERIFICATION DE LA TRANSCRIPTION DES PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES SUR LE PLAN DE FONDATIONS ET SUR LE PLAN DE TERRASSEMENT

### **Plan de fondations :**

A ce jour, seule une ébauche de plan de fondations établie par le BET Structure a été mise à notre disposition. La vérification de la bonne transcription devra être réalisée sur les plans de fondation de la phase PRO.

### **Plan de terrassement :**

Aucun plan de terrassement ne nous a été fourni dans le cadre de cette opération à ce stade. Aucun avis n'a donc pu être émis par ALPHA BTP sur ces documents notamment vis-à-vis des interactions avec les mitoyens → *à fournir pour vérification.*

## 10 – CONCLUSIONS

Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G2 PRO hors phase DCE/ACT.

ALPHA BTP se tient à la disposition des différents intervenants pour la réalisation des études spécifiques et/ou complémentaires définies dans la norme dont copie est jointe, soit :

- Etude géotechnique de conception - phase DCE/ACT (G2 DCE/ACT) ;
- Etude et suivi d'exécution (G3) ;
- Supervision géotechnique d'exécution (G4).

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve de la définition et de la classification des missions géotechniques (Norme NFP 94.500) et des conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques.

Rapport réalisé à ROMAGNAT, le 27 novembre 2025

L'Ingénieur chargé d'étude,	L'ingénieur en charge du contrôle interne,
Jérôme AMADON	Loïc SANZELLE



## ANNEXES

---



## ***Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique***

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.

### **Identification des risques potentiels**

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 géotechniques du site. **L'étude de leurs conséquences et de 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).

### **Complémentarité avec les autres ingénieries**

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.

## ***Conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques***

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.

### **Responsabilité du client à l'issue de la prestation**

Le rapport géotechnique devient la **propriété du client après paiement intégral du prix de la prestation**. Le client devient alors **responsable de son usage et de sa diffusion**.

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 faire l'objet de poursuite judiciaire à l'encontre du contrevenant.

### **Aléas non détectables**

#### **Découverte d'aléas en phase exécution**

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.

## Validations ultérieures

Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, **doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4)** afin qu'il 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** (glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe, etc.), 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.

## Limites de responsabilité d'Alpha BTP

### Cadre général

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. Conformément à la classification des missions géotechniques types, **chaque mission ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution du projet**. En particulier :

- Une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante.
- Une mission de sondages engage notre société sur la conformité des travaux aux documents contractuels et l'exactitude des résultats qu'elle fournit.
- Une mission type G1 à G5 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 décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport.
- Une mission type G1 (ES + PGC), G2 AVP ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les dimensionnements, quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques.
- Une mission type G2 PRO et/ou G2 ACT/DCE 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).

### Modifications du projet initial

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission 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**.

## Fin de mission

À défaut de clauses spécifiques contractuelles, la **remise du rapport géotechnique** fixe la fin de la mission.

## Moyens et délais

Par référence à la classification des missions géotechniques types (NFP 94.500), il appartient **au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre** de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'Art.

**Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (norme NFP 94.500)**

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de mangement des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
<i>Étape 1 – Étude géotechnique préalable (G1)</i>	---	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	
<i>Étape 2 – Étude géotechnique de conception (G2)</i>	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		
	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		---
<i>Étape 3 – Étude géotechnique de réalisation (G3/G4)</i>	---	<i>À la charge de l'entreprise</i>	<i>À la charge du maître d'ouvrage</i>	---	---	---
	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 de 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
<i>À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</i>	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié



**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechnique. 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 détaillées ci-après.

<i>Phase Étude de site (ES)</i>	<p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul>
<i>Phase Principes généraux de construction (PGC)</i>	<p>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. Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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).</li> </ul>

**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 détaillées ci-après.

<i>Phase Avant-projet (AVP)</i>	<p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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.</li> </ul>
<i>Phase Projet (PRO)</i>	<p>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. Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• 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.</li> </ul>

**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<i>Phase DDC/ACT</i>	<p>Elle est réalisée pour finaliser le dossier de consultation des entreprises (DCE) et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques. Il s'agit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D'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 (dossiers de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>• D'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.</li> </ul>
<b>Étape 3 – Études géotechniques de réalisation (G3 et G4, distinctes et simultanées)</b>	
<b>Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)</b>	
<p>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 détaillées ci-après.</p>	
<i>Phase Étude</i>	<p>Il s'agit lors de cette phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• D'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, valeur seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>• D'élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul>
<i>Phase Suivi</i>	<p>Il s'agit lors de cette phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>• De vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>• D'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).</li> </ul>

#### 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 détaillées ci-après.

<i>Phase Supervision de l'étude d'exécution</i>	<p>Il s'agit de donner un avis sur la pertinence :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution.</li><li>• Des dimensionnements et méthodes d'exécution.</li><li>• Des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur.</li><li>• Du plan de contrôle du programme d'auscultation.</li><li>• Des valeurs seuils.</li></ul>
<i>Phase Supervision du suivi d'exécution</i>	<p>Il s'agit de donner un avis :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Par interventions ponctuelles sur le chantier, 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).</li><li>• Sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li></ul>

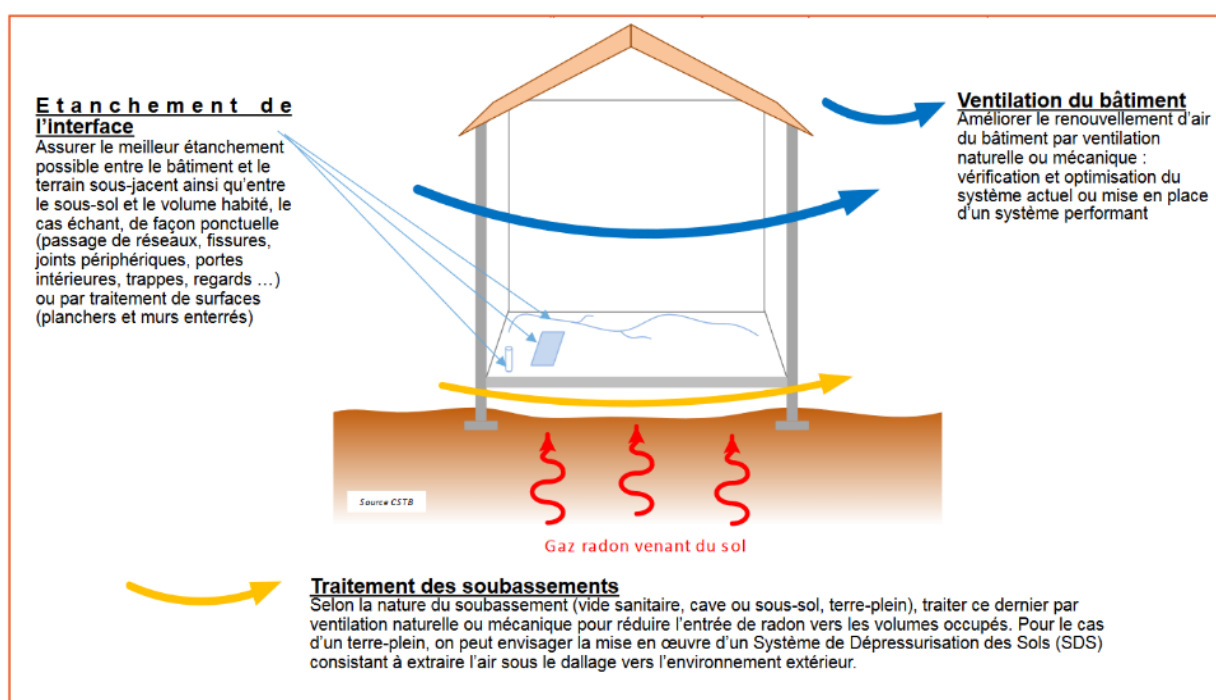
#### Diagnostic géotechnique (G5)

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. Il s'agit :

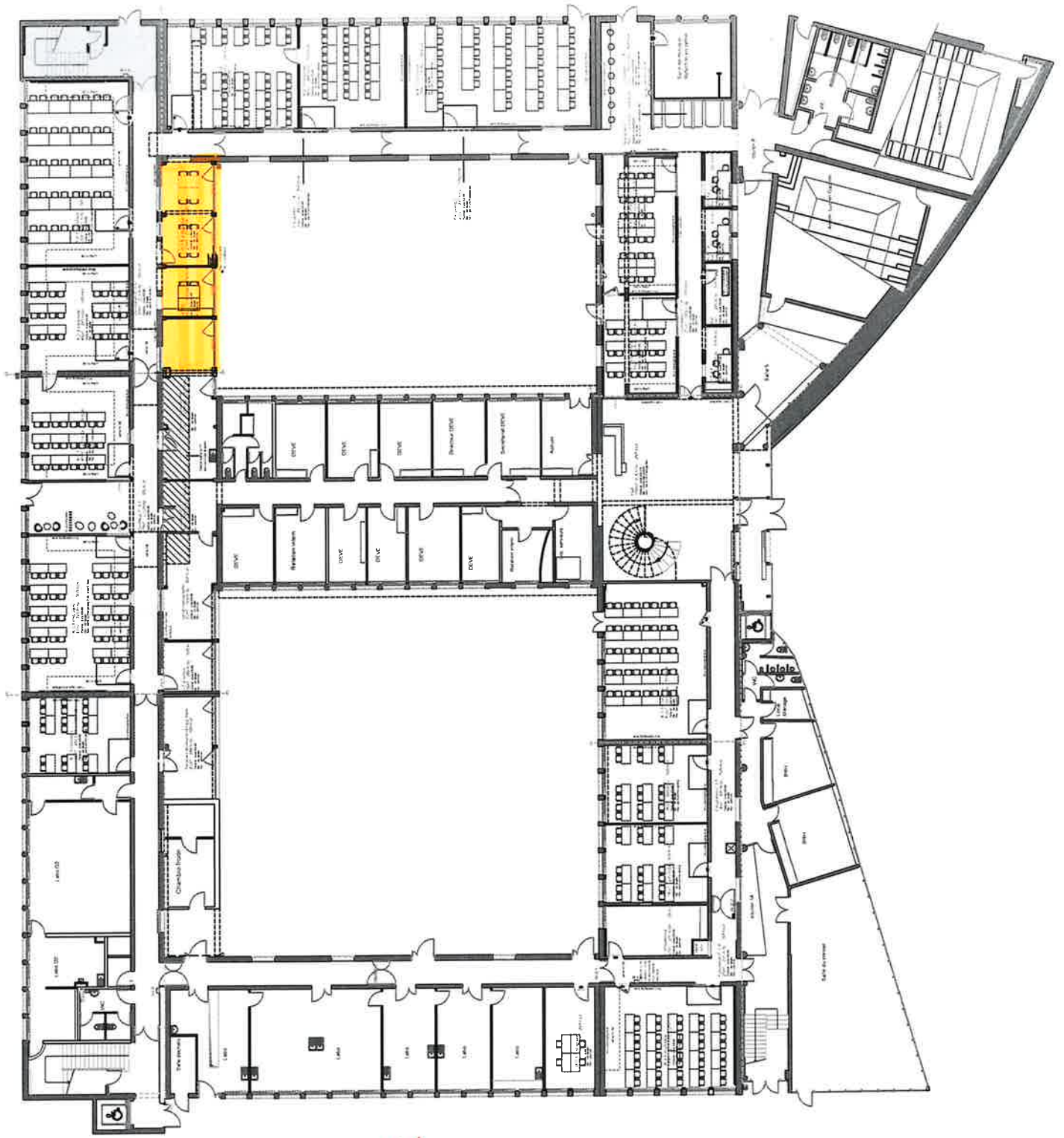
- De définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- D'étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (ex. : soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre 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).

Les mesures courantes à mettre en œuvre vis-à-vis de ce risque, conformément aux recommandations de la DGS (Direction Générale de la Santé) et du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) sont les suivantes :

- Aération quotidienne du domicile par ouverture des fenêtres (minimum 10 minutes par jour),
- Installation et entretien d'un système de ventilation efficace,
- Assurer l'étanchéité du sol pour éviter le passage du radon → joints sols/murs, passages des réseaux, fissures éventuelles, ...,
- Mise en place d'une aération naturelle ou mécanique du soubassement de l'ouvrage (ouvertures des vides sanitaires/techniques, ventilation mécanique, mise en dépression, ...),
- ...

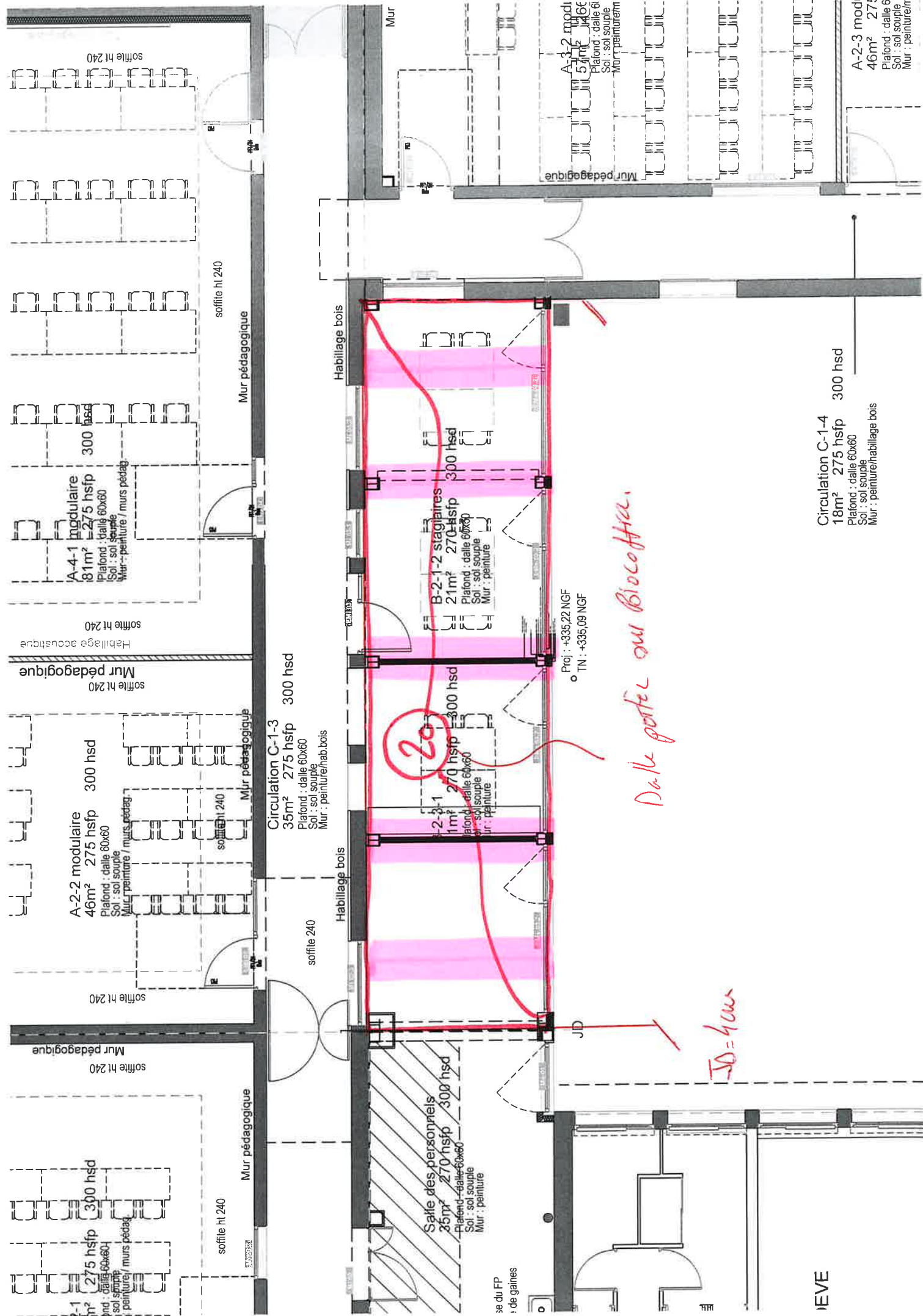


Le cas échéant, ces dispositions peuvent être précisées par mesure de l'activité volumique du radon.



Zone  
dimanche de  
reconstruction à  
niveau R+1  
en structure  
métallique.





A-4-1 individuelle  
81m² 275 hsfp  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture / murs pédagog.

A-2-2 modulaire  
46m² 275 hsfp  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture / murs pédagog.

Circulation C-1-3  
35m² 275 hsfp 300 hsd  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture/hab. bois

B-2-1-2 stagiaires  
21m² 270 hsfp 300 hsd  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture

B-2-1  
11m² 270 hsfp 300 hsd  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture

Salle des personnels  
35m² 270 hsfp 300 hsd  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture

Proj : +335,22 NGF  
TN : +335,09 NGF

Circulation C-1-4  
18m² 275 hsfp 300 hsd  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture/habillage bois

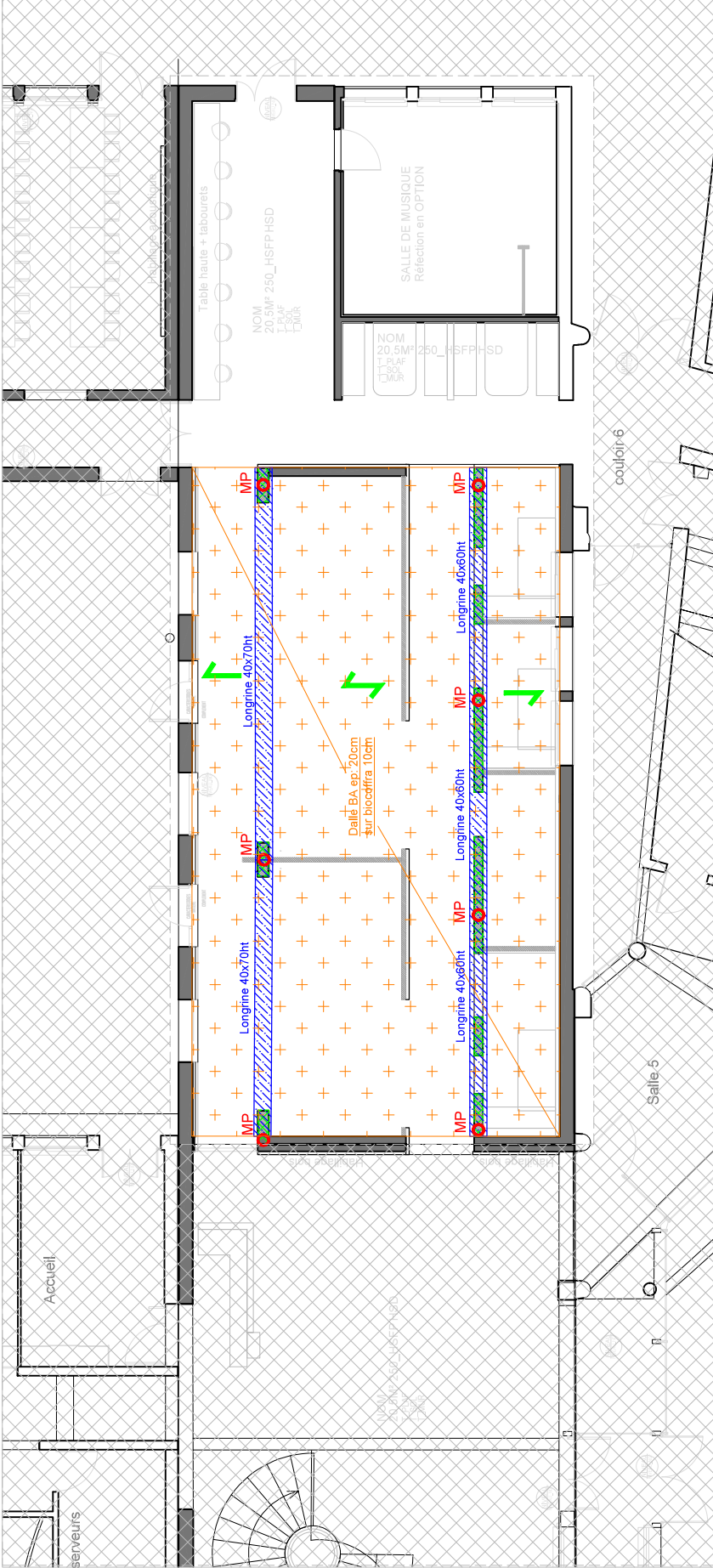
A-2-3 modulaire  
46m² 275 hsfp  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture/m

A-3-2 modulaire  
46m² 275 hsfp  
Plafond : dalle 60x60  
Sol : sol souple  
Mur : peinture/m

*Dalle porte au Biocoffret.*

*JD=4m*

IEVE



Legende :

○ Fondations par micropieux (nombres, diamètres et profondeur en attente G2-PRO)

▨ Longrine (dimension suivant plan)

□ Dalle BA ep=20cm sur biocofra 10cm.  
+ Joint de structure en périphérie de la dalle

▤ Impact éléments créés



# REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES



## Etude géotechnique de conception Phase Avant-projet Rapport

**Alpha BTP**  
Parc d'activités du Cheix  
12, rue Enrico-Fermi  
63540 ROMAGNAT  
Tél. 04 73 26 86 63 - Fax 04 73 28 06 47  
Mail : [contact@alphabtp.fr](mailto:contact@alphabtp.fr)

ALPHA BTP NORD  
RCS CLERMONT-FERRAND B 420 094 625  
SIREN : 420 094 625 - SIRET : 420 094 625 00043  
Code APE : 7112 B - N°TVA intracommunautaire : FR38 420 094 625

**A25.11.259.a/A**

**MAITRE D'OUVRAGE**

**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP**

**89 AVENUE DE L'EUROPE**

**CS 82212**

**63370 LEMPDES**

# Etude géotechnique de conception

## Phase Avant-projet

Le présent dossier, qui constitue un ensemble indissociable, comporte :

- le rapport d'étude géotechnique
- un cahier d'annexes de 45 pages comprenant :
  - l'enchaînement et la classification des missions géotechniques types (NFP 94-500 novembre 2013)
  - les recommandations DGS et CSTB vis-à-vis du risque Radon
  - les coupes des reconnaissances de fondations
  - les résultats des sondages pressiométriques
  - les résultats des sondages pénétrométriques
  - le schéma d'implantation des sondages
  - les résultats des investigations réalisées en 2016 dans le cadre d'une précédente étude
  - les schémas de principe des reprises en sous-œuvre par micropieux
  - le pré-dimensionnement des fondations profondes établi sur le logiciel FOXTA V4®

Affaire : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL - CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES	Date : 15/07/25	
N° dossier : A25.11.259	Indice : a	
Agence de ROMAGNAT, le chargé d'étude	J. AMADON	
Contrôle interne	L. SANZELLE	

# Sommaire

<b>1 – CADRE DE L'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
1.1 - GENERALITES.....	5
1.2 - MISSIONS G2 AVP + G5 PARTIELLE.....	5
1.3 - DOCUMENTS FOURNIS .....	6
1.4 - NORMES ET REGLES DE PRE-DIMENSIONNEMENT UTILISEES .....	7
<b>2 – CARACTERISTIQUES DU PROJET .....</b>	<b>7</b>
2.1 - DESCRIPTION DU PROJET .....	7
2.2 - DESCENTES DE CHARGES APORTEES PAR LES OUVRAGES EXISTANTS ET A CREER.....	10
2.3 - ADMISSIBILITE DES DEFORMATIONS VIS-A-VIS DES OUVRAGES PROJETES .....	10
2.4 - CHAUSSEES/VOIRIES/PARKINGS.....	10
2.5 - AMENAGEMENTS EXTERIEURS/OUVRAGES ANNEXES.....	10
2.6 - DESCRIPTION DU SITE .....	11
2.7 - GEOLOGIE LOCALE .....	12
2.8 - SITUATION DU PROJET VIS-A-VIS DES RISQUES NATURELS .....	13
2.9 - CONTEXTE SISMIQUE .....	14
2.10 - AVOISINANTS/MITOYENS.....	14
<b>3 – PROGRAMME D'INVESTIGATIONS.....</b>	<b>15</b>
3.1 - RECONNAISSANCES IN SITU .....	15
3.2 - ESSAIS EN LABORATOIRE.....	16
<b>4 – SYNTHESE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS.....</b>	<b>16</b>
4.1 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	16
4.2 - SYNTHESE GEOMECHANIQUE.....	17
4.3 - SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE.....	18
4.4 - CONDITIONS DE FONDATIONS DES EXISTANTS .....	19
<b>5 – ADAPTATION DES OUVRAGES AU CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE .....</b>	<b>28</b>
<b>6 – TERRASSEMENTS.....</b>	<b>30</b>
6.1 - DEBLAI.....	30
6.2 - REMBLAI .....	32
6.3 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	33
<b>7 – PRINCIPE ET PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS .....</b>	<b>34</b>
7.1 - SOLUTION « 1 » - FONDATIONS SEMI-PROFONDES .....	34
7.2 - SOLUTION « 2 » - FONDATIONS PROFONDES .....	37
7.3 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	39
<b>8 – PRINCIPE DE TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS .....</b>	<b>41</b>
8.1 - TYPE DE NIVEAUX BAS .....	41
<b>9 – DRAINAGE .....</b>	<b>41</b>
<b>10 – PROTECTION DES OUVRAGES VIS A VIS DE LA SENSIBILITE A L'EAU DES SOLS.....</b>	<b>42</b>
<b>11 – CONCLUSIONS.....</b>	<b>43</b>

# 1 – CADRE DE L'ETUDE

## 1.1 - Généralités

La présente étude est réalisée dans le cadre d'un projet de réhabilitation lourde du « Bâtiment Principal » du Campus VETAGRO SUP à LEMPDES.

Elle est réalisée à la demande et pour le compte de VETAGRO SUP représenté par Mme PLAISANCE.

Elle fait suite à notre devis du 20/05/2025 et à la commande du 28/05/2025.

Les différents intervenants connus sur cette opération sont les suivants :

Maitre d'ouvrage	VETAGRO SUP, Mme PLAISANCE
BET Structure	CETIS, M. GAUD
Maître d'œuvre/architecte	Non-communi qué
Bureau de contrôle	Non-communi qué

Une précédente étude avait été réalisée en 2016 au sein et en périphérie du « Bâtiment Principal » dans le cadre de travaux de réhabilitation énergétique → rapport ALPHA BTP référencé A16.11.404.a/A. Bien qu'il s'agisse de sondages courts uniquement dédiés à la caractérisation des formations très superficielles, ses résultats sont utilisés dans le cadre de la présente étude.

## 1.2 - Missions G2 AVP + G5 partielle

Conformément à la demande du client, l'étude a été menée pour permettre :

- de définir la constitution du sous-sol (niveau et nature des différents horizons) ;
- de reconnaître les conditions de fondations des existants selon le cahier des charges établi par CETIS → zones exemptes de réseaux et accessibles ;
- de définir la contrainte admissible aux ELS au niveau des fondations existantes ;
- de vérifier la compatibilité entre les fondations existantes et l'augmentation des charges générée par la réhabilitation/surélévation ;
- de fournir et pré-dimensionner le cas échéant une solution de reprise en sous-œuvre ;
- de définir les types de fondations adaptées au projet de réhabilitation/nouveaux appuis et d'en effectuer le pré-dimensionnement (contraintes de calcul à l'ELU et l'ELS, tassements) ;

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 5 sur 44
-----------	----------------------------	------------	---------------

- de définir le risque lié à la présence d'argiles potentiellement gonflantes et de préconiser en conséquence le traitement des niveaux bas ;
- de définir le principe de traitement des niveaux bas ;
- de définir, le cas échéant, les modalités de réalisation des dallages et d'effectuer le pré-dimensionnement de leur couche de fondation ;
- de proposer des méthodes d'exécution des terrassements de masse et de fouilles de fondations (en fonction notamment de la tenue des formations et de la stabilité des ouvrages avoisinants) ;
- de définir l'influence de l'eau sur le projet et plus particulièrement les modalités de drainage ;
- de proposer des solutions constructives dans le cadre des plates-formes support de dallage (traitement, modalités et critères de réception, ...) ;
- d'indiquer les hypothèses à prendre en compte vis à vis des conditions sismiques du site.

A partir des définitions de la norme NFP 94.500 de novembre 2013, cette étude peut être classée dans les missions du type G2 AVP (étude géotechnique de conception - phase Avant-Projet) hors première approche des quantités + G5 partielle limitée à la reconnaissance ponctuelle des conditions de fondations de l'existant.

Notons qu'il était prévu de ne pas étudier dans le cadre de cette mission :

- les **diagnostics géotechniques complets du « Bâtiment Principal » et des ouvrages avoisinants/existants/agrandis** situés dans la zone d'influence géotechnique (missions G5 dédiées à réaliser le cas échéant) ;
- les ouvrages annexes éventuels et les aménagements extérieurs (voiries, parkings, soutènements, terrasses, bassins de rétention, bassins d'orage, noues, réseaux,...) ;
- les missions G2 PRO, G2 DCE/ACT, G3 et G4 selon l'enchaînement de la norme NFP 94-500.

### 1.3 - Documents fournis

- Cahier des charges de l'étude géotechnique du 17/04/2025 établi par le BET CETIS
- Aucun autre document ne nous a été communiqué dans le cadre de la présente étude.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 6 sur 44
-----------	----------------------------	------------	---------------

## 1.4 - Normes et règles de pré-dimensionnement utilisées

- Norme NFP 94.500 de novembre 2013 : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications
- D.T.U. 13.3 dallages
- Eurocode 7 – Calcul Géotechnique – Norme NFP 94.251-1
- D.T.U. 13.2 fondations profondes et Eurocode 7 – Norme NFP 94.262
- D.T.U. 13.12 fondations superficielles et Eurocode 7 – Norme NFP 94.261
- NF EN 14199 : Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Micropieux
- Cahier technique n°38 – AFPS
- Normes AFNOR concernant les différents essais de reconnaissance et en laboratoire (essais pressiométriques NFP 94-110-1 ; sondages au pénétromètre dynamique type B NFP 94-115, ...)

## 2 – CARACTERISTIQUES DU PROJET

### 2.1 - Description du projet

Ce projet concerne la réhabilitation du Bâtiment Principal, scindé en 2 phases avec :

- Dans un premier temps, la réhabilitation lourde du secteur Nord-Ouest de l'ouvrage sur une superficie de l'ordre de 250 m<sup>2</sup> → zone orange du plan ci-dessous.

Cette zone de l'ouvrage comporte 2 niveaux en superstructure. Il est envisagé la démolition des dalles hautes et basses du RDC et des murs de refend des deux niveaux, puis la création de nouvelles fondations et d'un nouveau plancher bas. D'après les informations communiquées par la Maîtrise d'Ouvrage, cette zone ne comporte pas de niveau enterré et présente un niveau bas traité en dallages sur terre-plein.

Le calage altimétrique du niveau bas ne devrait pas être modifié par le projet.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 7 sur 44
-----------	----------------------------	------------	---------------

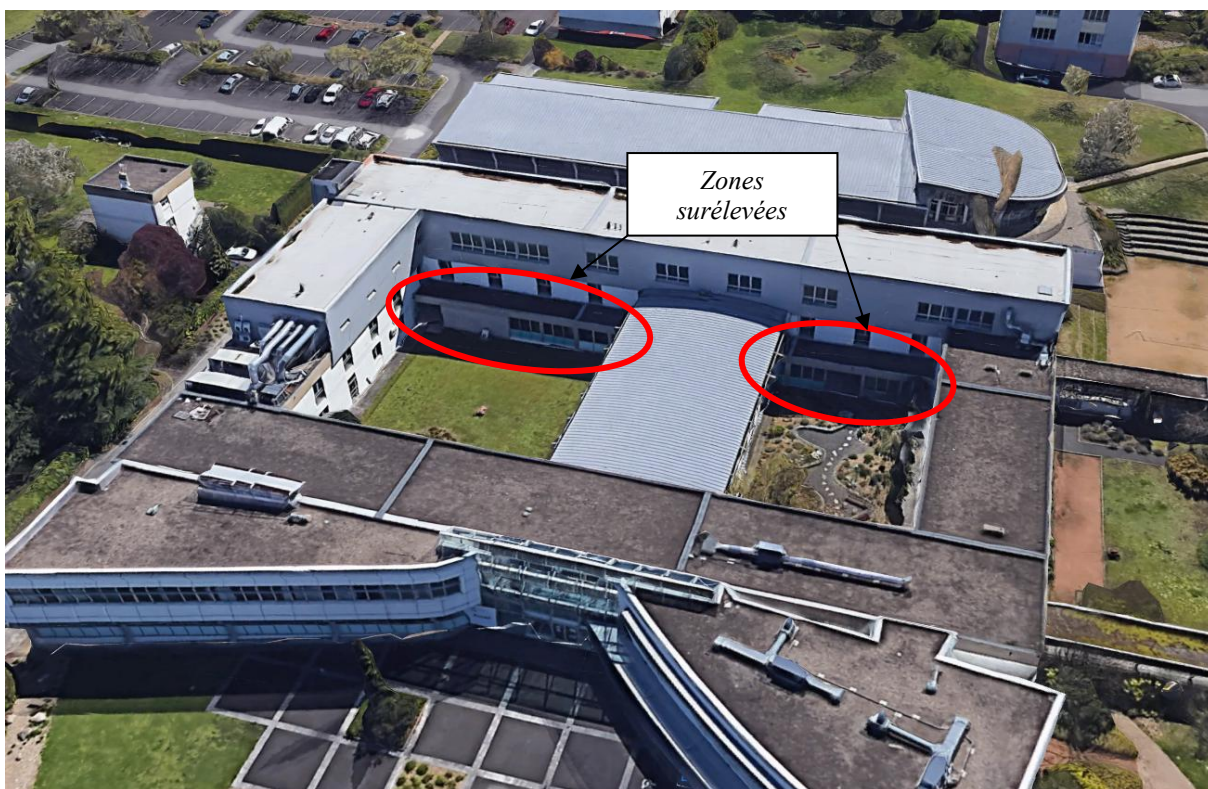


- Dans un second temps, la surélévation de 1 niveau de deux ouvrages existants ne comportant qu'un seul niveau en superstructure sans niveau enterré, même partiellement → zone rose du plan ci-dessous. D'après les informations communiquées par la Maîtrise d'Ouvrage, il s'agirait de structures initialement constituées d'auvents/préaux ouverts portés par un système de poteaux. Ces ouvrages auraient été habillés postérieurement par une structure métallique légère afin de les transformer en bureaux. Le RDC existant de ces zones ne devrait pas être modifié dans le cadre du projet.

Le RDC existant de ces zones ne devrait pas être modifié dans le cadre du projet.







## **2.2 - Descentes de charges apportées par les ouvrages existants et à créer**

Aucune estimation de descentes de charges existantes et projetées ne nous a été communiquée pour l'élaboration de ce rapport. Il conviendra de vérifier que les solutions proposées sont compatibles avec les descentes de charges des ouvrages existants et des ouvrages réhabilités/reconstruits. Dans le cas contraire, les conclusions de notre rapport devront éventuellement être modifiées.

## **2.3 - Admissibilité des déformations vis-à-vis des ouvrages projetés**

**Fondations :** En l'absence d'information sur l'admissibilité des déformations sous les fondations projetées, les valeurs seuils suivantes ont été retenues pour le pré-dimensionnement (à vérifier/modifier le cas échéant par le BET structure) :

- Tassements absolus sous fondations : 1.0 cm maxi ;
- Tassements différentiels des fondations : 5/10 000° maxi.

Il conviendra de vérifier la compatibilité entre les solutions techniques fournies et les tassements estimés associés et les tassements admissibles par les ouvrages afin de valider le pré-dimensionnement fourni.

## **2.4 - Chaussées/voiries/parkings**

A priori sans objet, étude hors mission.

## **2.5 - Aménagements extérieurs/ouvrages annexes**

Le projet de réhabilitation peut éventuellement comporter :

- la réhabilitation du « Bâtiment Principal » dans d'autres zones,
- la réhabilitation d'autres ouvrages du Campus Agronomique,
- la réalisation d'aménagements extérieurs (voiries, parkings, bassins de rétention/d'orage, noues, réseaux, ...) et/ou des ouvrages annexes (soutènements, murs de clôture, terrasses, rampes, accès PMR, ...), ...

Les éventuelles études géotechniques correspondantes sont hors mission. ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 10 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------

## 2.6 - Description du site

Lors de notre intervention, le site se présentait sous la forme :

- Du « Bâtiment Principal » existant comportant 2 niveaux en superstructure dans la zone à fortement réhabiliter. Cette zone de l'ouvrage était entourée d'espaces verts, d'aires gravillonnées et de zones revêtues ;
- De deux zones de bâti existant ne comportant qu'un seul niveau en superstructure, au sein de deux patios existants dans la zone concernée par le projet de surélévation. Ces ouvrages étaient entourés par le bâtiment principal et par des espaces verts et des zones revêtues au sein des patios.

Le site était particulièrement difficilement accessible à du matériel de sondage traditionnel (pelle mécanique, machine de forage, ..., notamment au sein des patios existants) et cela a fortement conditionné l'implantation des sondages et le type d'engins utilisés pour les investigations.

L'implantation des reconnaissances des fondations existantes a été légèrement modifiée par rapport au cahier des charges de l'étude géotechnique, en concertation avec le BET Structure CETIS.

Le site était sensiblement horizontal dans sa globalité. D'après la carte IGN, l'altitude du terrain au droit du projet était de l'ordre de 332 NGF.

Nota : En l'absence de plan topographique, l'altitude de référence 100,0 NI (Nivellement Indépendant) permettant le relevé des sondages a été prise égale à celle de la dalle existante du RDC du Bâtiment Principal dans plusieurs secteurs (voir schéma d'implantation annexé) → homogénéité altimétrique du niveau du RDC existant à confirmer. **Ces altitudes ne sont pas rattachées au NGF ⇒ à rattacher impérativement au NGF par un géomètre lors de l'élaboration du plan topographique.**



## 2.7 - Géologie locale

Au droit du projet et en référence à la carte géologique au 1/50000è (feuille de CLERMONT-FD) le substratum est constitué de formations sédimentaires marneuses de l'Oligocène. Il est surmonté par des altérations de même origine, par des colluvions argilo-calcaires (CRg) et par de possibles remblais d'aménagement du site :



Notons les risques spécifiques liés :

- à la sensibilité hydrique des sols argileux potentiellement présents ;
- à la possible hétérogénéité lithologique du site compte tenu du contexte colluvial présumé ;
- à la **présence probable de remblais anthropiques** liés au contexte « urbain » de la parcelle et aux aménagements existants du site ;
- à la présence possible de **vestiges anthropiques enterrés** (fondations, dalles, maçonnerie, ...) et/ou de fouilles/tranchées remblayées de façon précaire et pouvant générer des risques de tassements différentiels sous dallage et de risques d'approfondissement/disparition des niveaux porteurs ;
- à la présence possible de zones ayant fait l'objet (ou devant faire) de fouilles archéologiques. Ces fouilles correspondent à des zones non répertoriées pouvant présenter des surépaisseurs de formations remaniées/remblayées de faibles caractéristiques mécaniques  $\Rightarrow$  le cas échéant un plan détaillé de localisation des fouilles archéologiques devra être fourni pour une meilleure appréhension des risques liés aux excavations (surprofondeurs de fondations, éboulement, ...) ;






- à la présence éventuelle de polluants naturels ou anthropiques dans les sols et/ou dans la nappe ⇒ diagnostic hors mission à prévoir le cas échéant ;
- ...

## 2.8 - Situation du projet vis-à-vis des risques naturels



Argiles - inondation - radon - cavités - mouvements de terrain

Ci-dessous un tableau synthétique des risques naturels recensés au niveau du projet étudié (informations disponibles sur [georisque.gouv.fr](http://georisque.gouv.fr)) :

Type de risque	Niveau de risque
 Retrait/gonflement des sols argileux	<b>Aléa fort</b> Nombre d'arrêtés cat-nat « sécheresse » pris sur la commune : 8 <b>Risques très élevés</b>
 Inondation	<b>Non concerné</b> Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) : non Plan de prévention du risque inondation (PPRn) : non Hors zone de prescription → cf. services préfectoraux
 Radon	Potentiel de catégorie : 2 <b>Potentiel moyen</b> <b>Cf. annexe Recommandations DGS et CSTB</b>
 Cavités souterraines	<b>Hors zone de risque</b> Plan de prévention : non Présence de cavité dans un rayon de 500 m : non
 Mouvements de terrain	<b>Hors zone de risque</b> Plan de prévention : non Présence de mouvements de terrain dans un rayon de 500 m : non

## 2.9 - Contexte sismique

D'un point de vue sismique et selon les Eurocodes 8, on retiendra :

Zone de sismicité	<b>3 - Aléa modéré</b>
Accélération du sol $a_{gr}$	<b>1.1 m/s<sup>2</sup></b>
Classification du sol	<b>B</b>
Paramètre S	<b>1.35</b>
Catégorie des ouvrages existants et projetés (*)	<b>III</b>
Coefficient d'importance $\gamma_I$ (*)	<b>1.2</b>
Coefficient d'amplification topographique $S_T$	1.0
Classe de ductilité	<i>A définir par le BET Structure</i>
Coefficient de comportement/ de surcapacité	<i>A définir par le BET Structure</i>

(\*) : A vérifier/valider par la Maîtrise d'Œuvre.

Il revient aux concepteurs, en fonction de la catégorie d'importance des ouvrages réhabilités/projetés, de déterminer les règles parasismiques applicables.

## 2.10 - Avoisinants/Mitoyens

La zone d'influence géotechnique, notée ZIG, correspond à un volume de terrain en interaction avec le projet (aussi bien durant sa conception/sa construction que durant son exploitation) et/ou les terrassements associés et son environnement (ouvrages, voiries, limites de propriété, réseaux, ...). L'ampleur de la ZIG est propre à chaque ouvrage et à chaque projet.

Compte tenu de la définition du projet, des sols en place et des terrassements envisagés, la ZIG s'étend à une distance de 10.0 m autour des ouvrages projetés.

Les avoisinants/mitoyens suivants ont été recensés :

- Bâtiments : **Bâtiment principal à réhabiliter, en ZIG**, coursives à l'Ouest **en ZIG** ;
- Voiries : Voies interne du Campus, a priori hors ZIG ;
- Réseaux : Nombreux réseaux associés aux bâtiments et aux voiries, **en ZIG**.



### 3 – PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Compte tenu des recommandations sur la consistance des investigations géotechniques de l'union syndicale géotechnique, de notre bonne connaissance préalable du site et du niveau de complexité de l'adaptation au sol des ouvrages, le programme d'investigations suivant a été mis en œuvre :

#### 3.1 - Reconnaissances in situ

- 5 sondages à la pelle (PU1 à PU5) pour :
  - la vérification de l'homogénéité du site,
  - l'identification des formations superficielles,
  - **la recherche de la géométrie des fondations existantes → zones accessibles et exemptes de réseaux,**
  - le prélèvement d'échantillons (remaniés).
- 2 sondages pressiométriques à la tarière (SP1 et SP2) pour :
  - l'identification des formations en profondeur,
  - la réalisation d'essais in situ (détermination des pressions limites et modules pressiométriques),
  - l'étalonnage des sondages pénétrométriques,
  - le prélèvement d'échantillons.

Nota : Ces forages ont été réalisés avec enregistrement des paramètres de foration (vitesse d'avancement, couple, pression sur l'outil, ...).

- 6 sondages au pénétromètre dynamique (P1 à P6) pour :
  - l'évaluation des caractéristiques relatives des différents horizons,
  - la vérification de l'homogénéité du site.

Nota : Ces sondages ont été descendus au refus.

L'implantation des différents sondages et essais in situ figure sur le schéma d'implantation annexé.

Les résultats des différents sondages et essais in situ sont annexés.

Nota : Les résultats des sondages réalisés en 2016 dans le cadre d'une étude précédente sont également repris dans les synthèses du présent rapport et joints en annexes.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 15 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------

### 3.2 - Essais en laboratoire

Aucun essai de laboratoire n'a été réalisé dans le cadre de cette étude.

## 4 – SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS

### 4.1 - Synthèse géotechnique

L'examen de l'ensemble des résultats nous permet de dresser la coupe schématique suivante :

- Formation « 1 » - Terre végétale, remblais limono-sableux bruns peu fermes à blocs divers, argiles sableuses brunes peu fermes
- Formation « 2 » - Argiles gris-beige à brunes moyennement fermes
- Formation « 3 » - Argiles marneuses beiges fermes
- Formation « 4 » - Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes

Le niveau du toit des formations relevé au droit des principaux sondages est repris ci-après :

INVESTIGATIONS 2025							
Sondages		SP1 + P1	SP2 + P2 + PU3	PU1 + P3	PU2 + P4	PU4 + P5	PU5 + P6
Altitudes NI		≈ 99.4	≈ 99.8	≈ 99.9	≈ 99.9	≈ 99.8	≈ 99.8
Formation N°2	Prof (m/TN)	---	≈ 2.2	≈ 2.2	≈ 1.4	≈ 1.2	≈ 1.8 ?
	NI	---	≈ 97.6	≈ 97.7	≈ 98.5	≈ 98.6	≈ 98.0 ?
Formation N°3	Prof (m/TN)	≈ 2.2	≈ 3.8	≈ 3.4	≈ 3.8	≈ 2.6	≈ 3.2
	NI	≈ 97.2	≈ 96.0	≈ 96.5	≈ 96.1	≈ 97.2	≈ 96.6
Formation N°4	Prof (m/TN)	≈ 5.5	≈ 7.5	≥ 5.6	≥ 6.2	> 3.2	≥ 7.2
	NI	≈ 93.9	≈ 92.3	≤ 94.3	≤ 93.7	< 96.6	≤ 92.6

INVESTIGATIONS 2016								
Sondages		P7	P9	P10	P11	P12	P13	P14
Formation N°2	Prof (m/TN)	> 2.0	> 2.0 ?	> 2.0	> 0.6	≈ 2.0	≈ 1.6 ?	> 2.0
Formation N°3	Prof (m/TN)	---	---	---	---	≈ 2.6	≈ 3.0	---
Formation N°4	Prof (m/TN)	---	---	---	---	> 3.2	≥ 5.4	---

## 4.2 - Synthèse géomécanique

L'interprétation des différentes valeurs mesurées sur le site nous permet de dresser le tableau de synthèse ci-dessous. Celui-ci a notamment pour but de fixer les hypothèses à retenir dans les calculs de pré-dimensionnement des ouvrages.

Couche	Limite inférieure de la couche (m/TN)	Résistance de pointe dynamique Qd (MPa)	Pression limite P <sub>i</sub> (MPa)	Module pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)	Coefficient Rhéologique α
Formation « 1 »	1.2/2.2	2 à >10 <sup>(1)</sup>	0.72 à 1.40	8.7 à 24.4	1
Formation « 2 »	2.2/3.8	3 à 10	1.40 <sup>(3)</sup>	21.2 <sup>(3)</sup>	2/3
Formation « 3 »	5.5/7.5	2 <sup>(2)</sup> à refus	1.91 à >3.50	37.9 à 192.5	
Formation « 5 »	>15.0	Refus	2.06 à >3.50	43.6 à 273.9	

<sup>(1)</sup> Remblais à blocs.

<sup>(2)</sup> Passées très altérées localisées.

<sup>(3)</sup> Une seule valeur potentiellement non représentative de l'ensemble.

Notons :

- La présence d'épaisseurs importantes de formations superficielles limoneuses à argileuses, tout ou partie remblayées et présentant des **caractéristiques mécaniques faibles et une compressibilité non-négligeable** → formation « 1 », épaisseur comprise entre 1.2 et 2.2 m au droit des sondages ;
- Des horizons argileux sous-jacents de compacités moyennes à faibles (formation « 2 ») ;

- Les horizons argileux issus de l'intense altération du substratum (formation « 3 ») rencontrés à partir de 2.2/3.8 m/Terrain actuel au droit des sondages, présentant des caractéristiques géomécaniques hétérogènes mais correctes dans leur globalité ;
- La profondeur non-négligeable du substratum marneux compact → formation « 4 » identifiée à partir de 5.5/7.5 m/Terrain actuel au droit des sondages pressiométriques. Ces horizons comportent fréquemment des niveaux altérés de moindres compacités ;
- La **sensibilité aux variations hydriques marquée** de l'ensemble des formations du site → phénomènes de retrait et de gonflement sous déséquilibre hydrique ;
- Les possibles variations significatives de niveaux des différents horizons entre points de sondages ;
- ...

Rappelons que les sondages destructifs ne permettent qu'une précision approximative d'environ 0.5 à 1.0 m sur les coupes fournies liée au délai de remontée des cuttings en surface.

Par ailleurs, les sondages sont des relevés ponctuels et de ce fait, des variations latérales de lithologie sont possibles (anomalie localisée non décelée). Seule la multiplication des points d'investigation pourrait permettre de limiter ce risque sans pouvoir l'annihiler totalement.

ALPHA BTP se tient à disposition pour réaliser cette prestation complémentaire.

### 4.3 - Synthèse hydrogéologique

Des venues d'eau ont été relevées aux profondeurs suivantes lors de la campagne de reconnaissance. De même des niveaux d'eau ont été mesurés en fin de journée d'intervention (aux dates suivantes) :

Date		17/06/2025	18/06/2025
Sondages		SP1	SP2
Altitudes NI		≈ 99.4	≈ 99.8
Venue d'eau	Prof (m/TN)	3.8	7.5
	NI	≈ 95.6	≈ 92.3
Niveau d'eau	Prof (m/TN)	3.8	6.5
	NI	≈ 95.6	≈ 93.3

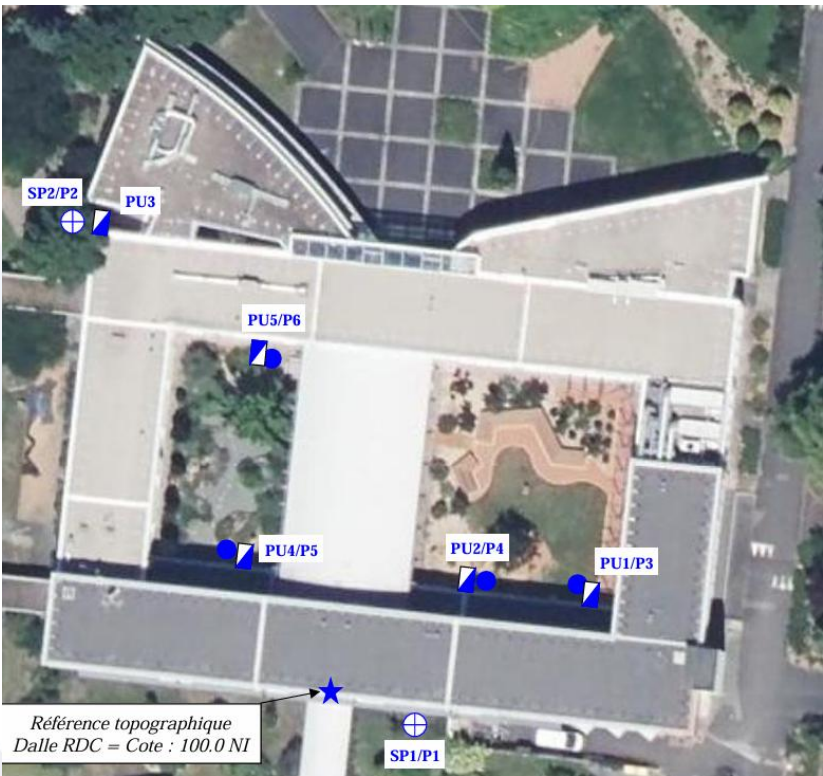
Notons que ces niveaux ne sont pas stabilisés et sont donc susceptibles de varier dans des proportions importantes en fonction des conditions météo. Seul un suivi piézométrique sur une période minimum de 1 an permettrait de déterminer la présence d’une éventuelle nappe et l’amplitude de ses variations. ALPHABTP se tient à la disposition des concepteurs pour réaliser ce suivi dans le cadre d’une mission complémentaire.

Il conviendra de vérifier auprès des services compétents :

- le niveau d’inondabilité éventuelle potentielle du site,
- les niveaux EB, EH, EE (voir DTU 14.1).

**4.4 - Conditions de fondations des existants**

Une série de reconnaissances des conditions de fondations a été réalisée conformément au cahier des charges établi par le BET CETIS. Ces sondages permettent de dresser les profils schématiques suivants :





## SONDAGE PU1 - Zone Est de l'ouvrage en RDC au sein du patio Est

- Type de fondation : a priori isolée en béton
- Soubassement : béton banché → longrine probable
- Encastrement fondations/TN ext. : - 1.35 m soit  $\approx 98.6$  NI → *Garde au gel assurée*
- Epaisseur fondations :  $\approx 87$  cm
- Débord fondations :  $\approx 50$  cm en partie supérieure,  $\approx 43$  cm en partie inférieure
- Largeur du massif :  $\approx 80$  cm
- Formation d'ancrage : Argiles sableuses beige-brun peu fermes à moyennement fermes (formation « 1 »)
- Contrainte de calcul à l'ELS : **0.15 MPa**



Sondage PU1



Sondage PU1

#### SONDAGE PU2 - Zone Est de l'ouvrage en RDC au sein du patio Est

- ✚ Type de fondation : a priori isolée en béton
- ✚ Soubassement : béton banché → longrine probable
- ✚ Encastrement fondations/TN ext. : - 1.40 m soit  $\approx 98.5$  NI → *Garde au gel assurée*
- ✚ Epaisseur fondations :  $\approx 104$  cm
- ✚ Débord fondations :  $\approx 28$  à  $40$  cm (massif asymétrique)
- ✚ Largeur du massif :  $\approx 95$  cm en partie supérieure,  $\approx 80$  cm en partie inférieure
- ✚ Formation d'ancrage : Argiles sableuses gris-beige moyennement fermes (formation « 2 »)



✚ Contrainte de calcul à l'ELS : 0.20 MPa



Sondage PU2



Sondage PU2



### SONDAGE PU3 - Angle Nord-Ouest du Bâtiment Principal

- ✚ Type de fondation : Non-clairement visualisé compte tenu du matériel de sondage « léger » utilisé, potentiellement semelle filante
- ✚ Soubassement : béton coffré sur une hauteur importante → ouvrage sur vide sanitaire ?
- ✚ Partie supérieure de fondation :  $\approx -2.85$  m/Terrain actuel soit  $\approx 97.0$  NI  
→ fondation détectée au marteau-perforateur depuis le fond de fouille
- ✚ Encastrement fondations :  $< -3.0$  m/Terrain actuel soit  $< 96.9$  NI
- ✚ Epaisseur fondations :  $> 15$  cm
- ✚ Débord fondations :  $\approx 20$  cm, débord approximatif déduit de plusieurs sondages au marteau-perforateur
- ✚ Formation d'ancrage : Non identifiée, a minima formation « 2 » (argiles moyennement fermes) voire formation « 3 » (argiles marneuses fermes)
- ✚ Contrainte de calcul à l'ELS : **0.25 MPa**



Sondage PU3

#### SONDAGE PU4 - Zone Ouest de l'ouvrage en RDC au sein du patio Ouest

- Type de fondation : a priori isolée en béton
- Soubassement : béton banché → longrine probable
- Encastrement fondations/TN ext. : - 1.44 m soit  $\approx 98.4$  NI → *Garde au gel assurée*
- Epaisseur fondations :  $\approx 116$  cm
- Débord fondations :  $\approx 35$  cm (massif asymétrique)
- Largeur du massif :  $\approx 110$  cm
- Formation d'ancrage : Argiles beiges moyennement fermes (formation « 2 »)
- Contrainte de calcul à l'ELS : **0.20 MPa**

#### SONDAGE PU5 - Façade Sud du Bâtiment Principal au sein du patio Ouest

- Type de fondation : Non-clairement visualisé compte tenu du matériel de sondage « léger » utilisé, potentiellement semelle filante
- Soubassement : béton banché sur une hauteur importante → ouvrage sur vide sanitaire ?
- Présence d'une canalisation béton de 300 mm de diamètre à proximité immédiate du voile enterré empêchant l'approfondissement du sondage
- Partie supérieure de fondation :  $\approx -2.53$  m/Terrain actuel soit  $\approx 97.3$  NI → fondation détectée au marteau-perforateur depuis le fond de fouille
- Encastrement, épaisseur et débord de la fondation : Non-mesurable compte tenu de la présence de la canalisation béton
- Formation d'ancrage : Non identifiée, a minima formation « 2 » (argiles moyennement fermes) voire formation « 3 » (argiles marneuses fermes)
- Contrainte de calcul à l'ELS : **0.20 MPa**



Sondage PU5

Compte tenu de ce qui précède, les observations suivantes peuvent être formulées :

- Trois reconnaissances ont été réalisées sur la façade Nord des ouvrages en RDC à surélever au sein des patios. Ces investigations mettent en évidence des résultats homogènes avec :
  - Des systèmes de **fondations isolées superficielles** de faibles sections → débords des massifs compris entre 30 et 50 cm par rapport aux longrines, largeurs de massifs de l'ordre de 80 à 110 cm. Dans le cas de semelles centrées sous les poteaux, les sections de semelles seraient globalement de l'ordre de 1 m x 1 m ;
  - Des encastresments de l'ordre de 1.4 m/Terrain extérieur avec des ancrages au toit de la formation « 2 » voire localement au sein de la formation « 1 » ;
  - Des **contraintes admissibles** des sols d'assises à l'ELS comprises entre **0.15 et 0.20 MPa**.

Ce système de fondation est totalement cohérent avec la définition initiale des structures de type « auvents/préaux » ouverts portés par un système de poteaux. Rappelons que la façade Sud de ces ouvrages est mitoyenne au « Bâtiment Principal » et ne présente potentiellement pas de fondations dédiées (structure potentiellement solidaire du « Bâtiment Principal »)

➤ Deux reconnaissances des conditions de fondation du Bâtiment Principal ont également été menées et permettre de mettre en évidence :

- Des soubassements en béton banché/coffré sur des hauteurs importantes laissant supposer la présence de structures enterrées sous le RDC (vides techniques ?) → à préciser le cas échéant par investigations sur le niveau bas de la zone concernée (carottages, ...) ;
- Compte tenu des conditions d'accès très limitées du site et du matériel consécutivement utilisable, les fondations n'ont pas pu être directement visualisées ;
- La partie supérieure des fondations a été identifiée par sondages au marteau-perforateur à  $\approx 2.5/2.8$  m/Terrain extérieur actuel soit  $\approx 97.0/97.3$  NI, avec un débord de l'ordre 20 cm estimé au droit du sondage « PU3 » ;
- La base des fondations n'a pas été identifiée compte tenu des profondeurs importantes, mais les fondations présentent des ancrages a minima au sein de la formation « 2 » pouvant accepter des **contraintes admissibles de l'ordre de 0.20 MPa aux ELS**, voire au sein de la formation « 3 » pouvant accepter des contraintes admissibles de l'ordre de 0.35 MPa aux ELS.

**Seule la réalisation de sondages profonds avec du matériel de plus gros calibre permettra de préciser la géométrie des conditions de fondation** de cet ouvrage et d'identifier les sols d'ancrage de ses fondations → sondages complémentaires à réaliser le cas échéant en phase démolition.

Il pourra par ailleurs être nécessaire de réaliser d'autres sondages dans d'autres zones pour confirmer ou non les conditions de fondations mises en évidence.

Il revient au BET structure, en fonction des accroissements de charges générés par les projets de réhabilitation lourde et de surélévation, de se prononcer sur la compatibilité entre les contraintes admissibles fournies en sous-face des fondations existantes et les nouvelles descentes de charges.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 26 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------



De même, le BET Structure devra se prononcer sur la capacité des éléments de superstructure et d'infrastructure à reprendre les nouvelles DDC => hors mission géotechnique.

Nous rappelons toutefois que, a minima concernant les ouvrages existants en simple RDC au sein des patios, **les conditions de fondations des existants sont précaires** avec de faibles sections de fondations et des sols d'assises de compacités moyennes à médiocres.

**Compte tenu des aménagements déjà réalisés sur ces locaux (transformation des auvents/préaux en bureaux), les contraintes au sol générées par les existants sont probablement proches des contraintes admissibles maximales des sols supports de fondations voire supérieures** → à préciser le cas échéant après établissement des descentes de charges à l'état actuel.

**Toute augmentation de charge sur les ouvrages existants sera donc à éviter et générera de nouveaux tassements de consolidation d'amplitude importante et potentiellement incompatibles avec les structures existantes.**

Le cas échéant, ALPHA BTP se tient à la disposition du Maître d'Ouvrage et du BET Structure pour évaluer ces nouveaux tassements sur la base d'un plan de fondation et de DDC dans le cadre d'une mission spécifique G5 ou globale G2 PRO (étude géotechnique de conception-Phase Projet).

Dans le cas où des augmentations de descentes de charges sur les ouvrages existants seraient incompatibles avec les structures existantes, **il conviendra alors d'envisager une reprise en sous-œuvre généralisée des fondations par micropieux** ou équivalent ancrés au sein de la formation « 4 ».

ALPHA BTP se tient par ailleurs à la disposition du Maître d'Ouvrage pour étudier les interactions (terrassment/fondations) entre les ouvrages/réhabilitations projetés et les fondations des existants dans la Zone d'Influence Géotechnique dans le cadre d'une mission spécifique G5 ou globale G2 PRO (étude géotechnique de conception-Phase Projet).

## 5 – ADAPTATION DES OUVRAGES AU CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE

Les investigations réalisées ont permis de mettre en évidence un site au contexte géotechnique globalement moyen, marqué notamment par :

- Des épaisseurs relativement importantes de formations superficielles **peu fermes à moyennement fermes, tout ou partie remblayées** (formation « 1 ») ;
- Des horizons argileux sous-jacents de compacités modestes (formation « 2 ») ;
- Les horizons argilo-marneux issus de l'intense altération du substratum rencontrés à partir 2.2/3.8 m/Terrain actuel au droit des sondages (formation « 3 »), présentant des caractéristiques géomécaniques hétérogènes mais correctes dans leur globalité ;
- La profondeur marquée du substratum marneux de bonne compacité → formation « 4 » identifiée à partir de 5.5/7.5 m/Terrain actuel au droit des sondages ;
- La zone **d'aléa fort** vis-à-vis du risque de retrait/gonflement des sols sous déséquilibre hydrique, associée à la **sensibilité aux variations hydriques très marquée** de l'ensemble des formations du site ;
- ...

Compte tenu de ce qui précède et de la définition du projet de réhabilitation/surélévation, les solutions de fondations/traitements des niveaux bas suivantes devraient pouvoir être envisagées :

### STRUCTURES

#### Nouvelles fondations à créer au sein des existants → Zone Nord-Ouest du « Bâtiment Principal »

##### SOLUTION 1 :

- **Fondations semi-profondes** ancrées au sein de la formation « 3 » *Argiles marneuses beiges fermes.*

##### SOLUTION 2 :

- **Fondations profondes par micropieux** ancrées au sein de la formation « 4 » *Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes.*



**Voiles existants surchargés par le projet de réhabilitation ou surélévation → tous ouvrages**

Dans le cas où l'accroissement des charges conduirait à **dépasser la contrainte admissible** des sols d'ancrage ou dans le cas de **tassements consécutifs prohibitifs** (cf. BET Structure), il sera indispensable de prévoir la **reprise en sous-œuvre généralisée des fondations existantes par micropieux** ancrés au sein de la formation « 4 »

**NIVEAUX BAS RECONSTRUITS**

- **Planchers sur vide sanitaire** (tous locaux).

**Prise en compte des règles parasismiques :**

Compte tenu du contexte sismique (cf. paragraphe 2.9) et conformément aux Eurocodes 8, les éventuelles fondations profondes devront être dimensionnées vis-à-vis des effets inertiels → *à étudier dans le cadre de la mission G2 PRO.*

Les descentes de charges aux ELU sismiques devront être établies par le BET Structure de l'opération et fournies dans le cadre de l'étude de conception phase Projet.

Les descentes de charges devront être combinées par le BET Structure → *hors mission géotechnique.*

**Remarques importantes :**

- Pour les ouvrages nécessitant des reprises en sous-œuvre, **ces reprises devront être étendues à l'intégralité des porteurs de l'ouvrage concerné (voiles, poteaux, refends, ...)** afin de garantir des ancrages des fondations au sein d'horizons géologiques et géomécaniques homogènes. Le cas échéant des solutions de fractionnement des ouvrages réhabilités pourront être envisagées ;
- Les éventuels remblais de surélévation du terrain naturel contigus ou sous les ouvrages et notamment dissymétriques seront à éviter ou à prendre en compte dans le dimensionnement du projet (tassements différentiels, frottements négatifs sur les fondations, perte de capacité portante des fondations, ...),  
⇒ privilégier les ouvrages portés sur vide technique, ...,
- Les sous-sols partiels et/ou niveaux décalés induisent des risques aggravants de désordres ; les unités différemment chargées et/ou présentant des niveaux bas différents devront impérativement être séparées par des joints de fractionnement, y compris au niveau des fondations ou de dilatation selon le cas ;

- Les ouvrages devront être particulièrement rigidifiés (fondations armées, chaînages hauts, bas, longrines, raidisseurs verticaux, ...) pour pallier d'éventuels tassements différentiels ;
- L'ensemble des dispositions à prendre vis-à-vis de l'environnement est détaillé en paragraphe 10.

## 6 – TERRASSEMENTS

### 6.1 - Déblai

A priori sans objet hormis la réalisation des fouilles de fondations, des longrines et des têtes de micropieux/pieux. Si tel n'est pas le cas, ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés (instabilité, ...).

Ces terrassements pourront être réalisés partiellement à l'aide de matériel classique de moyenne puissance. Localement, notamment vis-à-vis des vestiges anthropiques (anciennes fondations, dalles, maçonneries, ...) ou des blocs au sein de la formation « 1 », des matériels de plus forte puissance ou spécifiques (brise-roche, pelle puissante, ...) pourront être nécessaires.

Dans les zones de talutage possible et exemptes d'avoisinants ou mitoyens, les pentes de talus provisoire maximum suivantes seront adoptées dans la formation « 1 » :  
**2 Bases/1 Hauteur.**

Des mesures complémentaires devront être mises en œuvre pour assurer la stabilité des talus (à préciser impérativement en phase « étude de projet » et/ou en phase chantier) :

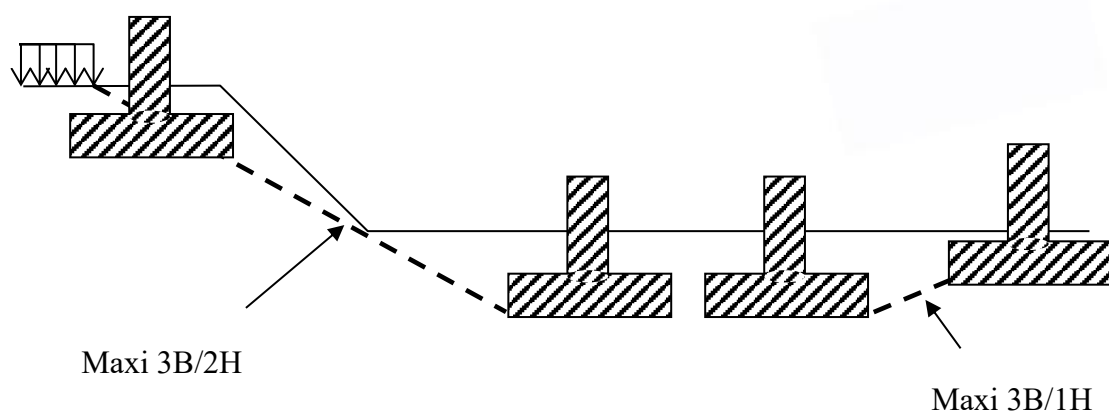
- blindage, ...
- adoucissements localisés des pentes des talus,
- neutralisation de toutes surcharges (y compris circulation) en tête des talus sur une largeur mini égale à 1,5 fois la hauteur des talus,
- protection des talus vis à vis des eaux de ruissellement,
- masques drainants sur les éventuelles venues d'eau,
- collecte et évacuation des eaux superficielles,
- drainage, ...

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 30 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------

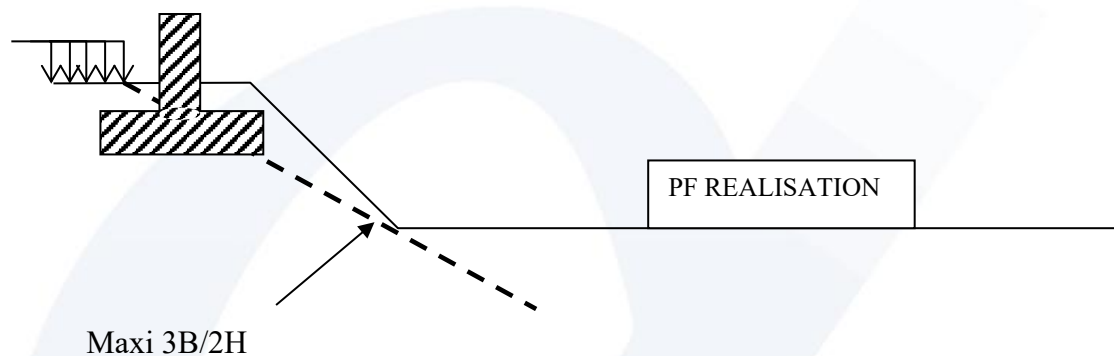
En cas de mouvements ou de venues d'eau apparaissant lors du terrassement, l'avis d'un géotechnicien devra être pris afin d'adapter les modes de mise en sécurité des talus  $\Rightarrow$  **mission de suivi géotechnique d'exécution G3**.

Les éventuels terrassements, **notamment entre ouvrages réhabilités et ouvrages existants mitoyens**, devront être effectués en respectant les pentes de talus fictifs schématisées ci-après :

Solution « 1 » - Fondations semi-profondes



Solution « 2 » - Fondations profondes



Dans les zones où le talutage est impossible (zones exiguës, mitoyens, limites de propriété, voiries, réseaux, ...), des soutènements provisoires ou définitifs devront être envisagés (blindage, prémurs par passes alternées, parois, ...).

Les pentes des éventuels talus définitifs devront être dressées à maximum 2 Bases/1 Hauteur dans les formations « 1 » et « 2 » avec l'ensemble des dispositions habituelles :

- collecte et évacuation des eaux pluviales,
- végétalisation immédiate,
- **enrochement localisé éventuel**,
- drainage, masque drainant, ...,
- absence de surcharge en tête,
- ...

Les éventuels soutènements devront impérativement être étudiés, dimensionnés et validés dans le cadre d'une mission G2 PRO dédiée selon la norme NFP 94.500.

## **6.2 - Remblai**

### **Remblais courants :**

A priori sans objet → remblais de surélévation du terrain naturel à éviter. Si tel n'est pas le cas, ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés (tassements, perte de capacité portante des fondations, frottements négatifs sur les micropieux, ...).

### **Remblayage de tranchées :**

Le remblayage de tranchées sera réalisé à l'aide de matériaux sains, insensibles à l'eau (type D3), sélectionnés et mis en œuvre conformément au Guide SETRA LCPC (Guide de Remblayage des Tranchées).

Pour les réseaux situés sous des futurs espaces verts, un objectif q4 sera recherché sur toute la hauteur remblayée (à confirmer par la Maîtrise d'Ouvrage). Pour les réseaux sous les voiries, l'objectif sera de type q3 avec une finition en q2.

### 6.3 - Dispositions particulières de conception et d'exécution

- **Avoisinants/mitoyens**

La réalisation du projet devrait nécessiter la réalisation de terrassements (longrines, têtes de micropieux, massifs, purge des dallages existants) à proximité immédiate d'avoisinants/mitoyens sensibles → ouvrages existants, dallages conservés, réseaux, ... (déstabilisation éventuelle par les travaux de terrassement envisagés).

**Toutes dispositions (du type respect des angles d'influence à 3B/2H, blindage, soutènement provisoire ou définitif, reprise en sous-œuvre, terrassement par tronçons alternés, toutes mesures éventuelles définies en 6.1, ...) devront être envisagées pour assurer leur stabilité.**

*Il devra être tenu compte dans l'implantation des fondations du fait que les fondations existantes sont localement largement débordantes → cf. chapitre 4.4, à préciser dans d'autres zones le cas échéant (Zone Nord-Ouest du « Bâtiment Principal » notamment.*

Dans le cadre de solutions de protection/stabilisation des avoisinants, une étude complémentaire pourra être effectuée par ALPHA BTP dans le cadre d'une mission spécifique du type G5 ou d'une mission globale de conception de type G2 PRO (Norme NFP 94.500).

- **Précautions de réalisation**

Les moyens spécifiques de terrassement (du type brise roche, compacteur vibrant, ...) devront être sélectionnés et adaptés pour ne pas induire de désordres sur les ouvrages existants (vibrations, ...) → **opérations de démolition notamment.**

Un traitement de l'arase terrassement (géotextile, plateforme de travail sur mini 0.3 m en GNT 0/80 avec  $EV2 \geq 30$  MPa, couche de forme, drainage, ...) devra être prévu pour assurer la traficabilité en phase chantier. Des contrôles éventuels seront à réaliser pour réception.

Notons que les couches de fondations et/ou de remblais insensibles à l'eau devront être mises en œuvre sans délai après réalisation des terrassements pour éviter la dégradation des fonds de forme sous les effets climatiques.

## 7 – PRINCIPE ET PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

### 7.1 - Solution « 1 » - Fondations semi-profondes

Ce type de fondations pourra être retenu dans le cadre des nouveaux appuis à créer → Zone Nord-Ouest du « Bâtiment Principal » notamment, nouvelles fondations à créer au sein de la structure existante.

Un ancrage minimum de 0.3 m devra être assuré dans la formation « 3 » (*Argiles marneuses beiges fermes*) reconnue à partir de 2.2/3.8 m/Terrain actuel. La fiche totale des fondations, au droit des sondages, sera donc comprise entre 2.5 et 4.1 m/TN actuel (voir paragraphe 4.1) ; fiche indicative à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage et à l'altitude de la plateforme de terrassement.

**Dans le cadre de fondations situées à l'extérieur d'ouvrages existants, un encastrement minimum de 3.0 m/Terrain Extérieur Fini devra être assuré et permettra de s'affranchir de certaines dispositions vis-à-vis de la sensibilité à l'eau des sols, notamment les protections périphériques étanches (cf. paragraphe 10).**

#### Mitoyens

Les fondations envisagées contre les ouvrages mitoyens devront permettre d'assurer la stabilité de ces derniers et de ne pas solliciter leurs fondations → prévoir des fondations perpendiculaires aux voiles existants des ouvrages avec respect des règles d'influence à  $3B/2H$  entre arases inférieures des fondations.

#### Exhaure

L'exécution des fouilles de fondations pourra nécessiter la mise en œuvre de moyens d'exhaure de type pompage, drainage, rabattement, tube plongeur associés à l'utilisation de tubage/blindage pour assurer l'exécution des fouilles. Il conviendra également d'assurer un curage soigné des fonds de fouille avec le cas échéant l'utilisation d'une aspiratrice.



## Contraintes

Selon les Eurocodes 7 (Norme NF P 94.261), pour le pré-dimensionnement des fondations, les contraintes de calcul à retenir seront de :

$$q_{net} = k_p \times Pl_e^* \times i_\delta \times i_\beta$$

Avec :

$Pl_e^*$  : pression limite nette

$k_p$  : facteur de portance

$i_\delta$  : coefficient de réduction lié à l'inclinaison de la charge

$i_\beta$  : coefficient de réduction lié à l'influence d'un talus

A défaut d'information sur la nature des descentes de charges, il est considéré des coefficients de réduction équivalents à 1.

Il vient :

- contrainte caractéristique :  $q_v$  ;  $k = q_{net}/1.2$  soit = 0.81 MPa
- contrainte de calcul à l'ELU :  $q'_{ELU} - q_0 = q_v$  ;  $k/1.4$  soit = 0.58 MPa
- **contrainte de calcul à l'ELS :  $q'_{ELS} - q_0 = q_v$  ;  $k/2.3$  soit = **0.35 MPa** (\*)**

(\*) *Contrainte minorée pour tenir des niveaux de moindres caractéristiques intercalés au sein de la formation « 3 »*

Ces contraintes sont mobilisables pour des charges verticales et dans le cadre d'une exécution correcte :

- ancrage systématique de 0.3 m dans la formation « 3 » ;
- nettoyage/curage soigné des fonds de fouille ;
- purge de tous niveaux argileux peu fermes ou douteux et substitution par un gros béton.

## **Déformations**

Les tassements sous fondations sont intimement liés à la section des semelles, à leur répartition et à leur charge.

Dans le cas d'une répartition « normale » de fondation, en l'absence de remblai de surélévation, les tassements estimés au droit de chaque semelle de façon individuelle sous la contrainte fournie devraient rester inférieurs à 1.0 cm.

Nous attirons néanmoins l'attention des concepteurs sur les possibles déformations plus importantes pouvant être générées par une trop grande densité de fondations sur une emprise réduite (effet de groupe) malgré le respect de la contrainte fournie → comportement de type « radier ».

De même, la mise en œuvre de remblais de surélévation pourrait conduire à des tassements complémentaires des fondations.

Une estimation des tassements zone par zone en fonction du plan de fondations envisagé pourra donc être réalisée dans le cadre d'une mission G2 PRO dédiée ⇒ étude de conception de projet géotechnique.

ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour réaliser cette prestation.

Remarque : Un suivi et/ou une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et/ou G4) devront impérativement être envisagés pour :

- **préciser le niveau d'encastrement des semelles ;**
- **valider les fonds de fouille ;**
- définir les profondeurs des purges/substitutions éventuellement nécessaires.

## 7.2 - Solution « 2 » - Fondations profondes

Ce type de fondations pourra être retenu dans le cadre :

- Des nouveaux voiles à créer au sein des ouvrages réhabilités,
- De la reprise en sous-œuvre éventuelle des voiles existants → accroissement des charges conduisant à **dépasser la contrainte admissible** des sols d'ancrage ou **tassements consécutifs incompatibles avec les structures existantes** (cf. BET Structure).

Des **ancrages minimaux de 3.0 m** devront être assurés au sein de la **formation « 4 »** (*Marnes bleues compactes à raides à passées altérées moins fermes*) identifiée à partir de 5.5/7.5 m/TN actuel au droit des sondages pressiométriques ⇒ fiche à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage, à l'altitude de la plateforme de terrassement et aux descentes de charges.

Des exemples de pré-dimensionnement de micropieux « micropieux type II » sont fournis en annexe. D'autres types de micropieux sont envisageables et pourront faire l'objet d'un dimensionnement éventuel ultérieur.

L'entreprise de fondations spéciales devra vérifier la faisabilité d'une technique micropieux type II en fonction du matériel dont elle dispose et des formations devant être traversées (remblais à blocs, vestiges de construction éventuels, bancs/blocs plus résistants, ancrages au sein d'horizons marno-calcaires raides, ...) → **technique ODEX + marteau fond de trou potentiellement requise.**

Les paramètres à prendre en compte pour le pré-dimensionnement des fondations profondes (de micropieux type II) sont les suivants :

Formation	Classe de sol	$E_M$ (MPa)	$P_f$ (MPa)	$P_l$ (MPa)	$Q_s$ (kPa)	$\alpha$
Formation « 1 »	Argiles	5	0.29	0.50	0 (*)	1
Formation « 2 »		8	0.41	0.70	42.31(*)	2/3
Formation « 3 »		50	1.18	2.00	50.55	
Formation « 4 »	Marnes	100	2.06	3.50	162.00	

(\*) Frottement latéral à neutraliser sur toute la hauteur de la formation « 1 » et sur mini 3.0 m/Plate-forme de travail → hauteur de chemisage des micropieux.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 37 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------

### **Reprises en sous-œuvre éventuelles par micropieux**

Le type de liaison micropieux/structure devra être défini par un BET qui précisera dans le même temps l'espacement des micropieux en fonction des dispositions prises vis à vis de la rigidité des structures (principalement en maçonneries de pierres) et des descentes de charges.

Un ensemble de schéma de principe de reprises en sous-œuvre par micropieux est fourni en annexe pour permettre la bonne appréhension des efforts/moments affectant les micropieux.

### **Justification des armatures des micropieux**

Les armatures, impérativement de type tube (barre y compris auto-forante proscrite) devront être vérifiées au flambement selon la méthode de Mandel ou équivalent. Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés.

**Les micropieux seront chemisés double peau (double tubage) sur 3.0 m** ou dimensionnés pour reprendre les efforts parasites de gonflement. Ils devront par ailleurs être dimensionnés vis-à-vis des efforts horizontaux et des moments en tête dans le cadre de la mission G3 entreprise.

Le type de structure DCL ou DCM devra être fourni par le BET Structure à l'entreprise de fondations spéciales pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables. Les tubes d'armatures seront soumis à l'approbation du BET Structure ou du Bureau de contrôle.

### **Contrôle de l'exécution des micropieux**

Conformément à la norme NFP 94-262/A1 de juillet 2018, il conviendra de réaliser les essais de contrôle/de conformité nécessaires.

#### Remarques :

- Le dimensionnement des fondations profondes devra impérativement être réalisé dans le cadre d'une **mission G2 PRO** après définition du projet, établissement des descentes de charges et plans de fondation ;
- Un suivi et une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et G4) devront impérativement être envisagés pour :
  - établir la NDC des fondations spéciales,
  - suivre l'exécution des micropieux,
  - superviser l'autocontrôle de l'entreprise.

### **7.3 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

#### **• Paramètres de pré-dimensionnement**

Les tassements absolus des fondations semi-profondes devront être limités à 1,0 cm et les tassements différentiels devront être limités à 5/10 000°. Il conviendra de vérifier que cette valeur est compatible avec les dispositions prises pour le dimensionnement de la structure. Dans le cas contraire, la contrainte de calcul à l'ELS devra être modifiée ou le projet orienté vers la solution de fondations profondes.

En l'absence de données concernant la présence de surcharges réparties au voisinage des micropieux (mise en œuvre de remblais de surélévation contigus, surcharges d'exploitation importantes, ...), l'exemple de pré-dimensionnement de ceux-ci ne tient pas compte d'une diminution de capacité portante due à l'éventuel frottement négatif. S'il est effectivement prévu une application de surcharges réparties, il conviendra de revoir le calcul effectué (perte de la capacité portante).

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, Ø, ferrailage, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...).

Le cahier des clauses Spéciales du DTU 13.2 prévoit que la profondeur de la reconnaissance préalable doit atteindre au moins cinq mètres et sept diamètres sous la base des micropieux. Selon les Eurocodes, les reconnaissances préalables doivent atteindre a minima 6.0 m sous la base de l'élément de fondation le plus profond. Compte tenu du contexte local (nature du substratum), la présence de couches molles sous le toit du substratum compact est improbable. ALPHA BTP se tient cependant à la disposition du Maître d'Ouvrage ou de l'entreprise réalisatrice en charge de la mission G3 pour réaliser des investigations complémentaires.

- **Précautions de mise en œuvre**

Les fondations seront exécutées conformément aux préconisations des Eurocodes 7, du DTU 13.12 et/ou du DTU 13.2, de la NF EN 14199 pour les micropieux en tenant compte notamment :

- de **l'instabilité potentielle des formations superficielles** (tubage, blindage, coffrage, bétonnage immédiat après réalisation des fouilles, ...),
- des hors profils pouvant en résulter et des fortes **surconsommations de béton** associées,
- de la **sensibilité à l'eau marquée des sols** (éviter la dessiccation ou la saturation des sols d'ancrage avant bétonnage des fondations et des longrines, prévoir la mise en œuvre de biocoffra ou équivalent sous les longrines),
- des **venues d'eau éventuelles** (pompage, drainage, utilisation de tube plongeur, ...),
- du traitement des sols support de fondations (prévoir notamment le traitement des fonds de fouilles a priori remaniés lors de leur terrassement),
- du gel, des arrivées d'eau, des différentes causes d'affouillement, ...,
- de l'éventuelle agressivité de l'eau ou du sol vis à vis du béton et du coulis,
- de l'adaptation des moyens prévus par l'entreprise qui devront permettre la réalisation des terrassements de fouille en limitant les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants (en tenant compte notamment d'éventuels vestiges anthropiques (fondations, dalles, maçonneries, ...), de la présence de blocs de dimensions importantes au sein des remblais, de bancs marno-calcaires de compacité élevée, ...) → **pelle puissante, BRH, ...**



L'entreprise devra d'autre part s'assurer que le type de micropieux et le matériel retenus lui permettront le terrassement des couches raides (présence d'éventuels vestiges anthropiques (fondations, dalles, maçonneries, ...), de blocs de dimensions importantes, de bancs calcaires de compacité élevée, ...) et d'assurer les ancrages prévus au sein du substratum marneux ( $E_M > 250$  MPa localement) dans les calculs des capacités portantes des fondations en tenant compte de la nécessité de limiter les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants.

Notons également que la méthode de réalisation des pieux devra tenir compte de la possibilité de remontées artésiennes (eau, gaz).

## 8 – PRINCIPE DE TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS

### 8.1 - Type de niveaux bas

Compte tenu de la **nature largement remblayée, compressible, très sensible aux variations hydriques et hétérogène** des formations superficielles du site et de la destination « noble » des locaux, **des solutions de planchers sur vide sanitaire/technique devront être exclusivement retenues** dans le cadre de la reconstruction des niveaux bas de l'ouvrage.

## 9 – DRAINAGE

En l'absence de terrassement en déblai et de niveaux enterrés, une simple collecte des eaux de ruissellement semble nécessaire y compris en phase « chantier ».

Les éventuelles fosses d'ascenseur devront être cuvelées et dimensionnées aux sous-pressions.

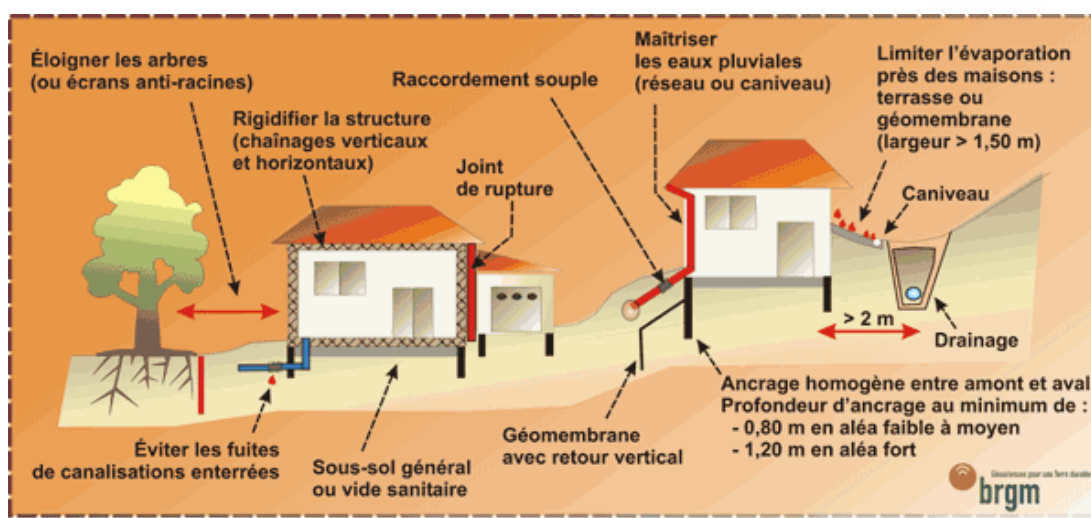
Le système de gestion des eaux pluviales à mettre en place devra éloigner les eaux de pluie des ouvrages projetés (formes de pentes, drainage, collecte, ...) ; la saturation des sols supports des ouvrages, y compris en phase chantier, étant un facteur aggravant de désordres (perte de portance, gonflement).

Nota : Les solutions de drainage devront être précisées dans le cadre d'une mission spécifique du type G5 ou d'une mission globale de conception de type G2 PRO, notamment dans le cas d'ouvrages enterrés ou de déblais supérieurs à 0.5 m.

ALPHA BTP	Rapport « A25.11.259.a/A »	15/07/2025	Page 41 sur 44
-----------	----------------------------	------------	----------------

## 10 – PROTECTION DES OUVRAGES VIS A VIS DE LA SENSIBILITE A L'EAU DES SOLS

Les sols superficiels sont particulièrement sensibles à l'eau (retrait/gonflement). De nombreux arrêts « Catastrophe Naturelle Sécheresse » ont été pris sur la commune de LEMPDES. Toutes mesures doivent donc être prises pour éviter les variations de teneur en eau des sols de fondation des ouvrages existants ou projetés fondés superficiellement (structures, dallages, aménagements extérieurs de type murets, terrasses, ...).



Rappelons les mesures habituelles à mettre en œuvre :

- Protection périphérique vis à vis de l'évapotranspiration (géomembrane étanche, trottoirs étanches, enrobé, ...) sur 2.5 m en périphérie des ouvrages et bèches verticales associées à un dispositif de drainage (ouvrages étanches + dallages de bordures avec cunettes de collecte des eaux superficielles, ...) ;  
 ⇒ *Disposition non nécessaire dans le cadre de fondations semi-profondes ancrées au-delà de 3.0 m/TF.*  
 ⇒ *Disposition non nécessaire dans le cadre de fondations profondes.*
- Gestion des eaux de ruissellement et de pluie en phase « chantier » pour protéger les sols d'assise des fondations et des dallages (fossés, drains, exutoire, béton de propreté, couche de forme, ...) ;
- Absence de végétation à proximité des ouvrages ;
- Conception de réseaux avec raccords « souples » aux ouvrages permettant le contrôle d'étanchéité et l'entretien ;

- Collecte et évacuation des eaux pluviales y compris en période chantier (pour éviter les saturations locales sous descentes non « branchées ») ;
- Membrane en PEHD ou équivalent sur les sols des vides sanitaires ;
  - ⇒ *Disposition non nécessaire dans le cadre de fondations semi-profondes ancrées au-delà de 3.0 m/TF.*
  - ⇒ *Disposition non nécessaire dans le cadre de fondations profondes.*
- ...

## 11 – CONCLUSIONS

Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G2 AVP. ALPHA BTP se tient à la disposition des différents intervenants pour réaliser la mission G2 PRO nécessaire à l'élaboration du DCE du projet.

ALPHA BTP se tient, d'autre part, à la disposition des différents intervenants pour la réalisation des études spécifiques et/ou complémentaires définies dans la norme dont copie est jointe, soit :

- Etude géotechnique de conception - phase DCE/ACT (G2 DCE/ACT) ;
- Etude et suivi d'exécution (G3) ;
- Supervision géotechnique d'exécution (G4).

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve de la définition et de la classification des missions géotechniques (Norme NFP 94.500) et des conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques.

Rapport réalisé à ROMAGNAT, le 15 juillet 2025

L'Ingénieur chargé d'étude,	L'ingénieur en charge du contrôle interne,
Jérôme AMADON	Loïc SANZELLE

# ANNEXES

---



### **Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

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 géotechniques du site. L'étude de leurs conséquences et de 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.

### **Conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques**

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.

Le rapport géotechnique devient la propriété du client après paiement intégral du prix de la prestation. Le client devient alors responsable de son usage et de sa diffusion. 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 faire l'objet de poursuite judiciaire à l'encontre du contrevenant.

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 au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il 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 (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.

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. Conformément à la classification des missions géotechniques types, chaque mission ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution du projet.

En particulier :

- Une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- Une mission de sondages engage notre société sur la conformité des travaux aux documents contractuels et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- Une mission type G1 à G5 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 décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- Une mission type G1 (ES+PGC), G2 AVP ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les dimensionnements, quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- Une mission type G2 PRO et/ou G2 ACT/DCE 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 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.

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (NFP 94.500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'Art.



**Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NORME NFP 94.500)**

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
<b>Etape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)</b>		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire esquisse APS	Etude 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
<b>Etape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	Etude 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	Etude 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	Etude 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		
<b>Etape 3 : Etude géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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)	Etude 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	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de 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
<b>A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechnique. 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 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'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.

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 DDC/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.

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

**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**

**ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 ET G4, DISTINCTES ET SIMULTANEEES)  
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 DCE/ACT.

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Etude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier 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, valeur 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 (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 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.

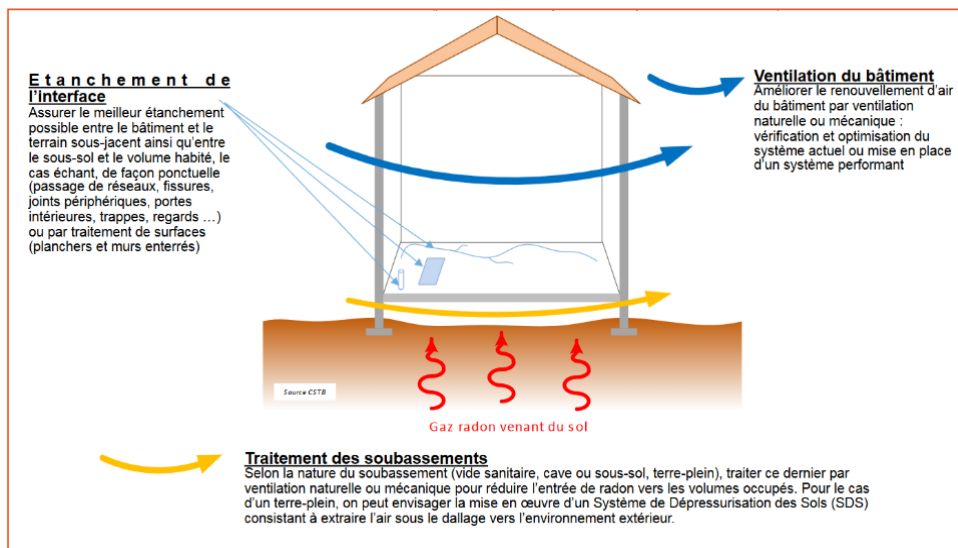
**DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

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.
- Etudier 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).

Les mesures courantes à mettre en œuvre vis-à-vis de ce risque, conformément aux recommandations de la DGS (Direction Générale de la Santé) et du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) sont les suivantes :

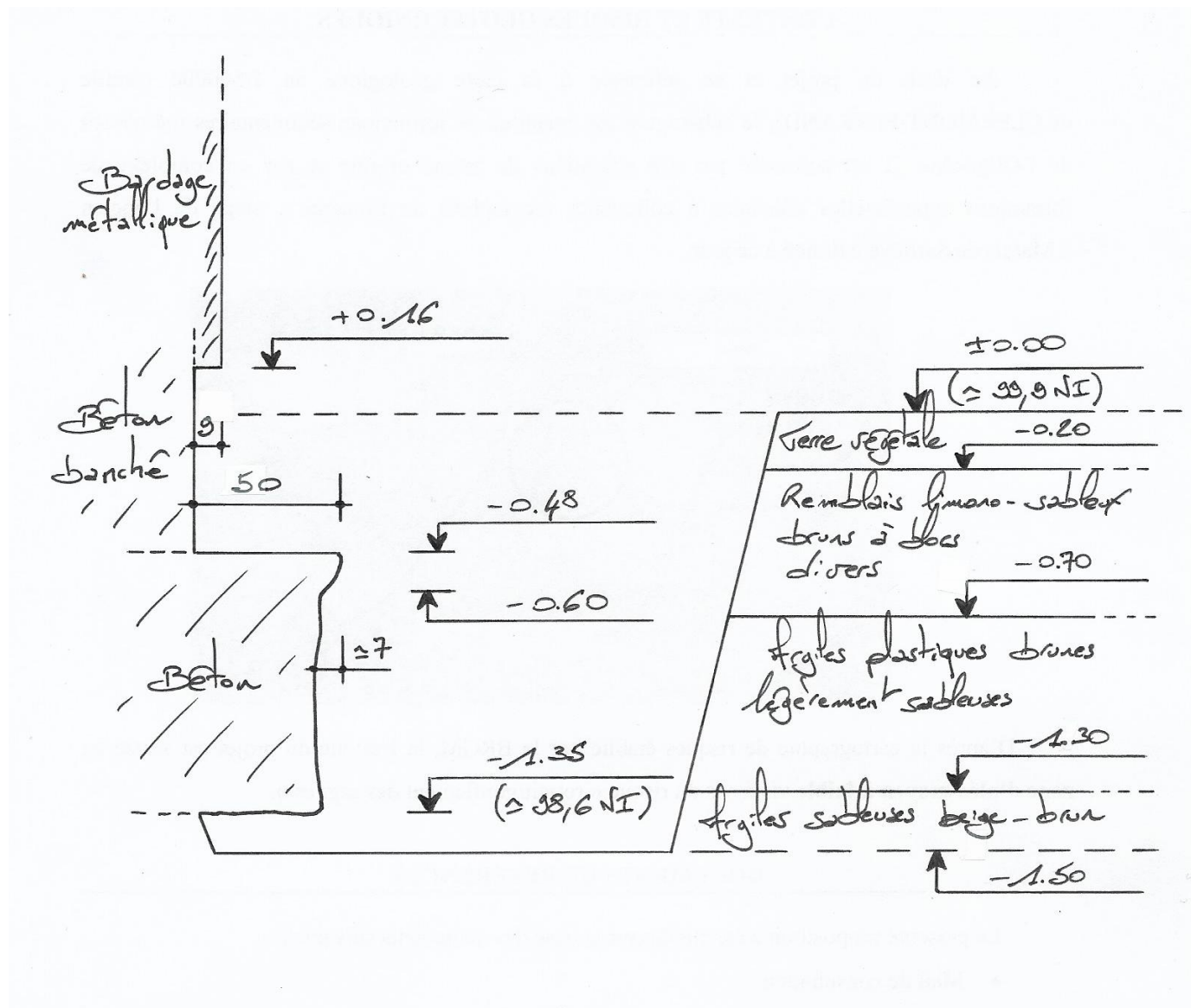
- Aération quotidienne du domicile par ouverture des fenêtres (minimum 10 minutes par jour),
- Installation et entretien d'un système de ventilation efficace,
- Assurer l'étanchéité du sol pour éviter le passage du radon → joints sols/murs, passages des réseaux, fissures éventuelles, ...,
- Mise en place d'une aération naturelle ou mécanique du soubassement de l'ouvrage (ouvertures des vides sanitaires/techniques, ventilation mécanique, mise en dépression, ...),
- ...

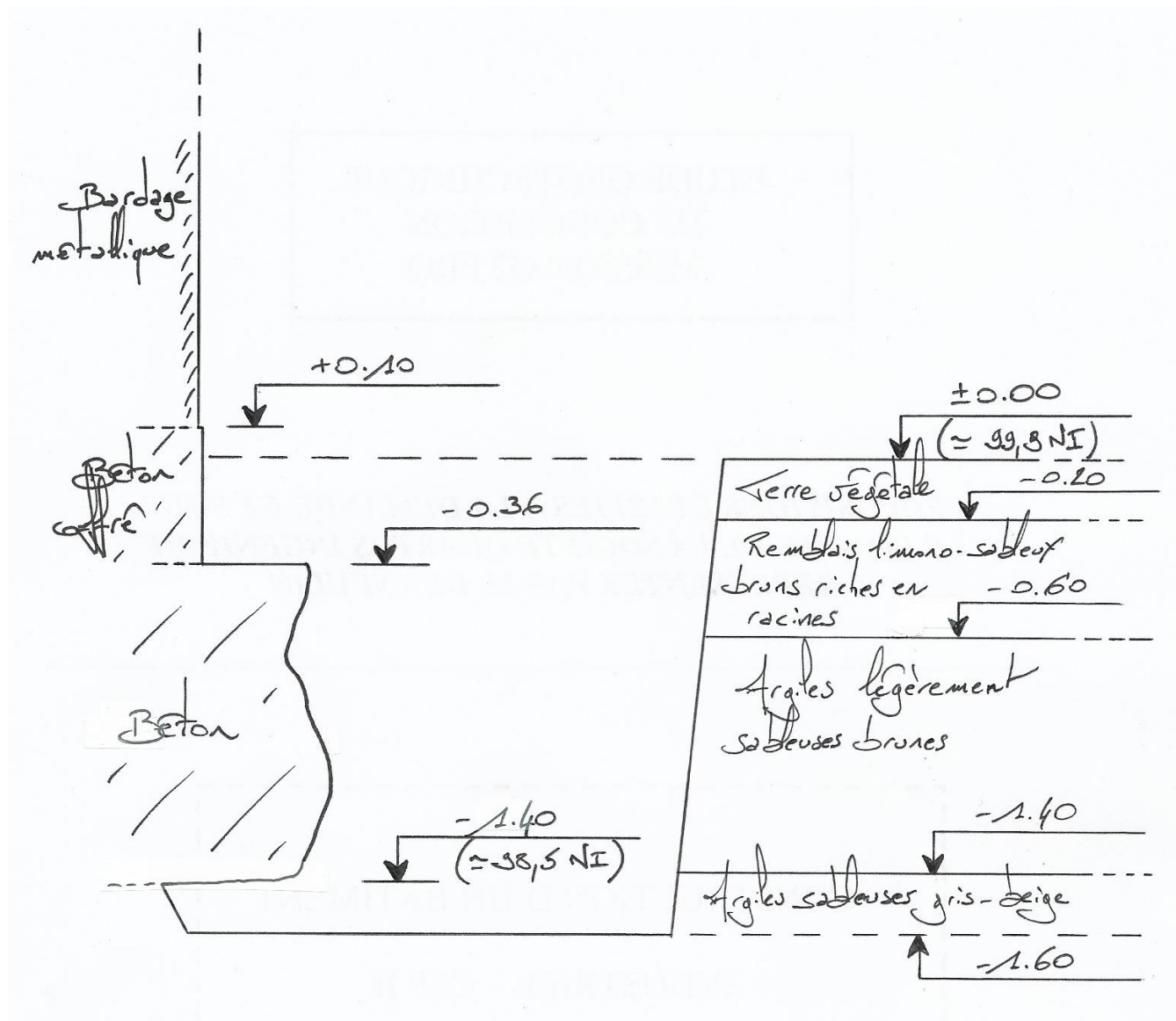


Le cas échéant, ces dispositions peuvent être précisées par mesure de l'activité volumique du radon.

**PU1**

$\approx 99.9 \text{ NI}$

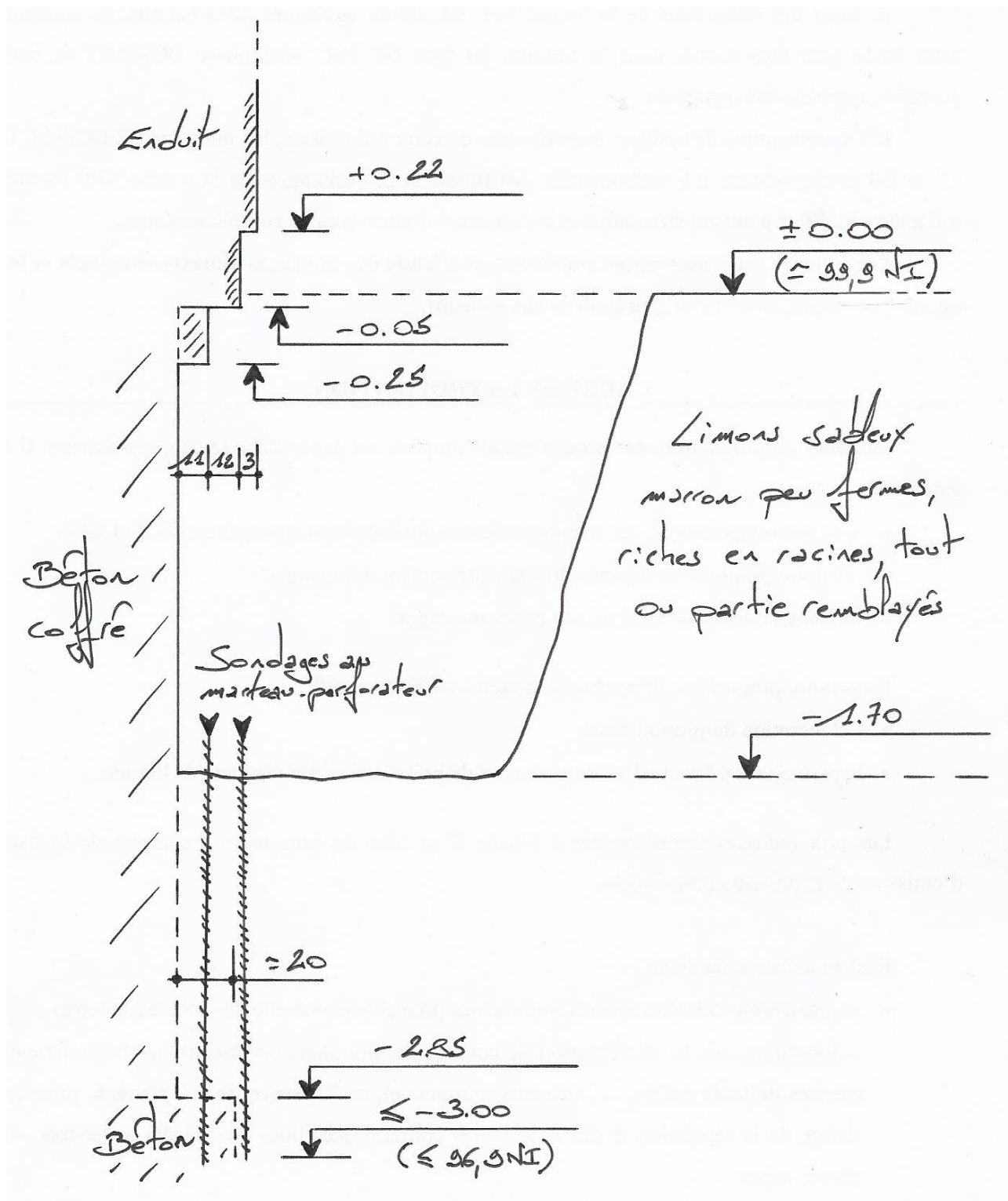






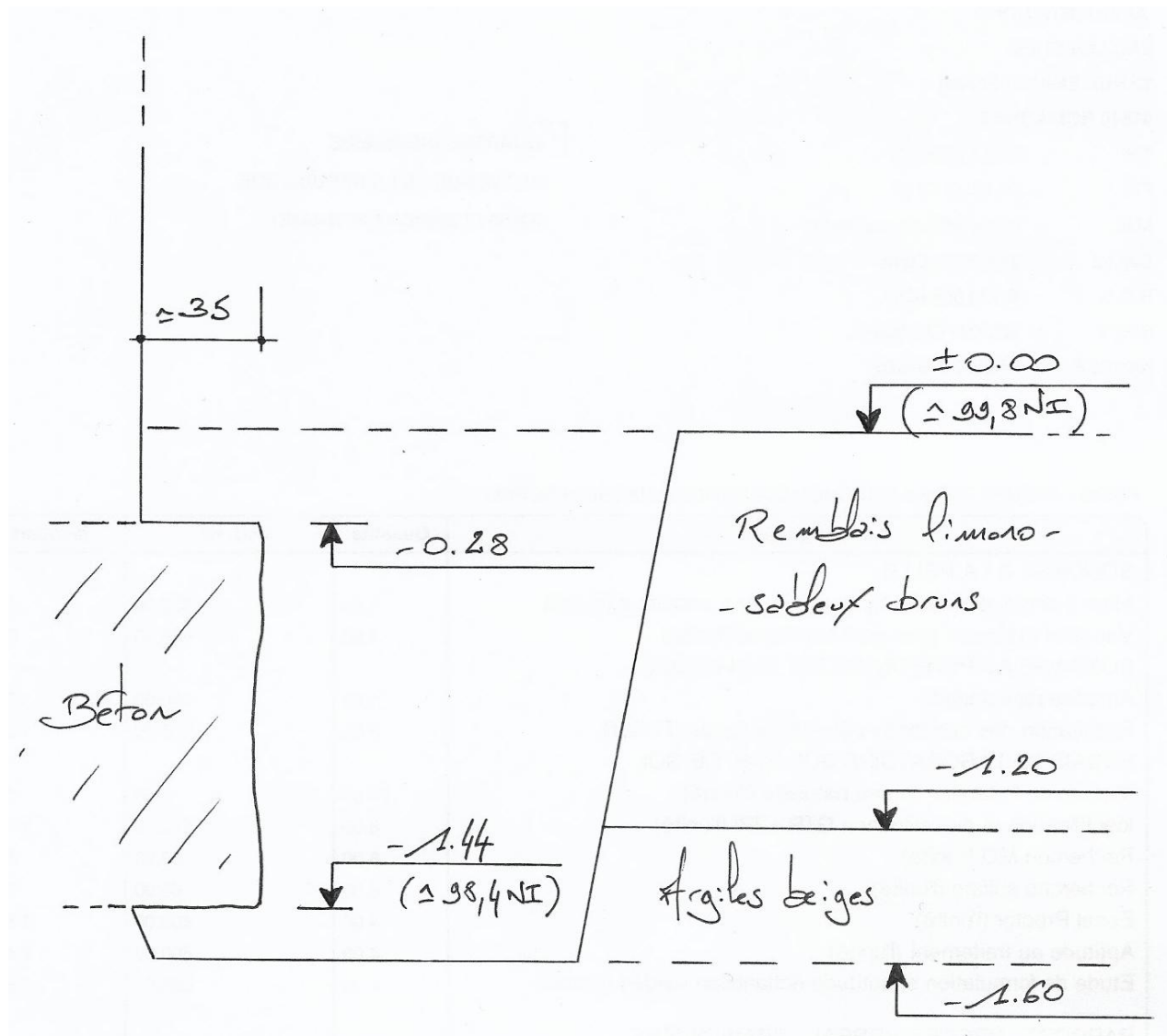
**PU3**

≈ 99.9 NI



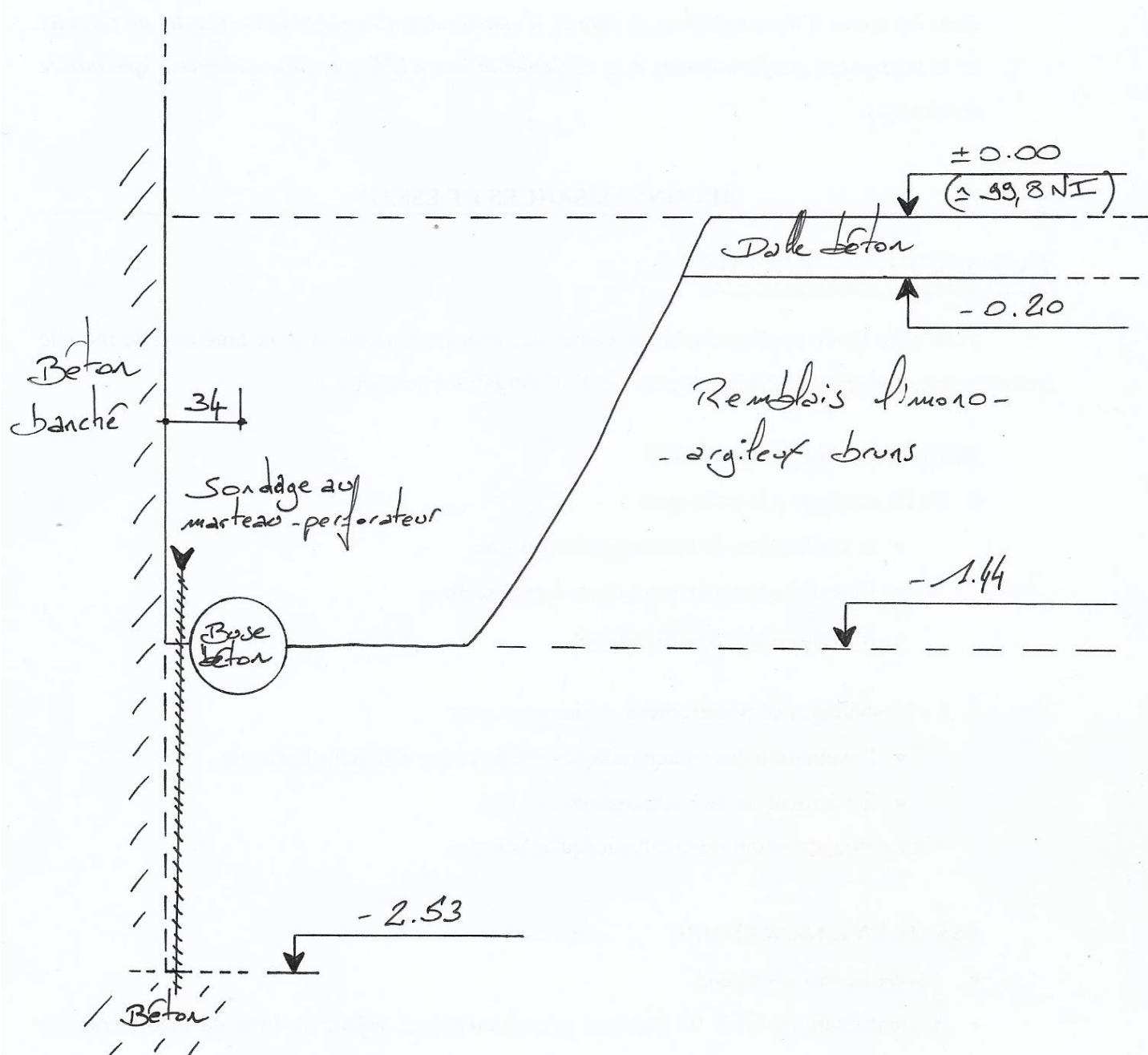
PU4

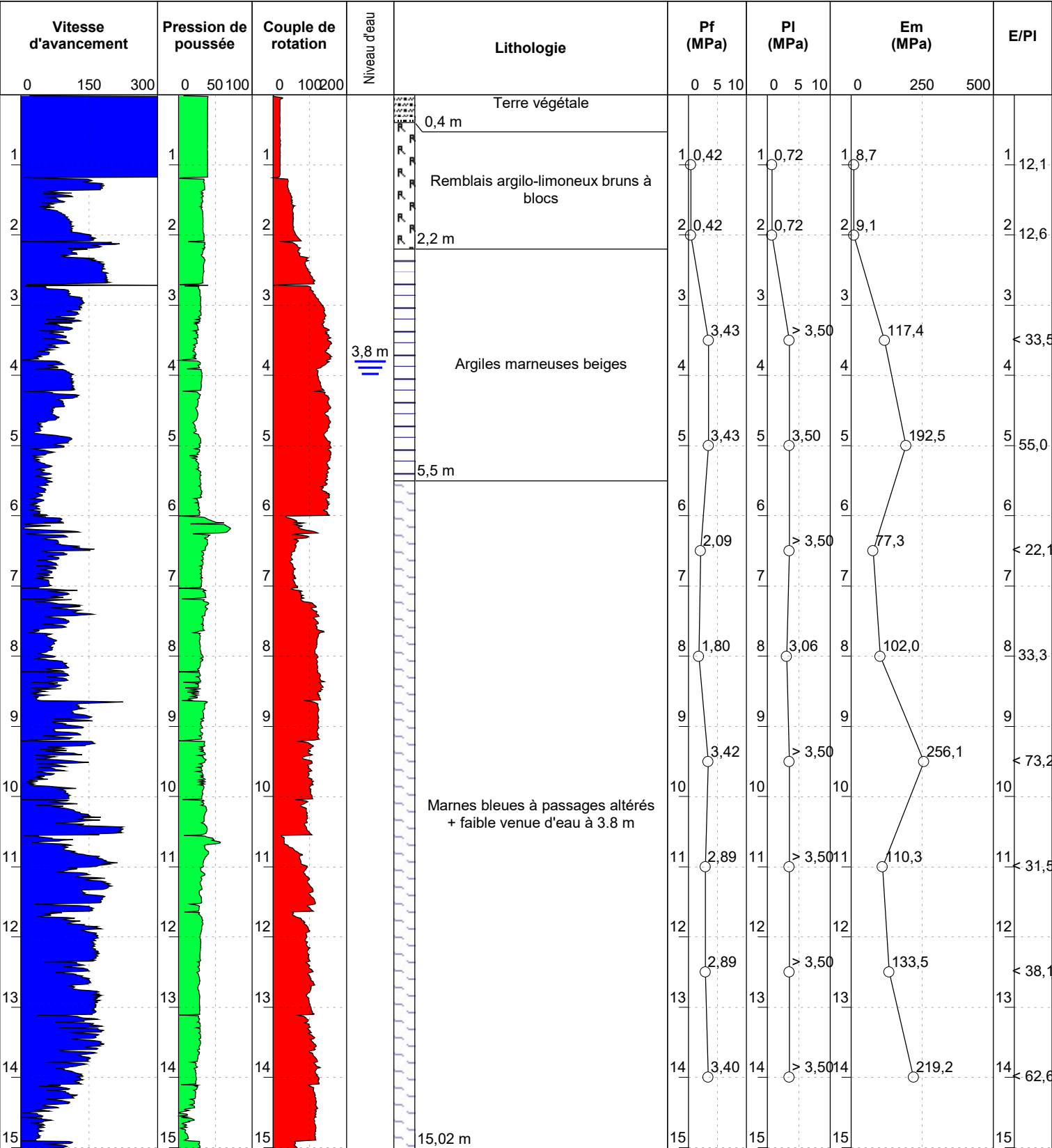
$\approx 99.8 \text{ NI}$

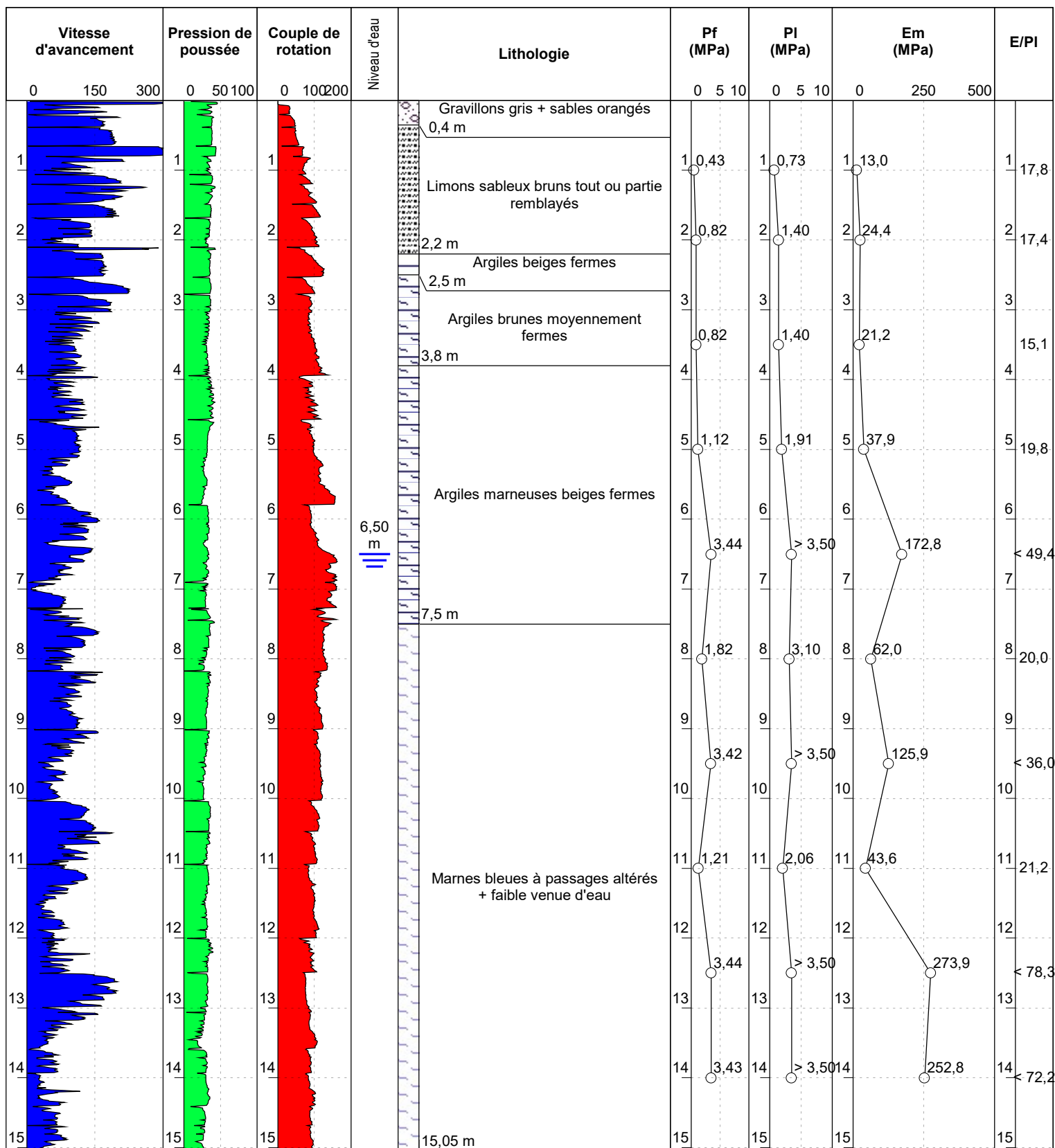


**PU5**

≈ 99.9 NI









## Essai de pénétration dynamique

N° **P1**

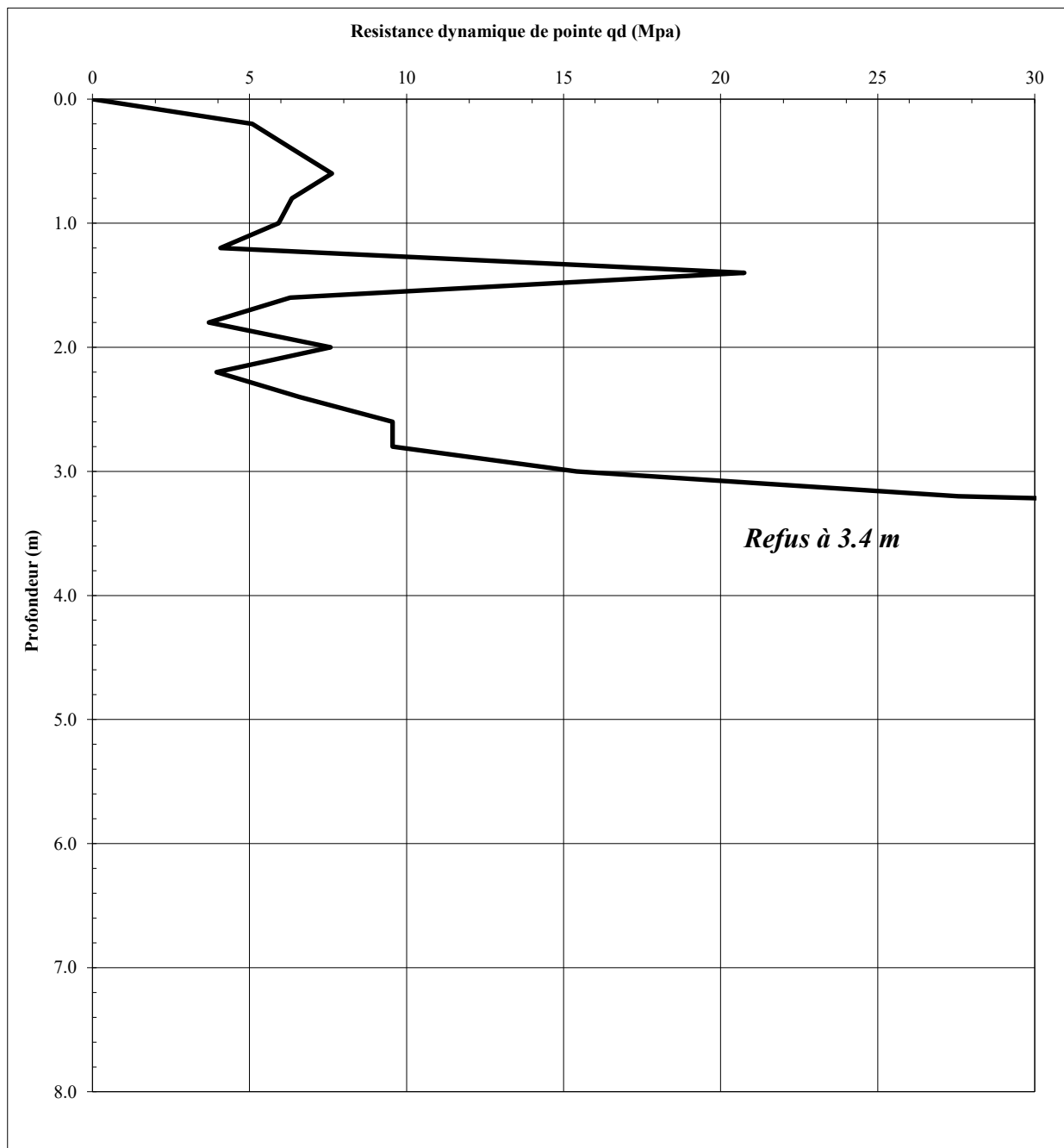
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

Affaire :  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL  
CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

Altitude :  
99.4 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm<sup>2</sup>) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8



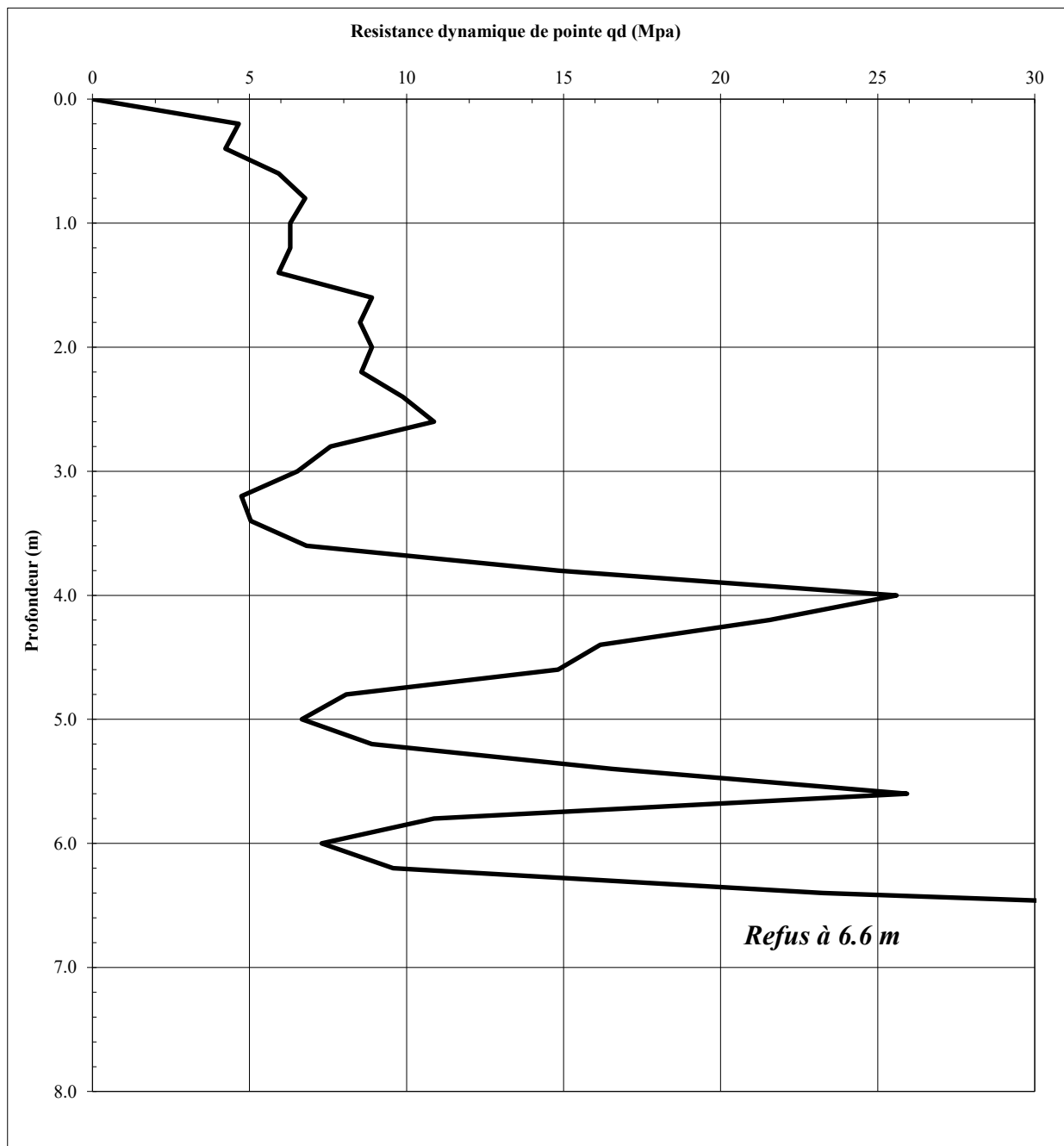
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

**Affaire :**  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

**Altitude :**  
99.8 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm2) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

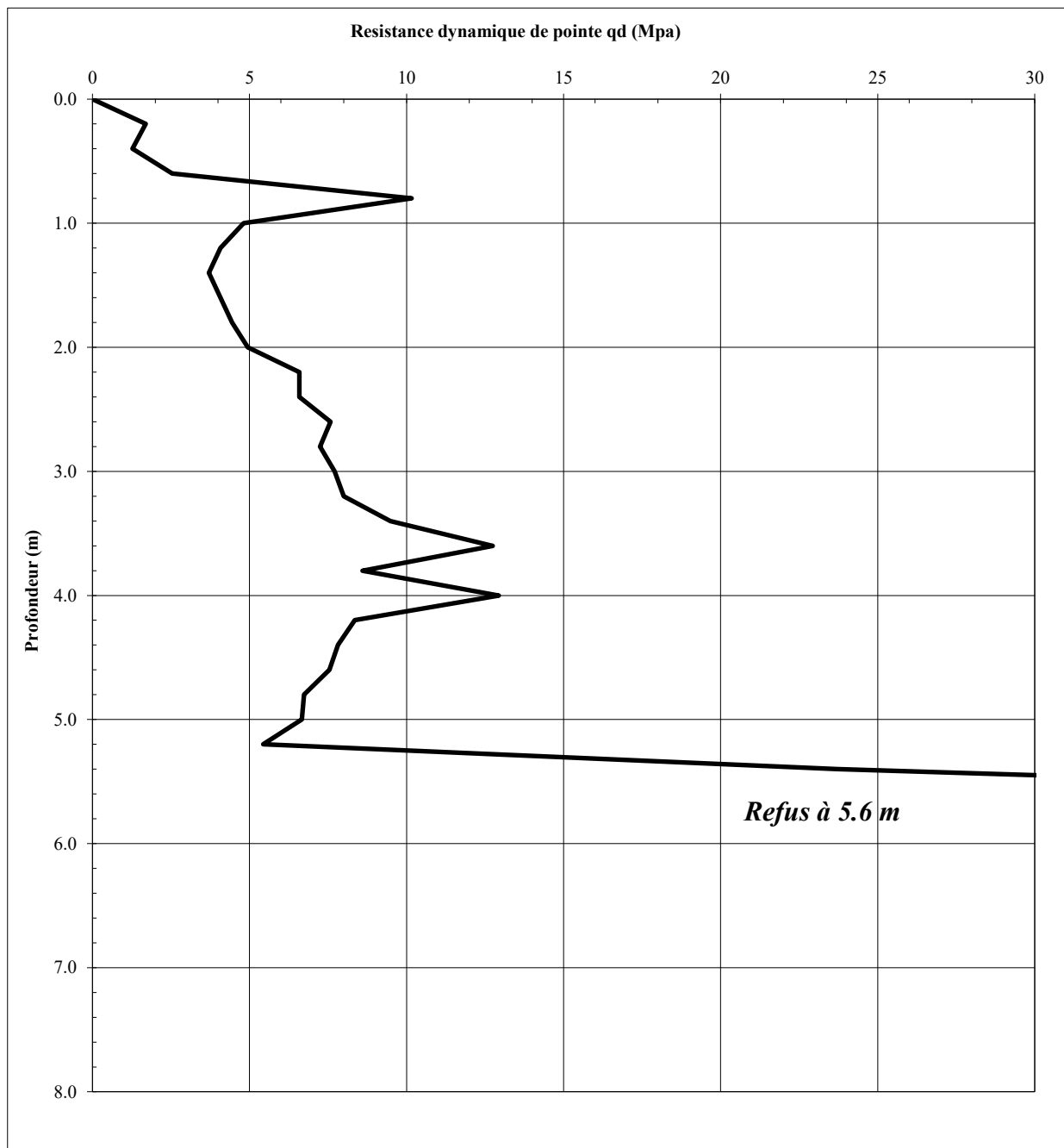
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

**Affaire :**  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

**Altitude :**  
99.9 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm2) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

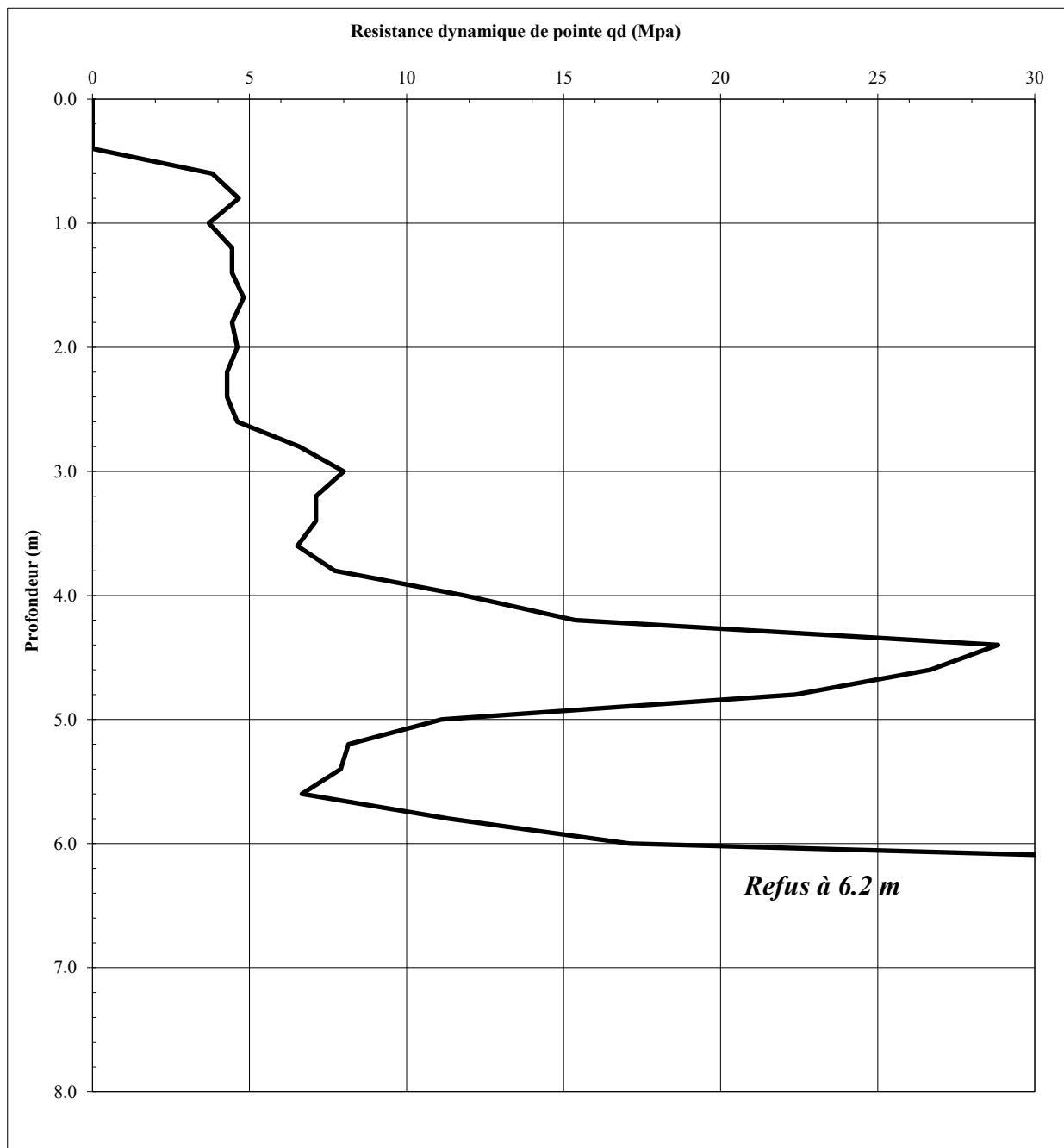
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

**Affaire :**  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

**Altitude :**  
100.0 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm2) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

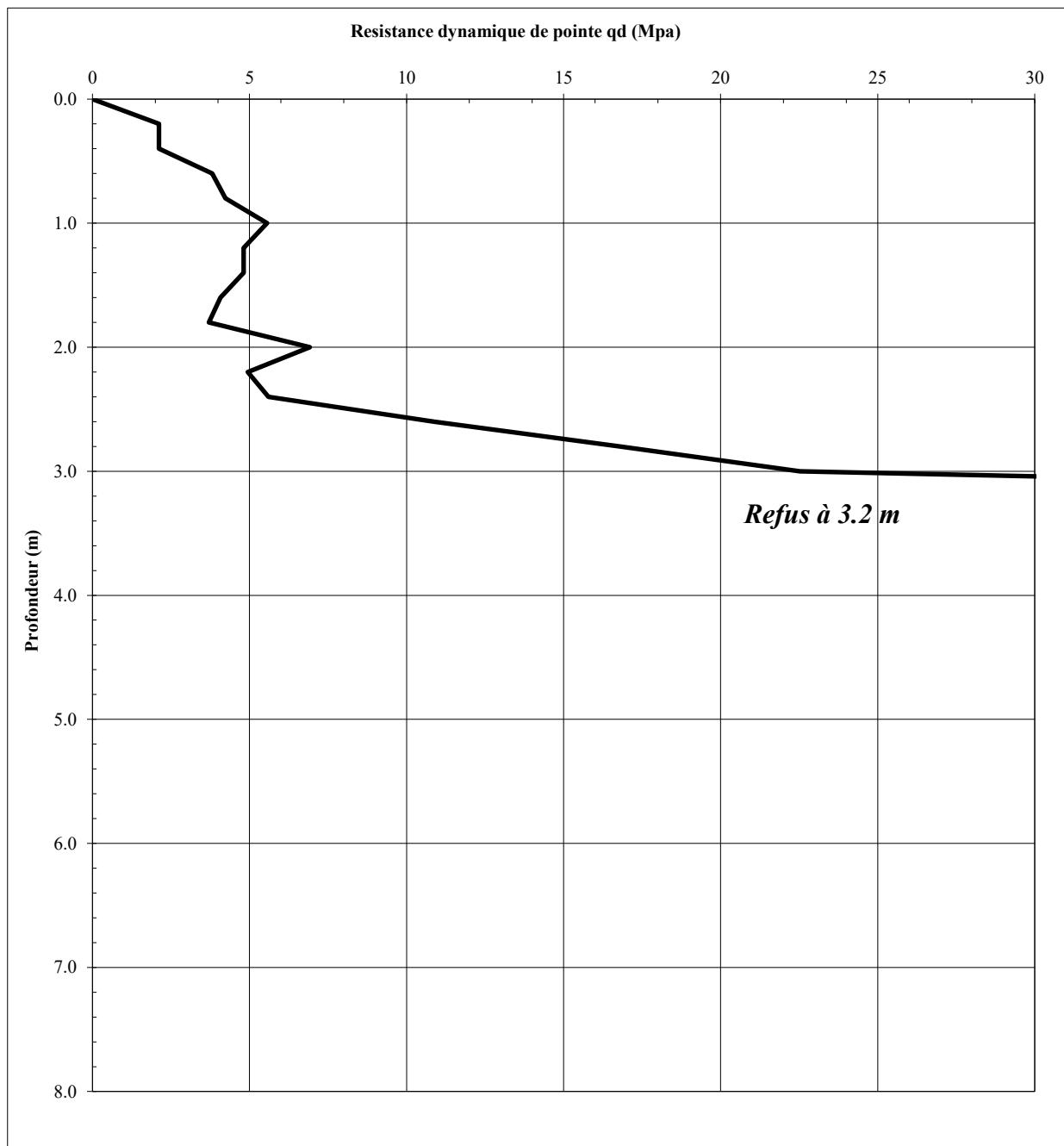
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

**Affaire :**  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

**Altitude :**  
99.9 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm2) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

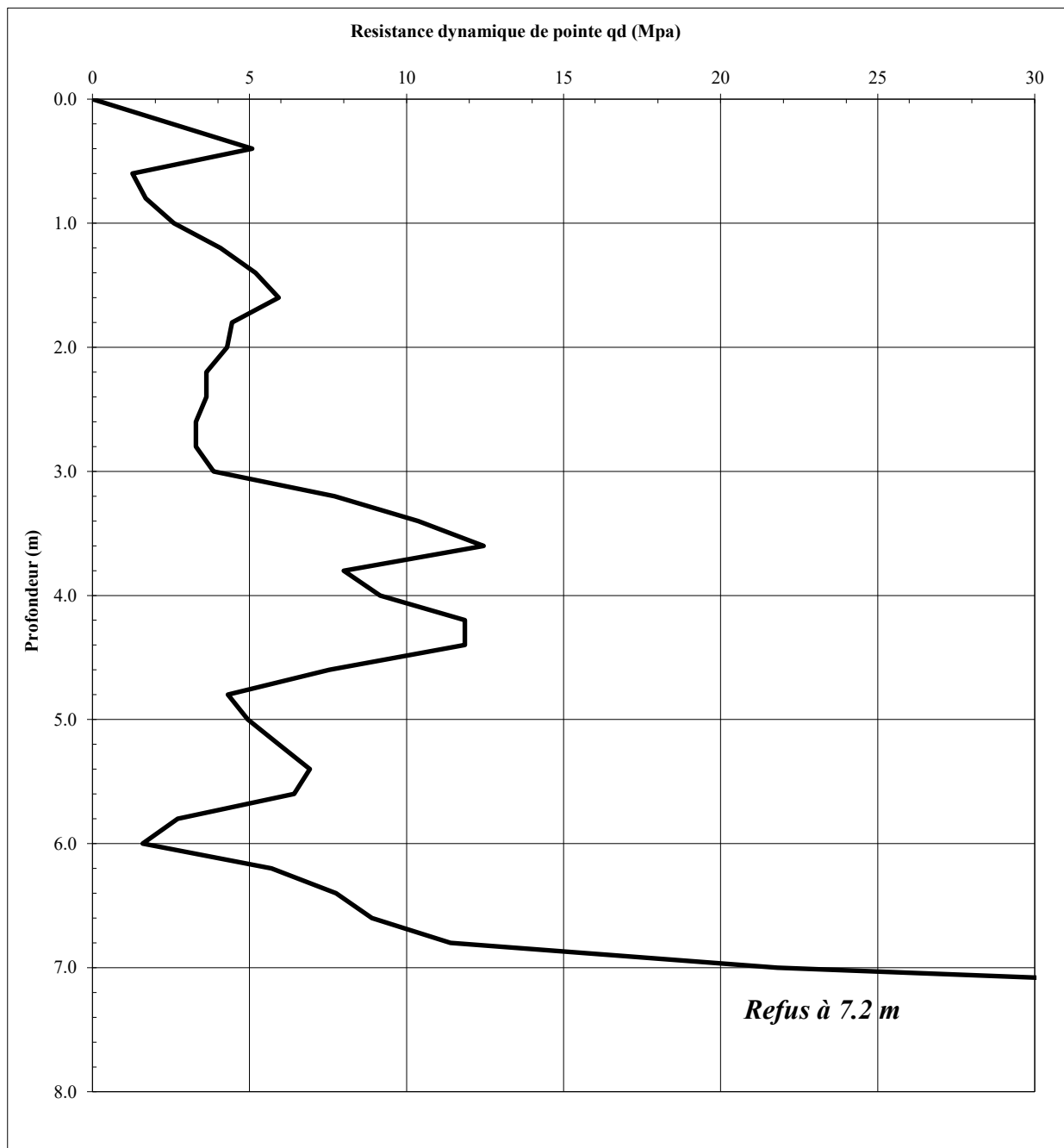
Date :  
17/06/2025

Niveau d'eau  
---

N° de dossier  
A25.11.259

**Affaire :**  
**REHAB. BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO A LEMPDES**

**Altitude :**  
99.8 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm2) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

**Schéma d'implantation des sondages**  
**REHABILITATION BATIMENT PRINCIPAL**  
**CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP**  
**A LEMPDES**

**A25.11.259.a/A**



Sondage pressiométrique (SP)



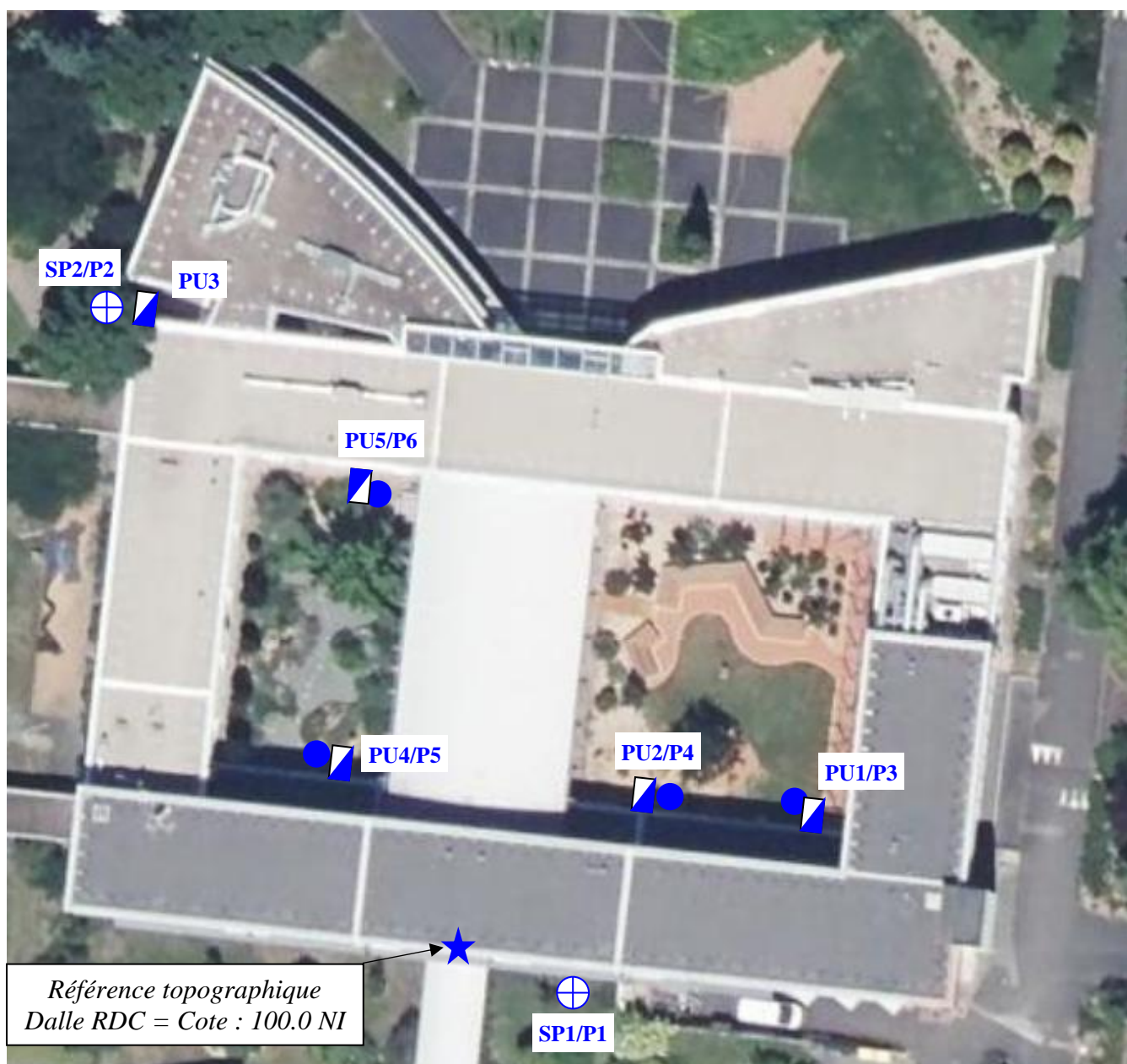
Sondage au pénétromètre dynamique (P)




Reconnaissance de fondations (PU)

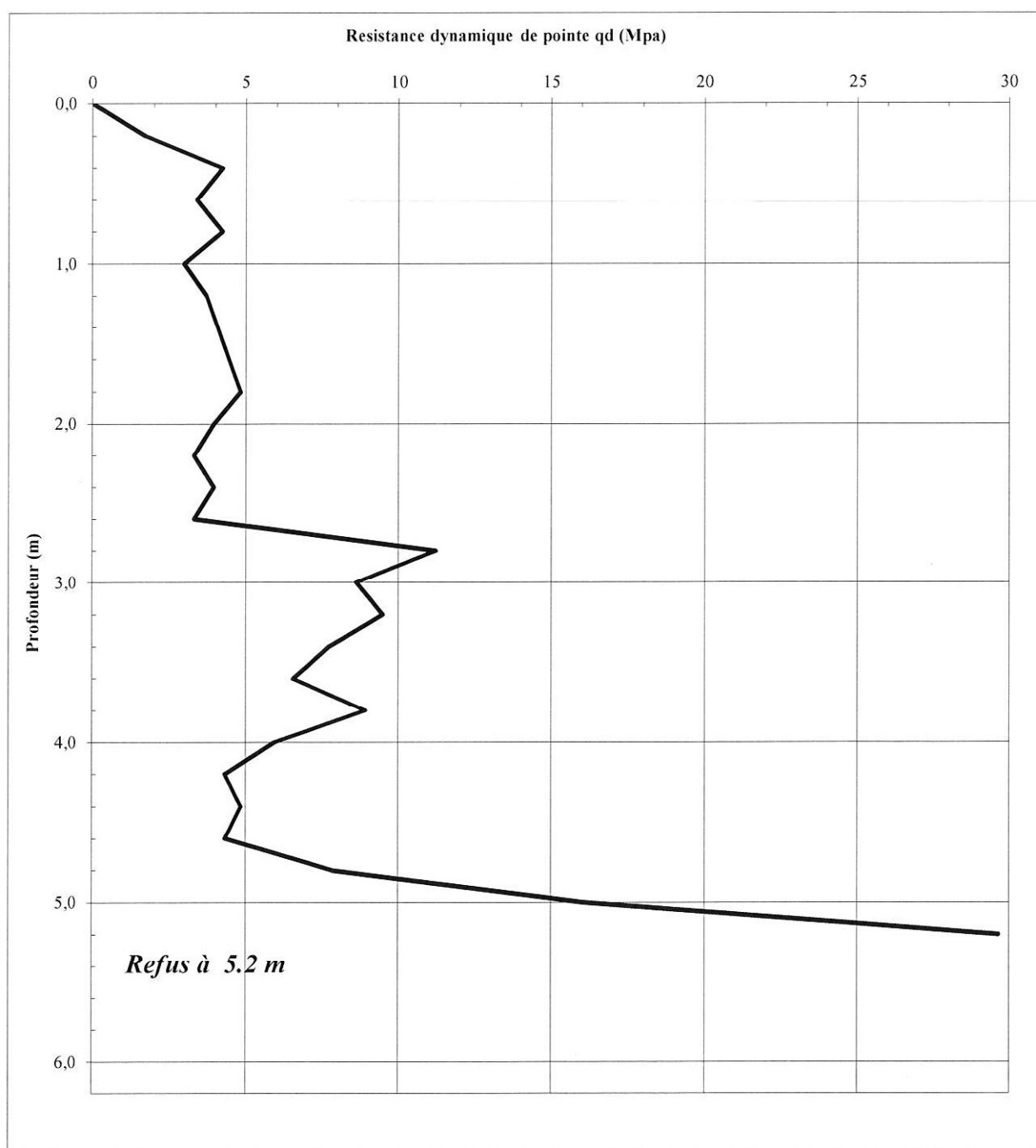
Juin 2025

Échelle : sans




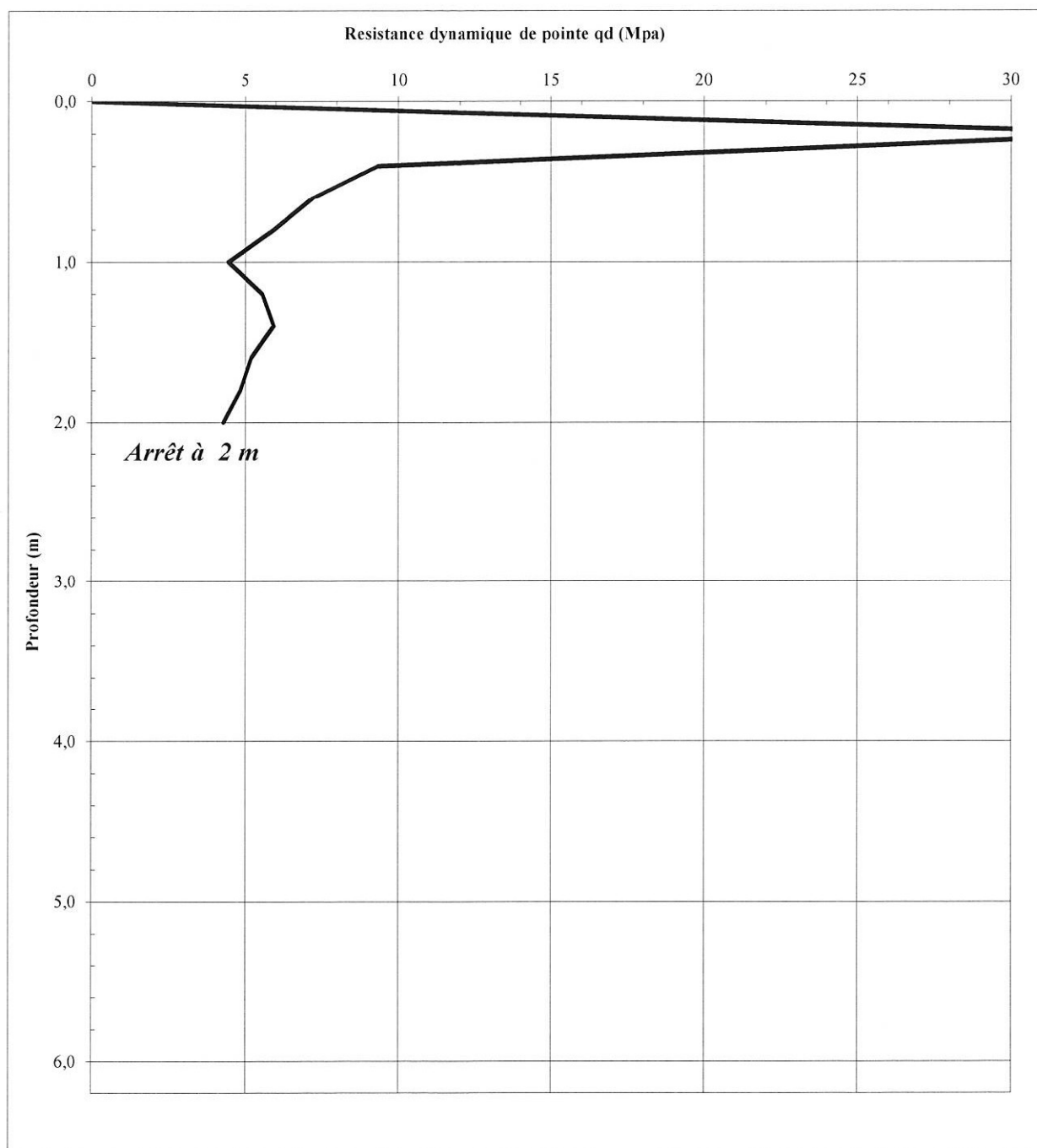


	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P1</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<b>Affaire :</b> Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES			<u>Altitude :</u>




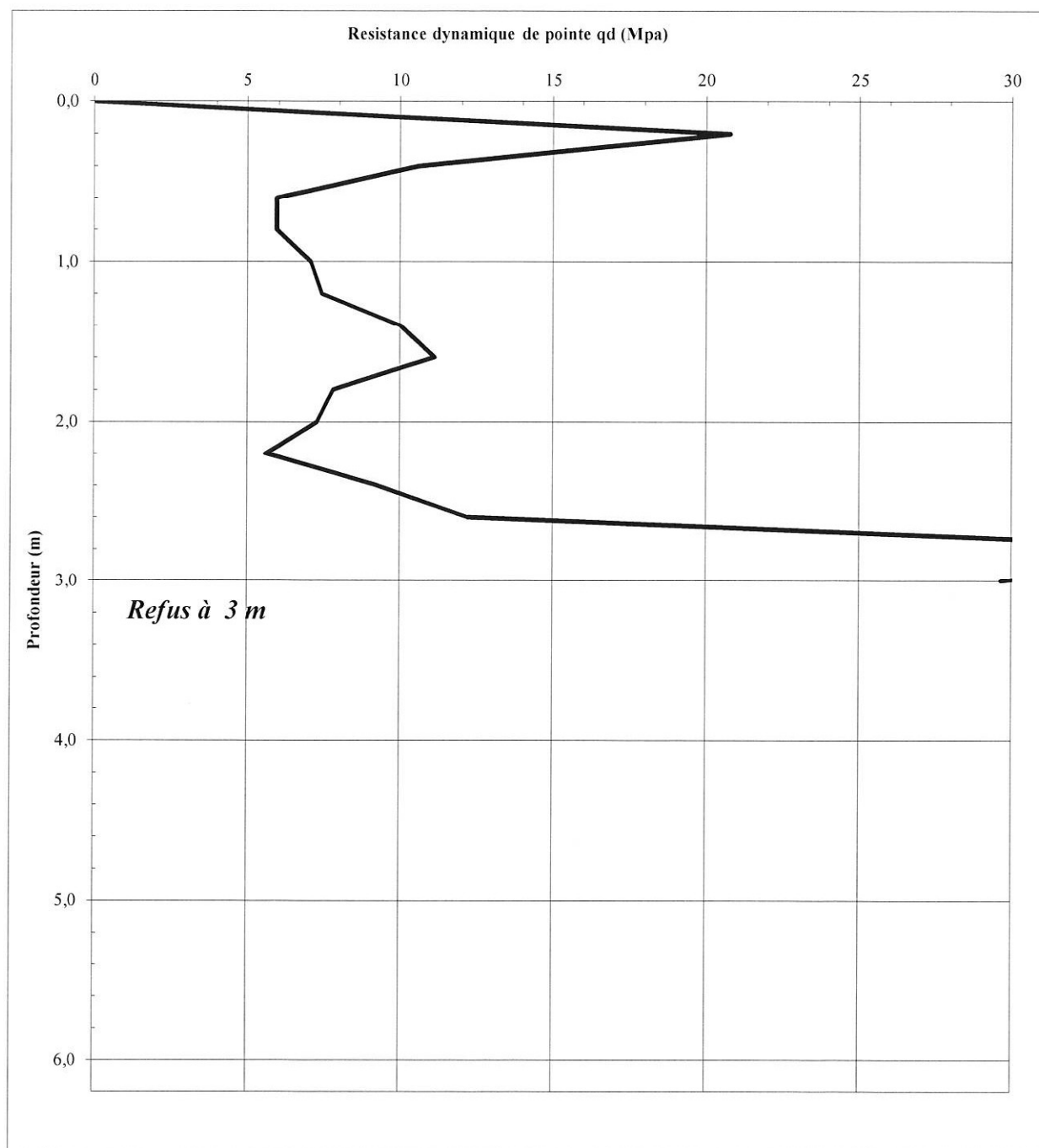
Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P2</b>
	Date : 07/10/2016	Niveau d'eau	N° de dossier A16.11.404.a/A
<b>Affaire :</b> Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES			Altitude :



Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P3</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>



Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

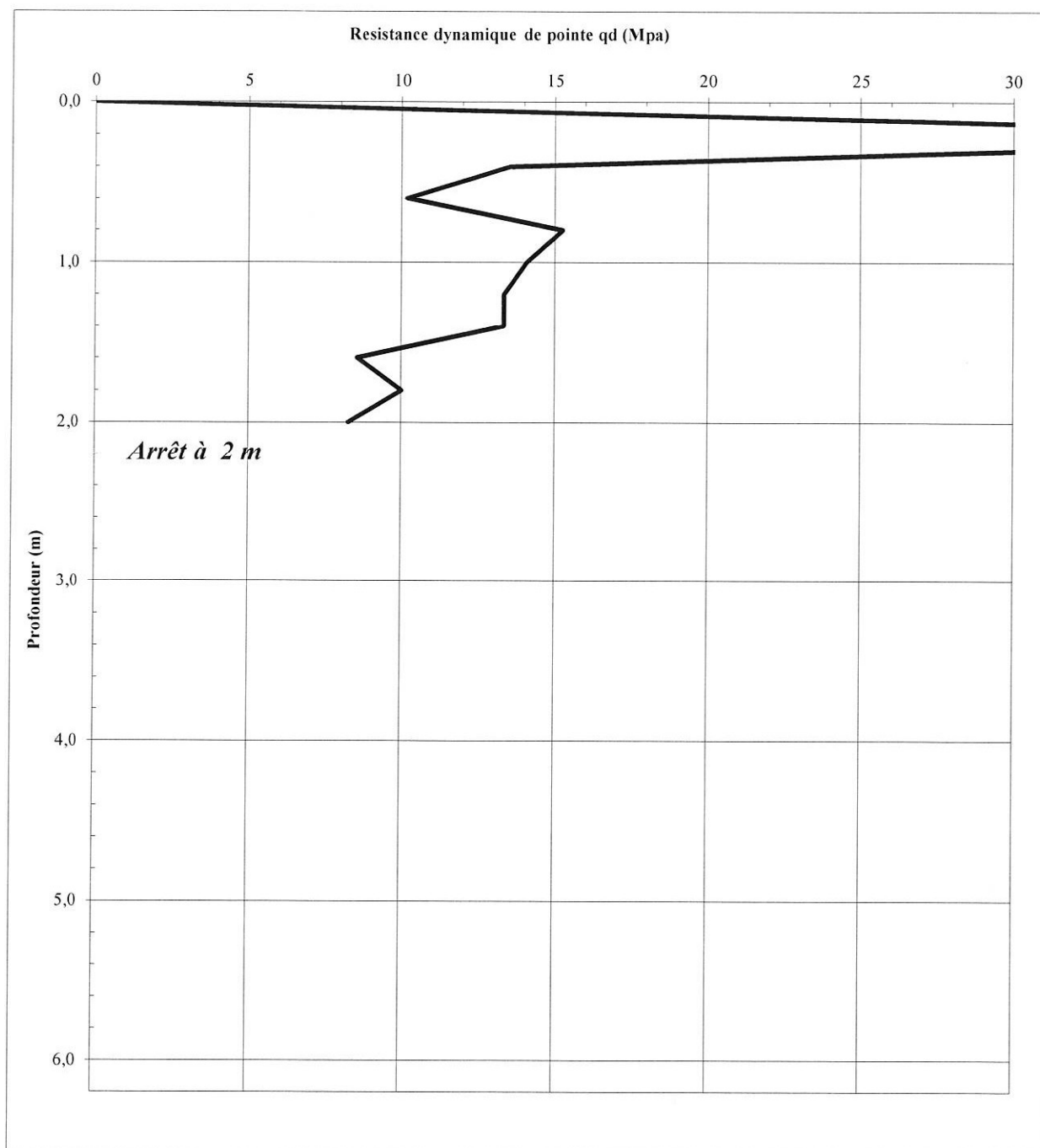
Date :  
07/10/2016

Niveau d'eau

N° de dossier  
A16.11.404.a/A


**Affaire :**  
**Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES**

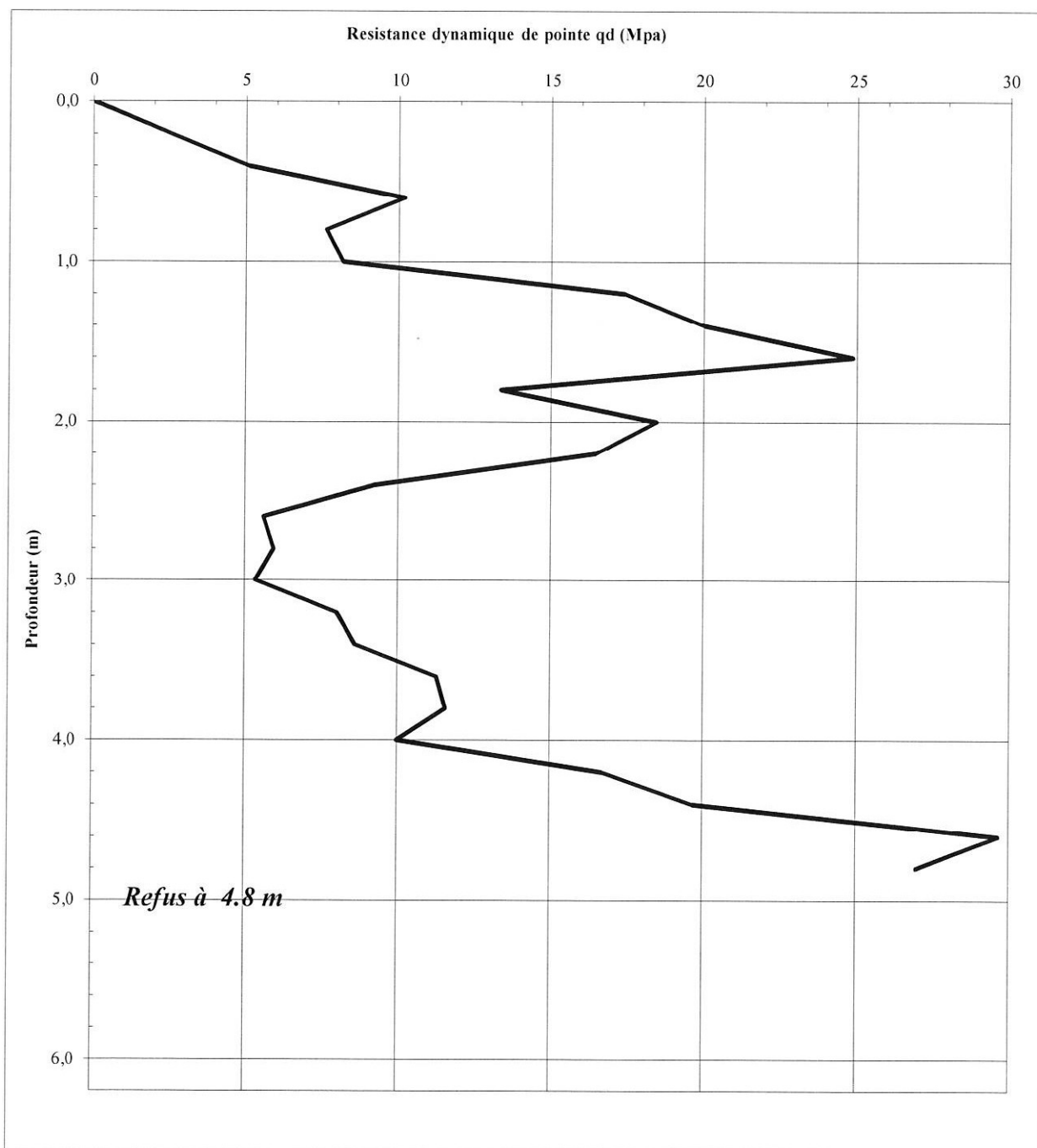
**Altitude :**




Masse du mouton (kg): 20,2  
hauteur de chute (m) : 0,53  
Section pointe (cm2) : 9,6

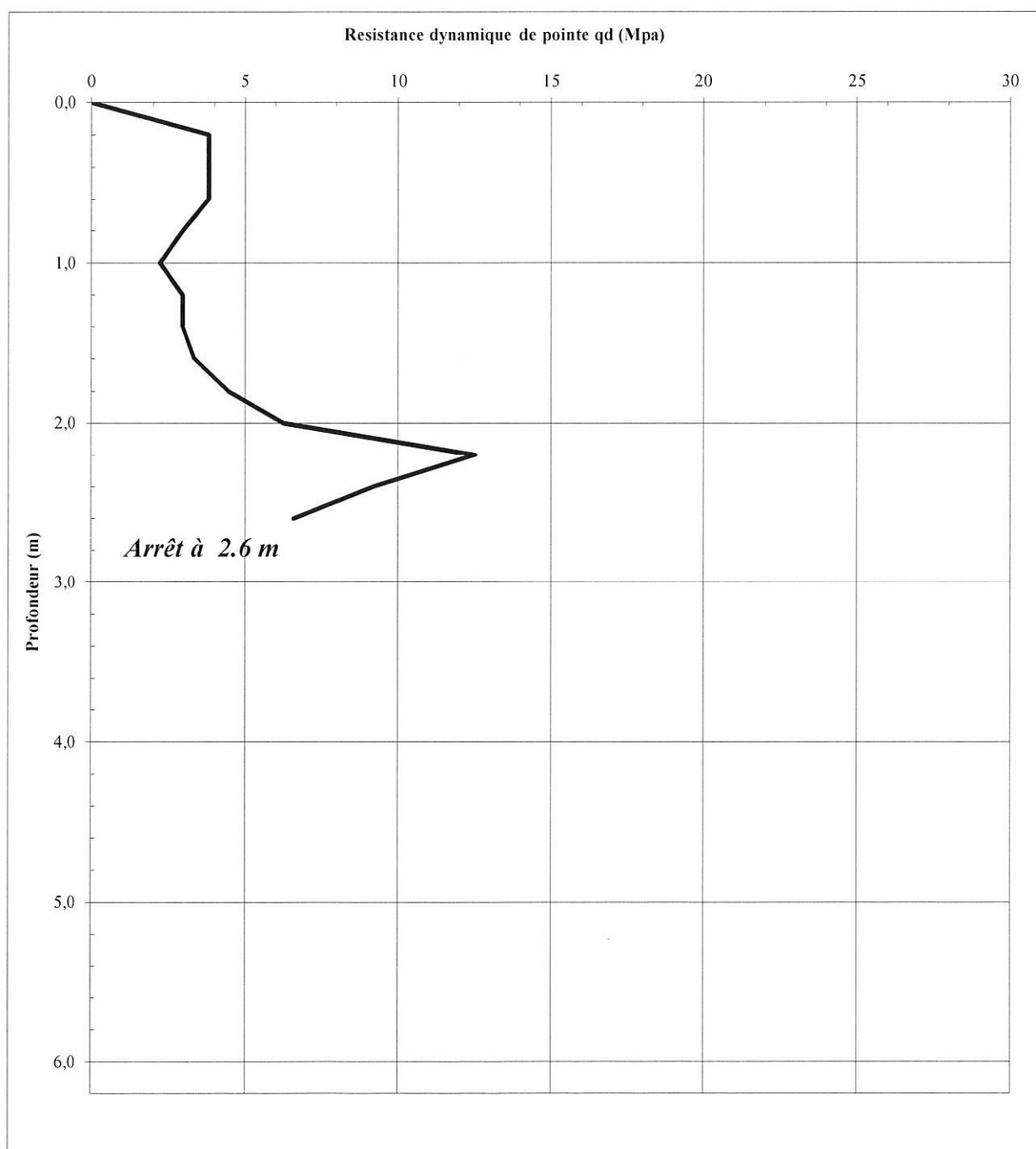
Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2,6  
Masse d'une tige (kg) : 3,8

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P5</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>




Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

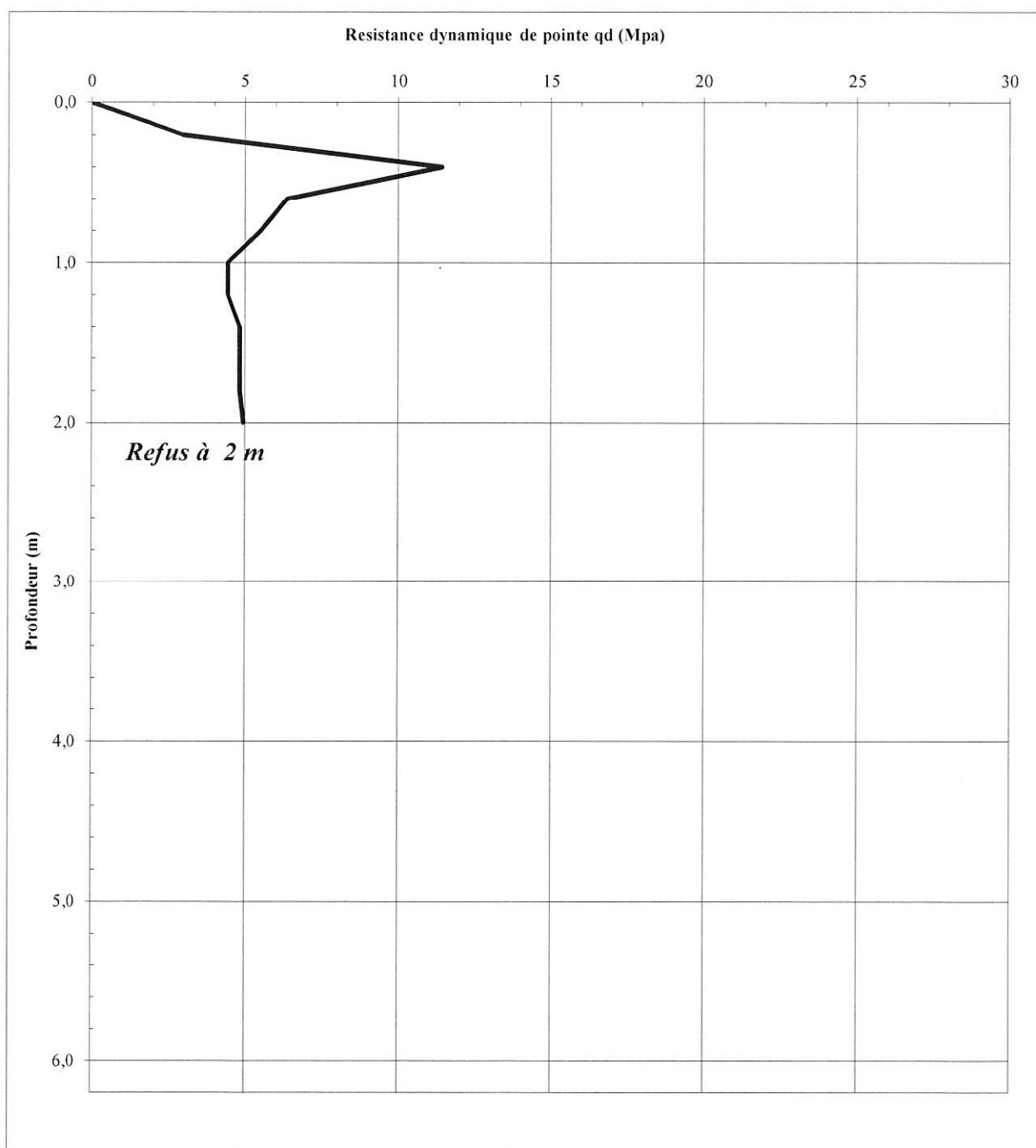
	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P6</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>




Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

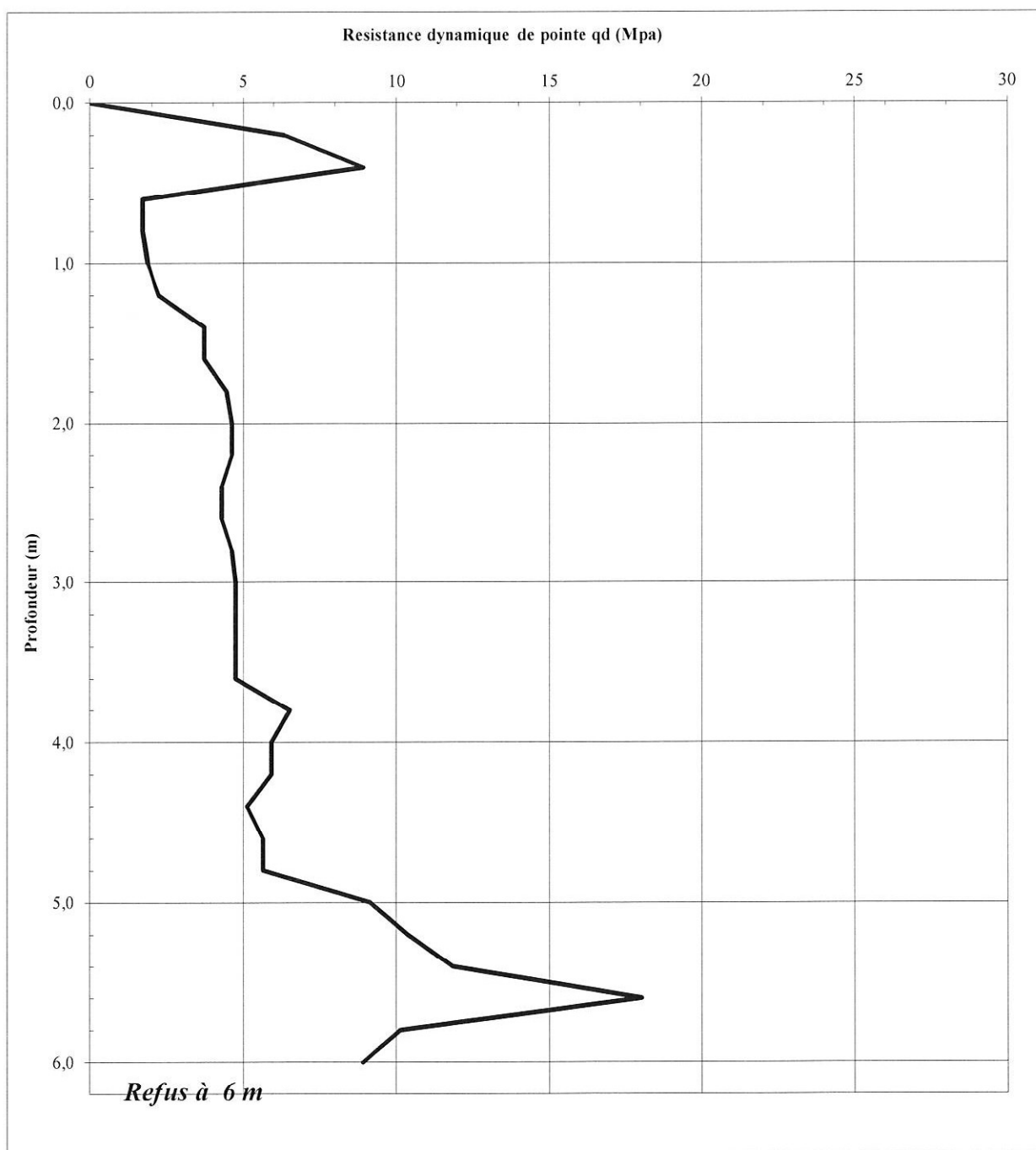


	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P7</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>



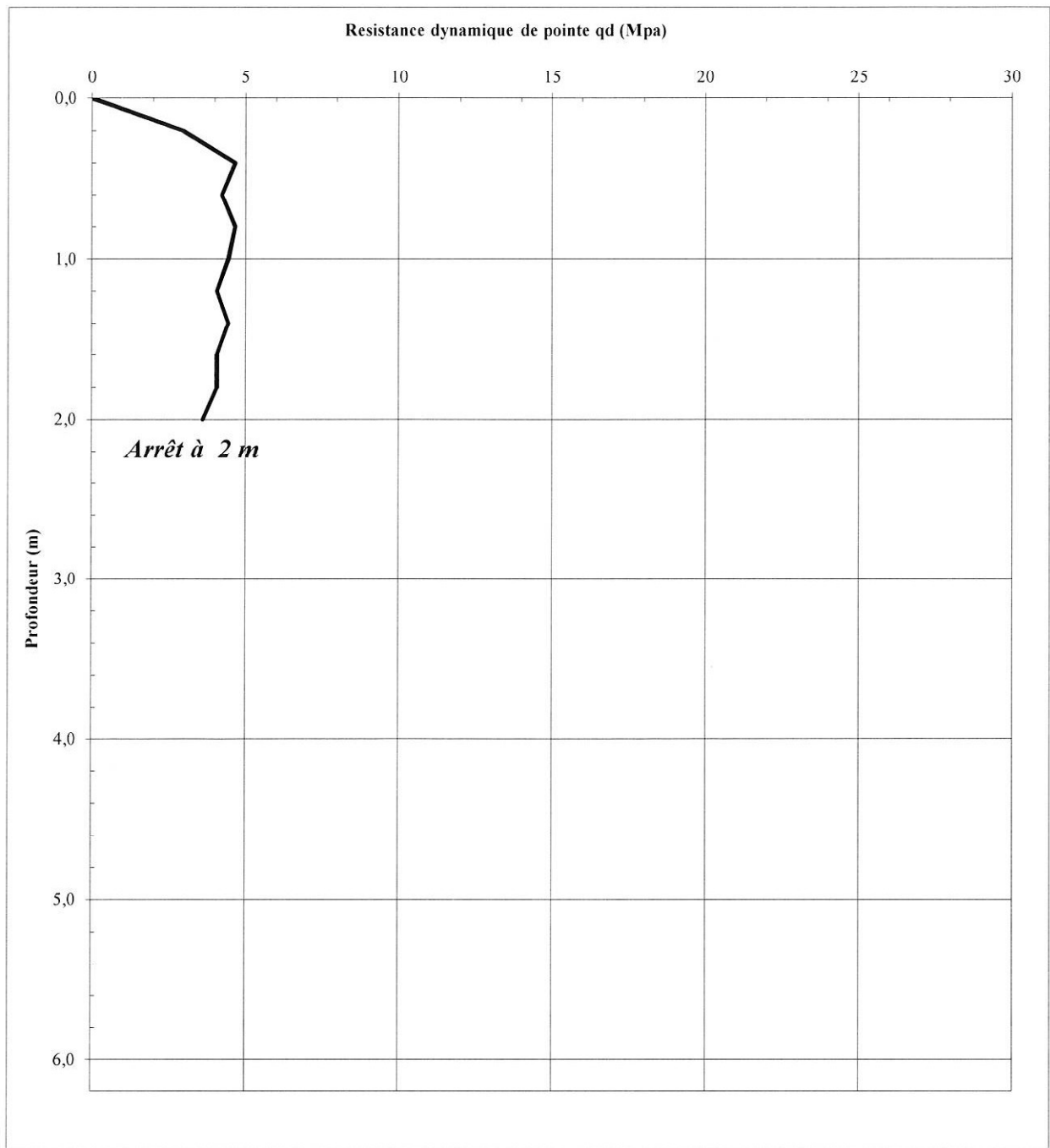
Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<i>Essai de pénétration dynamique</i>		N° <i>P8</i>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> Travaux de réhabilitation énergétique site Vertagro SUP - LEMPDES			<u>Altitude :</u> 99,8



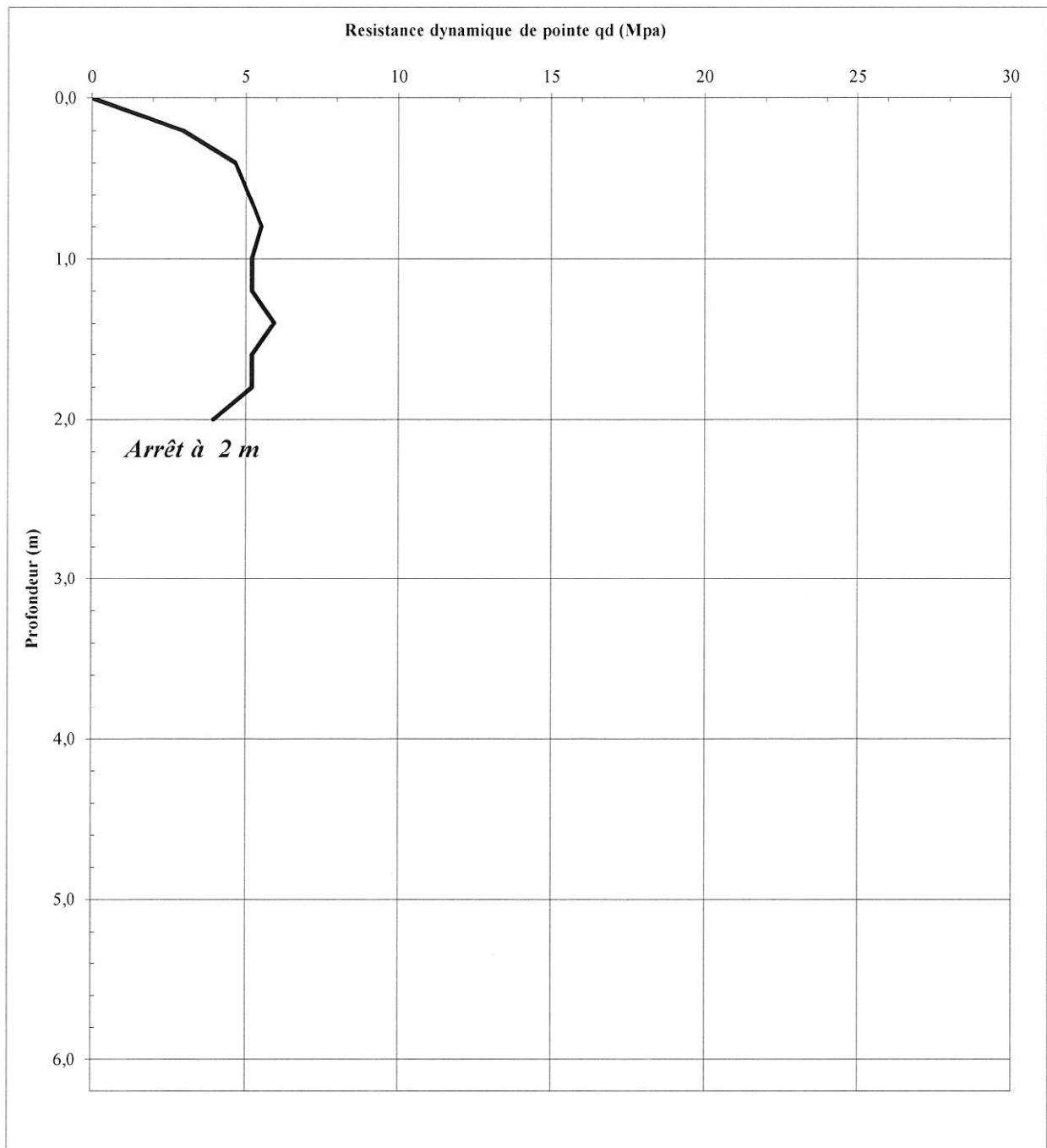
Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P9</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>



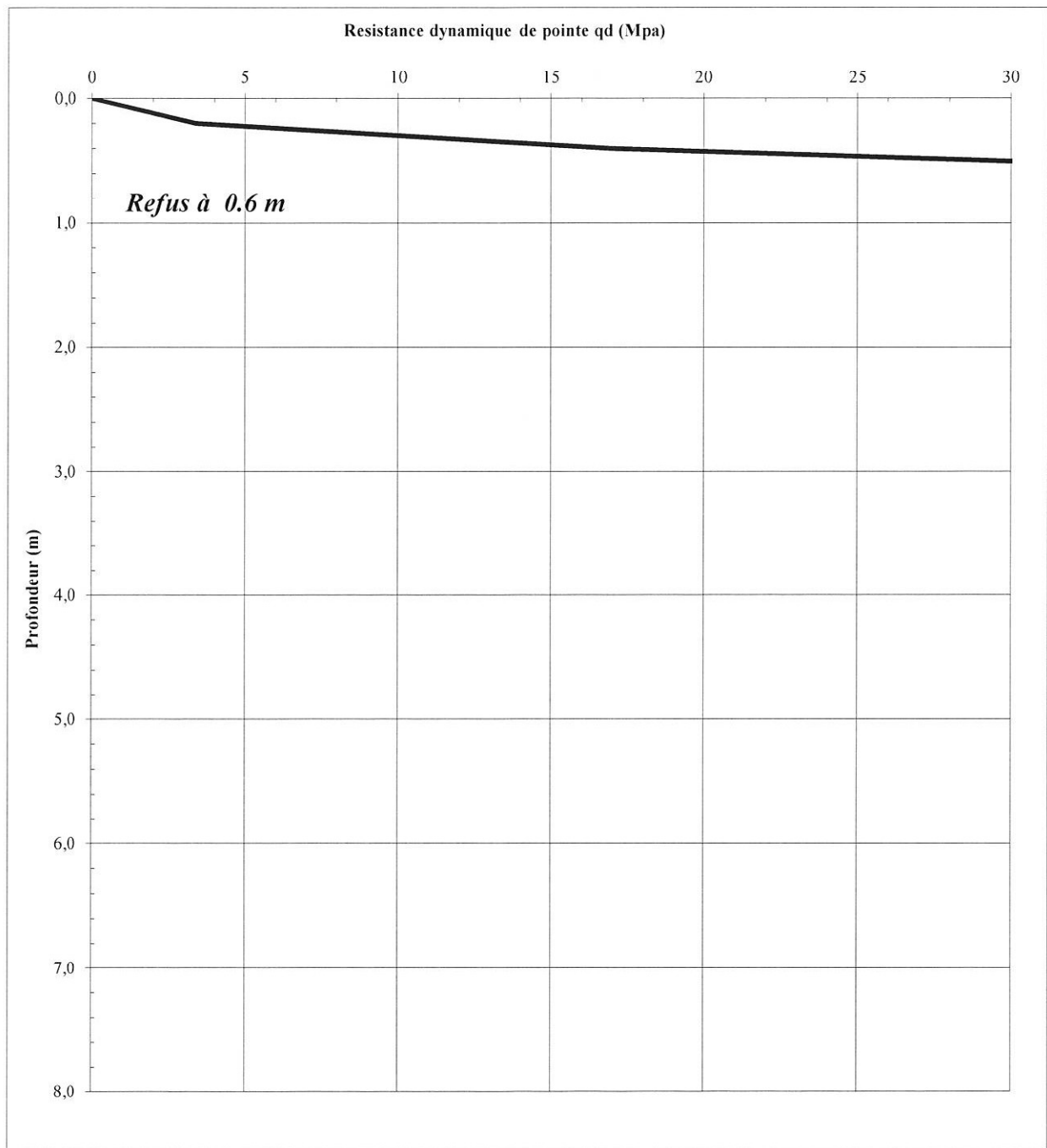
Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P10</b>
	Date : 07/10/2016	Niveau d'eau	N° de dossier A16.11.404.a/A
<b>Affaire :</b> Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES			Altitude :




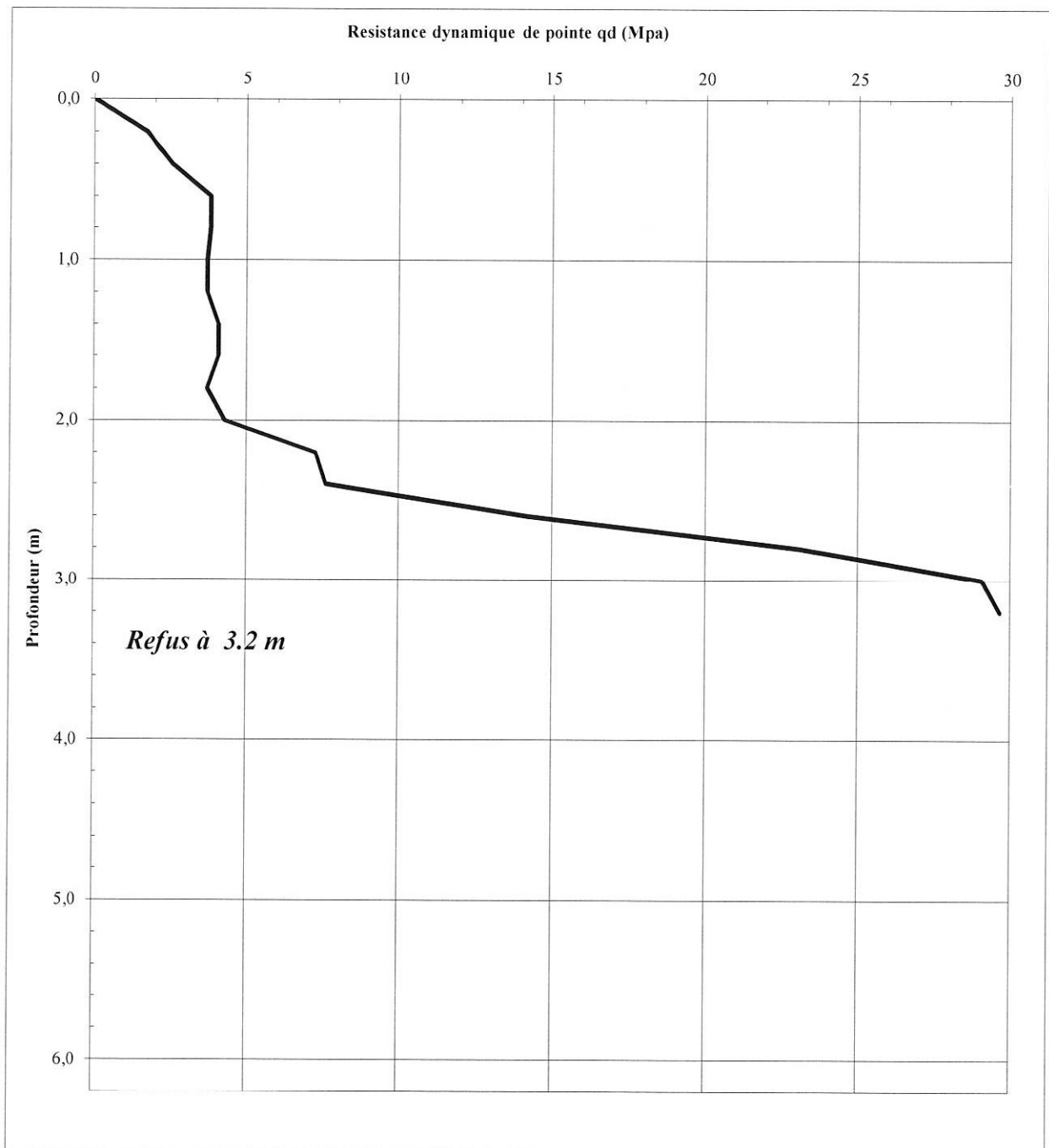
Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P11</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>




Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

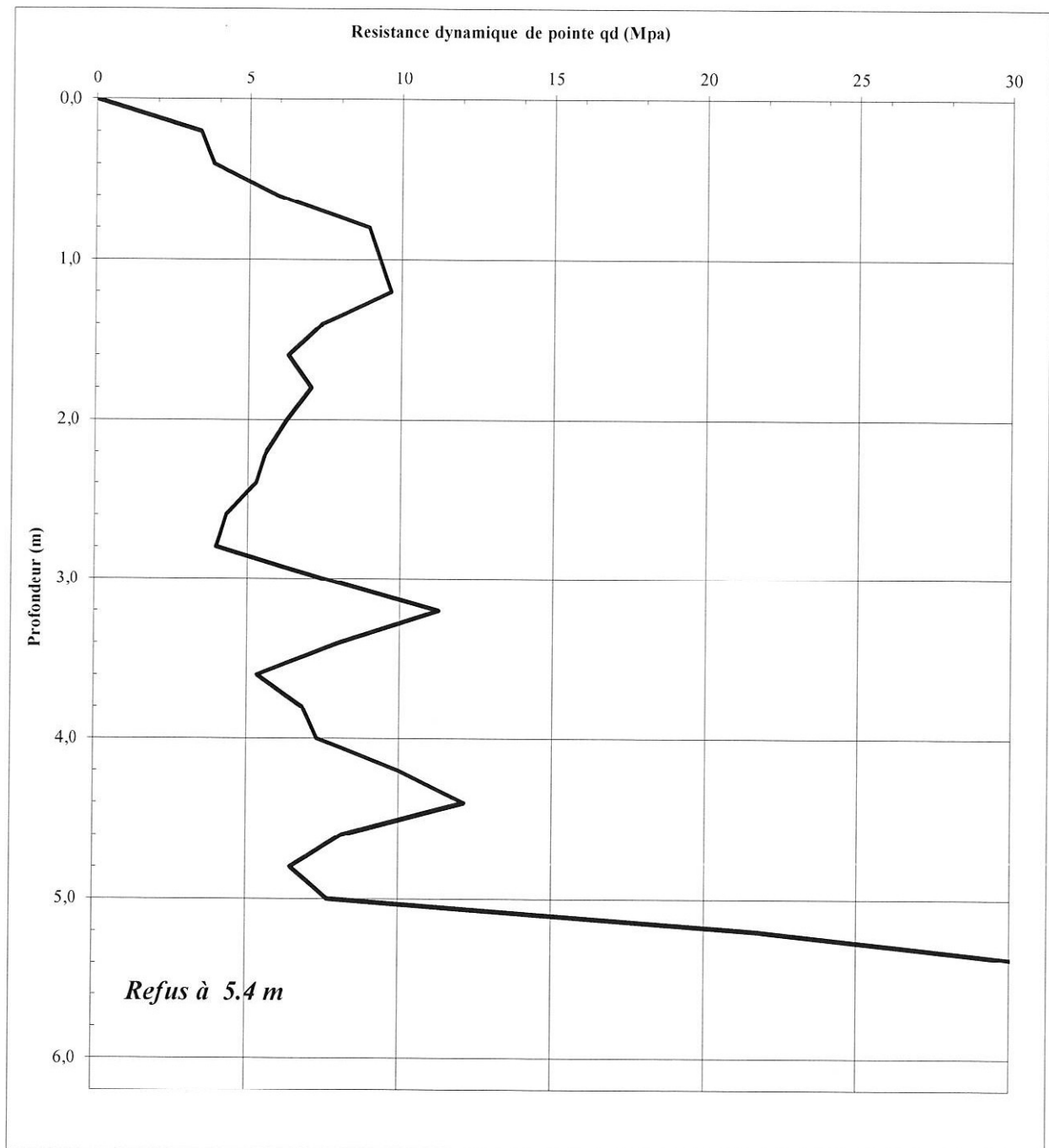
	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P12</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>




Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

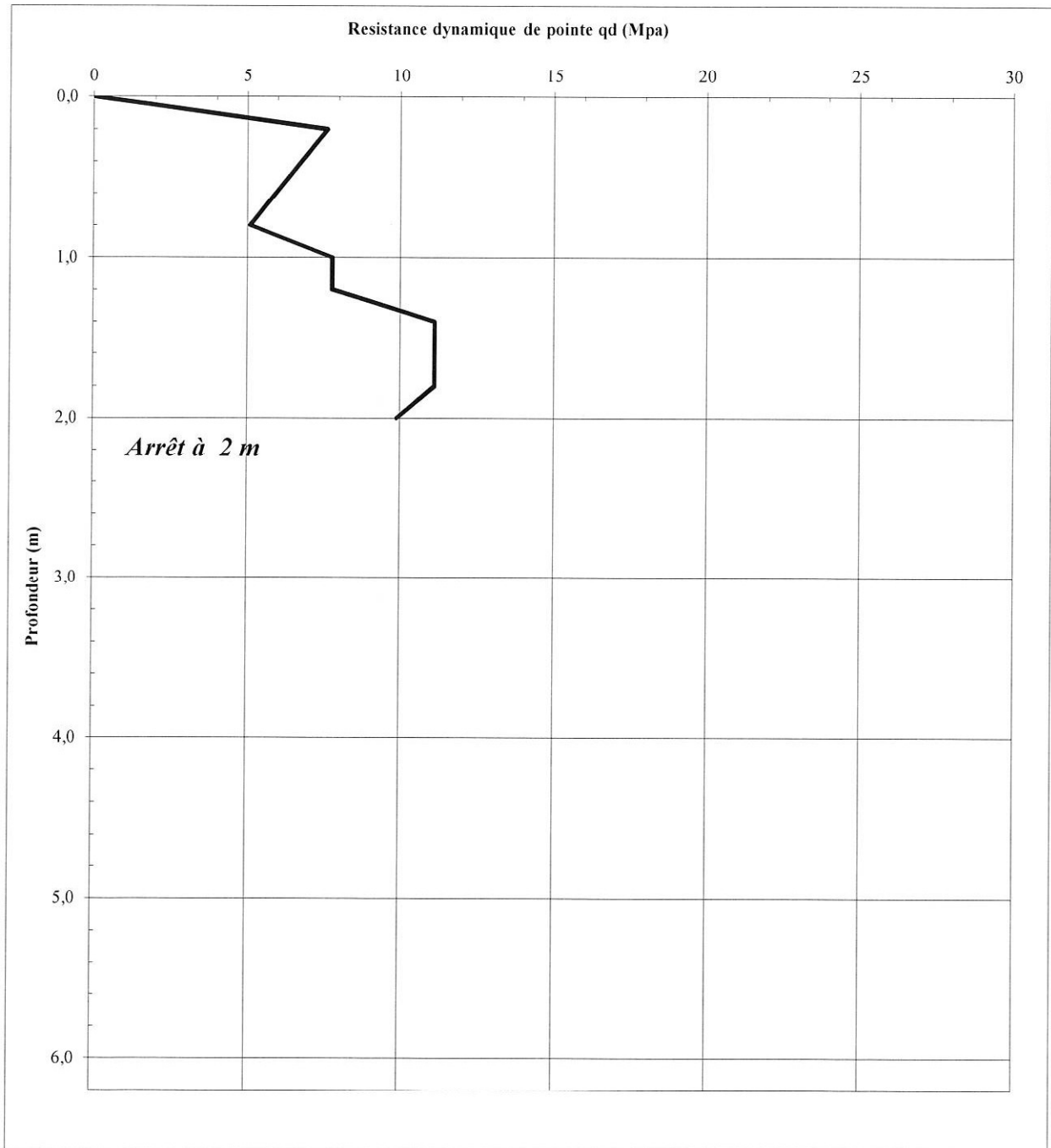


	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P13</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>



Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		

	<b>Essai de pénétration dynamique</b>		<b>N° P14</b>
	<u>Date :</u> 07/10/2016	<u>Niveau d'eau</u>	<u>N° de dossier</u> A16.11.404.a/A
<u>Affaire :</u> <b>Travaux de réhabilitation énergétique site VETAGRO SUP - LEMPDES</b>			<u>Altitude :</u>



Masse du mouton (kg): 20,2	Masse enclume+guidage mouton (kg) :	2,6
hauteur de chute (m) : 0,53	Masse d'une tige (kg) :	3,8
Section pointe (cm2) : 9,6		



Sondage au pénétromètre dynamique (P)

Septembre 2016

Échelle : sans

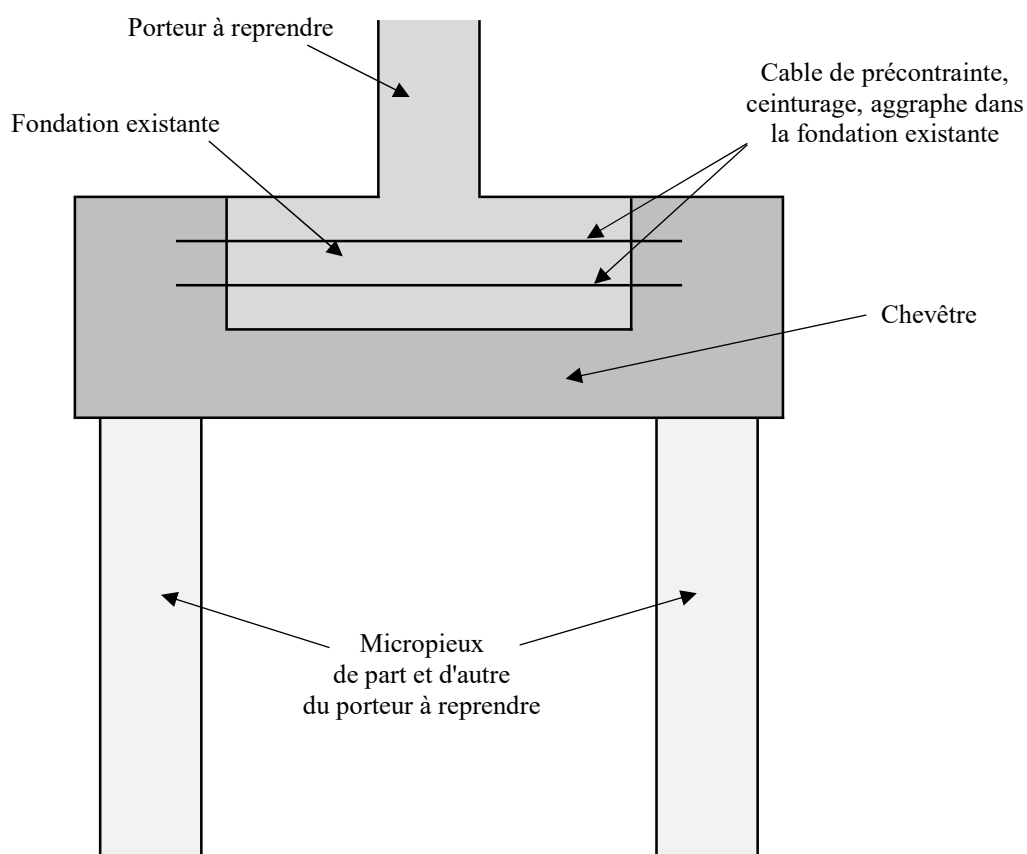


#### Remarques préliminaires, généralités :

- Le BET Structure devra, dans l'établissement des descentes de charges en vue de la RSO (Reprise en Sous-Oeuvre), prendre en considération la géométrie retenue pour l'exécution des micropieux et les efforts parasites induits sur les micropieux (moments, efforts horizontaux, ...);
- Selon les EC8 §5.4.2(5), les micropieux inclinés ne sont pas recommandés pour la transmission des charges latérales au sol. Toutefois, compte tenu des impératifs d'exécution, une inclinaison inférieure ou égale à 10° peut être tolérée ;
- La liaison micropieu/longrine ou chevêtre ainsi que la liaison longrine/structure devront impérativement être étudiées/dimensionnées par un BET Structure.

#### Cas 1 : Mise en place d'un chevêtre associé à la réalisation d'un micropieu de part et d'autre du porteur à reprendre.

Dans le cadre d'une reprise en sous œuvre classique et en l'absence d'efforts horizontaux en base de mur, aucun effort parasite de type moments/efforts horizontaux n'est induit par ce type de géométrie.

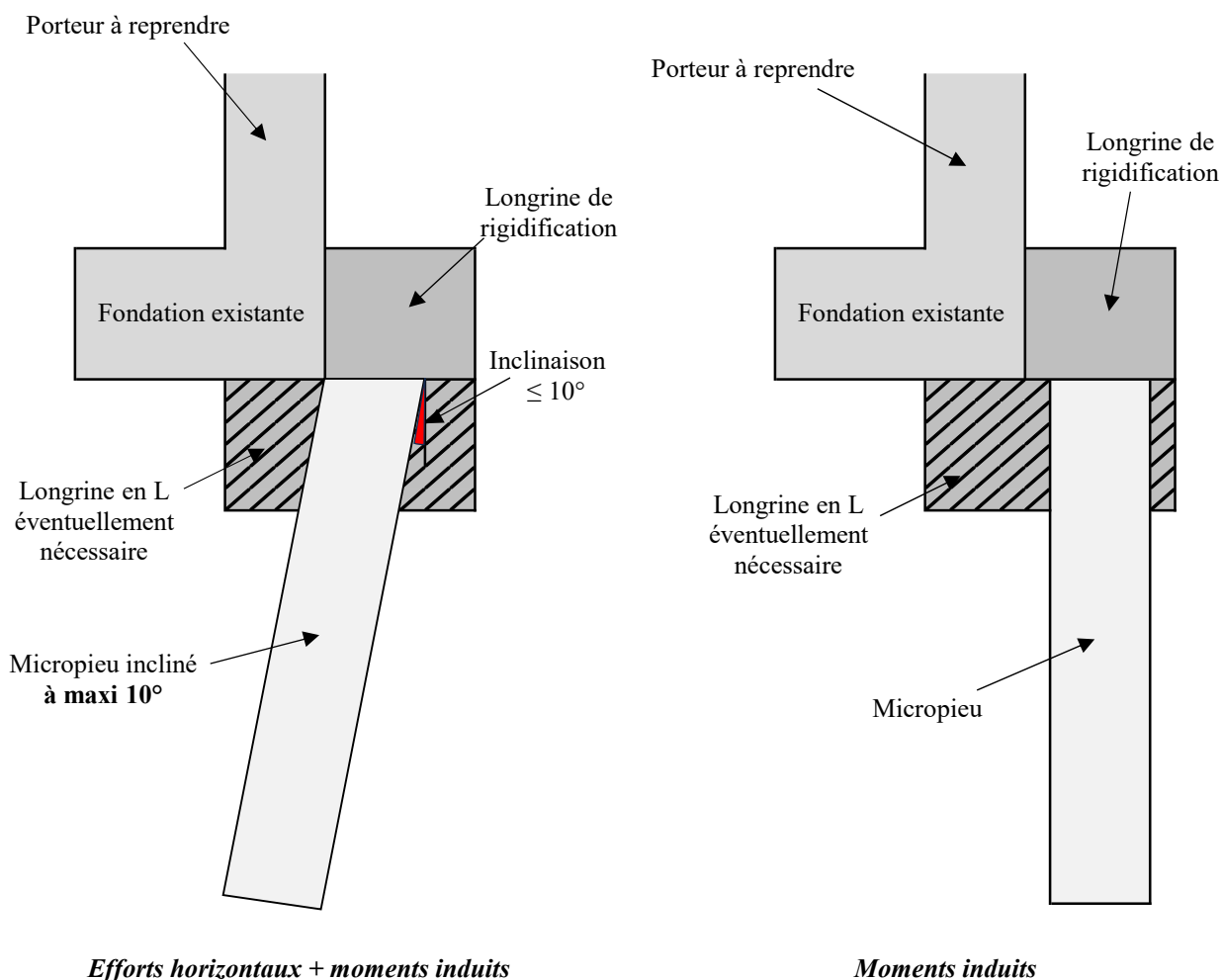


*Aucun effort parasite induit*

**Cas 2 : Mise en place d'une longrine de rigidification associée à la réalisation d'un seul micropieu excentré par rapport au porteur à reprendre.**

Dans le cas où ce type de géométrie est retenu, il convient impérativement de tenir compte des efforts parasites induits par l'excentrement du micropieu par rapport au porteur dans le dimensionnement des micropieux (moments en tête, efforts horizontaux, ...).

Une légère inclinaison ( $\leq 10^\circ$ ) permet de diminuer le bras de levier et donc les moments parasites induits mais conduit à générer un effort horizontal dans le micropieu projeté.



Dans tous les cas, les descentes de charges devront être établies par un BET Structure qui devra tenir compte de la géométrie retenue pour la solution de confortement/reprise en sous-œuvre et des efforts parasites induits par cette dernière.

# Données

Titre du projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES

Numéro d'affaire : A25.11.259.a/A

Commentaires : Calcul réalisé selon la coupe type SP1/P1

Titre du calcul : Coupe type SP1/P1 (pieu n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,20

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 99,40

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Horizons neutralisés		Argile, limons	96,40	500,00	0,01	1,15	2,200
2	Formation "3"		Argile, limons	93,90	2000,00	50,55	1,15	2,200
3	Formation "4"		Marne et calcaire marneux	84,40	3500,00	162,00	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 15,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non



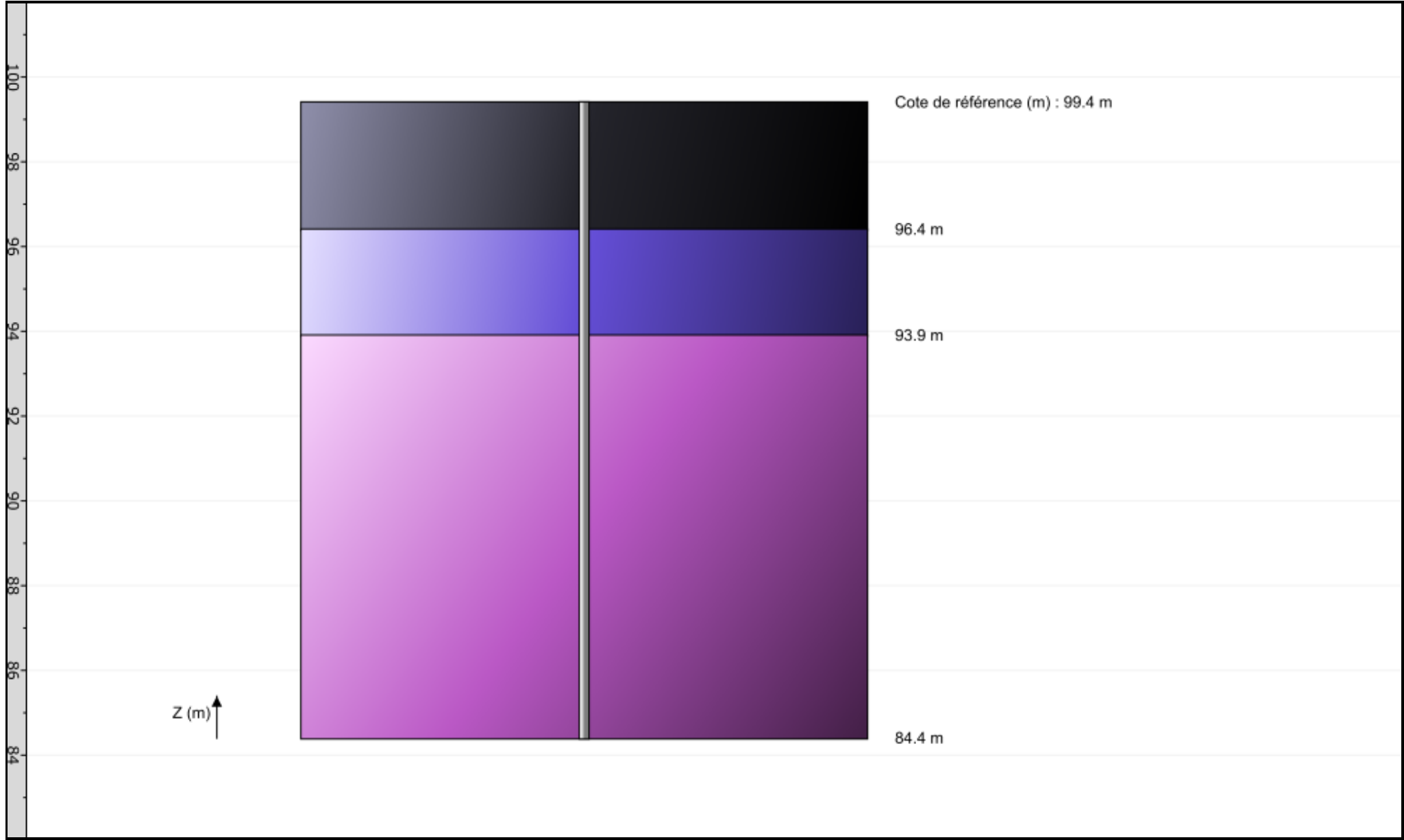
FoXta v4  
v4.1.13

Imprimé le : 09/07/2025 - 19:09:05  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE V  
Module : Fondprof (Pieu 1/1)  
Titre du calcul : Coupe type SP1/P1



# Onglet "Calcul"



File : C:\Users\UTILIS~1\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\13236\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 09/07/2025 à 19h08  
par : ALPHA BTP NORD

## Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl\* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 18
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 99.400

Section du pieu : 0.031  
Périmètre : 0.628

## Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	96.40	500.0	0.01	1.00	1.15	2.20
02	93.90	2000.0	50.55	1.00	1.15	2.20
03	84.40	3500.0	162.00	1.00	1.45	2.20

Pas du calcul : 0.20

\*\*\*\*\*  
\*\*\*SOLUTION\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Calcul à longueur imposée : L = 15.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	99.40	0.01	500.0	1.000	0.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.20	0.01	500.0	1.030	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.00	0.01	500.0	1.060	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.80	0.01	500.0	1.090	0.0	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.60	0.01	500.0	1.120	0.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.40	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.20	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.00	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.80	0.01	575.0	1.150	0.0	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.60	0.01	725.0	1.150	0.0	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.40	0.01	875.0	1.150	0.0	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.20	0.01	1025.0	1.146	0.0	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.00	0.01	1175.0	1.128	0.0	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.80	0.01	1325.0	1.113	0.0	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.60	0.01	1475.0	1.102	0.0	51.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.40	0.01	1625.0	1.092	0.0	55.8	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.40	0.01	1625.0	1.092	0.0	55.8	0.0	0.0	0.0	0.0
02	96.40	50.55	2000.0	1.075	0.0	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0
02	96.20	50.55	2000.0	1.098	6.4	69.0	1.8	2.3	2.6	2.9
02	96.00	50.55	2000.0	1.120	12.7	70.4	3.7	4.5	5.3	5.8
02	95.80	50.55	2000.0	1.143	19.1	71.8	5.5	6.7	7.9	8.7
02	95.60	50.55	2000.0	1.150	25.4	72.3	7.4	9.0	10.5	11.6

02	95.40	50.55	2000.0	1.150	31.8	72.3	9.2	11.2	13.1	14.4
02	95.20	50.55	2150.0	1.150	38.1	77.7	11.0	13.5	15.8	17.3
02	95.00	50.55	2300.0	1.150	44.5	83.1	12.9	15.7	18.4	20.2
02	94.80	50.55	2450.0	1.150	50.8	88.5	14.7	18.0	21.0	23.1
02	94.60	50.55	2600.0	1.150	57.2	93.9	16.5	20.2	23.6	26.0
02	94.40	50.55	2750.0	1.150	63.5	99.4	18.4	22.5	26.3	28.9
02	94.20	50.55	2900.0	1.150	69.9	104.8	20.2	24.7	28.9	31.8
02	94.00	50.55	3050.0	1.150	76.2	110.2	22.0	27.0	31.5	34.7
02	93.90	50.55	3125.0	1.150	79.4	112.9	23.0	28.1	32.8	36.1
03	93.90	162.00	3500.0	1.450	79.4	159.4	23.0	28.1	32.8	36.1
03	93.70	162.00	3500.0	1.450	99.8	159.4	28.8	35.3	41.2	45.4
03	93.50	162.00	3500.0	1.450	120.1	159.4	34.7	42.5	49.6	54.6
03	93.30	162.00	3500.0	1.450	140.5	159.4	40.6	49.7	58.1	63.9
03	93.10	162.00	3500.0	1.450	160.9	159.4	46.5	56.9	66.5	73.1
03	92.90	162.00	3500.0	1.450	181.2	159.4	52.4	64.1	74.9	82.4
03	92.70	162.00	3500.0	1.450	201.6	159.4	58.3	71.3	83.3	91.6
03	92.50	162.00	3500.0	1.450	221.9	159.4	64.2	78.5	91.7	100.9
03	92.30	162.00	3500.0	1.450	242.3	159.4	70.0	85.7	100.1	110.1
03	92.10	162.00	3500.0	1.450	262.6	159.4	75.9	92.9	108.5	119.4
03	91.90	162.00	3500.0	1.450	283.0	159.4	81.8	100.1	116.9	128.6
03	91.70	162.00	3500.0	1.450	303.4	159.4	87.7	107.3	125.3	137.9
03	91.50	162.00	3500.0	1.450	323.7	159.4	93.6	114.5	133.8	147.1
03	91.30	162.00	3500.0	1.450	344.1	159.4	99.5	121.7	142.2	156.4
03	91.10	162.00	3500.0	1.450	364.4	159.4	105.4	128.9	150.6	165.6
03	90.90	162.00	3500.0	1.450	384.8	159.4	111.2	136.1	159.0	174.9
03	90.70	162.00	3500.0	1.450	405.1	159.4	117.1	143.3	167.4	184.2
03	90.50	162.00	3500.0	1.450	425.5	159.4	123.0	150.5	175.8	193.4
03	90.30	162.00	3500.0	1.450	445.9	159.4	128.9	157.7	184.2	202.7
03	90.10	162.00	3500.0	1.450	466.2	159.4	134.8	164.9	192.6	211.9
03	89.90	162.00	3500.0	1.450	486.6	159.4	140.7	172.1	201.0	221.2
03	89.70	162.00	3500.0	1.450	506.9	159.4	146.5	179.3	209.5	230.4
03	89.50	162.00	3500.0	1.450	527.3	159.4	152.4	186.5	217.9	239.7
03	89.30	162.00	3500.0	1.450	547.6	159.4	158.3	193.7	226.3	248.9
03	89.10	162.00	3500.0	1.450	568.0	159.4	164.2	200.9	234.7	258.2
03	88.90	162.00	3500.0	1.450	588.4	159.4	170.1	208.1	243.1	267.4
03	88.70	162.00	3500.0	1.450	608.7	159.4	176.0	215.3	251.5	276.7
03	88.50	162.00	3500.0	1.450	629.1	159.4	181.9	222.5	259.9	285.9
03	88.30	162.00	3500.0	1.450	649.4	159.4	187.7	229.7	268.3	295.2
03	88.10	162.00	3500.0	1.450	669.8	159.4	193.6	236.9	276.7	304.5
03	87.90	162.00	3500.0	1.450	690.1	159.4	199.5	244.1	285.2	313.7
03	87.70	162.00	3500.0	1.450	710.5	159.4	205.4	251.3	293.6	323.0
03	87.50	162.00	3500.0	1.450	730.9	159.4	211.3	258.5	302.0	332.2
03	87.30	162.00	3500.0	1.450	751.2	159.4	217.2	265.7	310.4	341.5
03	87.10	162.00	3500.0	1.450	771.6	159.4	223.1	272.9	318.8	350.7
03	86.90	162.00	3500.0	1.450	791.9	159.4	228.9	280.1	327.2	360.0
03	86.70	162.00	3500.0	1.450	812.3	159.4	234.8	287.3	335.6	369.2
03	86.50	162.00	3500.0	1.450	832.7	159.4	240.7	294.5	344.0	378.5
03	86.30	162.00	3500.0	1.450	853.0	159.4	246.6	301.7	352.4	387.7
03	86.10	162.00	3500.0	1.450	873.4	159.4	252.5	308.9	360.9	397.0
03	85.90	162.00	3500.0	1.450	893.7	159.4	258.4	316.1	369.3	406.2
03	85.70	162.00	3500.0	1.450	914.1	159.4	264.3	323.3	377.7	415.5
03	85.50	162.00	3500.0	1.450	934.4	159.4	270.1	330.5	386.1	424.7
03	85.30	162.00	3500.0	1.450	954.8	159.4	276.0	337.7	394.5	434.0
03	85.10	162.00	3500.0	1.450	975.2	159.4	281.9	344.8	402.9	443.3
03	84.90	162.00	3500.0	1.450	995.5	159.4	287.8	352.0	411.3	452.5
03	84.70	162.00	3500.0	1.450	1015.9	159.4	293.7	359.2	419.7	461.8
03	84.50	162.00	3500.0	1.450	1036.2	159.4	299.6	366.4	428.1	471.0
03	84.40	162.00	3500.0	1.450	1046.4	159.4	302.5	370.0	432.4	475.6

# Données

Titre du projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES

Numéro d'affaire : A25.11.259.a/A

Commentaires : Calcul réalisé selon la coupe type SP2/P2

Titre du calcul : Coupe type SP2/P2 (pieu n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,20

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 99,80

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Horizons neutralisés		Argile, limons	96,80	500,00	0,01	1,15	2,200
2	Formation "2"		Argile, limons	96,00	700,00	42,31	1,15	2,200
3	Formation "3"		Argile, limons	92,30	2000,00	50,55	1,15	2,200
4	Formation "4"		Marne et calcaire marneux	84,80	3500,00	162,00	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 15,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

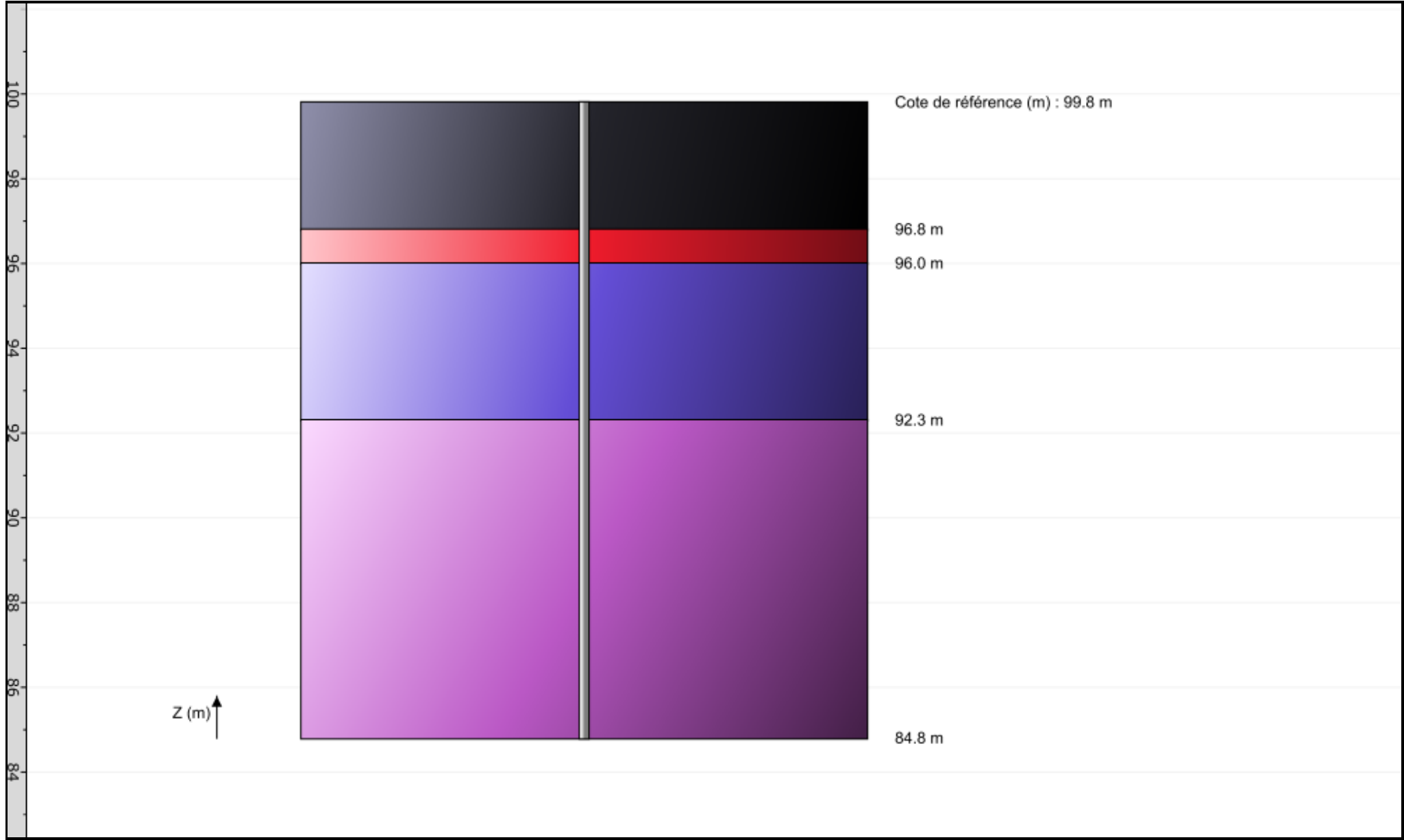


FoXta v4  
v4.1.13

Imprimé le : 09/07/2025 - 19:07:34  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE V  
Module : Fondprof (Pieu 1/1)  
Titre du calcul : Coupe type SP2/P2

# Onglet "Calcul"



File : C:\Users\UTILIS~1\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\13236\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 09/07/2025 à 19h07  
par : ALPHA BTP NORD

## Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl\* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 18
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 99.800

Section du pieu : 0.031  
Périmètre : 0.628

## Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	96.80	500.0	0.01	1.00	1.15	2.20
02	96.00	700.0	42.31	1.00	1.15	2.20
03	92.30	2000.0	50.55	1.00	1.15	2.20
04	84.80	3500.0	162.00	1.00	1.45	2.20

Pas du calcul : 0.20

\*\*\*\*\*  
\*\*\*SOLUTION\*\*\*  
\*\*\*\*\*

Calcul à longueur imposée : L = 15.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	99.80	0.01	500.0	1.000	0.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.60	0.01	500.0	1.030	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.40	0.01	500.0	1.060	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.20	0.01	500.0	1.090	0.0	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.00	0.01	500.0	1.120	0.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.80	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.60	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.40	0.01	500.0	1.150	0.0	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.20	0.01	510.0	1.150	0.0	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.00	0.01	530.0	1.150	0.0	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.80	0.01	550.0	1.150	0.0	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.60	0.01	570.0	1.150	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.40	0.01	655.0	1.150	0.0	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.20	0.01	805.0	1.150	0.0	29.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.00	0.01	955.0	1.150	0.0	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.80	0.01	1105.0	1.136	0.0	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0
01	96.80	0.01	1105.0	1.136	0.0	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0
02	96.80	42.31	1306.7	1.115	0.0	45.8	0.0	0.0	0.0	0.0
02	96.60	42.31	1388.2	1.112	5.3	48.5	1.5	1.9	2.2	2.4
02	96.40	42.31	1452.6	1.112	10.7	50.7	3.1	3.8	4.4	4.8
02	96.20	42.31	1545.0	1.109	16.0	53.8	4.6	5.6	6.6	7.3



02	96.00	42.31	1675.0	1.104	21.3	58.1	6.2	7.5	8.8	9.7
03	96.00	50.55	2000.0	1.087	21.3	68.3	6.2	7.5	8.8	9.7
03	95.80	50.55	2000.0	1.110	27.6	69.7	8.0	9.8	11.4	12.6
03	95.60	50.55	2000.0	1.132	34.0	71.1	9.8	12.0	14.0	15.5
03	95.40	50.55	2000.0	1.150	40.3	72.3	11.7	14.3	16.7	18.3
03	95.20	50.55	2000.0	1.150	46.7	72.3	13.5	16.5	19.3	21.2
03	95.00	50.55	2000.0	1.150	53.0	72.3	15.3	18.8	21.9	24.1
03	94.80	50.55	2000.0	1.150	59.4	72.3	17.2	21.0	24.5	27.0
03	94.60	50.55	2000.0	1.150	65.8	72.3	19.0	23.3	27.2	29.9
03	94.40	50.55	2000.0	1.150	72.1	72.3	20.8	25.5	29.8	32.8
03	94.20	50.55	2000.0	1.150	78.5	72.3	22.7	27.7	32.4	35.7
03	94.00	50.55	2000.0	1.150	84.8	72.3	24.5	30.0	35.0	38.5
03	93.80	50.55	2000.0	1.150	91.2	72.3	26.4	32.2	37.7	41.4
03	93.60	50.55	2150.0	1.150	97.5	77.7	28.2	34.5	40.3	44.3
03	93.40	50.55	2300.0	1.150	103.9	83.1	30.0	36.7	42.9	47.2
03	93.20	50.55	2450.0	1.150	110.2	88.5	31.9	39.0	45.5	50.1
03	93.00	50.55	2600.0	1.150	116.6	93.9	33.7	41.2	48.2	53.0
03	92.80	50.55	2750.0	1.150	122.9	99.4	35.5	43.5	50.8	55.9
03	92.60	50.55	2900.0	1.150	129.3	104.8	37.4	45.7	53.4	58.8
03	92.40	50.55	3050.0	1.150	135.6	110.2	39.2	48.0	56.0	61.6
03	92.30	50.55	3125.0	1.150	138.8	112.9	40.1	49.1	57.4	63.1
04	92.30	162.00	3500.0	1.450	138.8	159.4	40.1	49.1	57.4	63.1
04	92.10	162.00	3500.0	1.450	159.2	159.4	46.0	56.3	65.8	72.3
04	91.90	162.00	3500.0	1.450	179.5	159.4	51.9	63.5	74.2	81.6
04	91.70	162.00	3500.0	1.450	199.9	159.4	57.8	70.7	82.6	90.9
04	91.50	162.00	3500.0	1.450	220.2	159.4	63.7	77.9	91.0	100.1
04	91.30	162.00	3500.0	1.450	240.6	159.4	69.6	85.1	99.4	109.4
04	91.10	162.00	3500.0	1.450	260.9	159.4	75.4	92.3	107.8	118.6
04	90.90	162.00	3500.0	1.450	281.3	159.4	81.3	99.5	116.2	127.9
04	90.70	162.00	3500.0	1.450	301.7	159.4	87.2	106.7	124.6	137.1
04	90.50	162.00	3500.0	1.450	322.0	159.4	93.1	113.9	133.1	146.4
04	90.30	162.00	3500.0	1.450	342.4	159.4	99.0	121.1	141.5	155.6
04	90.10	162.00	3500.0	1.450	362.7	159.4	104.9	128.3	149.9	164.9
04	89.90	162.00	3500.0	1.450	383.1	159.4	110.7	135.5	158.3	174.1
04	89.70	162.00	3500.0	1.450	403.5	159.4	116.6	142.7	166.7	183.4
04	89.50	162.00	3500.0	1.450	423.8	159.4	122.5	149.9	175.1	192.6
04	89.30	162.00	3500.0	1.450	444.2	159.4	128.4	157.1	183.5	201.9
04	89.10	162.00	3500.0	1.450	464.5	159.4	134.3	164.3	191.9	211.1
04	88.90	162.00	3500.0	1.450	484.9	159.4	140.2	171.5	200.3	220.4
04	88.70	162.00	3500.0	1.450	505.2	159.4	146.1	178.7	208.8	229.7
04	88.50	162.00	3500.0	1.450	525.6	159.4	151.9	185.9	217.2	238.9
04	88.30	162.00	3500.0	1.450	546.0	159.4	157.8	193.1	225.6	248.2
04	88.10	162.00	3500.0	1.450	566.3	159.4	163.7	200.3	234.0	257.4
04	87.90	162.00	3500.0	1.450	586.7	159.4	169.6	207.5	242.4	266.7
04	87.70	162.00	3500.0	1.450	607.0	159.4	175.5	214.7	250.8	275.9
04	87.50	162.00	3500.0	1.450	627.4	159.4	181.4	221.9	259.2	285.2
04	87.30	162.00	3500.0	1.450	647.7	159.4	187.3	229.1	267.6	294.4
04	87.10	162.00	3500.0	1.450	668.1	159.4	193.1	236.3	276.0	303.7
04	86.90	162.00	3500.0	1.450	688.5	159.4	199.0	243.5	284.5	312.9
04	86.70	162.00	3500.0	1.450	708.8	159.4	204.9	250.7	292.9	322.2
04	86.50	162.00	3500.0	1.450	729.2	159.4	210.8	257.9	301.3	331.4
04	86.30	162.00	3500.0	1.450	749.5	159.4	216.7	265.1	309.7	340.7
04	86.10	162.00	3500.0	1.450	769.9	159.4	222.6	272.3	318.1	349.9
04	85.90	162.00	3500.0	1.450	790.2	159.4	228.5	279.5	326.5	359.2
04	85.70	162.00	3500.0	1.450	810.6	159.4	234.3	286.7	334.9	368.5
04	85.50	162.00	3500.0	1.450	831.0	159.4	240.2	293.9	343.3	377.7
04	85.30	162.00	3500.0	1.450	851.3	159.4	246.1	301.1	351.7	387.0
04	85.10	162.00	3500.0	1.450	871.7	159.4	252.0	308.3	360.2	396.2
04	84.90	162.00	3500.0	1.450	892.0	159.4	257.9	315.5	368.6	405.5
04	84.80	162.00	3500.0	1.450	902.2	159.4	260.8	319.1	372.8	410.1

**Coupe : Coupe type PU4/P5**

Altitude de référence : 99.8 NI

**Cas particulier :Couche molle intercalaire**

Couche	Cote base (NI)	EM (MPa)	$\alpha$ (-)
Remblais	98.6	5.0	1.00
Argiles	97.2	8.0	0.67
Argiles mameuses	93.0	50.0	0.67
Mames	---	100.0	0.67
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---

Présence d'une couche molle intercalaire : NON

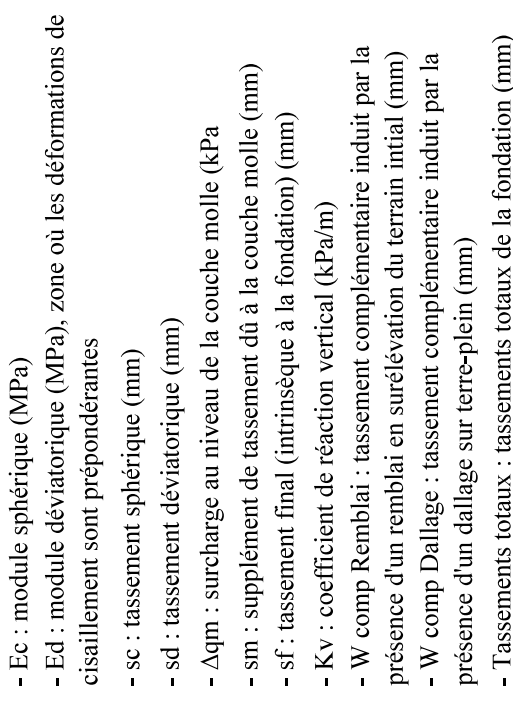
**Condition d'ancrage**

- Ancrage : 0.3 m mini dans Argiles mameuses (à adapter aux fluctuations de l'horizon d'ancrage)
- Encastrement minimum de 3.0 m/terrain extérieur fini

Cas	Nom fondation	Forme fondation	Section (m)	$\sigma$ eff ELS (MPa)	Eff V ELS (kN - kN/ml)	Eff H (kN - kN/ml)	M tête (kN.m - kN.m/ml)	Altitude base fond	Epaisseur Rb (m)	Présence d'un dallage sur TP	Ep. Dallage béton (m)	Surcharge d'exp. (kPa)
1	Barrette 1	rectangulaire	0.6 x 3.0 m	0.11	200	Néant (*)	Néant (*)	96.8	Néant	0	0.00	0.0
2	Barrette 2	rectangulaire	0.8 x 3.0 m	0.08	200	Néant (*)	Néant (*)	96.8	Néant	0	0.00	0.0
3	Barrette 3	rectangulaire	1.0 x 3.0 m	0.07	200	Néant (*)	Néant (*)	96.8	Néant	0	0.00	0.0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(\*) : Aucune information ne nous a été communiquée concernant la présence d'efforts horizontaux et/ou de moments en tête de fondation aux différents états limites.

- $\sigma$  eff ELS : contrainte effective à l'ELS (MPa)
- Eff V ELS: effort vertical sur fondation à l'ELS (kN - kN/ml)
- Eff H : effort horizontal sur fondation (kN - kN/ml)
- M tête : moment en tête de fondation (kN.m - kN.m/ml)
- Epaisseur Rb : épaisseur de remblai en surélévation du TN initial (m)

[illegible]

# Données

Titre du projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES

Numéro d'affaire : A25.11.497.a/A

Commentaires : Calcul réalisé selon la coupe type SP2/P2

Titre du calcul : Titre du calcul (pieu n°1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,25

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 18 [M2] - Micropieu type II

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 100,00

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Formation "1" neutralisée		Argile, limons	97,69	500,00	0,01	1,15	2,200
2	Formation "2" neutralisée		Argile, limons	97,00	700,00	0,01	1,15	2,200
3	Formation "2"		Argile, limons	96,00	700,00	42,31	1,15	2,200
4	Formation "3"		Argile, limons	92,30	2000,00	50,55	1,15	2,200
5	Formation "4"		Marne et calcaire marneux	80,00	3500,00	162,00	1,45	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 20,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non



FoXta v4  
v4.1.13

Imprimé le : 17/11/2025 - 11:23:38  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : Micropieu 250 mm compression  
Module : Fondprof (Pieu 1/1)  
Titre du calcul : Titre du calcul

File : C:\Users\UTILIS~1\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\8972\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 17/11/2025 à 11h23  
 par : ALPHA BTP NORD

## Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl\* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 18
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 100.000

Section du pieu : 0.049  
 Périmètre : 0.785

## Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	97.69	500.0	0.01	1.00	1.15	2.20
02	97.00	700.0	0.01	1.00	1.15	2.20
03	96.00	700.0	42.31	1.00	1.15	2.20
04	92.30	2000.0	50.55	1.00	1.15	2.20
05	80.00	3500.0	162.00	1.00	1.45	2.20

Pas du calcul : 0.20

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*SOLUTION\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Calcul à longueur imposée : L = 20.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	100.00	0.01	500.0	1.000	0.0	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.80	0.01	500.0	1.024	0.0	25.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.60	0.01	500.0	1.048	0.0	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.40	0.01	500.0	1.072	0.0	26.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.20	0.01	500.0	1.096	0.0	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	99.00	0.01	519.0	1.116	0.0	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.80	0.01	539.0	1.134	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.60	0.01	559.0	1.150	0.0	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.40	0.01	579.0	1.150	0.0	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.20	0.01	599.0	1.150	0.0	33.8	0.0	0.0	0.0	0.0
01	98.00	0.01	619.0	1.150	0.0	34.9	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.80	0.01	639.0	1.150	0.0	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	97.69	0.01	650.0	1.150	0.0	36.7	0.0	0.0	0.0	0.0
02	97.69	0.01	700.0	1.150	0.0	39.5	0.0	0.0	0.0	0.0
02	97.49	0.01	707.6	1.150	0.0	39.9	0.0	0.0	0.0	0.0
02	97.29	0.01	843.7	1.150	0.0	47.6	0.0	0.0	0.0	0.0
02	97.09	0.01	966.5	1.150	0.0	54.6	0.0	0.0	0.0	0.0
02	97.00	0.01	1025.0	1.150	0.0	57.9	0.0	0.0	0.0	0.0
03	97.00	42.31	1133.3	1.147	0.0	63.8	0.0	0.0	0.0	0.0
03	96.80	42.31	1235.3	1.139	6.7	69.0	1.9	2.4	2.8	3.0

03	96.60	42.31	1315.8	1.134	13.3	73.2	3.8	4.7	5.5	6.1
03	96.40	42.31	1415.0	1.128	20.0	78.3	5.8	7.1	8.2	9.1
03	96.20	42.31	1545.0	1.120	26.6	85.0	7.7	9.4	11.0	12.1
03	96.00	42.31	1675.0	1.114	33.3	91.6	9.6	11.8	13.7	15.1
03	96.00	42.31	1675.0	1.114	33.3	91.6	9.6	11.8	13.7	15.1
04	96.00	50.55	2000.0	1.095	33.3	107.5	9.6	11.8	13.7	15.1
04	95.80	50.55	2000.0	1.113	41.2	109.3	11.9	14.6	17.0	18.7
04	95.60	50.55	2000.0	1.131	49.1	111.1	14.2	17.4	20.3	22.3
04	95.40	50.55	2000.0	1.149	57.1	112.8	16.5	20.2	23.6	25.9
04	95.20	50.55	2000.0	1.150	65.0	112.9	18.8	23.0	26.9	29.6
04	95.00	50.55	2000.0	1.150	73.0	112.9	21.1	25.8	30.1	33.2
04	94.80	50.55	2000.0	1.150	80.9	112.9	23.4	28.6	33.4	36.8
04	94.60	50.55	2000.0	1.150	88.8	112.9	25.7	31.4	36.7	40.4
04	94.40	50.55	2000.0	1.150	96.8	112.9	28.0	34.2	40.0	44.0
04	94.20	50.55	2000.0	1.150	104.7	112.9	30.3	37.0	43.3	47.6
04	94.00	50.55	2000.0	1.150	112.7	112.9	32.6	39.8	46.5	51.2
04	93.80	50.55	2000.0	1.150	120.6	112.9	34.9	42.6	49.8	54.8
04	93.60	50.55	2150.0	1.150	128.5	121.4	37.2	45.5	53.1	58.4
04	93.40	50.55	2300.0	1.150	136.5	129.8	39.5	48.3	56.4	62.0
04	93.20	50.55	2450.0	1.150	144.4	138.3	41.8	51.1	59.7	65.6
04	93.00	50.55	2600.0	1.150	152.4	146.8	44.0	53.9	63.0	69.3
04	92.80	50.55	2750.0	1.150	160.3	155.2	46.3	56.7	66.2	72.9
04	92.60	50.55	2900.0	1.150	168.2	163.7	48.6	59.5	69.5	76.5
04	92.40	50.55	3050.0	1.150	176.2	172.2	50.9	62.3	72.8	80.1
04	92.30	50.55	3125.0	1.150	180.2	176.4	52.1	63.7	74.4	81.9
05	92.30	162.00	3500.0	1.450	180.2	249.1	52.1	63.7	74.4	81.9
05	92.10	162.00	3500.0	1.450	205.6	249.1	59.4	72.7	84.9	93.5
05	91.90	162.00	3500.0	1.450	231.0	249.1	66.8	81.7	95.5	105.0
05	91.70	162.00	3500.0	1.450	256.5	249.1	74.1	90.7	106.0	116.6
05	91.50	162.00	3500.0	1.450	281.9	249.1	81.5	99.7	116.5	128.2
05	91.30	162.00	3500.0	1.450	307.4	249.1	88.9	108.7	127.0	139.7
05	91.10	162.00	3500.0	1.450	332.8	249.1	96.2	117.7	137.5	151.3
05	90.90	162.00	3500.0	1.450	358.3	249.1	103.6	126.7	148.0	162.9
05	90.70	162.00	3500.0	1.450	383.7	249.1	110.9	135.7	158.5	174.4
05	90.50	162.00	3500.0	1.450	409.2	249.1	118.3	144.7	169.1	186.0
05	90.30	162.00	3500.0	1.450	434.6	249.1	125.6	153.7	179.6	197.6
05	90.10	162.00	3500.0	1.450	460.1	249.1	133.0	162.7	190.1	209.1
05	89.90	162.00	3500.0	1.450	485.5	249.1	140.4	171.7	200.6	220.7
05	89.70	162.00	3500.0	1.450	511.0	249.1	147.7	180.7	211.1	232.3
05	89.50	162.00	3500.0	1.450	536.4	249.1	155.1	189.7	221.6	243.8
05	89.30	162.00	3500.0	1.450	561.9	249.1	162.4	198.7	232.1	255.4
05	89.10	162.00	3500.0	1.450	587.3	249.1	169.8	207.7	242.7	267.0
05	88.90	162.00	3500.0	1.450	612.7	249.1	177.1	216.7	253.2	278.5
05	88.70	162.00	3500.0	1.450	638.2	249.1	184.5	225.7	263.7	290.1
05	88.50	162.00	3500.0	1.450	663.6	249.1	191.9	234.7	274.2	301.7
05	88.30	162.00	3500.0	1.450	689.1	249.1	199.2	243.7	284.7	313.2
05	88.10	162.00	3500.0	1.450	714.5	249.1	206.6	252.7	295.2	324.8
05	87.90	162.00	3500.0	1.450	740.0	249.1	213.9	261.7	305.7	336.4
05	87.70	162.00	3500.0	1.450	765.4	249.1	221.3	270.7	316.3	347.9
05	87.50	162.00	3500.0	1.450	790.9	249.1	228.6	279.7	326.8	359.5
05	87.30	162.00	3500.0	1.450	816.3	249.1	236.0	288.7	337.3	371.1
05	87.10	162.00	3500.0	1.450	841.8	249.1	243.3	297.7	347.8	382.6
05	86.90	162.00	3500.0	1.450	867.2	249.1	250.7	306.7	358.3	394.2
05	86.70	162.00	3500.0	1.450	892.7	249.1	258.1	315.7	368.8	405.8
05	86.50	162.00	3500.0	1.450	918.1	249.1	265.4	324.7	379.3	417.3
05	86.30	162.00	3500.0	1.450	943.6	249.1	272.8	333.7	389.9	428.9
05	86.10	162.00	3500.0	1.450	969.0	249.1	280.1	342.7	400.4	440.5
05	85.90	162.00	3500.0	1.450	994.5	249.1	287.5	351.7	410.9	452.0
05	85.70	162.00	3500.0	1.450	1019.9	249.1	294.8	360.7	421.4	463.6
05	85.50	162.00	3500.0	1.450	1045.3	249.1	302.2	369.7	431.9	475.2
05	85.30	162.00	3500.0	1.450	1070.8	249.1	309.6	378.7	442.4	486.7
05	85.10	162.00	3500.0	1.450	1096.2	249.1	316.9	387.7	452.9	498.3
05	84.90	162.00	3500.0	1.450	1121.7	249.1	324.3	396.7	463.5	509.9
05	84.70	162.00	3500.0	1.450	1147.1	249.1	331.6	405.7	474.0	521.4
05	84.50	162.00	3500.0	1.450	1172.6	249.1	339.0	414.7	484.5	533.0
05	84.30	162.00	3500.0	1.450	1198.0	249.1	346.3	423.7	495.0	544.6
05	84.10	162.00	3500.0	1.450	1223.5	249.1	353.7	432.7	505.5	556.1
05	83.90	162.00	3500.0	1.450	1248.9	249.1	361.1	441.7	516.0	567.7
05	83.70	162.00	3500.0	1.450	1274.4	249.1	368.4	450.7	526.5	579.3
05	83.50	162.00	3500.0	1.450	1299.8	249.1	375.8	459.7	537.1	590.8
05	83.30	162.00	3500.0	1.450	1325.3	249.1	383.1	468.7	547.6	602.4
05	83.10	162.00	3500.0	1.450	1350.7	249.1	390.5	477.7	558.1	614.0
05	82.90	162.00	3500.0	1.450	1376.2	249.1	397.8	486.7	568.6	625.5
05	82.70	162.00	3500.0	1.450	1401.6	249.1	405.2	495.7	579.1	637.1
05	82.50	162.00	3500.0	1.450	1427.0	249.1	412.5	504.7	589.6	648.7
05	82.30	162.00	3500.0	1.450	1452.5	249.1	419.9	513.7	600.1	660.2
05	82.10	162.00	3500.0	1.450	1477.9	249.1	427.3	522.7	610.7	671.8
05	81.90	162.00	3500.0	1.450	1503.4	249.1	434.6	531.7	621.2	683.4
05	81.70	162.00	3500.0	1.450	1528.8	249.1	442.0	540.7	631.7	694.9
05	81.50	162.00	3500.0	1.450	1554.3	249.1	449.3	549.7	642.2	706.5
05	81.30	162.00	3500.0	1.450	1579.7	249.1	456.7	558.7	652.7	718.1
05	81.10	162.00	3500.0	1.450	1605.2	249.1	464.0	567.6	663.2	729.6
05	80.90	162.00	3500.0	1.450	1630.6	249.1	471.4	576.6	673.7	741.2
05	80.70	162.00	3500.0	1.450	1656.1	249.1	478.8	585.6	684.3	752.8
05	80.50	162.00	3500.0	1.450	1681.5	249.1	486.1	594.6	694.8	764.3
05	80.30	162.00	3500.0	1.450	1707.0	249.1	493.5	603.6	705.3	775.9



05	80.10	162.00	3500.0	1.450	1732.4	249.1	500.8	612.6	715.8	787.5
05	80.00	162.00	3500.0	1.450	1745.1	249.1	504.5	617.1	721.1	793.2

# Données

Titre du projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES

Numéro d'affaire : A25.11.497.a/A

Commentaires : Calcul réalisé selon la coupe type SP2/P2

Titre du calcul : Vérification au flambement tube 88.9 mm épaisseur 9 mm (pieu n°2)

Type de calcul : Calcul spécifique de flambement  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques

Cote de référence (m) : 100,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B
1	Formation "1" dégradée		99,50	7,00E03	1,00	0,25
2	Formation "1"		97,60	1,00E04	1,00	0,25
3	Formation "2"		96,00	1,60E04	0,67	0,25
4	Formation "3"		92,30	1,00E05	0,67	0,25
5	Formation "4"		89,30	2,00E05	0,67	0,25

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Formation "1" dégradée	0,50	3,83E02	10
Formation "1"	1,90	3,83E02	10
Formation "2"	1,60	3,83E02	10
Formation "3"	3,70	3,83E02	10
Formation "4"	3,00	3,83E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	K	C
0	100,00	0,00E00	0,00E00
1	99,50	0,00E00	0,00E00
2	97,60	0,00E00	0,00E00
3	96,00	0,00E00	0,00E00
4	92,30	0,00E00	0,00E00
5	89,30	0,00E00	0,00E00

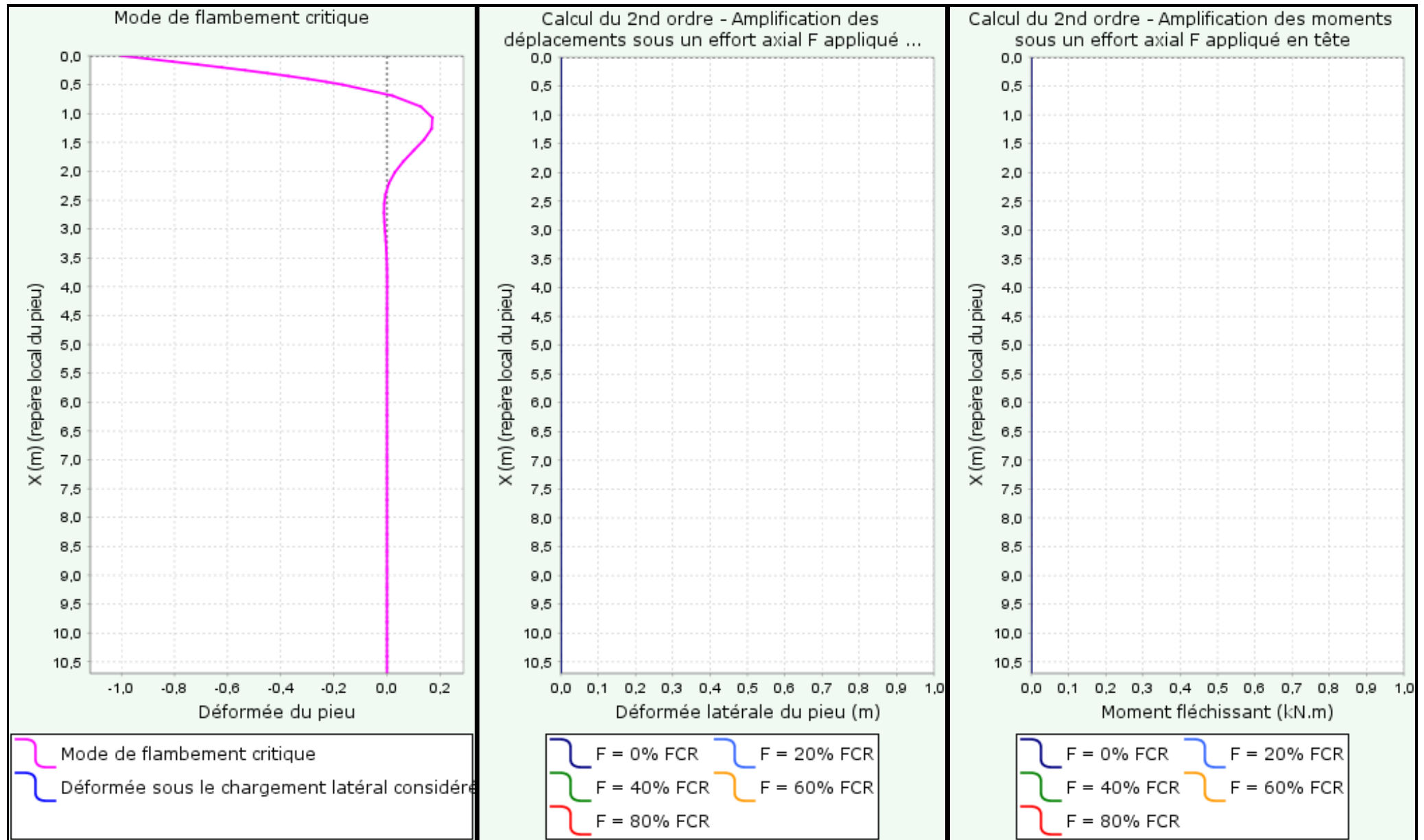


FoXta v4  
v4.1.13

Imprimé le : 17/11/2025 - 11:11:51  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : Micropieu 250 mm compression  
Module : Piecoef+ (Pieu 2/2)  
Titre du calcul : Vérification au flambement tube 88.9 mm épaisseur 9 mm

# Résultats de flambement (Charge critique de flambement FCR = 1645 kN)



# Données

Titre du projet : REHABILITATION DU BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP A LEMPDES

Numéro d'affaire : A25.11.497.a/A

Commentaires : Calcul réalisé selon la coupe type SP2/P2

Titre du calcul : Vérification au flambement tube 73 mm épaisseur 5.5 mm (pieu n°1)

Type de calcul : Calcul spécifique de flambement  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques

Cote de référence (m) : 100,00

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B
1	Formation "1" dégradée		99,50	7,00E03	1,00	0,25
2	Formation "1"		97,60	1,00E04	1,00	0,25
3	Formation "2"		96,00	1,60E04	0,67	0,25
4	Formation "3"		92,30	1,00E05	0,67	0,25
5	Formation "4"		89,30	2,00E05	0,67	0,25

Discretisation

Nom	h	EI	n
Formation "1" dégradée	0,50	1,40E02	10
Formation "1"	1,90	1,40E02	10
Formation "2"	1,60	1,40E02	10
Formation "3"	3,70	1,40E02	10
Formation "4"	3,00	1,40E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	K	C
0	100,00	0,00E00	0,00E00
1	99,50	0,00E00	0,00E00
2	97,60	0,00E00	0,00E00
3	96,00	0,00E00	0,00E00
4	92,30	0,00E00	0,00E00
5	89,30	0,00E00	0,00E00

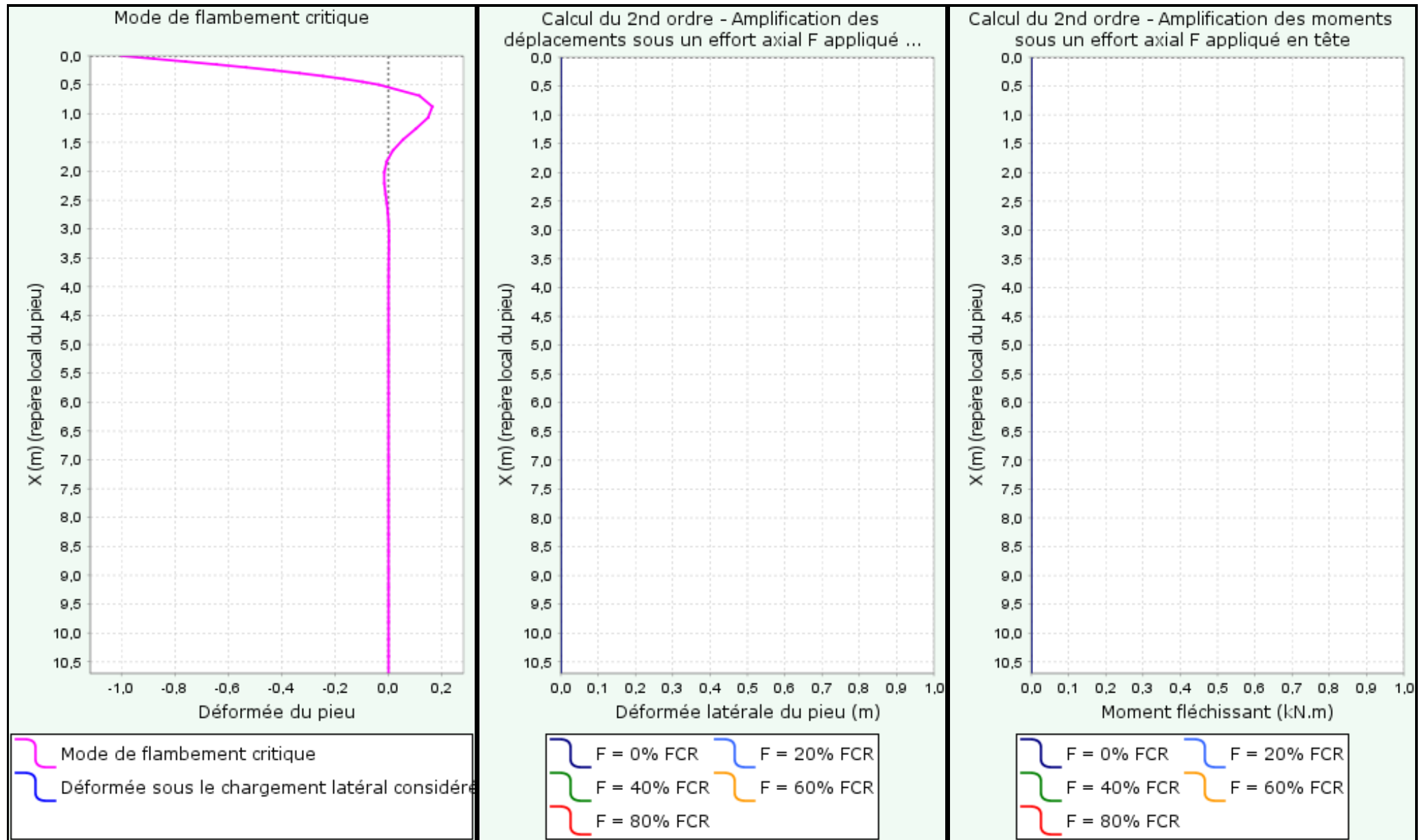



FoXta v4  
v4.1.13

Imprimé le : 17/11/2025 - 11:10:23  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : Micropieu 250 mm compression  
Module : Piecoef+ (Pieu 1/1)  
Titre du calcul : Vérification au flambement tube 73 mm épaisseur 5.5 mm

# Résultats de flambement (Charge critique de flambement FCR = 973 kN)



	Type : Vérification du dimensionnement tube(s) métallique(s) selon les Eurocodes 3 N° Dossier : A25.11.497 Nom affaire : REHAB BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE VETAGRO A LEMPDES <b>Nom de la vérification : Cas 1 - Tube 88.9 ep 9</b>
---	--

### Efforts à reprendre

	Vérif 1 : ELU fond	Vérif 2 : sans objet
Effort vertical Ned (kN)	700.0	---
Effort tranchant Ved (kN)	0.0	---
Moment fléchissant (kN.m)	0.0	---

Effort normal critique flambement Ncr : 1645 kN

### Prise en compte de la corrosion

Prise en compte dans le calcul : NON

Type de sol : sans objet

Durée d'utilisation : sans objet

**Epaisseur corrodée : 0.00 mm**

### Caractéristiques de tube/des tubes métallique(s)

	Tube toute hauteur	Chemisage en tête
Tube(s)	Tube 88.9 ép 9.0	Néant
Diamètre D (mm)	88.9	---
Epaisseur initiale Ep (mm)	9.0	---
Module de young Ey (MPa)	210 000	---
Limite élastique fy (MPa)	560	---
Facteur de modèle $\gamma_{Rd}$	1.1	---
Coef partiel $\gamma_{M0}$	1.0	---
Coef partiel $\gamma_{M1}$	1.0	---
Aire de la section As (mm²)	2259	---
Aire cisaillement Av (mm²)	1438	---
Inertie I (cm⁴)	182.6	---
Produit d'inertie EI (kN.m²)	383.4	---
Module plastique Wpl (cm³)	57.7	---
Classe du tube	1	---

### Efforts mobilisables - Résultats des vérifications

		Vérif 1 : ELU fond	Vérif 2 : sans objet
Compression	Nc,Rd (kN)	1150	---
	Condition	Vérifiée (0.61)	---
Flexion	Mc,Rd (kN.m)	29.4	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Cisaillement	Vc,Rd (kN)	423	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + cisaillement	MV,Rd (kN.m)	29.4	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + compression	MN,Rd (kN.m)	17.4	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + comp. + cisaillement	MN,V,Rd (kN.m)	17.4	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flambement	Nb,Rd (kN)	706	---
	Condition	Vérifiée (0.99)	---





Type : Vérification du dimensionnement tube(s) métallique(s) selon les Eurocodes 3

N° Dossier : A25.11.497

Nom affaire : REHAB BATIMENT PRINCIPAL CAMPUS AGRONOMIQUE VETAGRO A LEMPDES

Nom de la vérification : Cas 2 - Tube 73 ep 5.5

### Efforts à reprendre

	Vérif 1 : ELU fond	Vérif 2 : sans objet
Effort vertical Ned (kN)	384.0	---
Effort tranchant Ved (kN)	0.0	---
Moment fléchissant (kN.m)	0.0	---

Effort normal critique flambement Ncr : 973 kN

### Prise en compte de la corrosion

Prise en compte dans le calcul : NON

Type de sol : sans objet

Durée d'utilisation : sans objet

Epaisseur corrodée : 0.00 mm

### Caractéristiques de tube/des tubes métallique(s)

	Tube toute hauteur	Chemisage en tête
Tube(s)	Tube 73.0 ép 5.5	Néant
Diamètre D (mm)	73.0	---
Epaisseur initiale Ep (mm)	5.5	---
Module de young Ey (MPa)	210 000	---
Limite élastique fy (MPa)	560	---
Facteur de modèle $\gamma_{Rd}$	1.1	---
Coef partiel $\gamma_{M0}$	1.0	---
Coef partiel $\gamma_{M1}$	1.0	---
Aire de la section As (mm²)	1166	---
Aire cisaillement Av (mm²)	743	---
Inertie I (cm⁴)	66.9	---
Produit d'inertie EI (kN.m²)	140.4	---
Module plastique Wpl (cm³)	25.1	---
Classe du tube	1	---

### Efforts mobilisables - Résultats des vérifications

		Vérif 1 : ELU fond	Vérif 2 : sans objet
Compression	Nc,Rd (kN)	594	---
	Condition	Vérifiée (0.65)	---
Flexion	Mc,Rd (kN.m)	12.8	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Cisaillement	Vc,Rd (kN)	218	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + cisaillement	MV,Rd (kN.m)	12.8	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + compression	MN,Rd (kN.m)	7.0	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flexion + comp. + cisaillement	MN,V,Rd (kN.m)	7.0	---
	Condition	Vérifiée (0.00)	---
Flambement	Nb,Rd (kN)	386	---
	Condition	Vérifiée (0.99)	---