



**Agence d'Auxerre**  
Parc technologique de la chapelle  
**89470 MONETEAU**  
**Tél. : 03 86 72 04 40 – Fax : 03 86 72 04 41**



**Siège Social**  
9 Boulevard de l'Europe  
**21800 QUETIGNY LES DIJON**  
**Tél. : 03 80 48 93 20 – Fax : 03 80 48 93 30**

## ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

**2009/5949/AUXER/02**

**08130 ATTIGNY**

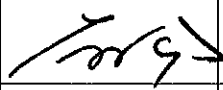
Site scolaire

12 janvier 2012

# Etude géotechnique de projet (G2)

## Site scolaire

**08130 ATTIGNY**  
**Route départementale n°987**

N° AFFAIRE		2009/5949/AUXER/02		BAT	MISSION : G2		
INDICE	DATE	Nbre de Pages		ETABLI PAR	VERIFIE PAR	MODIFICATIONS OBSERVATIONS	APPROUVE PAR
		Texte	Annexes				
0	13/12/2011	31	46	D.PICAULT	Y. SONG	Première émission Rapport Provisoire	F. BARNOUD
A	12/01/2012	43	4	D.PICAULT	Y. SONG 	Première émission Rapport Définitif	F. BARNOUD
B							
C							

# SOMMAIRE

<b><i>I - CADRE DE L'INTERVENTION.....</i></b>	<b><i>5</i></b>
I.1. INTERVENANTS.....	5
I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES.....	5
I.3. MISSIONS.....	6
<b><i>II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....</i></b>	<b><i>8</i></b>
II.1. LE SITE.....	8
II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE.....	8
II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES.....	9
<b><i>III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE.....</i></b>	<b><i>10</i></b>
III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS.....	10
III.2. ESSAIS EN LABORATOIRE.....	11
III.3. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES.....	11
III.4. HYDROGEOLOGIE.....	12
III.5. ESSAIS DE PERMEABILITE.....	12
<b><i>IV - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES.....</i></b>	<b><i>14</i></b>
IV.1. REMARQUES PRELIMINAIRES.....	14
IV.2. LOGEMENTS.....	14
IV.3. ECOLES MATERNELLE ET ELEMENTAIRE ; RESTAURATION ; LOCAUX COMMUNS ; GALERIE.....	16
IV.4. CHAUFFERIE.....	19
IV.5. COLLEGE.....	21
IV.6. FONDATION DE LA STRUCTURE DU GYMNASSE ET DU DALLAGE SUR SOL RENFORCE.....	24
IV.7. DALLAGES ET DALLES PORTEES.....	28
IV.7.1. Logements – écoles maternelles et élémentaires.....	28
IV.7.2. Restauration.....	30
IV.7.3. Collège.....	32
IV.8. TERRASSEMENTS.....	36
IV.9. MISE HORS D'EAU.....	40
<b><i>V - ÉTUDE DES CONDITIONS DE POSE DES RESEAUX.....</i></b>	<b><i>41</i></b>
V.1. REMARQUES PRELIMINAIRES.....	41
V.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT.....	41
V.3. ASSISE DES RESEAUX.....	41
V.4. MISE HORS D'EAU.....	42
V.5. REMBLAIEMENT.....	43
V.6. CONTROLES.....	43

<b>VI - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET .....</b>	<b>44</b>
<b>CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT .....</b>	<b>45</b>
<b>Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2006.....</b>	<b>46</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>48</b>

## I - CADRE DE L'INTERVENTION

### I.1. INTERVENANTS

A la demande de et pour le compte de :

**Conseil Général des Ardennes**

Hôtel du Département

08011 CHARLEVILLE MEZIERES

GEOTEC a réalisé la présente étude sur le site suivant :

-Parcelle ZH n°86, ville d'Attigny, le long de la route départementale D987.

Les autres intervenants connus au moment de l'étude sont les suivants :

- Maître d'Œuvre : THOMAS Jean-Philippe – Architecte environnemental mandataire
- Architecte associé - opc : PASCUAL Anselme
- Bureau de Contrôle : APAVE
- Bureau d'Etude Technique : IOSIS GRAND EST

### I.2. PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

D'après les documents à la disposition de GEOTEC :

Documents	N° plan	Emetteur	Date	Echelle	Cote altimétrique
Plan Gros œuvre – Niveau fondations – Collège	GO01 – Phase PRO	EGIS Bâtiment Grand Est	01/2012	1/100 – 1/50	Oui
Plan Gros œuvre – Niveau fondations – Pôle scolaire					
Plan Gros œuvre – Niveau fondations – Gymnase					
Plan gymnase – Descente de charges sur poteaux	DDC – Phase PRO		12/2011	-	Non
Plan VRD / Terrassements	VRD01 - APD		09/2011	1/250	Oui
Plan RdC ; coupes-types et élévations – Chaufferie			Reçus le 06/12/2011		Oui
Plan d'implantation chaufferie					Oui
Avis hydrogéologue	-	Mr PONSART	20/11/11	-	-

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

PHEC : plus hautes eaux connues

Rd : résistance dynamique apparente (formule des Hollandais)

RdC : rez de chaussée

RdJ : rez-de-jardin

TA : terrain actuel

Le projet consiste en la réalisation d'un site scolaire intégrant :

- un collège sur rez-de-jardin semi-enterré et rez-de-chaussée, les voiles du RdJ étant en béton armé ;
- une école élémentaire et maternelle de type RdC en structure bois ;
- une restauration sur vide sanitaire partiel ;
- une galerie de liaison entre l'Elémentaire et le pôle restauration ;
- un gymnase et des logements de type RdC ;
- une chaufferie sur sous-sol partiel ;
- des voiries.

L'emprise au sol totale du projet est de 7500 m<sup>2</sup> environ.

Selon les informations qui nous ont été transmises, les niveaux des RdC / RdJ sont prévus à la cote :

- 86.10 NGF pour le RdJ du collège ;
- 89.80 NGF pour le RdC du collège ;
- 89.80 NGF pour le RdC de l'école élémentaire ;
- 89.41 NGF pour le RdC de l'école maternelle ;
- 89.05 NGF pour le RdC de la restauration et 86.60 NGF pour le vide sanitaire ;
- 86.50 NGF pour le RdC du gymnase ;
- 87.72 NGF pour le sous-sol de la chaufferie et 90.72 NGF pour le RdC ;
- 90.70 et 90.80 NGF pour le RdC des logements.

Selon le BET EGIS Bâtiment Grand Est, les charges transmises par la structure sont limitées à :

- 19 à 22 kN / ml pour les murs porteurs ( $\approx 1.9$  à  $2.2$  t/ml) en structure bois ;
- 69 à 140 kN / ml pour les murs porteurs ( $\approx 6.9$  à  $14.0$  t/ml) en structure béton ;
- 20 à 263 kN pour les poteaux ( $\approx 2.0$  à  $26.3$  t) ;
- 2.50 à 8.00 kN / m<sup>2</sup> pour les dallages ( $\approx 0.25$  à  $0.8$  t/m<sup>2</sup>) ;
- 6.50 à 32 kN / m<sup>2</sup> pour les radiers de la chaufferie ( $\approx 0.65$  à  $3.2$  t/m<sup>2</sup>) ;

### I.3. MISSIONS

Conformément à son offre Réf. **2009/5949/AUXER/02** du **09 juin 2011**, GEOTEC a reçu pour mission de définir le principe de fondation des bâtiments ainsi que les conditions d'adaptations au sol des dallages et des voiries.

Cette étude repose sur les investigations géotechniques réalisées par GEOTEC en phase G12 et correspond à la mission :

- G2 d'étude géotechnique – phase **Projet** hors estimation des quantités, coût et délai, selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en décembre 2006, relative aux missions géotechniques (extraits joints).

Cette étude repose sur les investigations géotechniques réalisées par GEOTEC en 2009 et 2011 :

- *étude géotechnique préliminaire de site G11 du 14/09/2009,*
- *étude géotechnique d'avant-projet G12 du 02/08/2011.*

**Il faut noter que l'implantation définitive de la chaufferie et la présence d'une Galerie n'ont été confirmés qu'après la campagne de sol G2 et que cette reconnaissance et celles antérieures ne couvrent pas la totalité du projet définitif.**

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique de projet (G2) doit être complétée par des missions G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) et G4 (supervision géotechnique d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. GEOTEC reste à disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution de la mission complémentaire G4, la mission G3 étant généralement réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « *Conditions d'utilisation du présent document* » données en fin de rapport.

\*

\*

\*

## II - CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

### II.1. LE SITE

Le projet est prévu sur la parcelle ZH n°86 dans la commune d'ATTIGNY. Le site est actuellement un champ.

Il est délimité :

- à l'Ouest par des bâtiments et la rue Verlaine (RD 987) ;
- à l'Est par le chemin rural dit de la Voyelle.
- au Nord et au Sud par des champs.



Le terrain présente une pente de l'ordre de 2 à 3 % vers le Sud Est.

Son altitude actuelle est comprise entre les cotes 85.90 et 92.80 NGF selon les plans remis lors de l'étude (cf. § I.2).

### II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Cette campagne de reconnaissance complémentaire fait suite à l'étude G12 de GEOTEC n°09/5949/AUXER/01 du 02/08/11. Son but est de confirmer la nature et la compacité des sols au droit du projet.

La campagne de reconnaissance définie par GEOTEC a consisté en l'exécution de :

- **3 sondages pressiométriques** (SP101 à SP103) réalisés en diamètre 63 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 250C.

Ces sondages ont atteint une profondeur comprise entre 8.00 et 10.00 m par rapport au TA. Les essais pressiométriques ont été répartis selon un intervalle moyen de 1.50 m.



- **15 sondages géologiques** (*ST101 à ST109*) réalisés à la tarière 63 mm. Ces sondages ont atteint une profondeur de 6.20 m à 8.00 m par rapport au TA. Ils ont permis de déterminer la nature et l'épaisseur des sols traversés.

- **10 essais au pénétromètre dynamique** (*P101 à P110*). Les sondages ont été poussés au refus ou arrêtés entre 7.00 et 8.00 m/TA. Ils ont été réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique de type B.

Ces essais ont permis de mesurer en continu la résistance mécanique de chaque horizon traversé. Cette résistance s'interprète en termes d'homogénéité et de portance du sol.

- **3 essais MATSUO** réalisés dans des fouilles spécifiques. Ces sondages ont permis de bien déterminer la nature lithologique des sols superficiels, de prélever des échantillons et de déterminer les capacités d'infiltration des sols.

- des **analyses en laboratoire** réalisées sur des échantillons prélevés dans les fouilles précédentes en **3 identifications GTR complètes**.

### II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

Le nivellement des points de sondage a été réalisé par interpolation des indications du plan topographique.

\*

\*

\*

### III - CADRE GEOLOGIQUE - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique et notre connaissance de ce secteur, on peut s'attendre à rencontrer les sables et marnes d'âge Cénomaniens.

#### III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les campagnes de reconnaissance ont mis en évidence les formations suivantes :

- **de la terre végétale** sur 20 à 40 cm d'épaisseur.
- **un remblai : terrain remanié suite à des fouilles archéologiques** identifié dans le sondage F2 (campagne 2009) jusqu'à 1.00 m de profondeur.

\* Sur l'ensemble du site :

- **un limon brun beige à gris vert éventuellement sableux ou argileux** identifié dans tous les sondages jusqu'à des profondeurs variant entre 0.65 et 3.50 m /TA (*soit des épaisseurs variant entre 0.35 m et 2.70 m i.e. jusqu'à des cotes variant entre 85.60 NGF et 90.00 NGF*).

Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à médiocres :

$$0.20 \leq R_d \leq 10.00 \text{ MPa}$$

**Des essais de laboratoire** réalisés lors de la campagne de 2009 ont permis de classer globalement ces matériaux en A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>th selon le GTR 92.

\* Sur le secteur Sud – Sondages F10 à F15 (campagne 2009) et SP101 à SP103 ; P105, P109, P110 ; ST105 et ST109 (campagne 2011) :

- **une argile éventuellement sableuse ou limoneuse brun gris à gris noir** identifiée dans les sondages jusqu'à des profondeurs variant entre 1.35 m et 2.00 m/TA (*soit sur des épaisseurs variant entre 0.50 m et 1.60 m i.e. jusqu'à des cotes variant entre 84.80 NGF et 87.70 NGF*).

Ses caractéristiques mécaniques sont faibles :

$$0.56 \leq p_l^* \leq 0.75 \text{ MPa}$$

$$6.31 \leq E_M \leq 15.8 \text{ MPa}$$

$$0.10 \leq R_d \leq 2.00 \text{ MPa}$$

- **un sable limoneux gris vert à gris blanc ou beige éventuellement brun gris ou à graviers** identifié dans les sondages jusqu'à des profondeurs variant entre 2.80 m et 3.50 m/TA (*soit sur des épaisseurs variant entre 1.25 m et 1.50 m i.e. jusqu'à des cotes variant entre 83.45 NGF et 86.20 NGF*), soit jusqu'à la base de la reconnaissance F13.

Ses caractéristiques mécaniques sont faibles :

$$0.27 \leq p_l^* \leq 0.78 \text{ MPa}$$

$$3.97 \leq E_M \leq 12.5 \text{ MPa}$$

$$0.10 \leq R_d \leq 4.00 \text{ MPa}$$

**On notera la présence de passées très compressibles dans la zone de transition entre ces deux horizons intermédiaires caractéristiques de la partie Sud du terrain.**

\* Sur l'ensemble du site :

- **une argile marneuse gris blanc ou gris brun à marno-sableuse gris vert** identifié dans tous les sondages sauf F13 jusqu'à des profondeurs variant entre 2.00 m et 6.10 m/TA (soit sur des épaisseurs variant entre 1.00 m et 3.00 m i.e. jusqu'à des cotes variant entre 82.75 NGF et 88.40 NGF).

Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à moyennes :

$$\begin{aligned} 0.70 &\leq p_l^* \leq 1.01 \text{ MPa} \\ 6.38 &\leq E_M \leq 14.8 \text{ MPa} \\ 0.50 &\leq R_d \leq 10.00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sur la partie Nord du terrain, cet horizon succède directement à l'horizon limoneux brun beige à gris vert décrit précédemment.

- **la marne grise à brune, blanche ou verte, argileuse en tête et éventuellement sableuse** identifiée dans les sondages jusqu'à la base des reconnaissances.

Ses caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

$$\begin{aligned} 1.22 &\leq p_l^* > 3.91 \text{ MPa} \\ 7.36 &\leq E_M \leq 160 \text{ MPa} \\ 2.00 &\leq R_d \leq 13.6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Le refus de certains essais de pénétration dynamique a été obtenu dans cette formation, avec  $R_d > 100 \text{ MPa}$ .

### III.2. ESSAIS EN LABORATOIRE

Des analyses de laboratoire ont été réalisées sur des échantillons de sols remaniés prélevés au droit des sondages afin de classer les sols du site selon la classification GTR, ainsi que de déterminer les possibilités et les conditions de réutilisation des déblais.

Les résultats détaillés de ces analyses figurent en annexe.

Il s'agit de sols :

- **limoneux, marno-sableux** : classes GTR A<sub>1</sub> ; ces terrains sont sensibles à l'eau et sensibles au phénomène de retrait-gonflement.
- **argileux** : classe GTR A<sub>3</sub> dans un état hydrique humide (h) ; ces terrains sont très sensibles à l'eau et sensibles au phénomène de retrait gonflement.

### III.3. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la nouvelle délimitation des zones de sismicité, l'agglomération d'Attigny est inscrite en zone de sismicité 1 (très faible).

Aucun arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle de type « Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols » ne concerne la commune d'ATTIGNY. Notre recherche documentaire a mis en évidence un aléa de retrait gonflement considéré comme faible.

Des arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle concernent la commune d'ATTIGNY. Il s'agit d'arrêtés de type « Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain » et de type « Inondations, coulées de boue » n'affectant à priori pas le site.

### III.4. HYDROGEOLOGIE

En décembre 2009, nous avons observé des niveaux d'eau vers la cote 85.20 NGF en F14 et 85.60 NGF en F10, les autres sondages étant restés secs.

En juin 2011, nous avons observé les niveaux d'eau suivants dans les sondages :

Sondages	SP101	SP102	SP103	ST105	ST108
Cote NGF / Tête de sondage	88.10	87.60	86.40	89.20	87.50
Venue d'eau en cours de forage prof. (m)				4.80	4.20
Prof niveau d'eau en fin de forage (m)	3.20	2.50	3.20	2.60	2.30
Cote NGF du niveau d'eau en fin de forage	84.90	85.10	83.20	86.60	85.20

Les autres sondages sont restés secs.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'apparition d'éventuelles venues d'eau qui peuvent se produire en période pluvieuse.

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire en période pluvieuse.

Le projet est situé dans le périmètre de protection rapproché du captage d'eau potable communal. Il y aura lieu de se conformer à l'avis de l'hydrogéologue mandaté sur cette opération par l'Agence Régionale de Santé de la Champagne Ardenne.

### III.5. ESSAIS DE PERMEABILITE

Des essais d'infiltration à pleine fouille de type Matsuo ont été réalisés en fond des fouilles F12 bis et F13 bis. Ils ont consisté à mesurer la vitesse d'abaissement d'un niveau d'eau en fond de fouille.

Ces essais ont donné les résultats suivants :

Sondages	E1	E2	E3
Profondeur des sondages (m)	2.90	2.70	2.80
Tranche de sols testée (m)	1.90-2.90	1.80-2.70	1.85-2.80
Géologie des sols testés	Sable limoneux		
Perméabilité (m/s)	$2.0 \text{ E}^{-07}$	$4.0 \text{ E}^{-07}$	$2.0 \text{ E}^{-06}$
Perméabilité (mm/h)	0.72	1.44	7.2

Les perméabilités obtenues sont représentatives de sols très peu perméables.

A titre indicatif, la valeur limite inférieure admise pour l'infiltration des eaux pluviales (EP) est de  $2.0 \text{ à } 3.0 \text{ E}^{-06} \text{ m/s}$ , soit  $7.2 \text{ à } 10.8 \text{ mm/h}$ .

Seuls les sols testés au droit du sondage E3 présentent des caractéristiques de perméabilités suffisantes pour le rejet des EP.

Un dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'Eau a été réalisé par la société DUMAY et un avis sur la gestion des eaux pluviales envisagée a été formulé par M. PONSART (hydrogéologue agréé). Il y aura lieu de se conformer en tout point à leurs prescriptions en termes de réinfiltration des eaux pluviales.

\*

\*

\*

## IV - ETUDE DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

### IV.1. REMARQUES PRELIMINAIRES

La campagne de reconnaissance a mis en évidence une couverture à dominante limono-argileuse à tendance sableuse surmontant le toit du substratum argilo-marneux à marneux.

La formation de couverture présente dans le secteur Sud (F10 à F15, SP101 à SP103, ST105, ST109, P105, P109 et P110) des lentilles compressibles.

Au regard des descentes de charges fournies, le principe de fondation consistera à reporter les charges par l'intermédiaire de :

- Logements : **semelles filantes** descendues dans **les limons argileux à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m.
- Pôle scolaire : **semelles isolées et/ou filantes** descendues dans **les limons argileux ou les argiles limoneuses à marneuses à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m.
- Galerie : **semelles isolées** descendues dans **les limons argileux ou les argiles limoneuses à marneuses à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m.
- Collège : **semelles isolées et/ou filantes** ou de **puits** descendus dans **les argiles marno-sableuses ou les marnes argileuses**.
- Gymnase : **semelles isolées et filantes** descendues dans **les limons argileux à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m associées à un **renforcement de sol par inclusions rigides** descendues au toit de l'horizon marneux compact.
- Chaufferie : **radier porteur rigide**, descendu dans le limon argileux pour la zone sur RdC et dans l'argile marneuse pour la zone sur sous-sol.

### IV.2. LOGEMENTS

Les logements sont concernés par les sondages ST101, P101, F1/P1.

#### - Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à reporter les charges des structures par l'intermédiaire de **semelles filantes** descendues dans **les limons argileux à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m.

Pour le projet envisagé (niveau fini de RDC à la cote 90.70 et 90.80 NGF.), l'assise minimale définie au droit des sondages se situera aux profondeurs et cotes respectives suivantes :

<i>Sondages</i>	<i>ST101</i>	<i>F1/P1</i>	<i>P101</i>
<b>Cote NGF Sondages</b>	92.10	92.00	91.00
<b>Cote NGF PFT</b>	89.90		89.80
<b>Cote NGF RDC</b>	90.80		90.70
<b>Prof. assise (m) / PFT</b>	$\geq 0.30$	$\geq 0.30$	$\geq 0.80$
<b>Prof. assise (m) / RDC</b>	$\geq 1.20$	$\geq 1.20$	$\geq 1.30$
<b>Cote assise (NGF)</b>	$\leq 89.60$	$\leq 89.60$	$\leq 90.20$

On respectera en tout point une profondeur de 1.20 m / sol extérieur fini pour tenir compte des risques de retrait / gonflement.

#### - Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$q_{ELU1} \leq 0.30 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS1} \leq 0.20 \text{ MPa}$$

#### - Tassements

Suivant les charges qui nous ont été communiqués, les tassements absolus maxima sont présentés dans le tableau suivant :

Charges	Dimensions Semelles	Tassement (cm)	
		P101	P1
20 kN/ml (~ 2.0 t/ml)	0.40 m	0.5	0.5

Pour les descentes de charges fournies, on doit donc s'attendre à des tassements absolus inférieurs au centimètre et des tassements différentiels inférieurs au demi-centimètre. Il conviendra de vérifier leur admissibilité sans désordre par la structure.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs à ceux ici estimés. *En cas de besoin, un complément d'étude serait à prévoir lors des missions G3 à G4 suivantes.*

#### - Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur des semelles les moins chargées ne sera inférieure à 40 cm pour les semelles filantes, afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

### - Sujétions d'exécution

Compte tenu du caractère sensible au remaniement et à l'eau du sol d'assise, les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble du bâtiment. Pour cela un contrôle devra être effectué dans le cadre de la mission de supervision géotechnique de type G4 selon la norme NFP 94-500.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de remblai ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

Tout vestige (souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, ...) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (drainage, pompage, pointes filtrantes par exemple).

Compte tenu du risque d'éboulement des sols (*des remblais, des limons, ...*) le blindage des fouilles peut s'avérer nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

### IV.3. ECOLES MATERNELLE ET ELEMENTAIRE ; RESTAURATION ; LOCAUX COMMUNS ; GALERIE

L'école élémentaire et les locaux communs sont concernés par les sondages ST102/P102, F7/P7, ST103/P3, F8, ST106/P6 ; l'école maternelle par les sondages ST104/P104, ST105 ; la restauration par les sondages F10, P104 et SP101. Aucun sondage n'a été réalisé au droit de la galerie. Nous considérerons les sondages P10 et ST106/P106 pour référence.

#### - Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à reporter les charges des structures par l'intermédiaire de **semelles isolées et/ou filantes** descendues dans **les limons argileux ou les argiles limoneuses à marneuses à passées sableuses** moyennant un encastrement minimal de 0.30 m.



Pour le projet envisagé (niveau fini de RDC à la cote 89.80 NGF – école élémentaire et locaux communs ; 89.41 NGF – école maternelle ; 89.05 NGF – RdC restauration ; 86.53 NGF – VS restauration), l'assise minimale définie au droit des sondages se situera aux profondeurs et cotes respectives suivantes :

<i>Sondages</i>	<i>ST102/P102</i>	<i>F7/P7</i>	<i>ST103/P103</i>	<i>F8</i>	<i>ST106/P106</i>
<b>Cote NGF Sondages</b>	90.50	90.40	89.40	89.20	88.70
<b>Cote NGF PFT</b>	88.90				
<b>Cote NGF RDC</b>	89.80				
<b>Prof. assise (m) / PFT</b>	$\geq 0.30$	$\geq 0.50$	$\geq 0.30$	$\geq 0.30$	$\geq 0.70$
<b>Prof. assise (m) / RDC</b>	$\geq 1.20$	$\geq 1.40$	$\geq 1.20$	$\geq 1.20$	$\geq 1.60$
<b>Cote assise (NGF)</b>	$\leq 88.60$	$\leq 88.40$	$\leq 88.60$	$\leq 88.60$	$\leq 88.20$

<i>Sondages</i>	<i>ST104/P104</i>	<i>ST105</i>	<i>F10</i>	<i>P105</i>	<i>SP101</i>
<b>Cote NGF Sondages</b>	89.70	89.20	88.80	88.50	88.10
<b>Cote NGF PFT</b>	88.36		88.15		86.60
<b>Cote NGF RDC / VS</b>	RDC : 89.41		RdC : 89.05		VS : 86.60
<b>Prof. assise (m) / PFT</b>	$\geq 1.26$	$\geq 1.26$	$\geq 1.65$	$\geq 2.15$	$\geq 0.80$
<b>Prof. assise (m) / RDC ou VS</b>	$\geq 2.31$	$\geq 2.31$	$\geq 2.55$	$\geq 3.05$	$\geq 0.80$
<b>Cote assise (NGF)</b>	$\leq 87.10$	$\leq 87.10$	$\leq 86.50$	$\leq 86.00$	$\leq 85.80$

On respectera en tout point une profondeur de 1.20 m / sol extérieur fini pour tenir compte des risques de retrait / gonflement.

De plus les fondations du projet et les fondations avoisinantes (bâtiment, voirie, talus, réseaux, etc.) arrêtées à des niveaux différents seront établies en redents selon une pente de 3 H / 2 V.

#### - Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$q_{ELU2} \leq 0.15 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS2} \leq 0.10 \text{ MPa}$$

## - Tassements

Suivant les charges qui nous ont été communiquées, les tassements absolus maxima sont présentés dans le tableau suivant :

<i>Sondages</i>	<i>ST102/P102</i>		<i>F7/P7</i>		<i>ST103/P103</i>		<i>ST106/P106</i>	
<b>Charges (kN/ml)</b>	19	22	19	22	19	22	19	22
<b>Dimensions Semelles Filantes (m)</b>	0.40							
<b>Tassement (cm)</b>	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5

<i>Sondages</i>	<i>ST104/P104</i>		<i>P105</i>		<i>SP101</i>	
<b>Charges (kN/ml)</b>	19	22	19	22	100	140
<b>Dimensions Semelles Filantes (m)</b>	0.40				1.00	1.40
<b>Tassement (cm)</b>	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4	0.5

<i>Sondages</i>	<i>ST102/P102</i>	<i>ST104/P104</i>	<i>P105</i>			<i>P106</i>
<b>Charges (kN)</b>	102	102	139	150	2.0	2.0
<b>Dimensions Semelles ponctuelles (m)</b>	1.10 x 1.10	1.10 x 1.10	1.00 x 2.00	1.00 x 2.00	0.60 x 0.60	0.60 x 0.60
<b>Tassement (cm)</b>	0.6	1.0	1.0	1.1	0.5	0.5

Pour les descentes de charges fournies, on doit donc s'attendre à des tassements absolus inférieurs à 1.1 cm et des tassements différentiels inférieurs au demi-centimètre. Il conviendra de vérifier leur admissibilité sans désordre par la structure.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs à ceux ici estimés. *En cas de besoin, un complément d'étude serait à prévoir lors des missions G3 à G4 suivantes.*

## - Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur des semelles les moins chargées ne sera inférieure à 60 cm pour les semelles isolées et 40 cm pour les semelles filantes, afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

### - Sujétions d'exécution

Compte tenu du caractère sensible au remaniement et à l'eau du sol d'assise, les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble du bâtiment. Pour cela un contrôle devra être effectué dans le cadre de la mission de supervision géotechnique de type G4 selon la norme NFP 94-500.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de remblai ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

Tout vestige (souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, ...) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (drainage, pompage, pointes filtrantes par exemple).

Compte tenu du risque d'éboulement des sols (*des remblais, des limons, ...*) le blindage des fouilles peut s'avérer nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

## IV.4. CHAUFFERIE

La chaufferie est concernée par le sondage F6.

### - Principe de Fondation – niveaux d'assise

Compte tenu des caractéristiques du sol, la fondation des ouvrages sera constituée par des **radiers porteurs rigides** et descendus à la profondeur minimale de 0.80 m/TA sollicitant les **limons argileux bruns ou les argiles marneuses gris-blanc** par l'intermédiaire d'une couche de forme, à condition que la structure permette une bonne répartition des charges.

Tous les radiers doivent être désolidarisés les uns des autres.

### - Contrainte limites de calcul (*DTU 13-12 mars 1988*)

Compte tenu des éléments du projet connus (hypothèses formulées au § I.2), la contrainte moyenne développée par le radier sera d'environ :

**$q_1 = 0.01 \text{ MPa (10 kPa)}$  pour le radier du silo**

**$q_2 = 0.0065 \text{ MPa (6.5 kPa)}$  pour le radier de la chaufferie**

**$q_3 = 0.032 \text{ MPa (32 kPa)}$  pour le radier de la cuve extérieure**

Cette contrainte moyenne correspond à un coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture de :

$$F \gg 3$$

Il conviendra de s'assurer que les concentrations de contraintes (refends, appuis isolés ...) conduisent à des déformations admissibles pour la structure.

#### **- Tassements**

Moyennant une exécution soignée du remblai technique (de la couche de forme, ...), les tassements estimés pour les contraintes moyennes ci dessus sont négligeables pour les radiers du silo et de la chaufferie et inférieur au centimètre pour le radier de la cuve extérieur.

#### **- Dispositions constructives**

La garde au gel sera assurée par une bêche périphérique descendue à 1.20 m / sol extérieur fini.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

Compte tenu des tassements différentiels estimés, il convient de prendre les dispositions constructives nécessaires pour adapter la structure à ces déformations : rigidification de la structure, liaisonnement des semelles, soubassement en béton banché, joints de désolidarisation, raccords de canalisation souples, etc ...

Dans tous les cas, des joints de désolidarisation seront créés entre les parties différemment chargées du bâtiment.

#### **- Sujétions d'exécution**

Le radier sera mis en place après décapage de la terre végétale et des limons argileux bruns sur une épaisseur minimale de 0.50 m et après la mise en œuvre d'une couche de forme d'une épaisseur minimale de 0.50 m débordant d'autant du radier.

Un talutage est prévu entre la zone chaufferie et la zone silo. Un remblaiement sera donc nécessaire avant mise en œuvre du radier. Les matériaux extraits du site ne pourront être réutilisés en remblais. Des matériaux drainants de type D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> ou équivalent seront mis en œuvre par couches successives soigneusement compactées conformément au guide de remblaiement des tranchées du LCPC et SETRA. On se reportera au paragraphe Terrassements (IV.7) pour les caractéristiques de mise en œuvre.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

Compte tenu du contexte géologique du site (sensibilité à l'eau des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers), il sera impératif de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques. En cas de conditions défavorables, des adaptations seront éventuellement nécessaires (drainage, etc...)

Le béton de propreté du radier sera coulé sur la couche de forme propre (*passant à  $80\mu < 5\%$* ) bien graduée (*ES > 30, et compris dans le fuseau de Talbot*) compactée au minimum à 95 % de l'OPM.

#### - Contrôles

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque, selon le mode opératoire LCPC avec comme valeurs cibles\* :

$$\begin{aligned} EV2 &> 50 \text{ MPa} \\ EV2 / EV1 &< 2.2 \\ K_w &> 50 \text{ MPa/m} \end{aligned}$$

\* ou valeurs à définir par le concepteur.

Sans ces essais réalisés par GEOTEC ou son mandataire au cours d'une mission G4, nous ne saurions engager notre responsabilité sur cette solution.

### IV.5. COLLEGE

Le collège est concerné par les sondages P108, ST107/P107, ST108, SP102.

#### - Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à reporter les charges des structures par l'intermédiaire de **semelles isolées et/ou filantes** ou de **puits** descendues dans **les argiles marno-sableuses ou les marnes argileuses**.

Pour le projet envisagé (niveau fini de RDC à la cote 89.80 NGF ; niveau fini de RdJ à la cote 86.10 NGF), l'assise minimale définie au droit des sondages se situera aux profondeurs et cotes respectives suivantes :

<i>Sondages</i>	<i>P108</i>	<i>ST107/P107</i>
<b>Cote NGF Sondages</b>	89.10	88.80
<b>Cote NGF PFT</b>	88.90	
<b>Cote NGF RDC</b>	89.80	
<b>Prof. assise (m) / PFT</b>	$\geq 2.90$	$\geq 2.90$
<b>Prof. assise (m) / RDC</b>	$\geq 3.80$	$\geq 3.80$
<b>Cote assise (NGF)</b>	$\leq 86.00$	$\leq 86.00$

<i>Sondages</i>	<i>ST108</i>	<i>SP102</i>
<b>Cote NGF Sondages</b>	87.50	87.60
<b>Cote NGF PFT</b>	85.20	
<b>Cote NGF RdJ</b>	86.10	
<b>Prof. assise (m) / PFT</b>	$\geq 0.80$	$\geq 0.80$
<b>Prof. assise (m) / RdJ</b>	$\geq 1.70$	$\geq 1.70$
<b>Cote assise (NGF)</b>	$\leq 84.40$	$\leq 84.40$

On respectera en tout point une profondeur de 1.20 m / sol extérieur fini pour tenir compte des risques de retrait / gonflement.

En cas de désolidarisation de la zone RdC et de la zone RdJ, il est possible d'ancrer les fondations de la zone RdC à partir de la cote 87.00 NGF, en respectant les règles de non-influence sur les mitoyens.

De plus les fondations du projet et les fondations avoisinantes (bâtiment, voirie, talus, réseaux, etc.) arrêtées à des niveaux différents seront établies en redents selon une pente de 3 H / 2 V.

#### - Contraintes limites de calcul

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$q_{ELU3} \leq 0.30 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS3} \leq 0.20 \text{ MPa}$$

Si la zone RdC est désolidarisée de la zone RdJ, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la zone RdC seront limitées à :

$$q_{ELU3'} \leq 0.15 \text{ MPa}$$

$$q_{ELS3'} \leq 0.10 \text{ MPa}$$

#### - Tassements

Suivant les charges qui nous ont été communiqués, les tassements absolus maxima sont présentés dans le tableau suivant :

<i>Sondages</i>	<i>SP102</i>	
<b>Charges (kN/ml)</b>	69	107
<b>Dimensions Semelles Filantes (m)</b>	0.40	0.6
<b>Tassement (cm)</b>	0.8	1.1

<i>Sondages</i>	<i>P108</i>	<i>ST107/P107</i>
<b>Charges (kN)</b>	102	102
<b>Dimensions Semelles ponctuelles (m)</b>	0.80 x 0.80	0.80 x 0.80
<b>Tassement (cm)</b>	0.8	0.6

Pour les descentes de charges fournies, on doit donc s'attendre à des tassements absolus inférieurs à 1.1 cm et des tassements différentiels inférieurs au demi-centimètre. Il conviendra de vérifier leur admissibilité sans désordre par la structure.

Nota : l'attention est attirée sur le fait que ces calculs n'ont de validité qu'au droit des sondages réalisés. Ailleurs, des hétérogénéités naturelles de stratigraphie et de caractéristiques mécaniques des sols peuvent induire des tassements absolus et différentiels supérieurs à ceux ici estimés. *En cas de besoin, un complément d'étude serait à prévoir lors des missions G3 à G4 suivantes.*

#### **- Dispositions constructives générales**

En aucun cas, la largeur des semelles les moins chargées ne sera inférieure à 60 cm pour les semelles isolées et 40 cm pour les semelles filantes, afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

Les puits les moins chargés devront respecter un diamètre d'au moins 80 cm afin d'assurer un bon contact sol / fondation.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

**Des joints de rupture complets seront créés entre les parties différemment chargées du bâtiment.**

#### **- Sujétions d'exécution**

Les massifs pourront être réalisés par une pelle mécanique (*benne preneuse avec bras à rallonge*). Un tubage ou blindage (virole métallique récupérée) sera nécessaire en cas d'éboulement des parois de forage. Pour les plus profonds, il pourra être nécessaire de recourir à des anneaux en béton laissés en place.

Compte tenu du caractère sensible au remaniement et à l'eau du sol d'assise, les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble du bâtiment. Pour cela un contrôle devra être effectué dans le cadre de la mission de supervision géotechnique de type G4 selon la norme NFP 94-500.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur. Toute poche de remblai ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

Toute poche de remblai ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

Tout vestige (*souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, ...*) sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

Du fait de la présence d'eau, il conviendra d'assécher les fouilles par un dispositif adapté à la nature du terrain (*pompes, drainage, pointes filtrantes, ...*).

Compte tenu du risque important d'éboulement des sols (*des remblais, des limons, des sables limoneux ...*) le blindage des fouilles peut s'avérer nécessaire. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

#### **IV.6. FONDATION DE LA STRUCTURE DU GYMNASIUM ET DU DALLAGE SUR SOL RENFORCE**

Le projet est situé dans le périmètre de protection rapproché du captage d'eau potable communal. Suite à l'avis de l'hydrogéologue mandaté sur cette opération par l'Agence Régionale de Santé de la Champagne Ardenne, le renforcement de sol par colonnes ballastées n'est pas envisageable du fait du risque de liaisons entre les eaux de surface et les eaux souterraines captées. Le renforcement de sol devra donc être effectué par inclusions rigides.

**Remarques :** les inclusions rigides permettent de réduire les tassements prévisibles **au plus de 4 à 6 fois**. On vérifiera la compatibilité de ces tassements avec les déformations et efforts admissibles dans les structures à fonder.

Les efforts horizontaux et les moments provenant des structures ne sont pas repris par les inclusions. Des dispositions spécifiques devront être étudiées par le BET structures pour la reprise de ces efforts.

Pour une charge d'exploitation de  $0.80 \text{ kN/m}^2$ , les tassements absolus et différentiels seront importants (plusieurs centimètres).

Une solution de renforcement de sol par inclusions rigides devra également être mise en œuvre sous le dallage.

##### **- Principe d'amélioration**

Une solution **d'amélioration de sol** par inclusions rigides apparaît envisageable. Celle-ci consistera en un renforcement des couches limono-argileuse à argilo-sableuse, voire de la couche argileuse marno-sableuse de façon à permettre la réalisation de fondations superficielles (*semelles*) et d'un dallage sur terre-plein.

Compte tenu des variations d'épaisseur de cette couche, les inclusions seront systématiquement descendues dans l'horizon marneux compact.

Un matelas de répartition sera disposé entre les inclusions et le dallage, afin de répartir de façon homogène la charge des fondations et du dallage sur la maille élémentaire de colonnes.



### - Paramètres de prédimensionnement

Le diamètre et le maillage du renforcement seront fonction du diamètre des colonnes (usuellement de 25 à 40 cm), des charges à reprendre et des spécificités de la méthode employée.

Les inclusions seront ancrées dans les marnes compactes à partir de 7.00 m à 7.50 m / TA (cote  $\approx$  79.00 à 79.50 NGF au droit de nos sondages).

Le renforcement sera resserré sous les fondations et le dallage de façon à ce que les tassements engendrés soient compatibles avec les tolérances de déformation des ouvrages.

On retiendra pour le prédimensionnement du renforcement les caractéristiques géotechniques synthétisées dans le tableau suivant :

	Epaisseur de la couche	pl*	$E_M$	$\alpha$	$\nu$ (coef. de Poisson)
Couche N°1 : argile limoneuse à sableuse	3.00 m	0.60	5.71	0.67	0.33
Couche N° 2 : Argile marno-sableuse	2.00 m	0.80	14.8	1	0.33
Couche N° 3 : Marne argileuse	1.50 m	1.34	8.39	0.5	0.33
Couche N°4 : Marne compacte	Profondeur > 7-7.5 m	3.60	35.2	0.67	0.33
	Epaisseur de la couche	$C'$ (en kPa)	$\phi'$ (en °)	$\gamma_h$ (en kN/m <sup>3</sup> )	
Couche N°1 : argile limoneuse à sableuse	3.00 m	2	20	18	
Couche N° 2 : Argile marno-sableuse	2.00 m	5	23	19	
Couche N° 3 : Marne argileuse	1.50 m	10	25	20	
Couche N°4 : Marne compacte	Profondeur > 7-7.5 m	15	25	20	

Ces paramètres devront être validés lors des missions géotechniques suivantes (G3 ou G4).

Compte tenu du mode de fonctionnement du complexe sol – inclusions rigides, les méthodes de calculs utilisées devront intégrer une loi de comportement en contraintes – déformations pour préciser la répartition des contraintes et les tassements.

On vérifiera que la contrainte maximale dans l'inclusion est admissible au sens du BAEL, et tenant compte des coefficients réducteurs fonction du type de contrôle, de la géométrie des inclusions et du type de semelle.

Si, après étude détaillée, les tassements s'avéraient incompatibles avec les tolérances de la structure, il conviendra d'opter pour une solution de fondations profondes par pieux et/ou un plancher porté.

## - Matelas de répartition

L'épaisseur du matelas sous dallage devra être suffisante pour éviter les phénomènes de poinçonnement en tête de colonne. Les moments de flexion dans le dallage devront être calculés afin que la conception du dallage soit telle que ce dernier soit capable d'absorber sans désordre ces moments.

On rappelle qu'une épaisse plateforme de travail sera nécessaire pour permettre l'accès aux engins de chantier ; nous recommandons de viser un objectif de portance  $EV2 > 50$  MPa à adapter selon les exigences des engins. Tous les matériaux pollués ou remaniés lors de l'exécution des inclusions devront être intégralement purgés avant mise en place du matelas définitif, dont l'épaisseur sera au moins de 60 cm.

Ce matelas sera très soigneusement mis en œuvre par couches d'épaisseurs adaptées au matériel de compactage employé, et constitué par un matériau propre bien gradué compacté au minimum à 95% de l'OPM.

Compte tenu de la présence d'arrivées d'eau qui peuvent probablement remonter jusqu'au matelas de répartition, on veillera à ce que celui-ci soit constitué par un matériau insensible à l'eau (type D<sub>2</sub> ou D<sub>3</sub> du GTR par exemple).

Après reprise de la plateforme (purgé des matériaux pollués ou remaniés lors de l'exécution des inclusions), la qualité du compactage du matelas de répartition sera contrôlée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs attendues ont bien été obtenues. Les valeurs minimales à obtenir (au niveau de l'assise du radier) seront :

$$EV2 \geq 70 \text{ MPa}$$

$$EV2/EV1 \leq 1.8$$

## - Sujétions d'exécution

Les inclusions rigides seront réalisées selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en traitement des sols, conformément au cahier des charges agréé, spécifique à la technologie mise en œuvre par l'entreprise.

En cas de refus prématuré dans les terrains de forte consistance (*blocs, niveaux indurés...*) les obstacles devront être purgés ou traversés par des moyens adaptés (trépanage, carottage ...)

Le choix du matériel (type d'outil, diamètre, ...) reste de la responsabilité de l'entreprise en fonction de son expérience locale. Le phasage des travaux devra prendre en compte l'environnement du site au moment de leur réalisation (constructions, canalisations, ...) et toutes les précautions devront être prises pour que cette méthode ne créent pas de désordres aux avoisinants.

### **- Phasages des travaux**

La réalisation d'un renforcement de sol nécessitera un phasage des travaux précis et une bonne coordination entre les différents intervenants, à savoir :

- déblaiement et mise en œuvre du remblai en matériaux noble (ou éventuellement traité moyennant une étude spécifique),
- réalisation des inclusions rigides,
- mise en œuvre de la couche de répartition, sans endommager les inclusions rigides,
- réalisation des fondations et du dallage du bâtiment.

### **- Contrôles**

La qualité du matelas de répartition sera contrôlée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs attendues ont bien été obtenues.

Lors de la réalisation des inclusions, les contrôles porteront sur les paramètres d'exécution qui seront enregistrés (fonçage, remplissage etc...). Des essais d'impédance pourront être réalisés pour le contrôle de la continuité.

Des essais de résistance du matériau (essais d'écrasement) et de chargement seront réalisés selon la fréquence et la méthodologie définie dans l'agrément.

Des inclusions d'essais seront exécutées au préalable et dégarnies afin de s'assurer de l'obtention du diamètre attendu.

Les machines de forage seront équipées d'un dispositif de mesure des paramètres d'exécution affichant en permanence la force d'appuis, le couple appliqué sur l'outil, les vitesses de rotation et de pénétration, ainsi que les paramètres de remplissage.

Un dossier d'autocontrôle et de récolement sera transmis au maître d'œuvre, il comportera les éléments suivants :

- les documents spécifiques au système qualité de l'entrepreneur,
- le plan d'exécution des inclusions dûment repérées,
- une sélection (au moins 1 sur 10) des enregistrements de paramètres d'exécution,
- la totalité des essais de contrôle des caractéristiques des matériaux des inclusions rigides et de contrôle de la qualité de la portance des inclusions elles-mêmes.

### **- Missions géotechniques complémentaires**

Au stade de la sélection des offres, une mission d'assistance au maître d'ouvrage pour la vérification technique des projets d'entreprise est prévue dans le marché de GEOTEC.

L'étude et le suivi d'exécution seront réalisés par l'entreprise de travaux spéciaux.

Une mission G4 complète – phase supervision de l'étude d'exécution et phase supervision géotechnique du suivi – est prévue par GEOTEC pour l'identification des risques résiduels et s'assurer de la bonne exécution du traitement des sols.

Sans ces différentes missions complémentaires, nous ne saurions engager notre responsabilité sur cette solution de fondation.

## IV.7. DALLAGES ET DALLES PORTEES

### IV.7.1. Logements – écoles maternelles et élémentaires

#### - Principe

Le niveau fini des dallages est prévu aux cotes :

- 89.80 NGF pour le RdC de l'école élémentaire ;
- 89.41 NGF pour le RdC de l'école maternelle ;
- 90.70 et 90.80 NGF pour le RdC des logements ;

Pour des charges d'exploitation de 2.50 kN/m<sup>2</sup>, les tassements absolus attendus seront inférieurs au centimètre.

Un dallage sur terre-plein peut être envisagé.

#### - Préparation de la plate-forme

Les plateformes de terrassement sont prévues aux côtes suivantes :

- 89.80 NGF pour le RdC de l'école élémentaire ;
- 88.36 NGF pour le RdC de l'école maternelle ;
- 89.80 et 89.90 NGF pour le RdC des logements ;

Après terrassement, le fond de forme obtenu sera constitué par des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

Compte tenu du contexte géologique du site (sensibilité à l'eau des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers), il sera impératif de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques. En cas de conditions défavorables, des adaptations seront éventuellement nécessaires (drainage, etc...)

Si des pluies se produisent pendant les travaux ou si les précipitations sont abondantes au cours des 2 mois précédant les travaux, des adaptations seront nécessaires (*cloutage du fond de forme, drainage, traitement à la chaux, etc.*) pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

Une couche de forme propre (passant à  $80 \mu < 5 \%$ ) bien graduée ( $ES > 30$ , et compris dans le fuseau de Talbot) compactée à 95 % de l'OPM sera mise en œuvre, sur une épaisseur suffisante pour obtenir les valeurs suivantes, conformément au DTU 13-3 :

$$\begin{aligned} EV2 &> 50 \text{ MPa} \\ EV2 / EV1 &< 2,2 \\ K_w &> 50 \text{ MPa / m} \end{aligned}$$

A titre indicatif, pour des travaux réalisés dans de bonnes conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de forme sera d'au moins 0.50 m sur un fond de forme en limons argileux ou en argiles limoneuses. Ces épaisseurs devront être adaptées à la portance réelle du fond de forme mesurée lors des travaux et en fonction des conditions climatiques.

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.

#### - Dispositions constructives

Les dallages seront conçus, dimensionnés et réalisés suivant le DTU 13-3.

#### - Paramètres de dimensionnement

Les modules d'élasticité  $E_s$  du sol à prendre en compte pour le calcul(\*) selon le DTU 13.3 sont :

<i>Couches</i>	<i>Module estimé – <math>E_s</math> (MPa)</i>
<b>Couche de forme</b>	40 à 50 - Hypothèses à valider
<b>Limons argileux ou argiles limoneuses</b>	5
<b>Argiles marno-sableuses ou marneuses ; marne argileuse</b>	10 à 15
<b>Marne</b>	70 à 100

(\*) cas simplifié d'un modèle élastique linéaire

#### - Essais de contrôle

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs cibles ont bien été atteintes.

Conformément au DTU 13-3, au moins un essai pour  $500 \text{ m}^2$  (et pour 50 cm d'épaisseur de la couche de forme) sera réalisé, avec un minimum de 3.

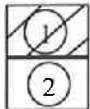
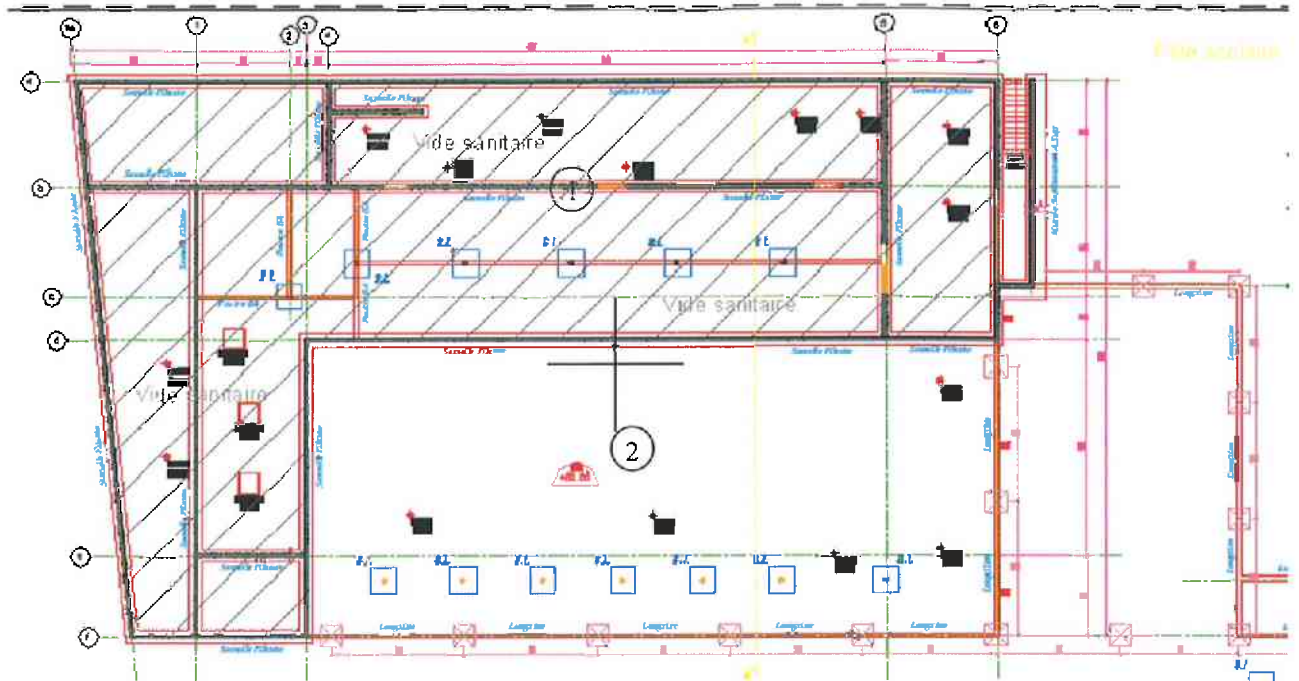
Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

## IV.7.2. Restauration

### - Principe

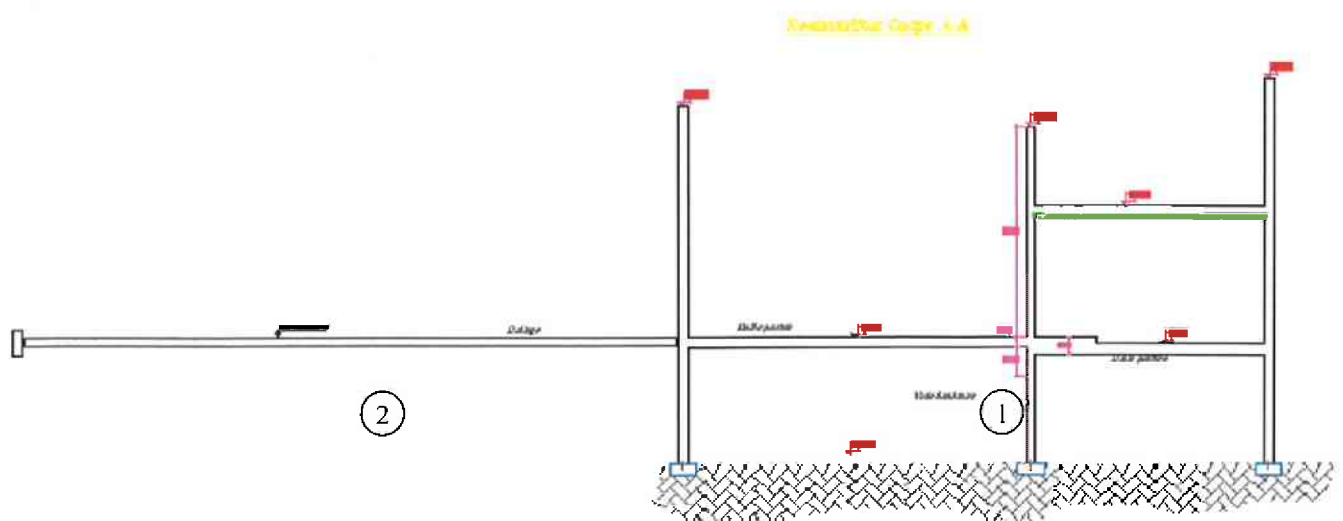
Le niveau fini des dallages est prévu aux cotes :

- 89.05 NGF pour le RdC de la restauration (zone 2) et 86.60 NGF pour le vide sanitaire (zone 1).



Zone sur vide sanitaire

Zone sur terre plein



*Vue en coupe - restauration*

On prévoira un plancher porté par les fondations au droit du vide sanitaire (zone 1) et un dallage sur terre plein pourra être envisagé pour la zone 2, sous réserve des prescriptions et contrôles décrits ci-après. Dans le cas contraire, seul un plancher porté pourra être envisagé.

### - Préparation de la plate-forme

Après terrassement du terre plein jusqu'à la cote 88.15 NGF (zone 2), le fond de forme obtenu sera constitué par des limons argileux ou des argiles limoneuses.

Un talutage est prévu entre la zone 1 et la zone 2. Un remblaiement sera donc nécessaire entre les files *d* et *e* avant mise en œuvre du dallage. Les matériaux extraits du site ne pourront être réutilisés en remblais. Des matériaux drainants de type D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> ou équivalent seront mis en œuvre par couches successives soigneusement compactées conformément au guide de remblaiement des tranchées du LCPC et SETRA. On se reportera au paragraphe Terrassements (IV.7) pour les caractéristiques de mise en œuvre.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

Compte tenu du contexte géologique du site (sensibilité à l'eau des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers), il sera impératif de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques. En cas de conditions défavorables, des adaptations seront éventuellement nécessaires (drainage, etc...)

Une couche de forme propre (passant à 80  $\mu$  < 5 %) bien graduée (*ES* > 30, et compris dans le fuseau de Talbot) compactée à 95 % de l'OPM sera mise en œuvre, sur une épaisseur suffisante pour obtenir les valeurs suivantes, conformément au DTU 13-3 :

$$EV2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2 / EV1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

A titre indicatif, pour des travaux réalisés dans de bonnes conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de forme sera d'au moins 0.50 m sur un fond de forme en limons argileux ou en argiles limoneuses. Ces épaisseurs devront être adaptées à la portance réelle du fond de forme mesurée lors des travaux et en fonction des conditions climatiques.

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.

### - Dispositions constructives

Les dallages seront conçus, dimensionnés et réalisés suivant le DTU 13-3.

### - Paramètres de dimensionnement

Les modules d'élasticité  $E_s$  du sol, à prendre en compte pour le calcul selon DTU 13.3 sont :

Couches	Module estimé – $E_s$ (MPa)
Couche de forme	40 à 50 - Hypothèses à valider
Remblai drainant	10
Limons argileux ou argiles limoneuses	5
Argiles marno-sableuses ou marneuses ; marne argileuse	10 à 15
Marne	70 à 100

Pour une charge d'exploitation de  $2.50 \text{ kN/m}^2$ , les tassements absolus attendus seront inférieurs au centimètre et les tassements différentiels inférieurs à  $0.5 \text{ cm}$ . Il conviendra de prévoir une rigidification du dallage au niveau de la zone de transition sol en place – remblai drainant afin d'éviter tout risque de fissuration.

### - Essais de contrôle

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs cibles ont bien été atteintes.

Conformément au DTU 13-3, au moins un essai pour  $500 \text{ m}^2$  (*et pour 50 cm d'épaisseur de la couche de forme*) sera réalisé, avec un minimum de 3. Les essais seront soigneusement répartis entre la zone sur sol en place et la zone sur remblais.

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

### IV.7.3. Collège

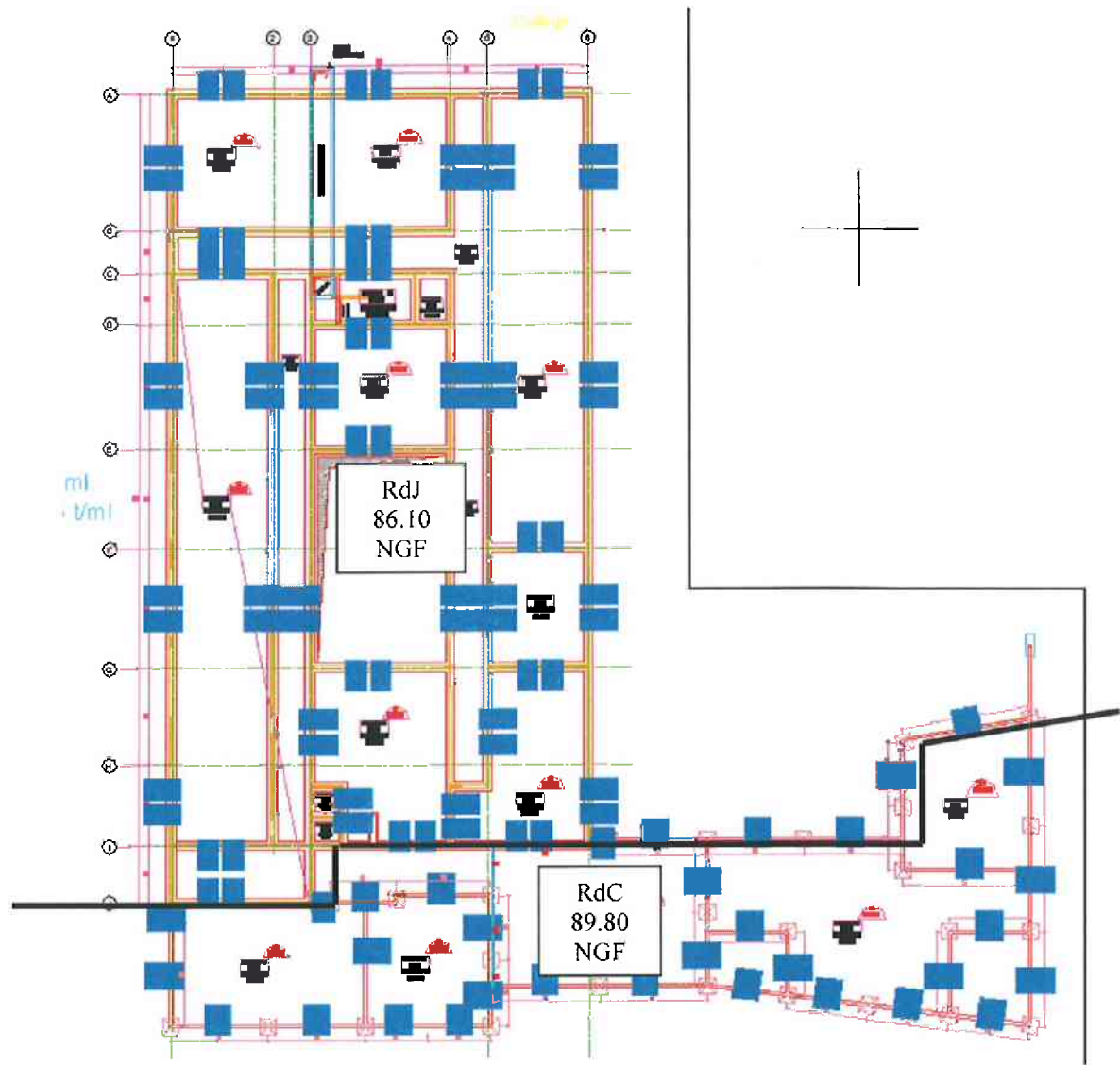
#### - Principe

Le niveau fini des dallages est prévu aux cotes :

- 86.10 NGF pour le RdJ du collège ;
- 89.80 NGF pour le RdC du collège.

On prévoira un dallage sur tapis drainant pour le RdJ et un dallage sur terre plein pour le RdC sous réserve des prescriptions et contrôles décrits ci-après. Dans le cas contraire, seul un plancher porté pourra être envisagé.





*Vue en plan - collège*

## - Préparation de la plate-forme – Zone RdJ

Après terrassement du sous-sol jusqu'à la cote 85.20 NGF (zone RdJ), le fond de forme obtenu sera constitué par des sables limoneux ou des argiles marno-sableuses.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

Compte tenu du contexte géologique du site (sensibilité à l'eau des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers), il sera impératif de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques. En cas de conditions défavorables, des adaptations seront éventuellement nécessaires (drainage, etc...)

Le fond de forme sera ménagé avec deux pentes transversales orientées vers un drain central. Le point bas du drain central sera relié gravitairement au réseau d'évacuation des eaux hors du site.

Après mise en place d'une couche de blocage d'environ 0.30 m en matériaux de granulométrie 100/200, on réalisera un hérisson drainant composé de matériaux nobles de granulométrie 5/35 ou équivalent compactable. **Nous conseillons de réaliser les travaux en période sèche.**

Cette couche de forme drainante sera disposée sur un géotextile anticontaminant et elle aura une épaisseur minimale de 40 cm. Elle sera mise en place selon les recommandations du GTR 92. On veillera à ne pas casser le drain longitudinal pendant le compactage, et prévoir des réservations pour son passage au travers des fondations.

Un polyane sera disposé à la sous-face du dallage béton.

Un plan de drainage avec définition des cotes des drains et d'exutoire aval et des regards de visite devra être établi.

On veillera à obtenir les valeurs suivantes, conformément au DTU 13-3 :

$$EV2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2 / EV1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.

### - Préparation de la plate-forme – Zone RdC

Après terrassement du terre plein jusqu'à la cote 88.90 NGF (zone RdC), le fond de forme obtenu sera constitué par des limons argileux.

Un talutage est prévu entre la zone RdJ et la zone RdC. Un remblaiement sera donc nécessaire au-delà des files *i* et *j* avant mise en œuvre du dallage. Les matériaux extraits du site ne pourront être réutilisés en remblais. Des matériaux drainants de type D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> ou équivalent seront mis en œuvre par couches successives soigneusement compactées conformément au guide de remblaiement des tranchées du LCPC et SETRA. On se reportera au paragraphe Terrassements (IV.7) pour les caractéristiques de mise en œuvre.

Toute poche décomprimée, de matériau évolutif ou de moindre consistance rencontrée en fond de forme sera purgée.

Le compactage du fond de forme sera adapté à la nature du sol et aux conditions climatiques au moment des travaux.

Les travaux de terrassement et de remblaiement devront impérativement être effectués avec toutes les précautions nécessaires pour ne pas déstabiliser le fond de forme qui est extrêmement sensible à l'eau. En particulier, le compactage sera modéré et adapté. De plus, les travaux devront être effectués en rétro avec remblaiement à l'avancement en s'assurant qu'aucun engin ne circule sur le fond de forme.

Compte tenu du contexte géologique du site (sensibilité à l'eau des limons argileux, des argiles limoneuses ou des sables limoneux à graviers), il sera impératif de mener les travaux de décapage et de remblaiement dans de bonnes conditions météorologiques. En cas de conditions défavorables, des adaptations seront éventuellement nécessaires (drainage, etc...)

Une couche de forme propre (passant à 80  $\mu$  < 5 %) bien graduée (*ES* > 30, et compris dans le fuseau de Talbot) compactée à 95 % de l'OPM sera mise en œuvre, sur une épaisseur suffisante pour obtenir les valeurs suivantes, conformément au DTU 13-3 :

$$EV2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2 / EV1 < 2,2$$

$$K_w > 50 \text{ MPa / m}$$

A titre indicatif, pour des travaux réalisés dans de bonnes conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de forme sera d'au moins 0.50 m sur un fond de forme en limons argileux ou en argiles limoneuses. Ces épaisseurs devront être adaptées à la portance réelle du fond de forme mesurée lors des travaux et en fonction des conditions climatiques.

Des valeurs supérieures pourront être demandées par le concepteur.

### - Dispositions constructives

Les dallages seront conçus, dimensionnés et réalisés suivant le DTU 13-3.

### - Paramètres de dimensionnement

Les modules d'élasticité  $E_s$  du sol, à prendre en compte pour le calcul selon DTU 13.3 sont :

Couches	Module estimé – $E_s$ (MPa)
<b>Couche de forme</b>	40 à 50 - Hypothèses à valider
<b>Remblai drainant</b>	10
<b>Limons argileux ou argiles limoneuses</b>	5
<b>Argiles marno-sableuses ou marneuses ; marne argileuse</b>	10 à 15
<b>Marne</b>	70 à 100

Pour une charge d'exploitation de  $2.5 \text{ kN/m}^2$ , les tassements absolus attendus seront inférieurs au centimètre et les tassements différentiels inférieurs à  $0.5 \text{ cm}$ . Il conviendra de prévoir une rigidification du dallage au niveau de la zone de transition sol en place RdC – remblai drainant afin d'éviter tout risque de fissuration.

### - Essais de contrôle

La couche de forme sera réceptionnée par essais à la plaque mode opératoire LCPC afin de s'assurer que les valeurs cibles ont bien été atteintes.

Conformément au DTU 13-3, au moins un essai pour  $500 \text{ m}^2$  (*et pour 50 cm d'épaisseur de la couche de forme*) sera réalisé, avec un minimum de 3. Les essais seront soigneusement répartis entre la zone sur sol en place et la zone sur remblais.

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

## IV.8. TERRASSEMENTS

Les niveaux finis des terrassements sont prévus aux cotes :

- 89.90 et 89.80 NGF pour les logements, soit des terrassements en déblai de 1.20 m à 2.40 m / TA environ ;
- 88.90 NGF pour l'école élémentaire, soit des terrassements en déblai inférieurs à 1.00 m / TA ;
- 88.36 NGF pour l'école maternelle, soit des terrassements en déblai inférieurs à 1.50 m / TA ;
- 88.15 et 86.60 NGF pour la restauration, soit des terrassements en déblai de 0.40 m à 2.00 m / TA environ ;
- 88.90 et 85.20 NGF pour le collège, soit des terrassements en déblai de 0.30 m à 2.40 m / TA environ ;
- 85.45 NGF pour le gymnase, soit des terrassements en déblai de 1.00 m à 1.60 m / TA environ.
- 87.72 NGF et 90.72 NGF pour la chaufferie, soit des terrassements en déblai de 0.50 m à 3.50 m / TA environ.

## - Extraction

Dans les sols meubles (*remblais, limons, argiles, sables ...*) les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

## - Stabilité des talus et des avoisinants

Le mode d'exécution des terrassements dépend étroitement du niveau d'assise des avoisinants : ouvrages mitoyens, voiries, réseaux, etc. (zone d'influence géotechnique).

Des **talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête**, d'une hauteur maximale de 3.00 m, pourront être terrassés selon une pente de 3 H / 2 V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans les limons argileux, les argiles limoneuses ou les sables limoneux. Si l'environnement du site ne permet pas ce talutage au large, ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, on prévoira un ouvrage de soutènement, de type voiles par passes courtes par exemple.

**Les talus définitifs** pourront être dressés selon une pente de 3 H / 2 V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans les limons argileux, les argiles limoneuses et sableuses, ainsi que dans les sables limoneux. Toutes les dispositions seront prises pour assurer leur stabilité à long terme (engazonnement, plantes fixantes, masque ou tranchée drainante, système pérenne de récupération des eaux,...).

En phase définitive, les murs adossés au terrain seront calculés en soutènement. Les voiles du silo seront également dimensionnés pour reprendre les poussées engendrées par le radier de la chaufferie.

## - Réemploi des matériaux du site en remblai

Les matériaux extraits sont classés A<sub>1</sub>-A<sub>3h</sub> selon le GTR : ils ne peuvent pas être réutilisés en remblai en l'état.

## - Remblaiement à l'arrière des murs de soutènement – drainage

Le remblai mis en place à l'arrière du mur de soutènement devra être composé de matériaux drainants, propres, insensibles à l'eau, de granulométrie étendue et comportant moins de 5 % d'éléments inférieurs à 80 µm (classe GTR D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> ou équivalent).

En ce qui concerne les modalités de compactage, il sera recommandé de se référer au guide de remblaiement des tranchées du LCPC et SETRA afin de limiter la poussée des terres.

En fonction des résultats de la présente étude (terrain limono-argileux), la réalisation d'un drainage est théoriquement envisageable mais est assujettie à plusieurs conditions :

- L'estimation du débit d'exhaure (par essais de pompage ou autres) ;
- La possibilité et l'autorisation de rejeter en permanence dans le milieu extérieur (*réseau EP, puits de réinjection par exemple*) un débit non négligeable (se conformer à l'avis de l'hydrogéologue) ;
- Des systèmes de sécurité (double pompe, cheminée de décompression...).

Toutes les venues d'eau devront être captées et canalisées au moyen d'un drain de pieds et de barbacanes afin d'éviter toute surpressions hydrostatiques à l'arrière des murs.

Un drainage à l'interface voile / remblai pourra être assuré par une nappe drainante fixée aux maçonneries.

Les eaux drainées devront être conduites à l'extérieur du site au moyen d'un exutoire, qui ne mettent pas en danger les avoisinants.

Cette solution par drainage ne peut cependant pas offrir une garantie absolue à long terme contre les arrivées d'eau : en effet, les drains peuvent se boucher avec le temps (colmatage) et l'imperméabilisation des murs peut se dégrader. Le réseau de drainage sera donc prévu avec une pente suffisante pour assurer l'autocurage (au moins 1 cm/m) et des regards de visite et d'entretien. Seul le cuvelage étanche donne une garantie totale.

Nous développons cependant la solution du drainage. Pour ce faire, on disposera contre les murs des sous-sols une tranchée drainante avec, au dessus de l'assise des fondations, un drain PVC enrobé dans un massif drainant et relié gravitairement au réseau d'évacuation des eaux hors du site. La tranchée drainante sera remplie par le remblai avec mise en œuvre d'un drain plat (de type Accodrain ou Fondaline) contre le mur et descendu sur le drain PVC périphérique. De plus on prévoira un enrobé bitumeux sur le parement des murs pour renforcer l'étanchéité du béton en bicouche.

Il est également possible d'envisager des voiles étanches ou relativement étanches. Pour cela, on se reportera au DTU 14.2. Les voiles seront dimensionnés pour reprendre les sous-pressions.

#### **- Mise en œuvre des remblais**

Les remblais constitués de matériaux d'apport seront mis en œuvre après décapage de l'horizon de terre végétale et de tout matériau évolutif ou de faible portance.

Les remblais seront mis en œuvre par couches successives soigneusement compactées conformément aux recommandations GTR.

#### **- Essais de contrôle**

Au démarrage du chantier, des planches d'essai seront réalisées de manière à fixer les paramètres de compactage (*épaisseur des couches, nombre de passes, ... en fonction du compacteur utilisé*).

La bonne mise en œuvre des remblais nécessite une supervision géotechnique d'exécution (*mission G4*) incluant notamment un contrôle par essais à la plaque tout au long du chantier.

Un suivi continu de la qualité des terrassements en remblais est une condition nécessaire à l'obtention d'un résultat satisfaisant.

Sans ces essais et contrôles suivis par GEOTEC dans le cadre de la mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur ces travaux (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

## - Sujétions d'exécution

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme (gravitaire, tranchées, pompage ...) ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique,... ;
- protection des talus en phase provisoire (fossés de tête et de pied, polyane ...) ; dans certains cas, tranchées drainantes, masques drainants, éperons drainants, drains subhorizontaux à prévoir ;
- protection de talus en phase définitive (engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux,...) ;

## - Méthodologie d'exécution des terrassements pour la réalisation du vide sanitaire (restauration), du rez-de-jardin (collège), du silo et des bassins

Le mode d'exécution des terrassements dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- de la présence de voirie circulée ou non à plus ou moins grande distance de la fouille et des possibilités de neutralisations partielles ou totales de celles-ci ;
- de l'espace libre disponible pour envisager éventuellement une solution talutage.

Mais de nombreux autres facteurs peuvent être déterminant pour le choix du mode d'exécution des terrassements (*présence de réseaux sous chaussée, d'anciens ouvrages enterrés, etc.*).

On notera que les sols intéressés par les terrassements apparaissent hétérogènes et de mauvaise qualité. Un talutage à plus de 3H/2V apparaît à ce stade exclu.

On vérifiera la faisabilité d'une telle solution et la pente maximale envisageable pour les talus, par la réalisation de sondages à la pelle mécanique.

On évitera les vibrations importantes.

Des arrivées sont possibles dans les sols de surface selon la période à laquelle se produiront les travaux. La réalisation hors d'eau des terrassements en pleine masse, pourra nécessiter de prévoir un épuisement de la fouille par drainage ou pompage.

Les caractéristiques mécaniques des limons, des argiles et sables se dégradent rapidement en présence d'eau et le bon déroulement du chantier dépendra essentiellement des conditions météorologiques.

Nous conseillons donc de travailler en période climatique sèche.

## IV.9. MISE HORS D'EAU

### - Phase provisoire

Lors de notre intervention (29 et 30 juin 2011), nous avons observé des niveaux d'eau éparses entre 2.30 m et 3.20 m de profondeur / TA, soit entre les cotes 83.20 et 86.60 NGF. Ses niveaux d'eau correspondent à des circulations préférentielles dans les poches sableuses.

Cependant, en fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées d'eau dans les fouilles sont possibles. Un pompage provisoire ou un drainage du site pourrait être nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la fouille des terrassements généraux.

Assainissement du site : du fait de la nature argileuse des terrains superficiels et de l'accumulation d'eau sur le site lors d'épisodes pluvieux, un drainage du terrain sera réalisé pour assainir le site en phase travaux et/ou provisoire. Il pourra s'agir soit de tranchées drainantes, soit de fossés. La pente sera au minimum de 5 mm/m. Ces ouvrages tiendront compte de la topographie du site et seront raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

### - Phase définitive

Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Pour ce faire, les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (gouttières, contre-pente, ...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour les existants et avoisinants.

Compte-tenu de la nature des terrains, les parties enterrées du projet seront soigneusement drainées conformément au DTU 20.1 : **drain périphérique et tapis drainant avec exutoire gravitaire ou pompe de relevage.**

Pour les modalités d'exécution des structures étanches ou relativement étanches, on se reportera au DTU 14.1. L'ouvrage et la dalle inférieure seront conçus de manière à reprendre la sous-pression.

Il y aura lieu de se conformer à l'avis de l'hydrogéologue concernant la gestion des eaux du site.

\*

\*

\*



## V - ÉTUDE DES CONDITIONS DE POSE DES RESEAUX

### V.1. REMARQUES PRELIMINAIRES

La présente étude est une étude de faisabilité géotechnique pour la pose de réseaux correspondant à une mission de type G12 selon les termes de la norme NFP 94-500 (étude de niveau I et II selon le fascicule n° 70 «Ouvrage d'assainissement»).

Cette mission a pour but de définir les conditions et les solutions d'adaptation au sol de canalisations posées en tranchée.

Tous les travaux relatifs à la pose de ces ouvrages en tranchée devront être exécutés suivant les règles de l'art du fascicule n° 70 «Ouvrage d'assainissement» de l'Equipement.

### V.2. CONDITIONS DE TERRASSEMENT

Les conditions d'extraction en tranchée dépendront de la compacité des terrains.

Dans les sols meubles (*remblais, limons, argiles, sables ...*) les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants. Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

Les parois des fouilles seront instables dans les formations argileuses et/ou limoneuses et/ou sableuses, notamment à proximité du niveau d'eau. Ceci nécessitera de travailler par tranches courtes de réseau et de prévoir une mise en œuvre des remblais rapide. Les fouilles ouvertes en attente de remblaiement seront impérativement à proscrire. Les stockages et circulations en tête de tranchées seront proscrits. Nous vous conseillons de privilégier les travaux en période d'été.

Pour les fouilles de plus de 1.30 m de profondeur, il faudra prévoir un blindage des tranchées selon les termes du fascicule 70. Un blindage simple avec retrait au fur et à mesure du remblaiement devrait suffire pour les zones hors d'eau. Dans les zones sous nappe, le blindage devra être associé à un pompage provisoire voire un rabattement de nappe, avec tout le soin nécessaire à la préservation des avoisinants.

### V.3. ASSISE DES RESEAUX

Après décapage de la frange superficielle, l'assise du réseau sera constituée soit par les limons argileux, les sables limoneux ou des argiles marno-sableuses. Le fond de tranchée sera compacté par 2 passages de compacteur de géométrie appropriée afin d'assurer la stabilité et la planéité du fond de tranchée.

Sur le fond de fouille, on disposera un lit de pose en matériaux concassés de granulométrie de classe GTR D<sub>2</sub>. Au regard des risques de circulation d'eau, ce lit de pose sera constitué par un matériau type 5/35 afin d'éviter tout entraînement hydraulique des fines.

L'épaisseur du lit de pose sera variable en fonction des caractéristiques mécaniques des terrains :

- 30 cm en partie basse du site (notamment à proximité des sondages P105, SP101, SP102, P1, P109, P110 et SP103, P15) ;
- 20 cm sur le reste du site.

Les éventuelles zones décomprimées dans les terrains meubles devront être purgées et remplacées par un concassé de granulométrie étendue 0/80 mm comportant moins de 5 % de fines et soigneusement compacté ou par une couche de blocage en concassé 0/200 mm.

Ces zones à purger seront définies suite aux investigations complémentaires de la phase 3 selon le fascicule 70.

La qualité de l'assise des réseaux dépendra essentiellement de son état hydrique d'une part et des conditions de mise en œuvre d'autre part.

En fonction de la profondeur de pose du réseau et du niveau des plus hautes eaux, il sera nécessaire de prévoir la mise en place d'un matériau d'assise insensible à l'eau dans les zones présentant un risque de remontée de nappe.

#### **V.4. MISE HORS D'EAU**

Compte tenu des niveaux d'eau rencontrés dans les sondages, des venues d'eau ne sont pas à exclure lors des terrassements dans les secteurs les plus profonds de pose.

Des essais de pompage seront à prévoir par l'entreprise de manière à quantifier les venues d'eau et dimensionner le pompage d'exhaure.

Compte tenu de la nature limono-argileuse sensible à l'eau des fonds de tranchée, toute venue d'eau sur l'assise des réseaux doit être évitée, ce qui risquerait de fortement dégrader les fonds de fouille.

Pour minimiser les venues d'eau, les travaux devront être réalisés lors de la période d'étiage de la nappe. En fonction de la cote du réseau, de la date de réalisation des terrassements et des arrivées d'eau dans les fouilles, un pompage provisoire, voire un rabattement de nappe sera nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la fouille avec tout le soin nécessaire à la préservation des avoisinants.

Lors de la réalisation des réseaux à proximité des bâtiments et réseaux existants, des dispositions particulières devront être mises en œuvre pour empêcher l'entraînement des fines qui pourraient déstabiliser les ouvrages à proximité.

## V.5. REMBLAIEMENT

Le remblaiement des tranchées devra s'effectuer suivant les règles de l'art du fascicule 70 "Ouvrage d'assainissement" de l'Équipement.

Le même matériau que celui du lit de pose ou un matériau équivalent (sable par exemple) sera mis en place en enrobage de la canalisation jusqu'à une hauteur minimale de 20 cm au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite.

Le remblaiement des tranchées devra s'effectuer suivant les règles de l'art du fascicule 70 « Ouvrages d'assainissement » de l'Équipement.

Le matériau de remblaiement (hors structure de chaussée) correspondant à la partie inférieure de remblai (PIR) et à la partie supérieure de remblai (PSR) pourra être un matériau de classe D<sub>1</sub> à D<sub>2</sub> selon le GTR. Dans la pratique, on pourra éventuellement retenir un concassé de granulométrie étendue 0/80 mm et 0/31.5 mm sur les 50 cm supérieurs comportant moins de 5% de fines. Ce remblai sera édifié par couches minces successives soigneusement compactées.

Ces remblais seront édifiés par couches minces (40 cm) soigneusement compactées. Une planche d'essai devra être réalisée afin de déterminer précisément des conditions de compactage des terrains (nombre de passe à effectuer en fonction du type de compacteur utilisé).

Toutes les eaux de ruissellement devront être captées et canalisées hors du chantier ceci afin de ne pas risquer de dégrader les assises des réseaux.

Compte tenu de la sensibilité à l'eau des sols du site, nous recommandons vivement de réaliser les travaux par temps sec.

## V.6. CONTROLES

Un contrôle du remblaiement devra être effectué, ceci afin de garantir la bonne exécution des travaux et la qualité du remblaiement.

Pour ce faire, il pourra être réalisé des contrôles de la nature et de l'assise du réseau au moment des travaux, des contrôles des matériaux utilisés en remblaiement, et des contrôles de mise en œuvre du remblai par des essais pénétrométriques et analyses en laboratoire.

\*

\*

\*

## VI - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la mission d'étude géotechnique d'avant-projet. Cette mission G2 confiée à GEOTEC a permis de préciser les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations, et présente les méthodes d'exécution des ouvrages géotechniques retenus par la maîtrise d'œuvre.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site et le projet c'est-à-dire notamment :

- niveau d'eau lors des travaux,
- les variations du niveau de la nappe et le niveau des PHEC,
- implantation, type, descente de charges de la chaufferie.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet et la rédaction du DCE. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G3 et G4) devra suivre la présente étude (mission G2).

Par ailleurs, nous rappelons les contraintes et les difficultés liées à la réalisation des inclusions rigides, qui devra être confiée à une entreprise ayant des références pour des travaux similaires.

\*

\*

\*

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

## CONDITIONS D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

1. **GEOTEC** ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, **GEOTEC** n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.
2. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **GEOTEC**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
3. Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **GEOTEC**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
4. Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **GEOTEC** a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **GEOTEC** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à **GEOTEC** d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
5. Les moyens techniques à la disposition de **GEOTEC** pour la présente étude ne permettent d'obtenir qu'une identification ponctuelle des sols, sur les seuls lieux d'implantation des sondages mentionnés ci-avant, lesquels portent sur une profondeur limitée.

En conséquence, des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (par exemple : failles, remblais anciens ou récents, cavene de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie.

Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (éboulements des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc.) doivent être immédiatement signalés à **GEOTEC** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

6. Pour les raisons développées au § 4, et sauf stipulation contraire explicite de la part de **GEOTEC**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **GEOTEC**. Une mission G2 d'étude géotechnique de projet minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.
7. **GEOTEC** ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
8. Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **GEOTEC** lorsqu'elle est chargée d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution. Le client est alors prié de prévenir **GEOTEC** en temps utile.  
  
Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.
9. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF*) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.
10. Hydrogéologie : les relevés des venues d'eau dans les sondages ont un caractère ponctuel et instantané.
11. Le Maître d'Ouvrage devra informer **GEOTEC** de la date de Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **GEOTEC** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.

## EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500 REVISEE EN 2006

### Classification et 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 géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

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

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

**TABEAU 1 – SCHEMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
<b>1</b>	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
<b>2</b>	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
<b>3</b>	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
<b>Cas particulier</b>	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

\* NOTE : à définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

**TABEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

### **ETAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)**

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)**

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisinants.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

#### **ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)**

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

### **ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)**

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

#### **Phase Projet**

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

#### **Phase Assistance aux Contrats de Travaux**

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

### **ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

#### **ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)**

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

##### **Phase Etude**

- Définir 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 validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

##### **Phase Suivi**

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

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

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

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

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

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

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

### **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.

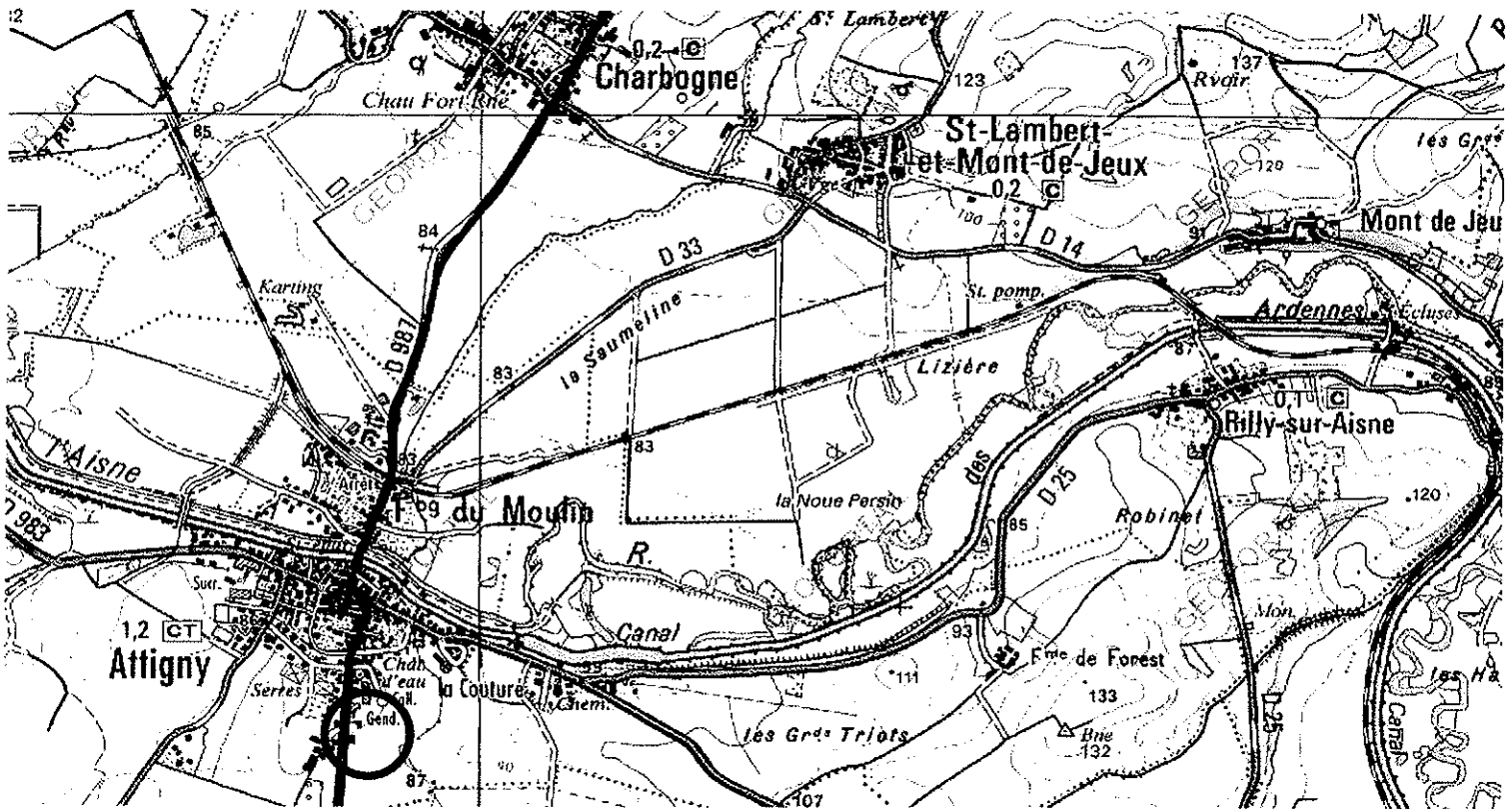
- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

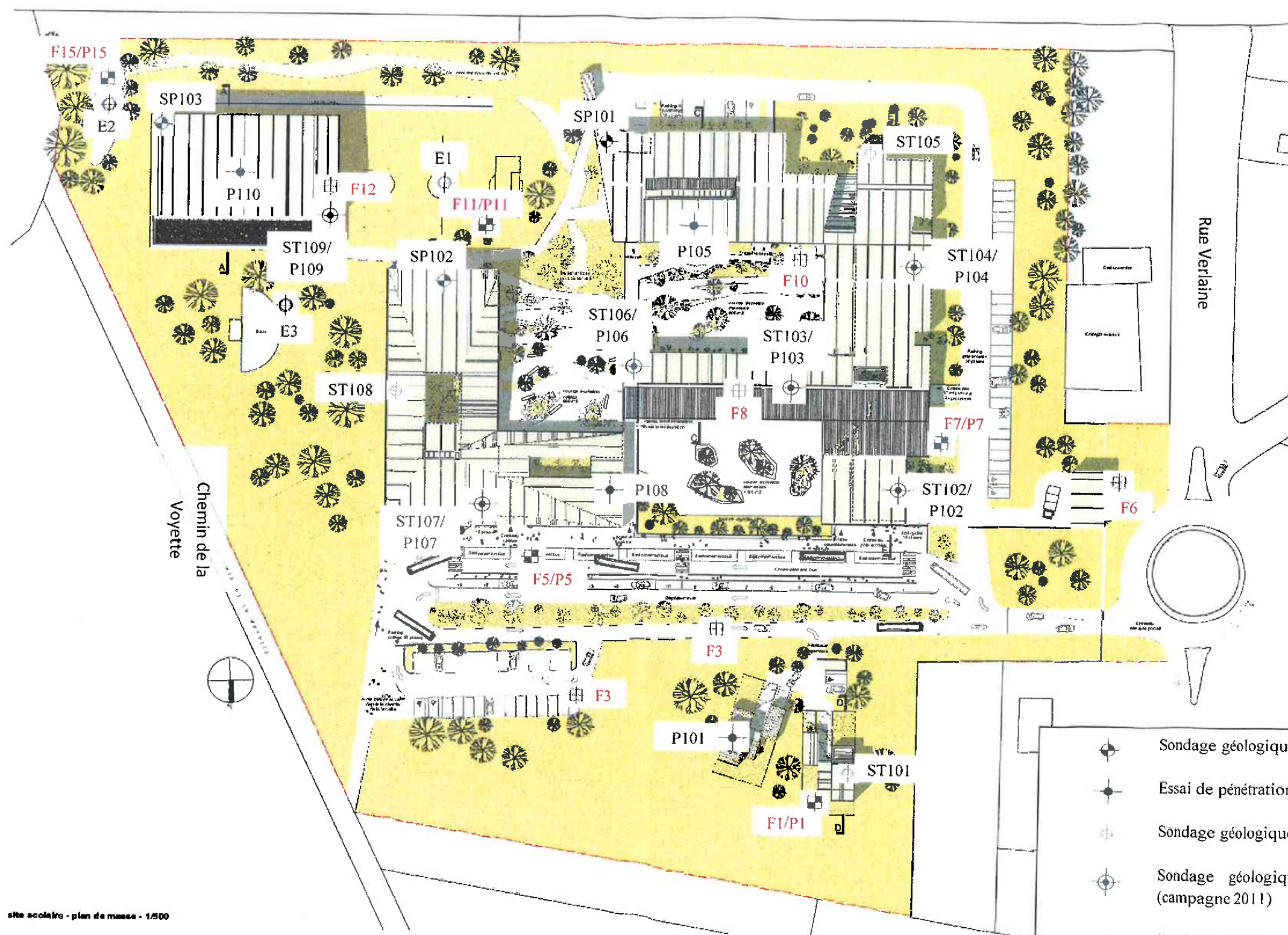
Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

## ANNEXES

- Annexe 1 : PLAN DE SITUATION
- Annexe 2 : PLAN D'IMPLANTATION
- Annexe 3 : SONDAGES
- Annexe 4 : PENETROMETRES
- Annexe 5 : ESSAIS DE LABORATOIRE







site scolaire - plan de masse - 1/500

- Sondage géologique et pressiométrique (campagne 2011)
- Essai de pénétration dynamique (campagne 2011)
- Sondage géologique (campagne 2011)
- Sondage géologique et essai de pénétration dynamique (campagne 2011)
- Sondage géologique à la pelle mécanique et essais de perméabilité (campagne 2011)
- Sondage géologique à la pelle mécanique (campagne 2009)
- Sondage géologique à la pelle mécanique et essai au pénétromètre dynamique (campagne 2009)



# Sondage : SP101

Inclinaison/Verticale :

Date : 29/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 09/5949/AUX/01

Z : 88.10 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)			Pression limite pl* (MPa)			EM/pl*
						0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	0.1	1	10	
88.10	0.00																
87.80	0.30	argile limono-sableuse marron		RTP	0												
87.50	0.60	argile limoneuse brune à graviers		64													
					1												21
86.60	1.50	argile sableuse brune															
					2												16
		sable limoneux gris à graviers															
85.10	3.00		3.20 m		3												18
		argile marno-sableuse grise			4												10
					5												6
83.10	5.00																
		marne grise			6												
					7												
80.10	8.00				8												
					9												
					10												
					11												
					12												
					13												
					14												
					15												
					16												
					17												
					18												
					19												
					20												

EXGTE 2.30

Observations :



GEOTEC

Sondage : SP102

Inclinaison/Verticale :

Date : 29/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 09/5949/AUX/01

Z : 87.60 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage p <sub>f</sub> * (MPa)	Pression limite p <sub>l</sub> * (MPa)	EM/p <sub>l</sub> *
87.60	0.00					0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
87.30	0.30	terre végétale : argile limono-sableuse marron		RTP 64	0				
87.00	0.60	argile limoneuse brune à passées sableuses			1	6.31	0.40	0.56	11
85.60	2.00	argile sableuse brune			2				
84.60	3.00	sable limoneux gris vert	2.50 m		3	3.97	0.13	0.27	15
					4	6.38	0.48	0.70	9
		argile marno-sableuse brune			5	8.25	0.56	1.04	8
81.60	6.00				6				
		marne argileuse grise			7	7.57	0.90	1.31	6
79.60	8.00				8				
		marne grise			9	160	> 2.30	> 3.91	< 41
77.60	10.00				10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

Observations :



# Sondage : SP103

Inclinaison/Verticale :

Date : 29/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 09/5949/AUX/01

Z : 86.40 NGF

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
86.40	0.00				0	0.1 1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10	
86.10	0.30	argile limono-sableuse marron		RTP	0				
85.80	0.60	argile limoneuse brune à graviers		64	0				
					1	11,2	0,52	0,75	15
		argile sableuse brune et sable limoneux			2				
83.40	3.00		3,20 m		3	5,71	0,31	0,60	10
		argile marno-sableuse grise			4	14,8	0,45	0,83	18
81.40	5.00				5				
		marne argileuse grise			6	8,39	0,79	1,34	6
79.90	6.50				7				
		marne grise			8	35,2	2,14	3,64	10
78.40	8.00				9				
					10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				
					20				

EXGTE 2.30

Observations :



GEOTEC

## Sondage : ST101

Inclinaison/Verticale :

Date : 29/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 92.10

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
92,10 91,90	0,00 0,20	terre végétale			0	0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10 100	0,1 1 10 100	
		argile limoneuse marron à passées sableuses			1				
90,70	1,40				2				
		limon argileux marron gris			3				
88,60	3,50				4				
		argile marno-sableuse gris vert			5				
87,00	5,10				6				
		marne argileuse gris vert			7				
85,90	6,20				8				
					9				
					10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				

Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantutza.fr

EXGTE 2.30

## Observations :

Refus à 6.20 m

Site : ATTIGNY

Date : 29/06/2011

Echelle : 1/100







X :

Y :

Z : 90.50

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pi* (MPa)				EM/pi*	
						0,1	1	10	100	1000	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100		
90,50 90,30	0,00 0,20	 terre végétale	NEANT	TAR 63	0															
		 argile limoneuse marron à passées sableuses			1															
88,90	1,60	 argile limoneuse marron beige			2															
		 argile marno-sableuse gris vert			3															
87,60	2,90				4															
		 argile marno-sableuse gris vert			5															
85,60	4,90				6															
		 marne argileuse grise			7															
					8															
82,50	8,00				9															
					10															
					11															
					12															
					13															
					14															
					15															
					16															
					17															
					18															
			19																	

EXGTE 2.30

Observations :



Site : ATTIGNY

X :

Date : 29/06/2011

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 89.40

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*
						0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	100	0.1	1	10	100	
89.40	0.00				0														
89.20	0.20	terre végétale																	
		argile limoneuse marron à passées sableuses			1														
87.60	1.80				2														
		argile limoneuse marron beige			3														
86.40	3.00				4														
		argile marneuse gris blanc			5														
85.20	4.20				6														
		marne argileuse grise			7														
82.40	7.00				8														
		marne grise			9														
81.40	8.00				10														
					11														
					12														
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														

Observations :





# Sondage : ST104

Inclinaison/Verticale :

Date : 29/06/2011

Site : ATTIGNY

X :



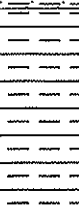

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 89.70






Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*	
89,70 89,50	0,00 0,20	 terre végétale	NEANT	TAR 63	0	0,1	1	10	100	1000	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100		
		 argile limoneuse marron à passées sableuses			1															
87,90	1,80	 argile marneuse marron gris			2															
					3															
					4															
84,90	4,80				5															
		 marne argileuse grise			6															
					7															
					8															
81,70	8,00				9															
					10															
					11															
					12															
					13															
					14															
					15															
					16															
					17															
					18															
					19															

EXGTE 2.30

Observations :

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutza.fr

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*
						0,1	1	10	100	1000	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100	
89,20 89,00	0,00 0,20	 terre végétale			0														
		 argile limoneuse marron			1														
87,40	1,80				2														
		 argile sableuse marron beige à sable limoneux gris vert	2,60 m		3														
84,60	4,60				4														
		 argile marno-sableuse marron beige	4,80 m	TAR 63	5														
83,10	6,10				6														
		 argile marneuse gris bleu			7														
81,20	8,00				8														
					9														
					10														
					11														
					12														
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														

EXGTE 2.30

Observations :

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*
88.70	0.00					0.1	1	10	100	1000	0.1	1	10	100	0.1	1	10	100	
88.50	0.20	terre végétale			0														
		argile limoneuse marron			1														
87.50	1.20				2														
		argile sableuse marron			3														
84.90	3.80				4														
		marne argileuse gris noir			5														
81.50	7.20				6														
					7														
					8														
					9														
					10														
					11														
					12														
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														

EXGTE 2.30

**Observations :**

Refus à 7.20 m

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)					Pression de fluage pf* (MPa)				Pression limite pl* (MPa)				EM/pl*
88,80	0,00					0,1	1	10	100	1000	0,1	1	10	100	0,1	1	10	100	
88,60	0,20	terre végétale			0														
					1														
87,60	1,20	limon argileux marron																	
					2														
		limon argileux marron vert																	
86,20	2,60				3														
					4														
		marne argileuse grise à gris vert																	
83,30	5,50				5														
					6														
		marne gris vert																	
81,80	7,00				7														
					8														
					9														
					10														
					11														
					12														
					13														
					14														
					15														
					16														
					17														
					18														
					19														

**Observations :**

Refus à 7.0 m

EXGTE 2.30



# Sondage : ST108

Inclinaison/Verticale :

Date : 30/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 87.50

Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/Pl*
87,50	0,00				0	0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10 100	0,1 1 10 100	
87,30	0,20	terre végétale			0				
86,30	1,20	argile limoneuse marron à passées sableuses			1				
			2,30 m		2				
		argile marne-sableuse marron		TAR 63	3				
			4,20 m		4				
82,70	4,80				5				
		marne argileuse grise à gris noir			6				
80,30	7,20				7				
					8				
					9				
					10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				

EXGTE 2.30

## Observations :

Refus à 7.20 m



# Sondage : ST109

Inclinaison/Verticale :

Date : 30/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Echelle : 1/100

Y :

Z : 87.00

Page : 1/1

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Prof	Module pressiométrique EM (MPa)	Pression de fluage pf* (MPa)	Pression limite pl* (MPa)	EM/pl*
87,00	0,00					0,1 1 10 100 1000	0,1 1 10 100	0,1 1 10 100	
86,80	0,20	terre végétale			0				
		argile limoneuse marron à passées sableuses			1				
85,40	1,60				2				
		sable limoneux beige			3				
84,10	2,90				4				
		argile marno-sableuse marron			5				
83,00	4,00				6				
		argile marneuse gris vert			7				
80,00	7,00				8				
					9				
					10				
					11				
					12				
					13				
					14				
					15				
					16				
					17				
					18				
					19				

EXGTE 2.30

Observations :



# Pénétromètre : P101

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

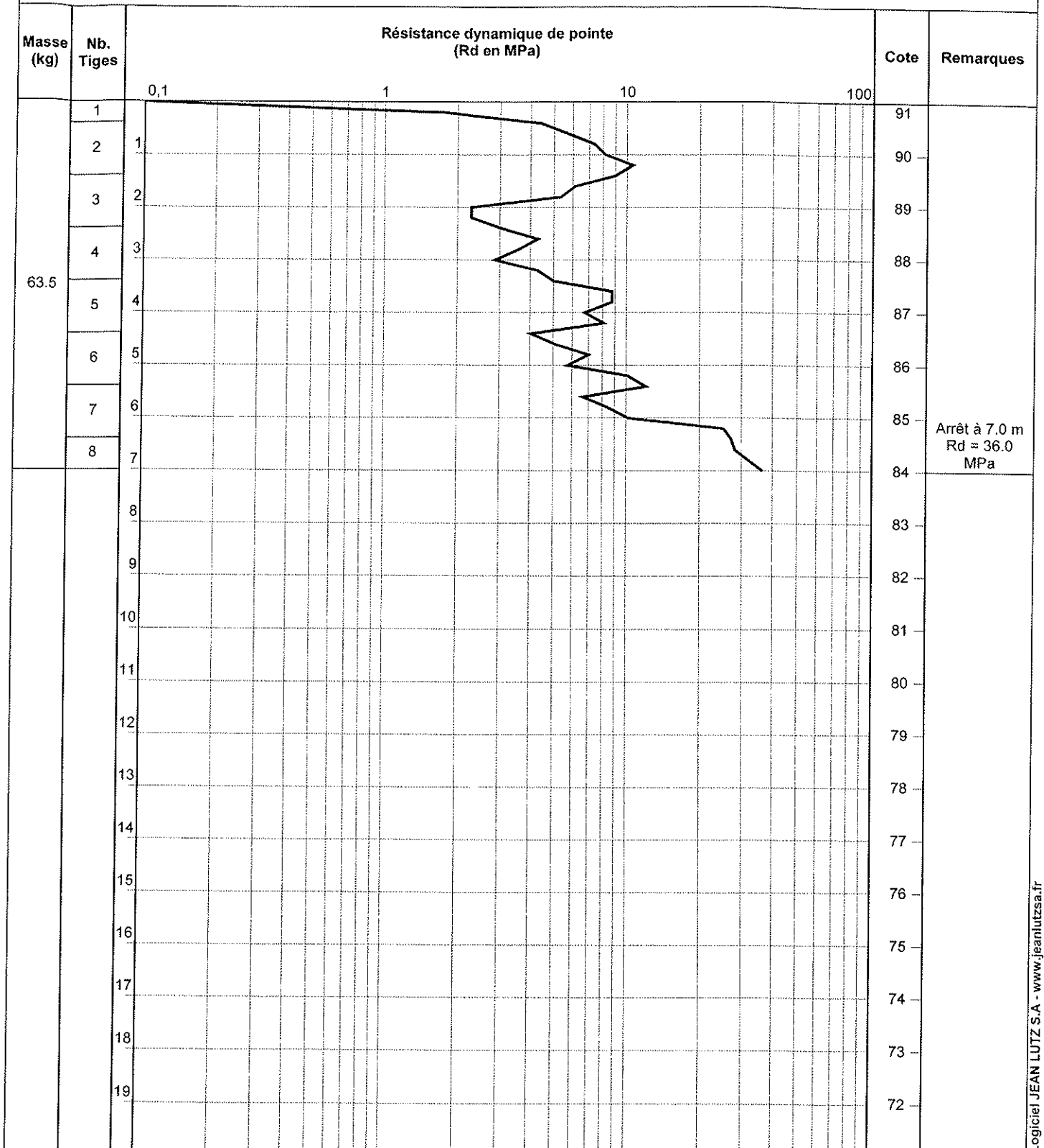
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 91.00

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutza.fr

EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P102

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

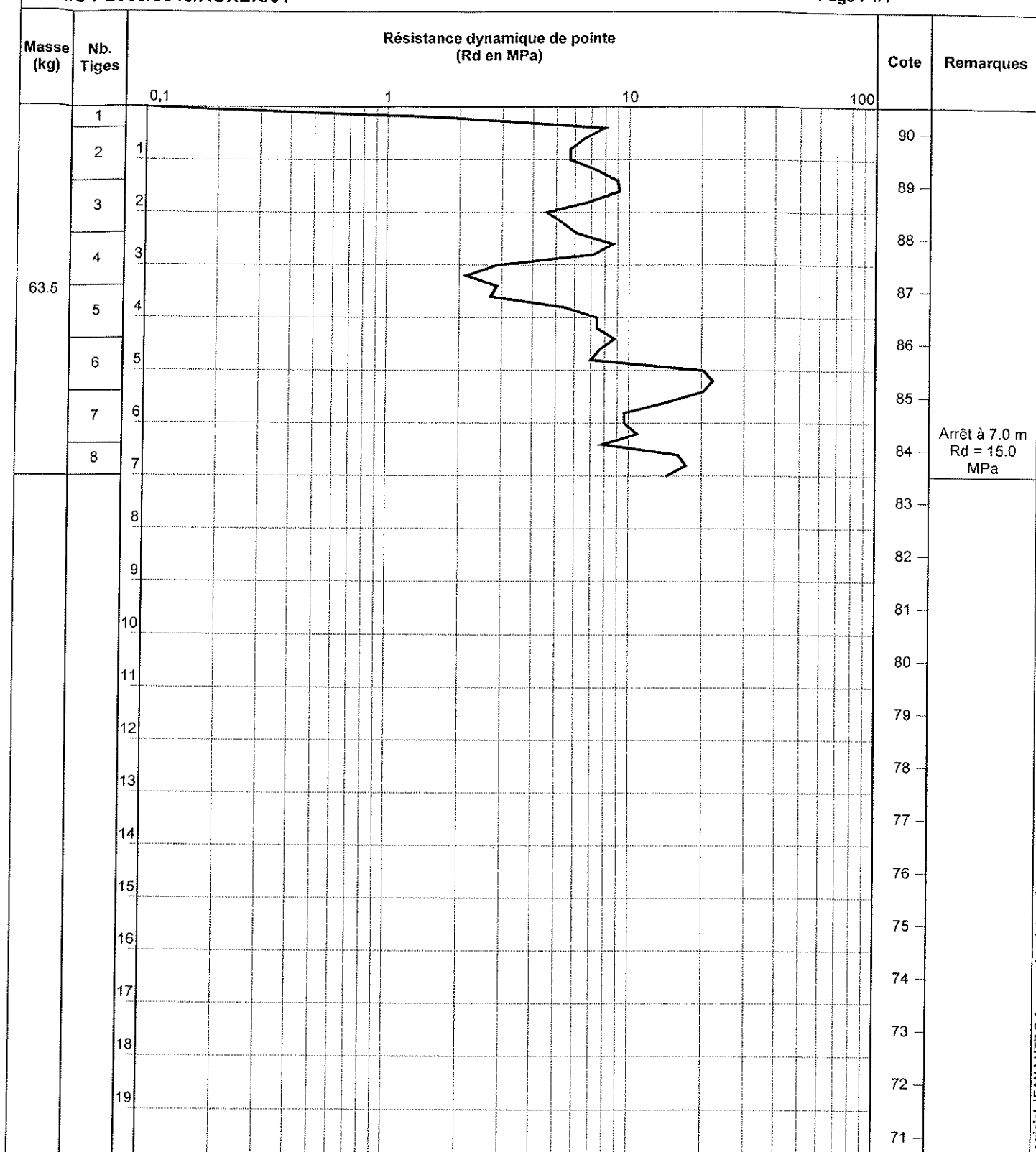
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 90.50

Page : 1/1



EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1





# Pénétromètre : P103

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 28/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

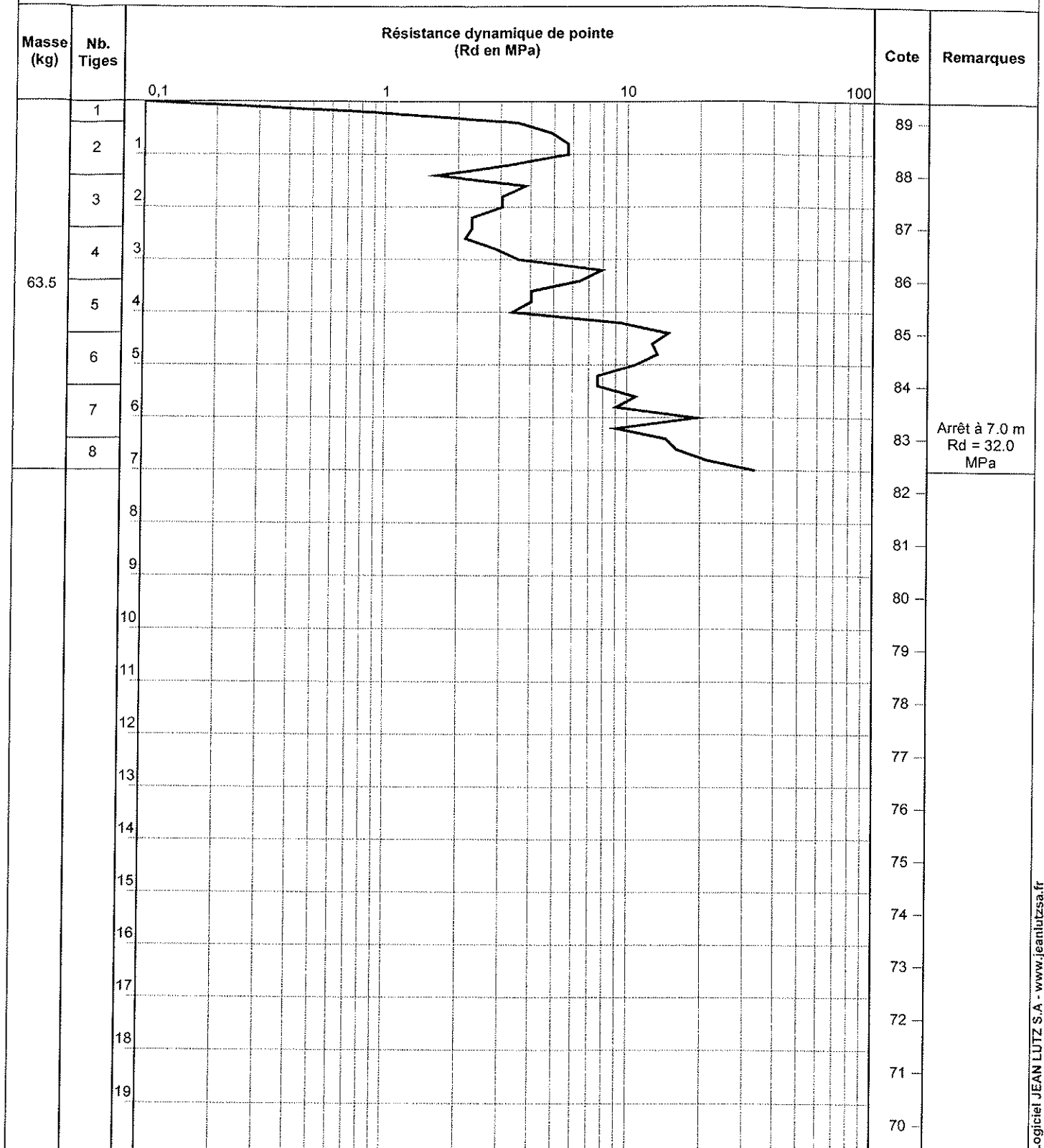
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 89.40

Page : 1/1



EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P104

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 28/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

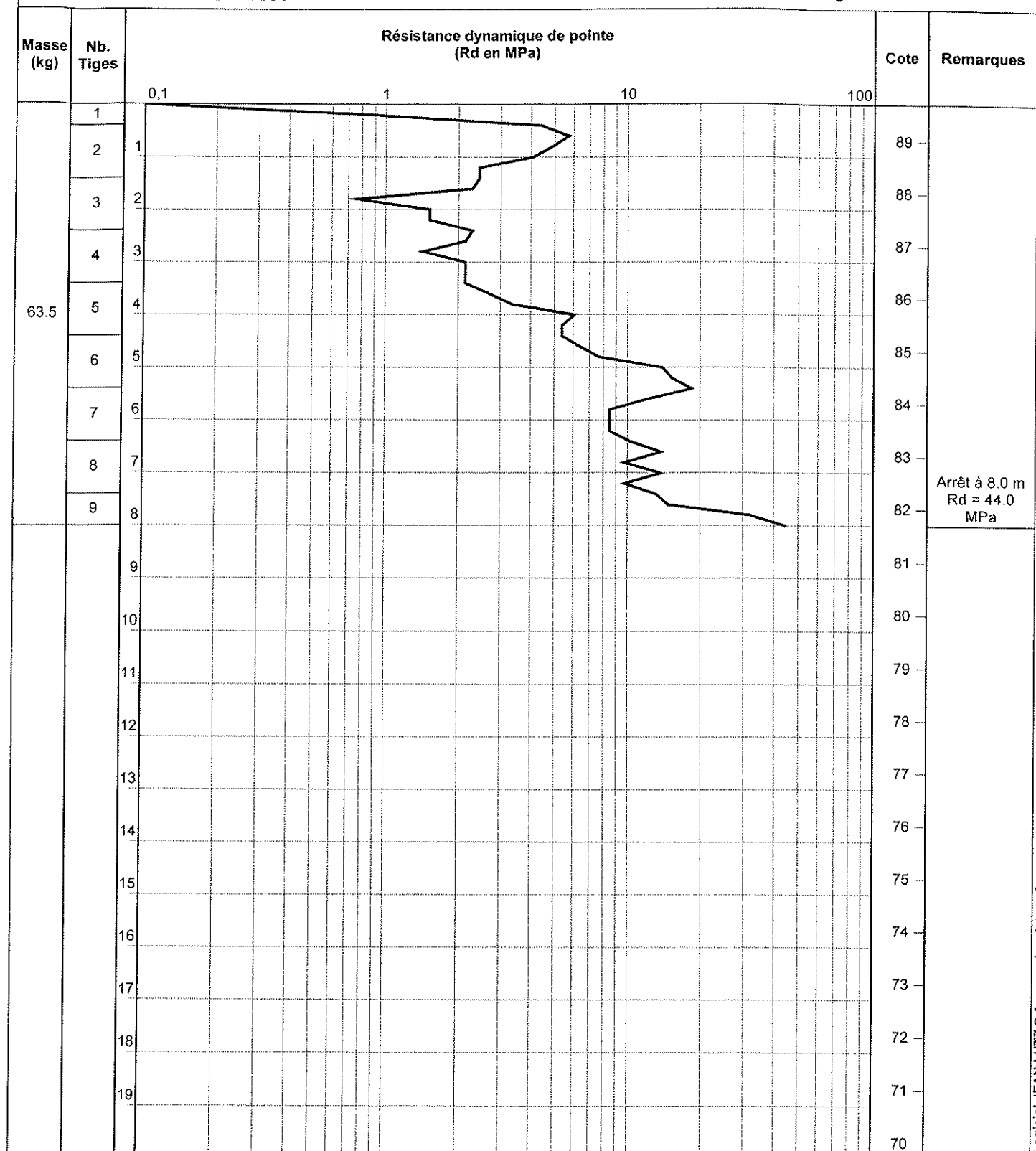
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 89.70

Page : 1/1



EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle\_PENDYN1



# Pénétrromètre : P105

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 28/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP>=53

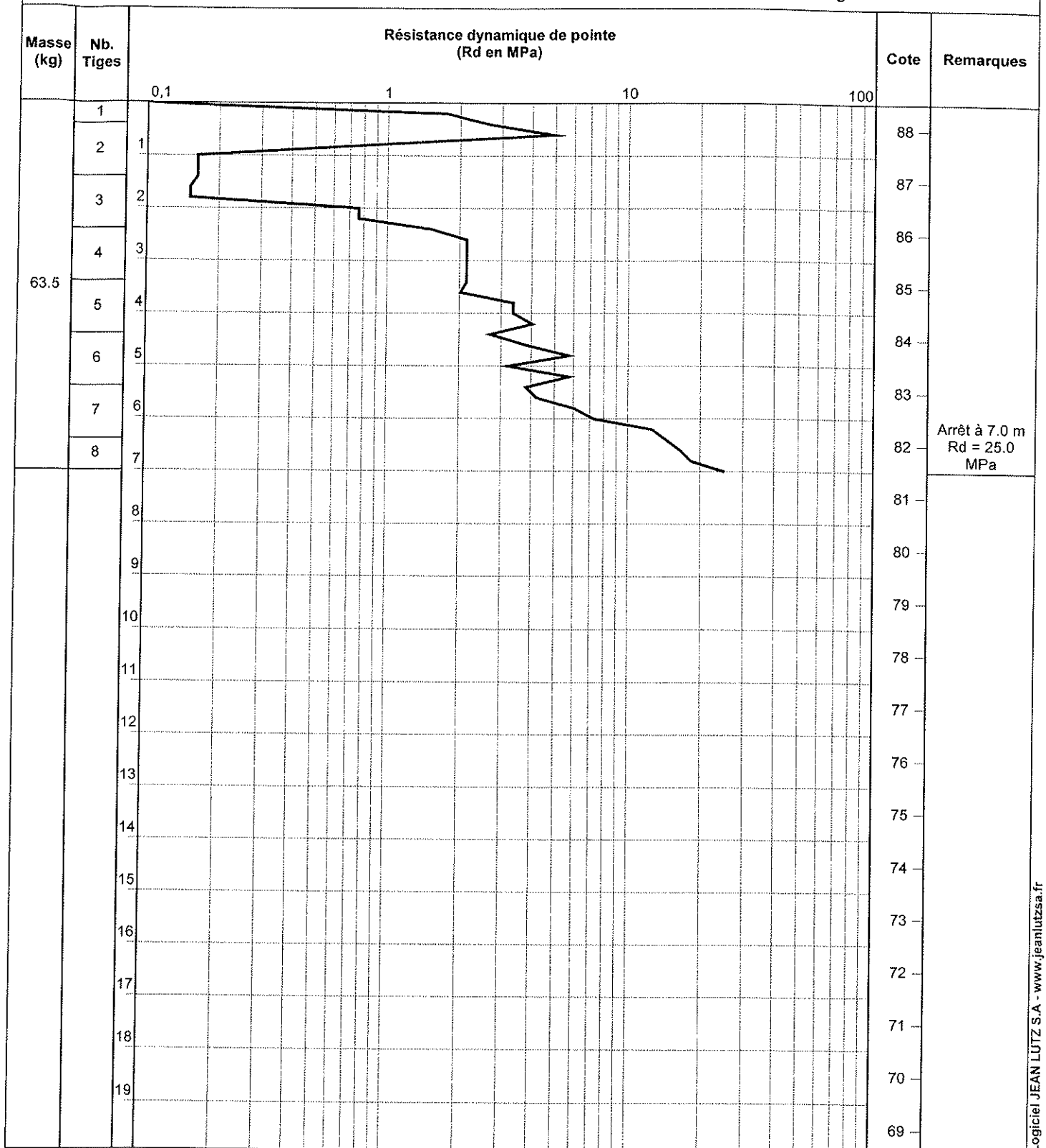
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 88.50

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétrromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P106

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP>=53

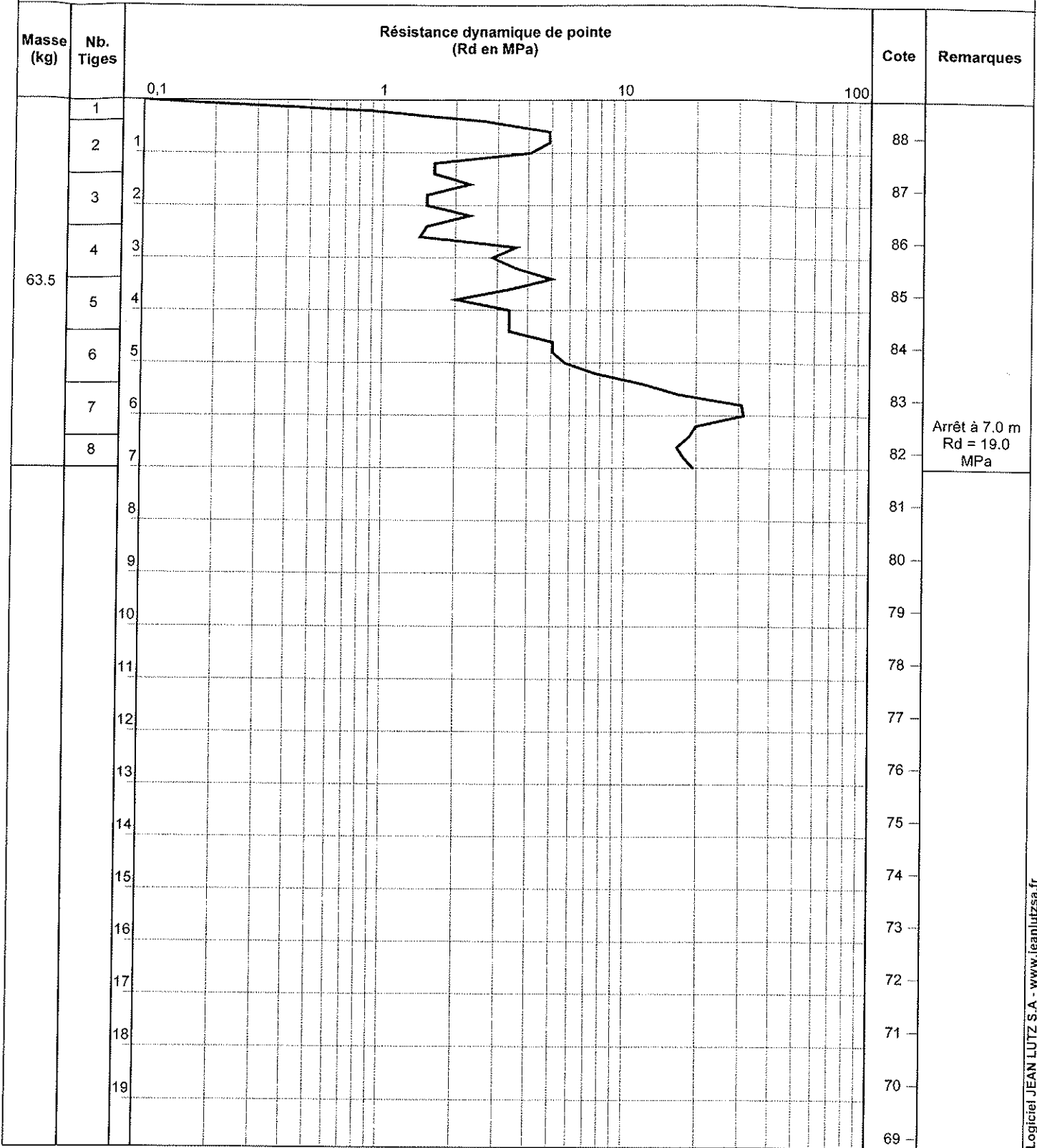
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 88.70

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm²

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P107

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

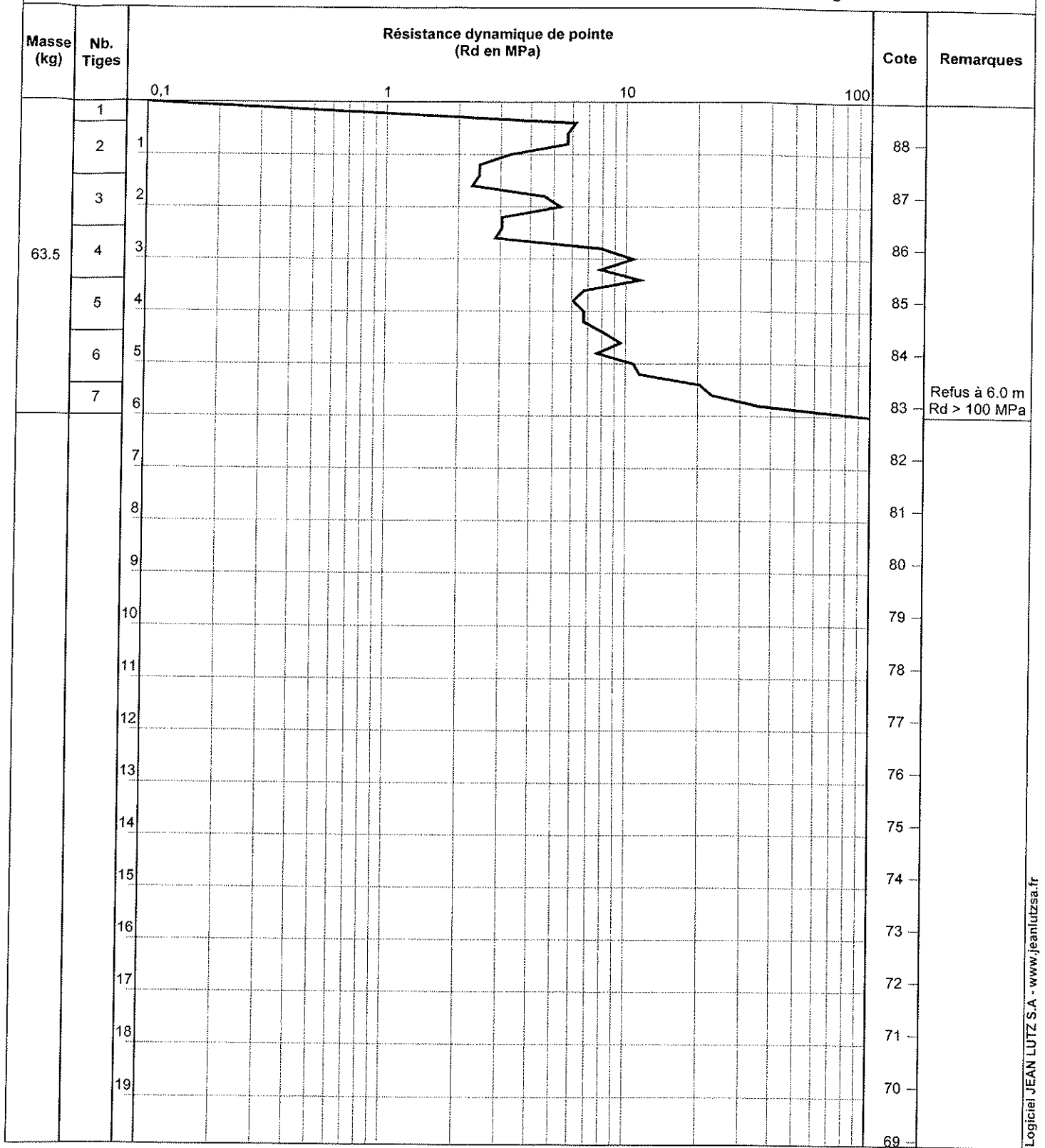
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 88.80

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1


**GEOTEC**
**Pénétromètre : P108**

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

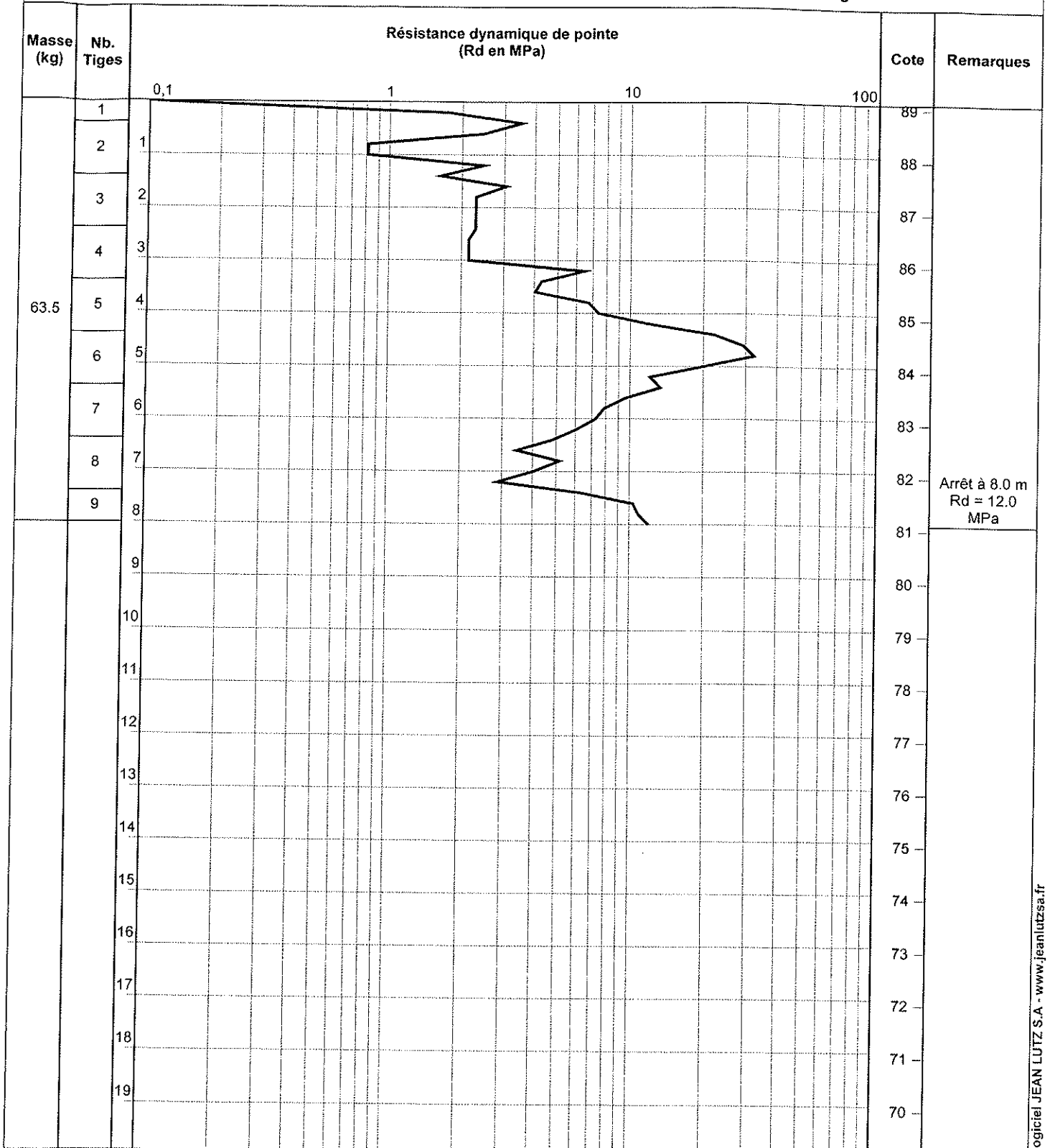
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 89.10

Page : 1/1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 2.30

**Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB**

 Masse mouton : 63.5 kg  
 Hauteur de chute : 75 cm  
 Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>  
 Observations :

 Masse enclume : 12.37 kg  
 Masse de la pointe : 1.05 kg  
 Masse d'une tige : 6.31 kg

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P109

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 27/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

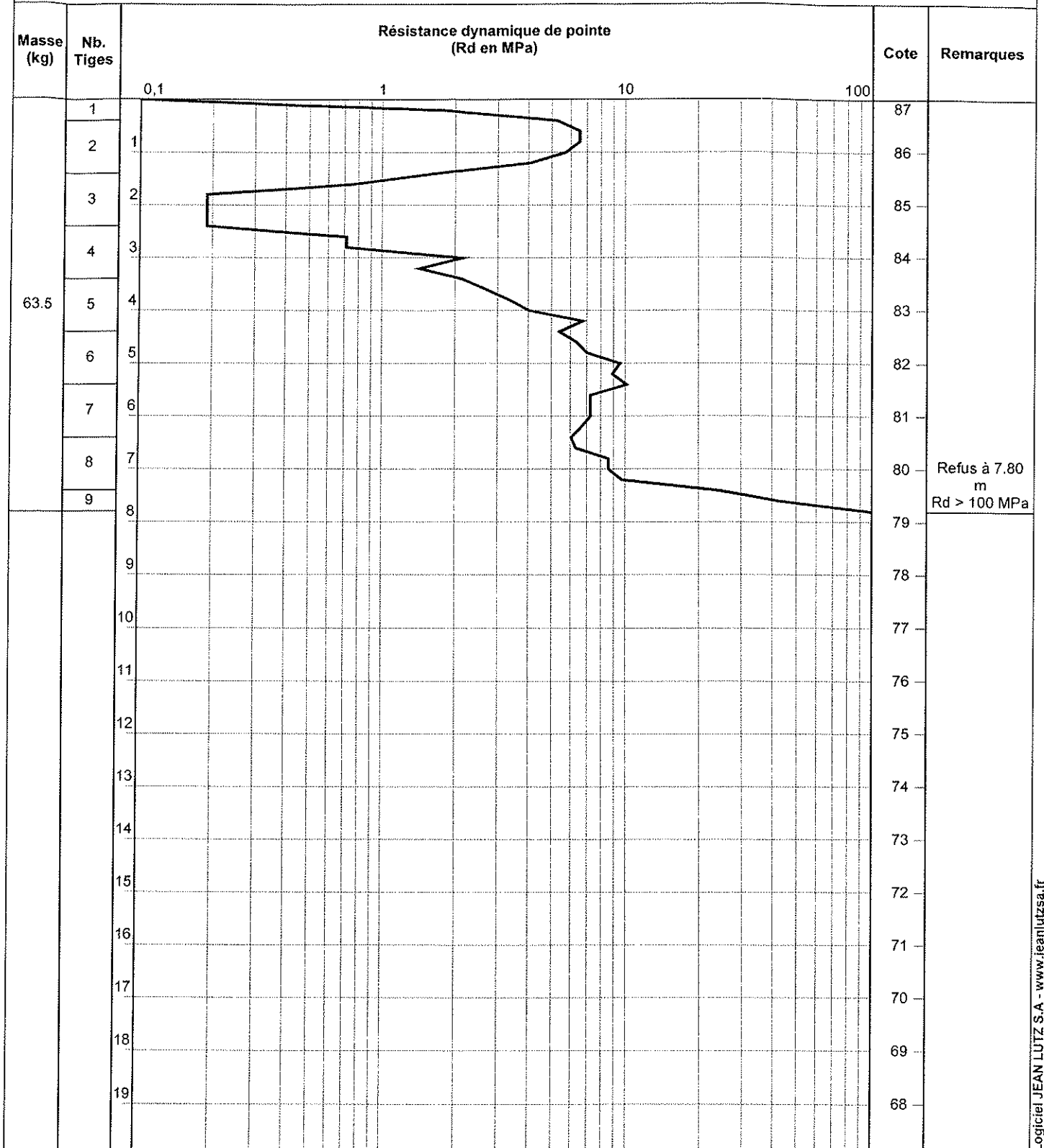
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 87.00

Page : 1/1



EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg

Masse enclume : 12.37 kg

Hauteur de chute : 75 cm

Masse de la pointe : 1.05 kg

Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>

Masse d'une tige : 6.31 kg

Observations :

Modèle \_PENDYN1



# Pénétromètre : P110

Effectué conformément à la norme NF P 94-115

Date : 28/06/2011

Site : ATTIGNY

X :

Type : GTP&gt;=53

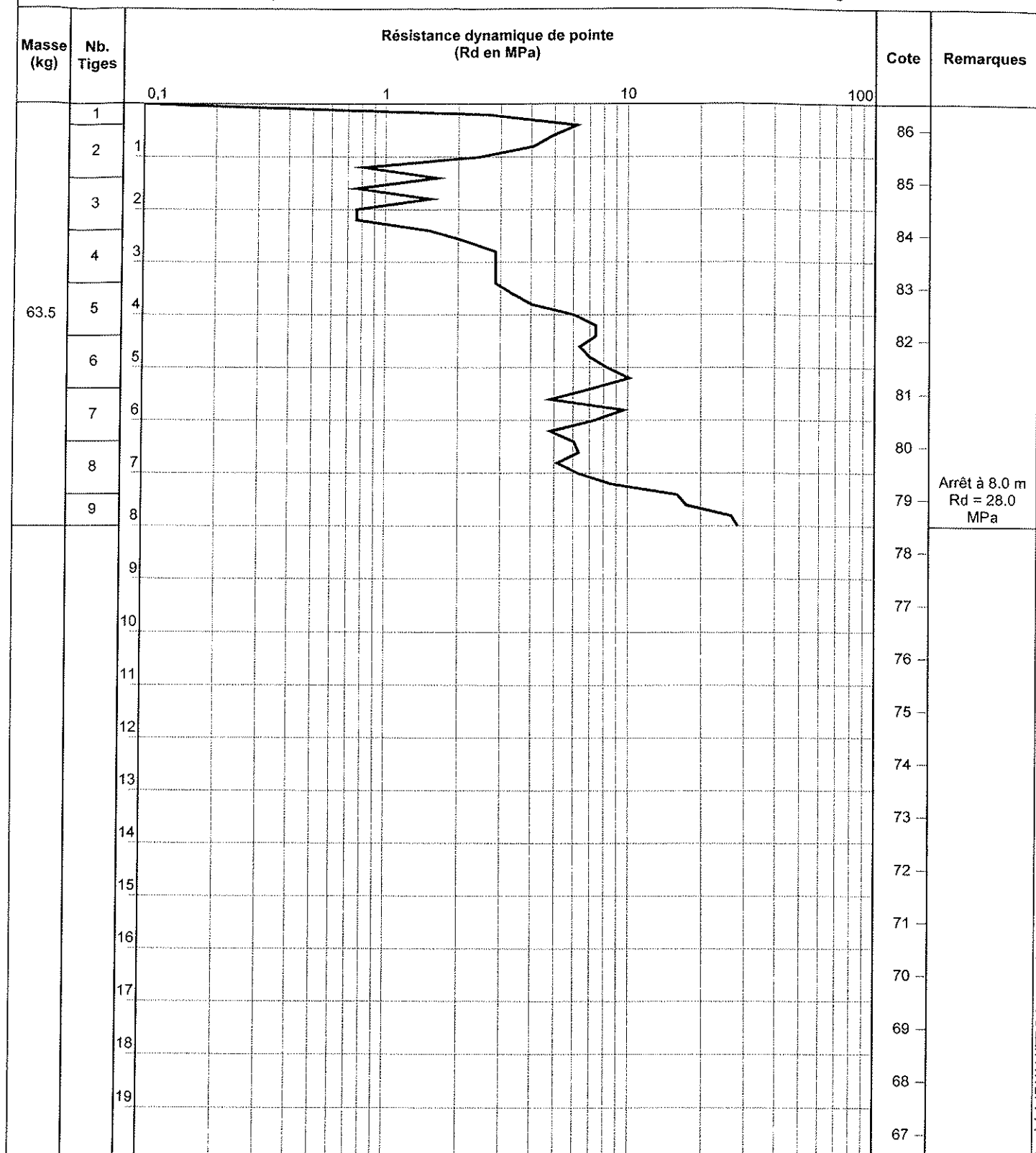
Y :

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER/01

Z : 86.50

Page : 1/1



EXGTE 2.30

## Caractéristiques du pénétromètre dynamique PDB

Masse mouton : 63.5 kg  
 Hauteur de chute : 75 cm  
 Section de la pointe : 20.428 cm<sup>2</sup>  
 Observations :

Masse enclume : 12.37 kg  
 Masse de la pointe : 1.05 kg  
 Masse d'une tige : 6.31 kg

Modèle\_PENDYN1







GÉOTEC

Fouille : F3

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY

x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 90.400 NGF

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain	Eau	Ech
90.400	0.00			
89.90	0.50	terre végétale		
		limon brun		
88.50	1.90	limon argileux brun beige	NEANT	
87.50	2.90	limon gris vert		
87.10	3.30	argile marno-sableuse gris vert		
		Arrêt à 3.30 m		
		Pas d'eau		





GÉOTEC

Fouille : F6

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY



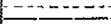


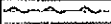
x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 91.200 NGF

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain		Eau	Ech
91.200	0,00				
90.90	0.30		terre végétale	NEANT	
			limon argileux brun		
90.00	1.20				
			argile marneuse gris blanc		
88.40	2.80				
88.00	3.20		marne sableuse gris blanc		





GÉOTEC

Fouille : F8

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY

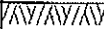
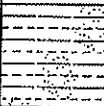
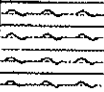
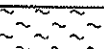
x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 89.200 NGF

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain		Eau	Ech
89.200	0,00				
88.80	0.40		terre végétale	NEANT	
87.40	1.80		limon argileux brun à beige à passées plus sableuse		
86.10	3.10		argile marneuse gris vert		
85.50	3.70		marne gris vert		



GÉOTEC

Fouille : F10

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY

x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 88.800 NGF

4

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain		Eau	Ech
88.800	0,00				
88.50	0.30		terre végétale		
87.70	1.10		limon gris brun		
87.35	1.45		argile limoneuse gris brun		
87.00	1.80		argile marneuse gris blanc		
86.00	2.80				
85.15	3.65		marne gris blanc	3.20m	
<p><b>Arrêt à 3.65 m</b></p> <p><b>Arrivée d'eau à 3.20 m</b></p>					







GÉOTEC

Fouille : F12

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY

x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 87.000 NGF

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain		Eau	Ech
87.000	0,00				
86.70	0.30		terre végétale	NEANT	
86.30	0.70		limon gris brun		
85.90	1.10		argile sableuse brune		
85.30	1.70		argile gris noir		
			sable limoneux beige		
84.00	3.00				
83.40	3.60		argile mameuse gris vert		
Arrêt à 3.60 m					
Pas d'eau					



GÉOTEC

Fouille : F15

Date : 17/11/2009

Site : ATTIGNY


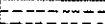
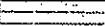
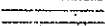
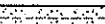
x =

Echelle : 1/100

Affaire : 2009/5949/AUXER

y =

z = 86.250 NGF

Cote NGF	Prof.	Nature du terrain		Eau	Ech
86.250	0.00				
85.95	0.30		terre végétale	NEANT	
85.60	0.65		limon gris		
84.80	1.45		argile sableuse brune		
83.45	2.80		sable limoneux gris blanc à graviers		
82.75	3.50		argile marneuse gris vert		



## Pénétrromètre : P1

Site : ATTIGNY

x =

Date : 17/11/2009

y =

Echelle : 1/100

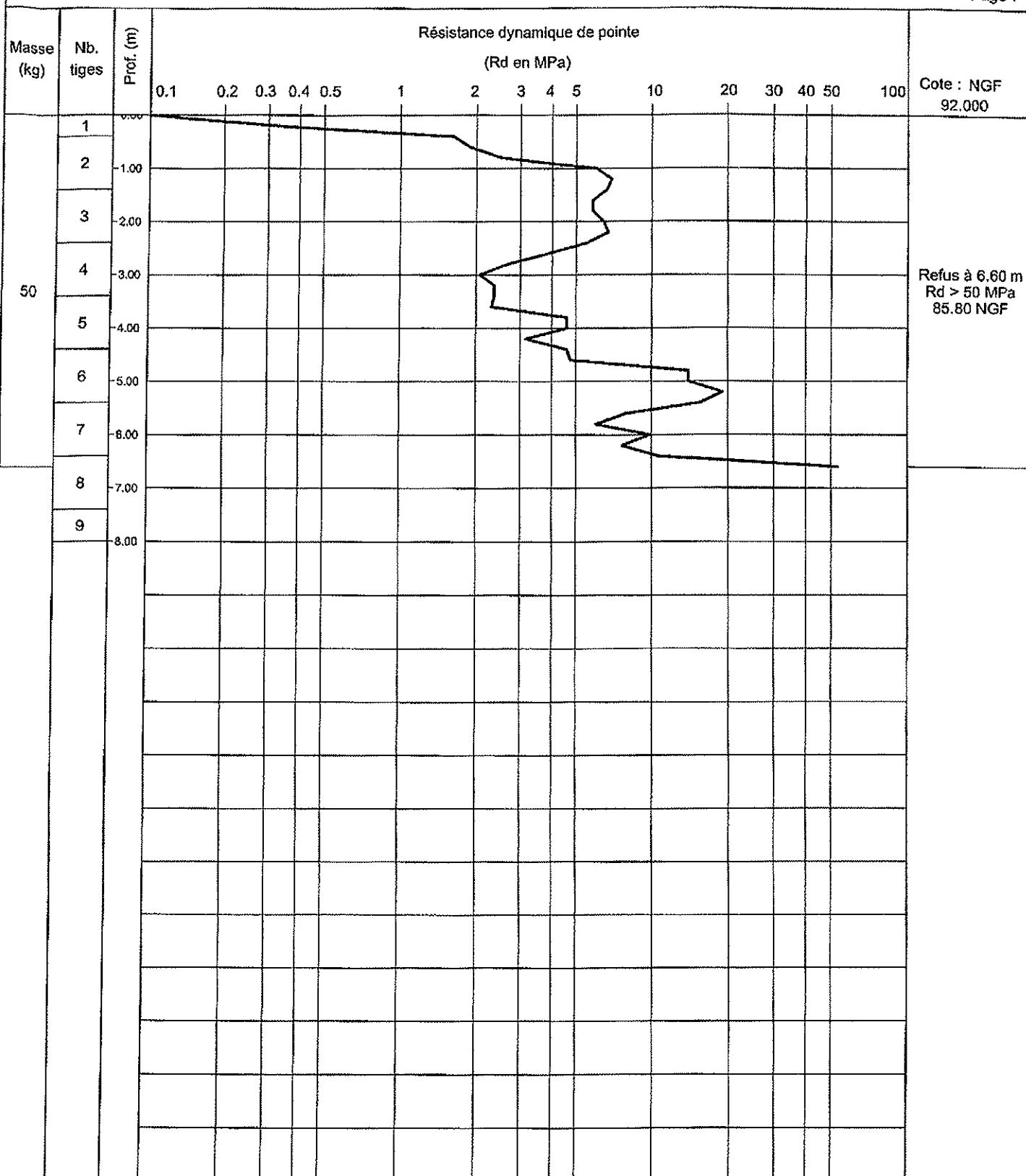
Affaire : 2009/5949/AUXER

z =

92.000 NGF

Type : DPM30C

Page 1



## Caractéristiques du pénétrromètre dynamique

Masse mouton : 30.0 kg  
Hauteur de chute : 20 cm  
Section pointe : 9.6 cm²

Masse enclume : 26.3 kg  
Masse tiges : 2.5 kg/m  
Masse pointe : 0.3 kg

Modèle PENDYN2  
Sous modèle



## Pénétrromètre : P5

Site : ATTIGNY

Affaire : 2009/5949/AUXER

$$X \equiv$$
$$y =$$

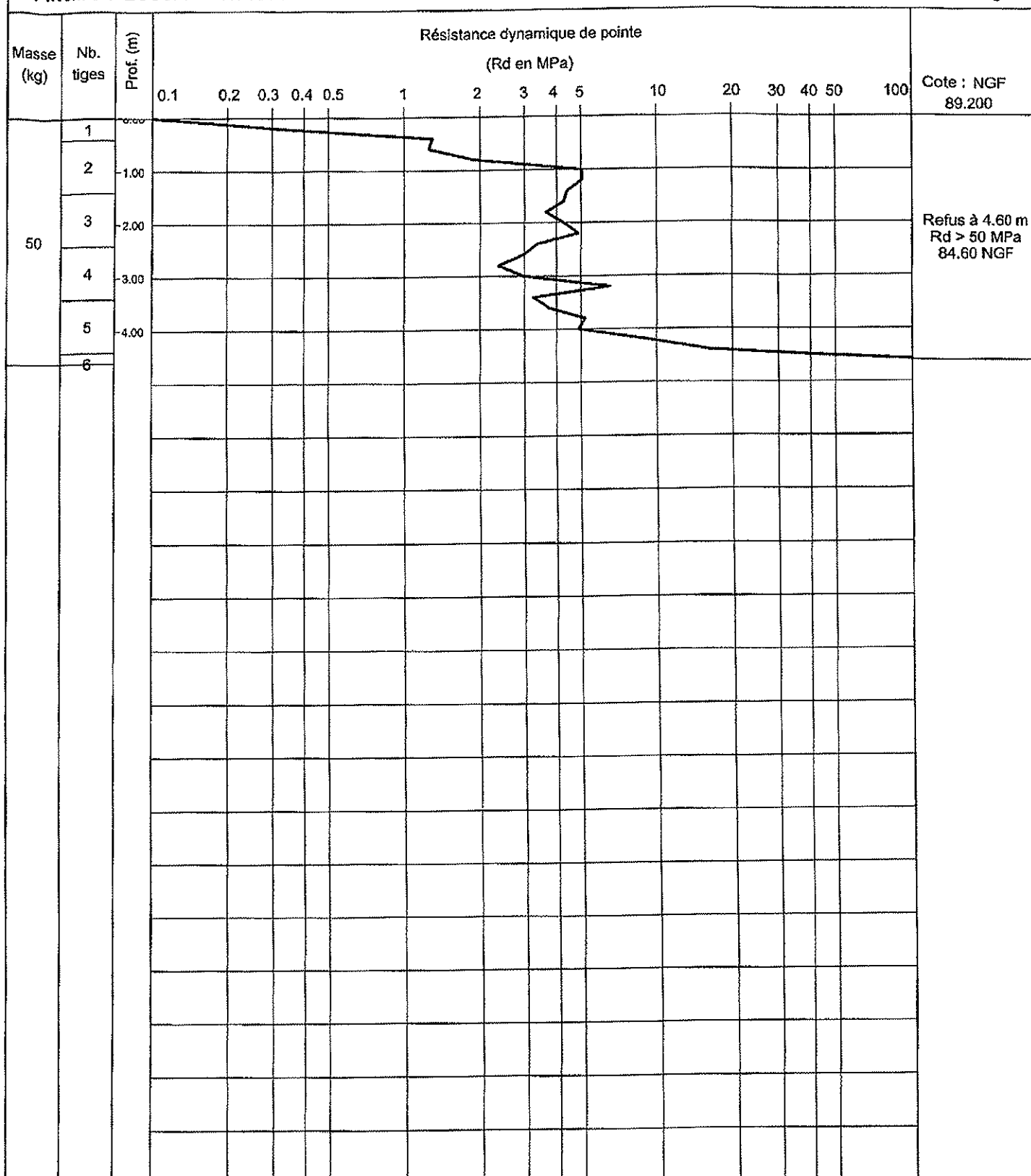
z = 89.200 NGF

Date : 17/11/2009

Echelle : 1/100

Type : DPM30C

Page 1



### Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse mouton : 30.0 kg  
Hauteur de chute : 20 cm  
Section pointe : 9.6 cm<sup>2</sup>

Masse enclume : 26.3 kg  
Masse tiges : 2.5 kg/m  
Masse pointe : 0.3 kg

Modèle PENDYN2  
Sous-modèle



## Pénétrromètre : P7

Site : ATTIGNY

**X =**

Date : 17/11/2009

Echelle : 1/100

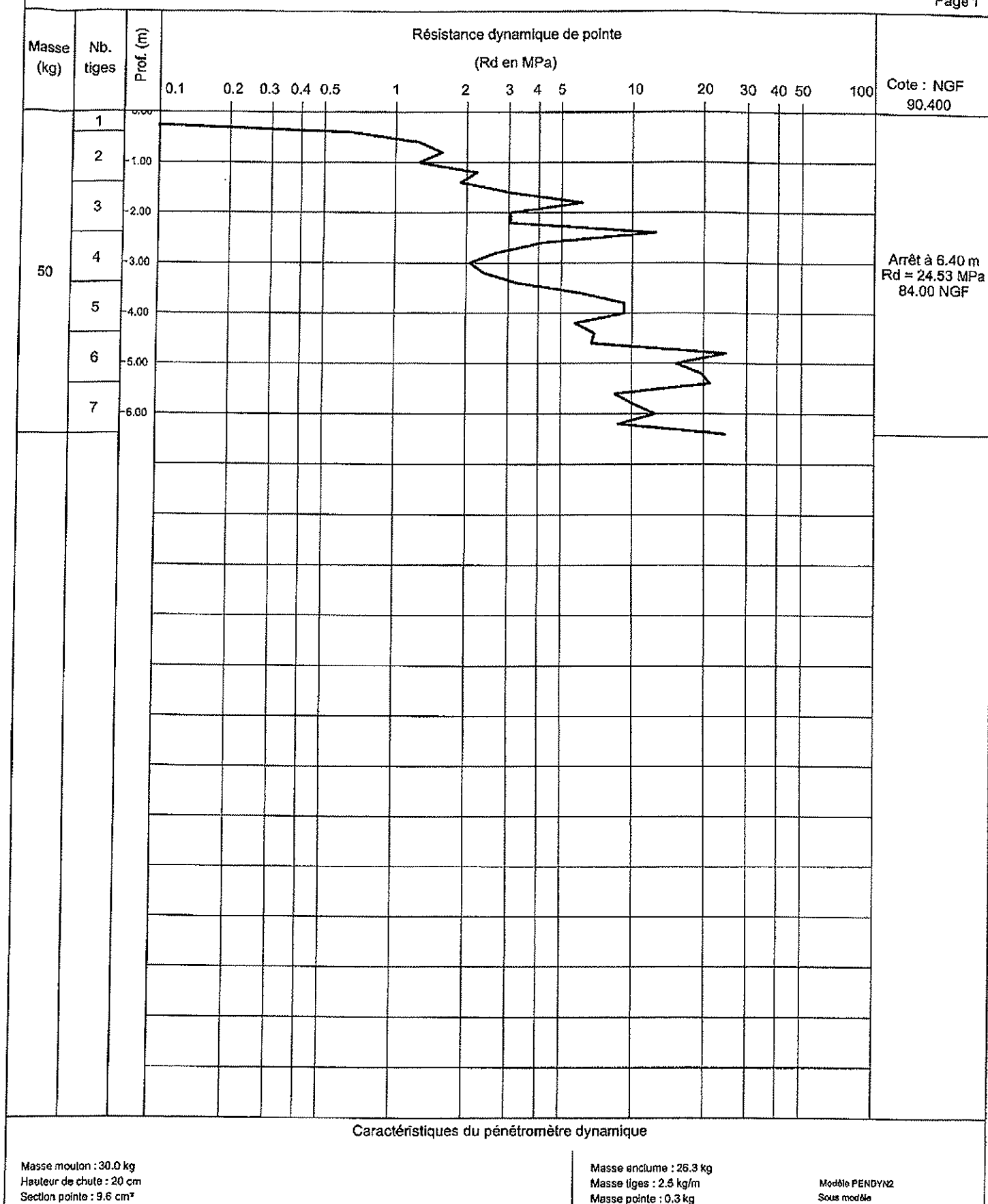
Type : DPM30C

Affaire : 2009/5949/AUXER

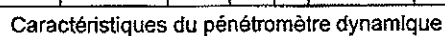
$$y =$$

z = 90.400 NGF

Page 1



## Page 1

Modèle PENDYN2  
Sous modèle



**GEOTEC**  
Laboratoire

## ESSAIS DE LABORATOIRE Tableau récapitulatif

AFFAIRE N°: 09/5949/AUXER/01

Nom : ATTIGNY

SONDAGE	E 1	E 2	E 3
PROFONDEUR (m)	-	-	-
NATURE DU SOL	Limon marneux sableux gris beige	Argile brune légèrement limoneuse	Limon marneux sableux gris beige orangé

### ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION

Teneur en eau naturelle (0/D)	W <sub>nat</sub> (%)	21,3	27,0	19,4
Masse volumique sèche	$\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )			
Indice des vides	e			
Degré de saturation	S <sub>r</sub> (%)			

### Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

D max	(mm)	9,0	5,0	6,0
< 50 mm	(%)	100,0	100,0	100,0
< 2 mm	(%)	99,8	99,9	99,8
< 80 $\mu$ m	(%)	86,3	95,8	83,1
< 2 $\mu$ m	(%)			

### Valeur au bleu de méthylène

V.B.S	(g/100g)			
-------	----------	--	--	--

### Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W <sub>L</sub> (%)	28	52	28
Limite de plasticité	W <sub>p</sub> (%)	20	26	20
Indice de plasticité	I <sub>p</sub>	8	26	8
Indice de consistance	I <sub>c</sub>	0,84	0,96	1,08

### Essai de dessiccation

Limite de retrait effective (sur échantillon non remanié)	W <sub>re</sub> (%)			
Facteur de retrait effectif	R <sub>I</sub>			
Limite de retrait conventionnelle (sur le passant au 400 $\mu$ m)	W <sub>R</sub> (%)			

CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)	A <sub>1</sub>	A <sub>3 h</sub>	A <sub>1</sub>
--	----------------	------------------	----------------

### ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

WOPN	(%)			
$\rho_d$ OPN	(Mg/m <sup>3</sup> )			
I.P.I (W nat)				
I.P.I (W OPN)				

### ESSAIS DE MECANIQUE DES SOLS

Confiement à l'oedomètre	Pression de gonflement	$\sigma_g$ (kPa)			
	Rapport de gonflement	R <sub>g</sub>			
Compressibilité à l'oedomètre	Contrainte de préconsolidation	$\sigma'_p$ (kPa)			
	Indice de compression	C <sub>c</sub>			
	Indice de gonflement	C <sub>s</sub>			

### Cisaillement rectiligne à la boîte - Cisaillement direct

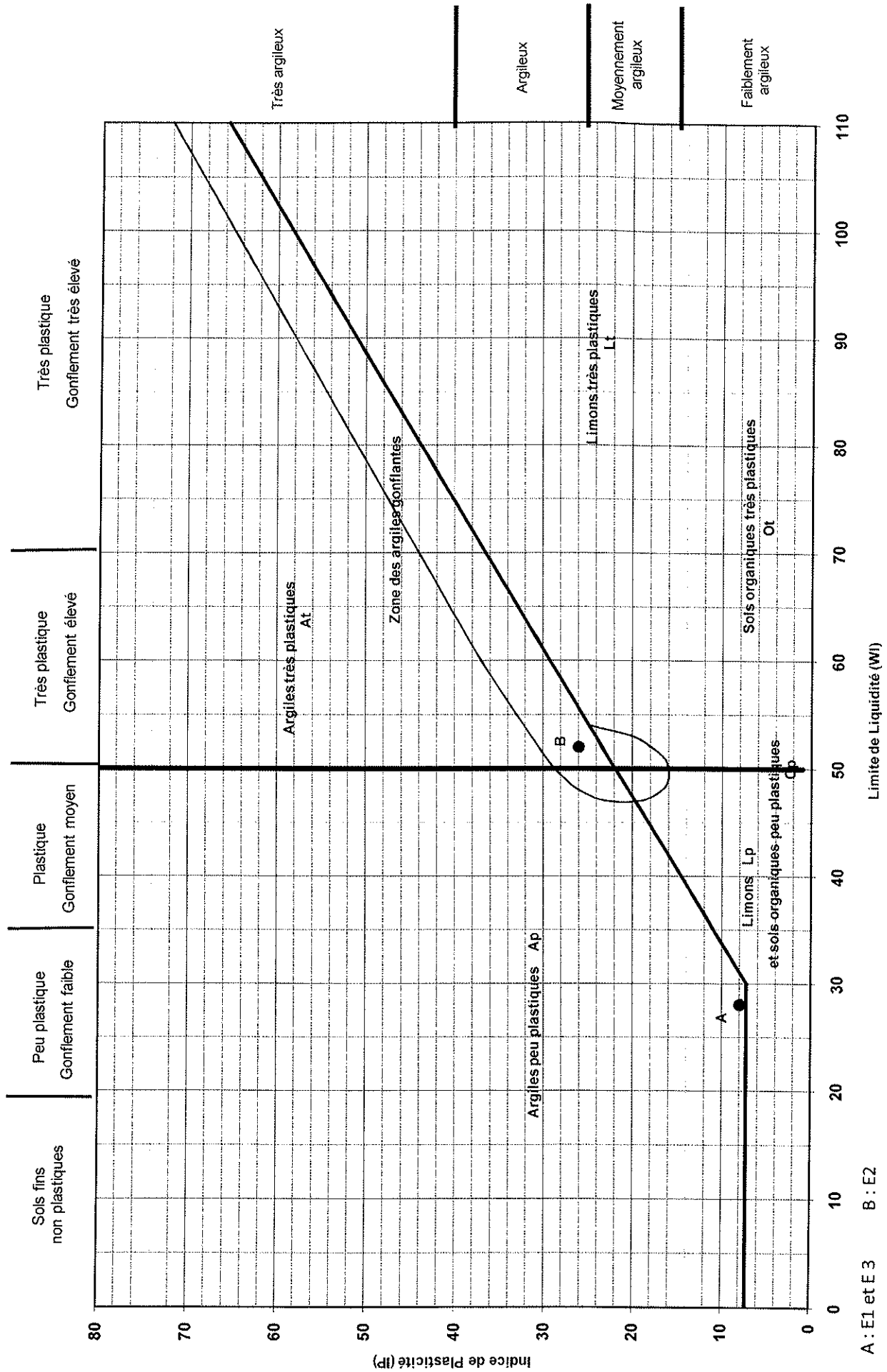
Type U-U	Cohésion de Pic	C <sub>u0p</sub> kPa			
	Angle de frottement de pic	$\phi_{u0p}$ (°)			
Type C-D	Cohésion de Pic	C' <sub>p</sub> kPa			
	Angle de frottement de pic	$\phi'_p$ (°)			

Auteur : S. SOYEZ

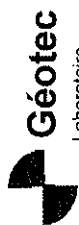
Vérificateur : D. PICAULT

**Affaire de ATTIGNY 09/5949/AUXER/01**  
**Diagramme de plasticité**

Rédacteur : S. SOYEZ







Géotec

Laboratoire

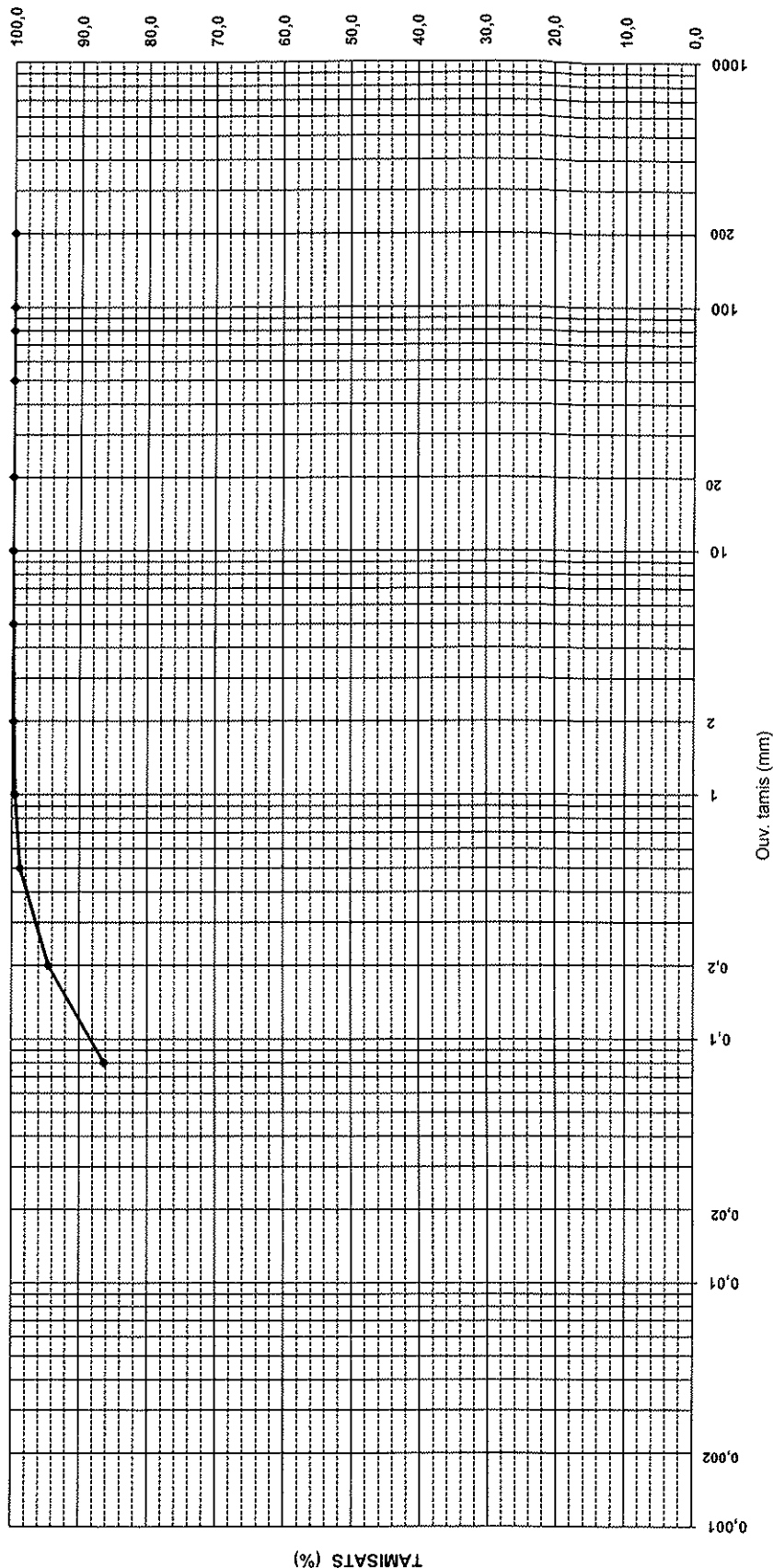
Rédacteur: SS

Affaire : ATTIGNY

# ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NF P 94-056 - NF P 94-057)

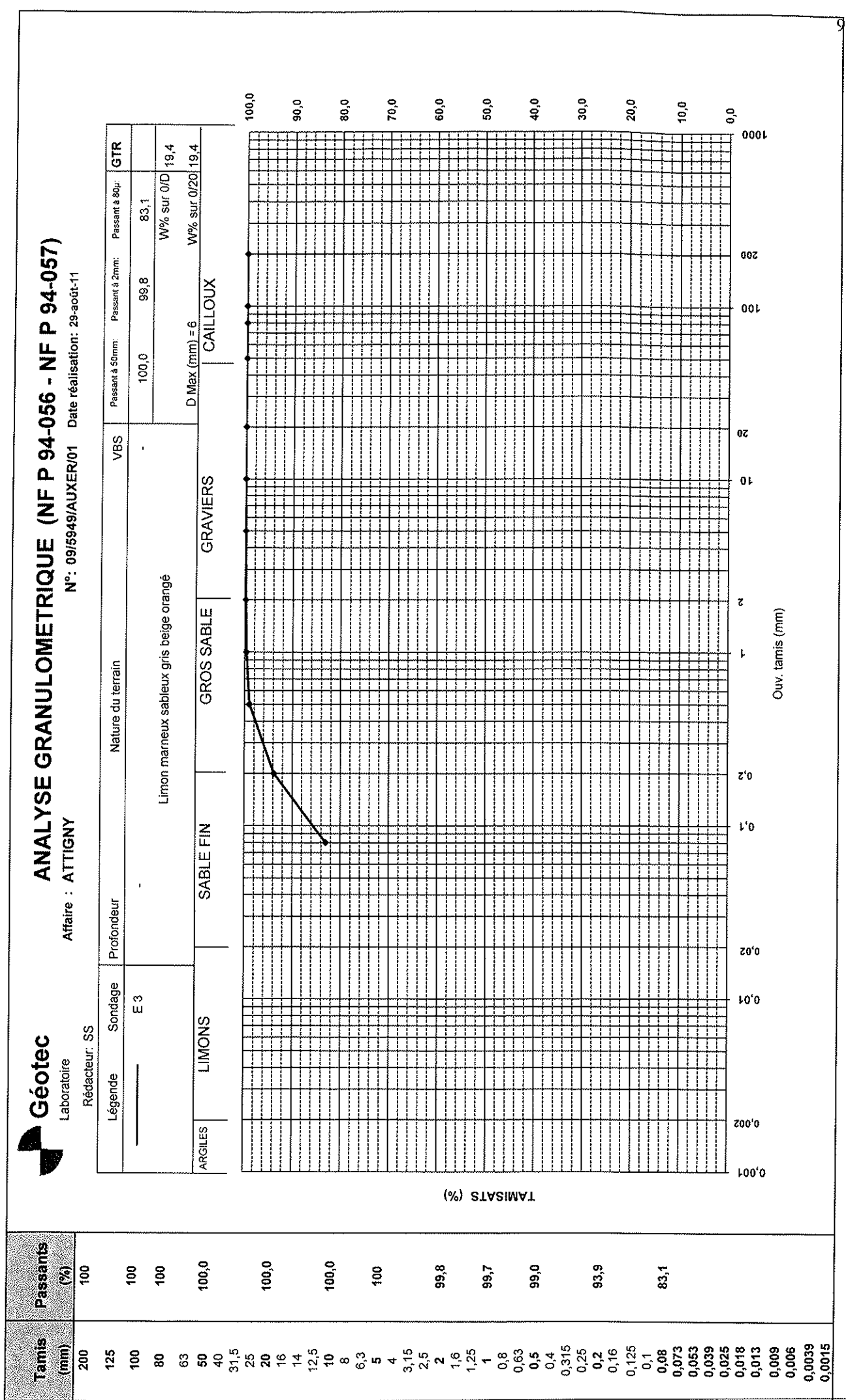
N°: 09/5949/AUXER/01 Date réalisation: 29-août-11

Légende	Sondage	Profondeur	Nature du terrain	VBS	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	GTR
	E 1		Limons marneux sableux gris beige	-	100,0	99,8	86,3	
ARGILES	LIMONS	SABLE FIN	GROS SABLE	GRAVIER	D Max (mm) = 9			
					CAILLOUX			
							W% sur 0/D	21,3
							W% sur 0/20	21,3



Tamés (mm)	Passants (%)
200	100
125	100
100	100
80	100
63	100
50	100
40	100
31,5	100
25	100
20	100
16	100
14	100
12,5	100
10	100
8	100
6,3	100
5	100
4	100
3,15	100
2,5	100
2	100
1,6	100
1,25	100
1	100
0,8	100
0,63	100
0,5	100
0,4	100
0,315	100
0,25	100
0,2	100
0,16	100
0,125	100
0,1	100
0,08	100
0,073	86,3
0,063	86,3
0,053	86,3
0,039	86,3
0,025	86,3
0,018	86,3
0,013	86,3
0,009	86,3
0,006	86,3
0,0039	86,3
0,0015	86,3







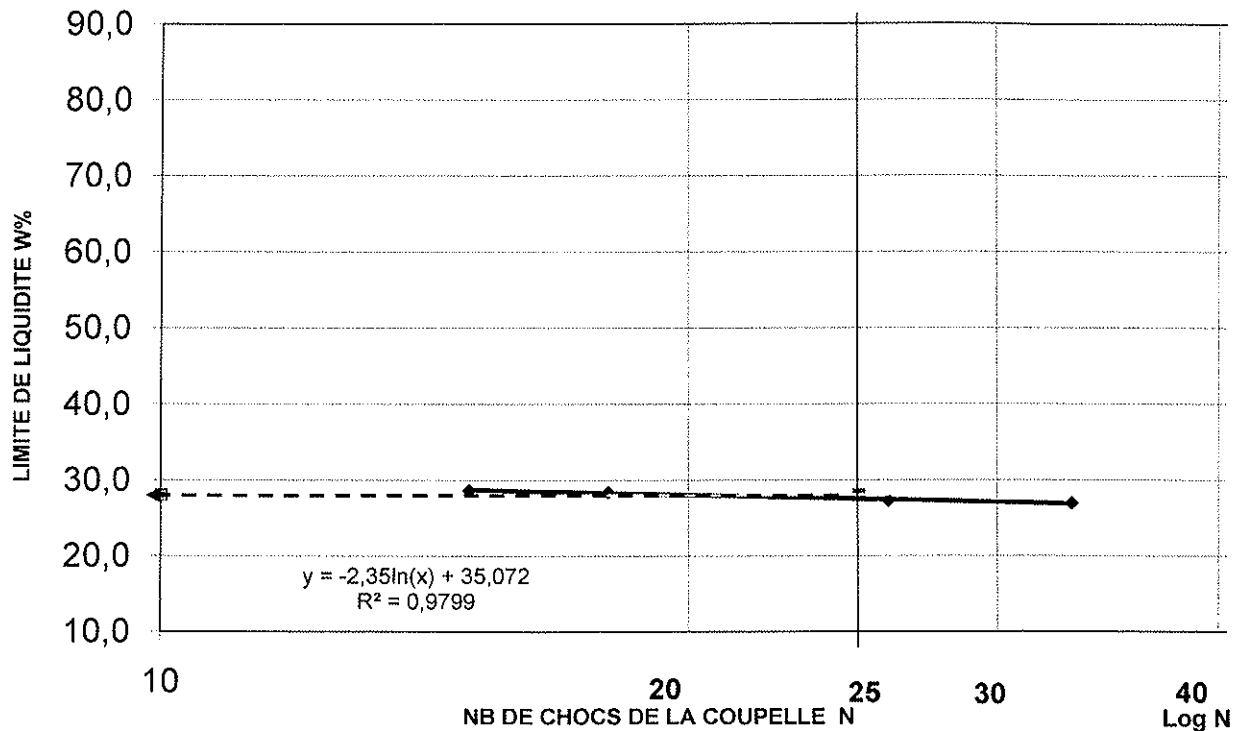
# **DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)**

**Nom:** ATTIGNY **Opérateur:** SS  
**N° Affaire:** 09/5949/AUXER/01  
**Date de réalisation:** 29-août-11 **Sondage:** E 1  
**Profondeur:** -

**Nature du terrain:** Limon marneux sableux gris beige

Essai n°	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups décroissant →	33	26	18	15		
Teneur en eau	26,9	27,3	28,4	28,7		

## **LIMITE D'ATTERBERG NF P 94-051** **Limite de liquidité**



Teneur en eau de plasticité	W1= 20,3 W2= 20,2	Moyenne: 20,3
<b>TENEUR EN EAU DU SOL</b>	<b>W= 21,3</b>	<div>Classe GTR</div> <div><b>A<sub>1</sub></b></div>
<b>LIMITE DE LIQUIDITE</b>	<b>Wl= 28</b>	
<b>LIMITE DE PLASTICITE</b>	<b>Wp= 20</b>	
<b>INDICE DE PLASTICITE</b>	<b>Ip= 8</b>	
<b>INDICE DE CONSISTANCE</b>	<b>Ic= 0,84</b>	



# **DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)**

**Nom:** ATTIGNY

**Opérateur:** SS

**N° Affaire:** 09/5949/AUXER/01

**Date de réalisation:** 29-août-11

**Sondage:** E 2

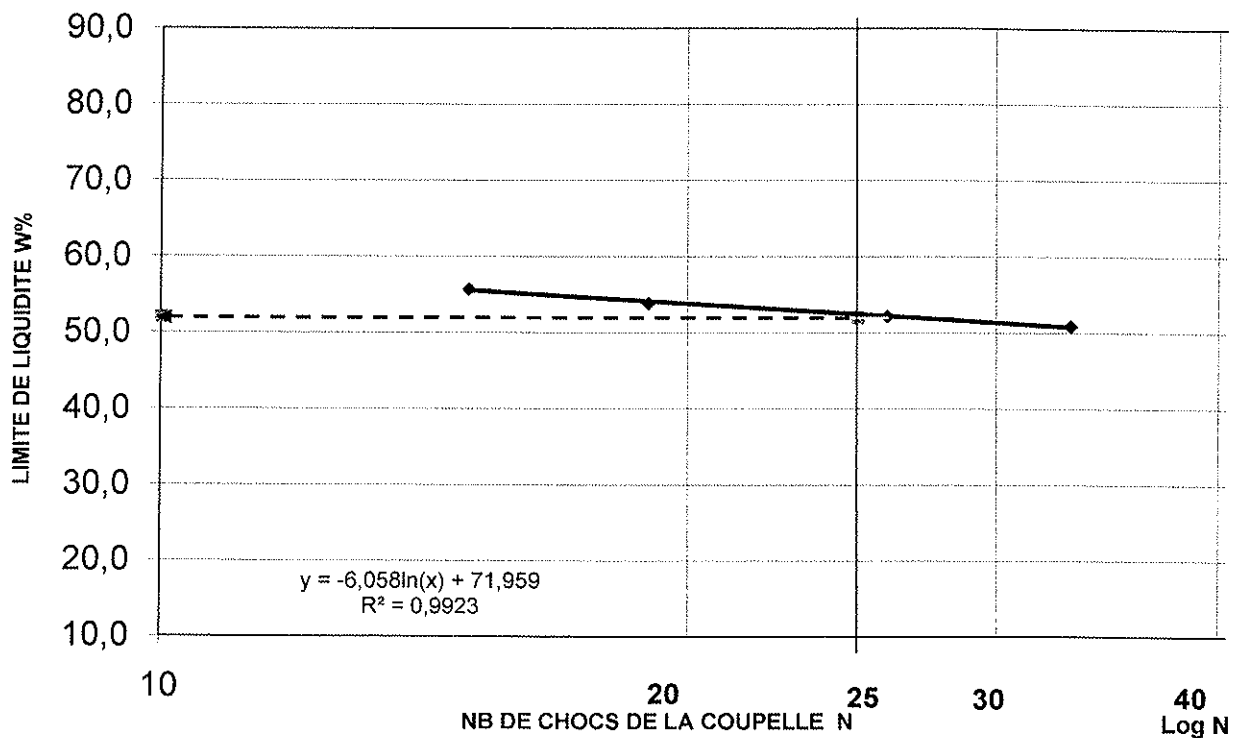
**Profondeur:** -

**Nature du terrain:** Argile brune légèrement limoneuse

Essai n°	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups décroissant →	33	26	19	15		
Teneur en eau	50,9	52,2	53,9	55,7		

## **LIMITE D'ATTERBERG NF P 94-051**

### **Limite de liquidité**



Teneur en eau de plasticité	W1=	25,8	Moyenne:	25,6
	W2=	25,5		

<b>TENEUR EN EAU DU SOL</b>	<b>W=</b>	<b>27,0</b>
<b>LIMITE DE LIQUIDITE</b>	<b>Wl=</b>	<b>52</b>
<b>LIMITE DE PLASTICITE</b>	<b>Wp=</b>	<b>26</b>
<b>INDICE DE PLASTICITE</b>	<b>Ip=</b>	<b>26</b>
<b>INDICE DE CONSISTANCE</b>	<b>Ic=</b>	<b>0,96</b>

**Classe GTR**

**A<sub>3</sub> h**



**Géotec**  
Laboratoire

### DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)

Nom: ATTIGNY

Opérateur: SS

N° Affaire: 09/5949/AUXER/01

Date de réalisation: 29-août-11

Sondage: E 3

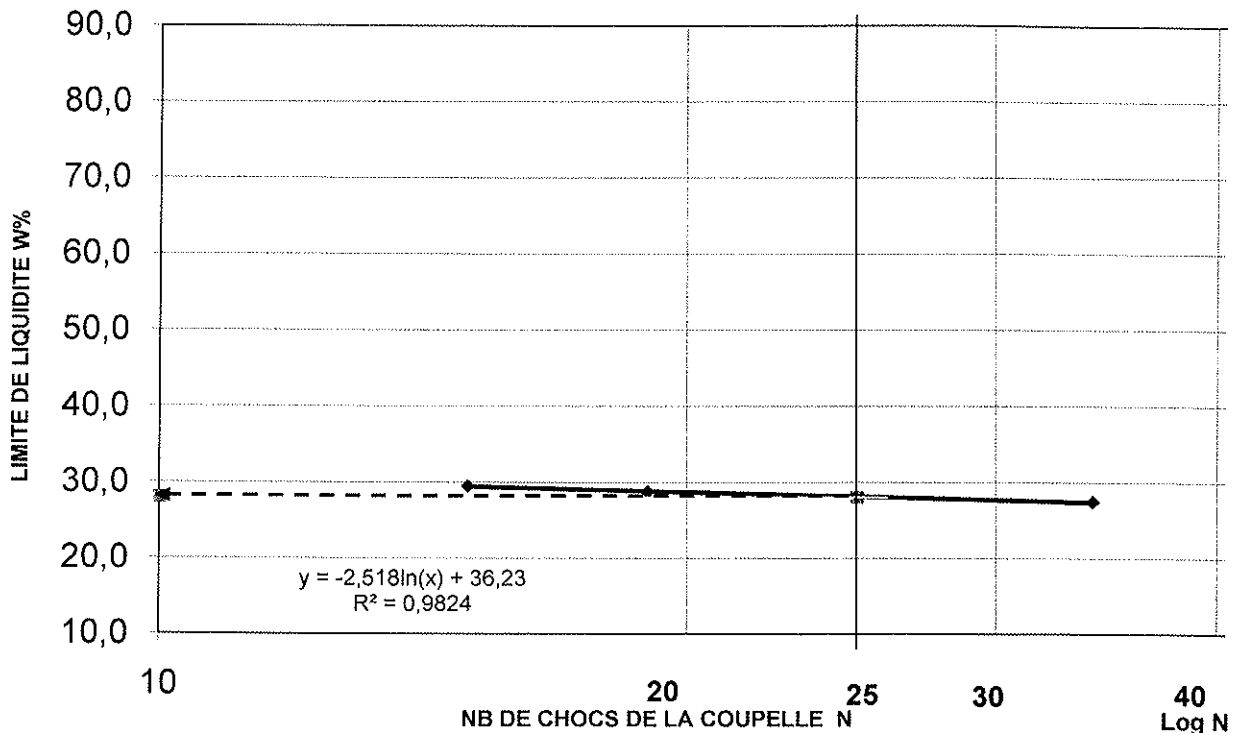
Profondeur: -

Nature du terrain: Limon marneux sableux gris beige orangé

Essai n°	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups décroissant →	34	25	19	15		
Teneur en eau	27,5	28,0	28,8	29,5		

#### LIMITE D'ATTERBERG NF P 94-051

##### Limite de liquidité



Teneur en eau de plasticité	W1= 20,4 W2= 20,4	Moyenne: 20,4
<b>TENEUR EN EAU DU SOL</b>	<b>W= 19,4</b>	<b>Classe GTR</b>  <b>A<sub>1</sub></b>
<b>LIMITE DE LIQUIDITE</b>	<b>WL= 28</b>	
<b>LIMITE DE PLASTICITE</b>	<b>Wp= 20</b>	
<b>INDICE DE PLASTICITE</b>	<b>Ip= 8</b>	
<b>INDICE DE CONSISTANCE</b>	<b>Ic= 1,08</b>	