

sefia

Sondage – Géotechnique
Environnement – Ingénierie
☎ : 01 48 53 62 40
✉ : contact@sefia.fr

94 – VILLIERS-SUR-MARNE

33 rue des Perroquets

Désordres sur une maison individuelle

Dossier 15/08/7319/94

Maître d'Ouvrage **Madame Evelyne REVELLAT**

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE

Mission G5 - SEPTEMBRE 2015



MAITRE D'OUVRAGE	Madame Evelyne REVELLAT
MAITRE D'ŒUVRE – ARCHITECTE	
EXPERT	
ARCHITECTE	
BET OU ENTREPRISE	BET Florentin GAMONAL

Le présent document est rédigé au sens des D.T.U. 11, 12, 13 et 14, notamment les D.T.U. 13.2 de juin 1978 et les documents techniques admis en matière de réglementation professionnelle

Les unités employées en matière de contrainte et leurs équivalences sont les suivantes :

$$0,1 \text{ MPa} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 100 \text{ kN/m}^2 = 10 \text{ T/m}^2 = 1 \text{ bar} = 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

Mission géotechnique G5 – Norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013

G1	Etude géotechnique préalable		
	Etude de site (G1-ES)		
	Principes généraux de construction (G1-PGC)		
G2	Etude géotechnique de conception		
	Avant-projet (G2 – AVP)		
	Projet (G2 – PRO)		
	DCE/AT (G2 – DCE/AT)		
G3	Etude géotechnique d'exécution		
G4	Supervision géotechnique d'exécution		
	Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (G4 – SEGE)		
	Supervision du suivi géotechnique d'exécution (G4 – SSGE)		
G5	Diagnostic géotechnique		X

Etape	Date	Indice	Auteur	Vérification	Fichier
Création du document	15/09/2015	0	F. BELIN	JJ MONTENOISE	Rap7319.doc

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DE LA MISSION	4
I.1	Données générales	4
I.2	Données géologiques	4
I.3	Programme d'investigations	6
II.	RESULTATS DE LA CAMPAGNE	7
II.1	Fiche de sondage	7
II.2	Résultats des essais pressiométriques	8
II.3	Fouille de reconnaissance de fondation	9
II.4	Résultats des essais de laboratoire	10
III.	COMMENTAIRES GEOTECHNIQUES	11
III.1	Nature des matériaux	11
III.2	Niveau aquifère	11
III.3	Compétences mécaniques	12
III.4	Caractéristiques physiques	12
IV.	CONCLUSIONS	13
IV.1	Origine des désordres	13
IV.2	Solution de confortation	14
	ANNEXE	

I. PRESENTATION DE LA MISSION

I.1 DONNEES GENERALES

Nous avons été sollicités par le **Bureau d'Etudes FLORENTIN GAMONAL** pour le compte de **Madame Evelyne REVELLAT** afin de réaliser un diagnostic géotechnique, suite à l'aggravation de désordres survenus sur son pavillon situé 33 rue des Perroquets à **VILLIERS-SUR-MARNE (94)**.

Les désordres constatés, de type fissure et lézarde d'écartement centimétrique, se sont manifestés :

- Sur le mur extérieur ouest
- Au niveau du dallage béton

I.2 DONNEES GEOLOGIQUES

A. Contexte géologique

Le site se place en contexte de coteau globalement orienté Sud-Est Nord-Ouest, à une cote altimétrique proche de 80 N.G.F.

La carte géologique de **LAGNY** au 1/50 000^{ème} et les sondages réalisés sur le secteur font état de la lithologie suivante :

- Colluvions
- Calcaire de Champigny

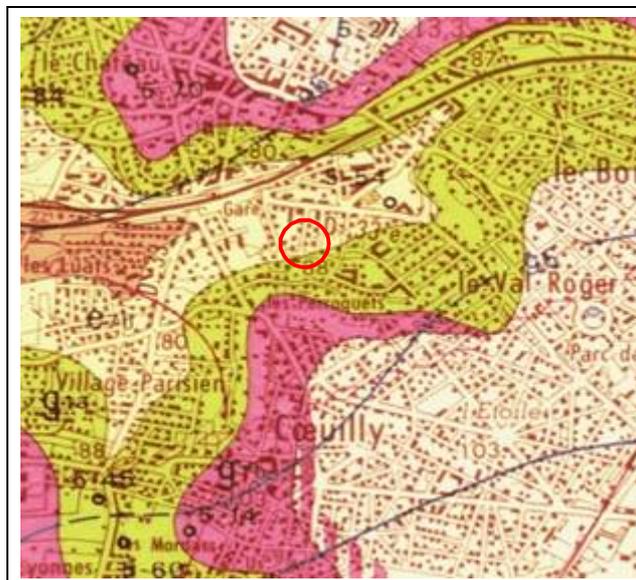


Figure 1 – Extrait de la carte géologique

Ces formations peuvent être masquées par des Remblais liés à l'urbanisation du secteur.

B. Aléa retrait-gonflement

Au regard de la sensibilité des formations superficielles aux variations hydriques et aux phénomènes de retrait-gonflement, la carte établie par le BRGM place le secteur où se situe le projet en zone d'aléa fort, sur une échelle qui comporte 4 niveaux d'aléas compris entre « a priori nul » et « fort ».

Légende de la carte :

	Aléa a priori nul
	Aléa faible
	Aléa moyen
	Aléa fort

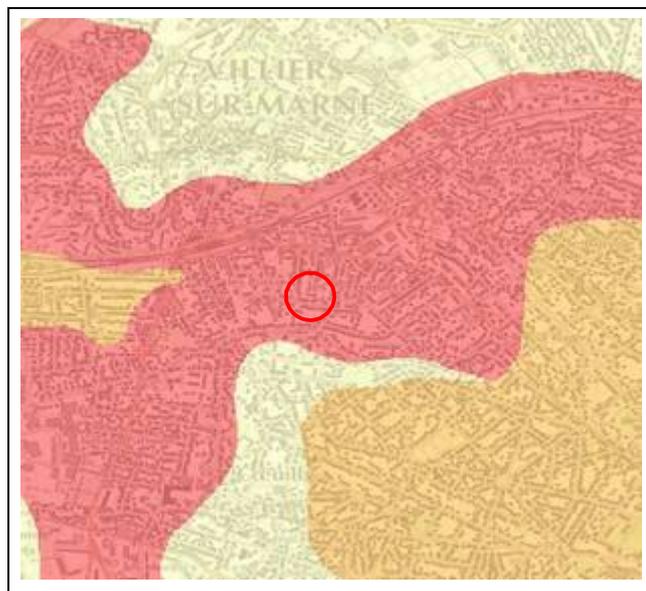


Figure 2 – Extrait de la carte des aléas retrait/gonflement (source www.argiles.fr)

C. Données hydrogéologiques

Elles font état de l'existence de circulations anarchiques de subsurface pouvant se former à la faveur de la pente générale du secteur et de passages fortement argileux.

D'après la cartographie des aléas liés aux phénomènes de remontées de nappe, le BRGM place le site dans une zone d'aléa moyen.

Légende de la carte :

	Aléa très faible à inexistant
	Aléa très faible
	Aléa faible
	Aléa moyen
	Aléa fort
	Aléa très élevé, nappe affleurante

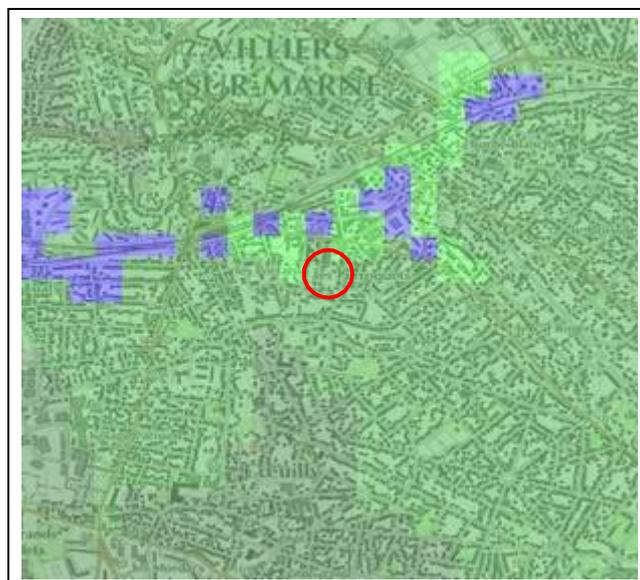


Figure 3 – Extrait de la carte des aléas liés aux remontées de la nappe (source www.inondation.fr)

I.3 PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Dans ce contexte, la reconnaissance des sols avait pour objectif de préciser la position et la nature des différentes assises du sous-sol, de tester leurs caractéristiques mécaniques au moyen d'essais *in situ*, de repérer d'éventuels niveaux aquifères et de connaître la profondeur d'ancrage et les dimensions des fondations de l'existant pour établir les bases d'un diagnostic géotechnique afin d'envisager les éventuelles solutions de confortation.

A cet effet, conformément au plan d'implantation des sondages placé en annexe de ce rapport, nous avons réalisé :

1. **1 sondage pressiométrique**, noté **S1**, mené en destructif avec enregistrement des paramètres de forage de forage (VIA, PI, PO, CR) et descendu jusqu'à une profondeur de 20,0 m.
2. **12 essais pressiométriques lanternés**, de type LOUIS MENARD afin de déterminer les caractéristiques mécaniques des assises traversées. Ces essais et leur interprétation ont été exécutés selon les directives AFNOR NF P 94-110-1 ;
3. **1 fouille de reconnaissance de fondations**, noté **F1**, ouverte au droit du mur Ouest et réalisée manuellement à la pelle et pioche ;
4. **5 prélèvements d'échantillons remaniés**, notés de **E1** à **E5**, pour permettre une identification des matériaux traversés et la réalisation d'essais de laboratoire portant sur la teneur en eau et les limites d'Atterberg ;
5. **1 équipement piézométrique**, disposé au droit du sondage **S1** jusqu'à 6,0 m/sol, pour permettre de relever les niveaux d'eau.

L'ensemble de ces investigations a été confié à une équipe de sondeurs, placée sous le contrôle d'un ingénieur géotechnicien.

II. RESULTATS DE LA CAMPAGNE

II.1 FICHE DE SONDAGE

Le sondage a fait l'objet d'un levé que nous présentons sur la fiche synthétique au 1/100^{ème} qui regroupe les informations suivantes :

- Description des terrains rencontrés dans le sondage
- Caractéristiques pressiométriques en 10^5 Pa où :
 - PI Pression limite
 - E Module de déformation pressiométrique
- Remarques sur les éventuelles circulations aquifères
- VIA Vitesse Instantanée d'Avancement, calibrée à 1200 m/h
- PI Pression d'Injection, en 10^5 Pa



Dossier: 15/08/7139/94

Chantier: Villiers-sur-Marne (94)
33 rue des Perroquets

Echelle 1/100

prof.: 20.00 m

Date: 04/09/2015

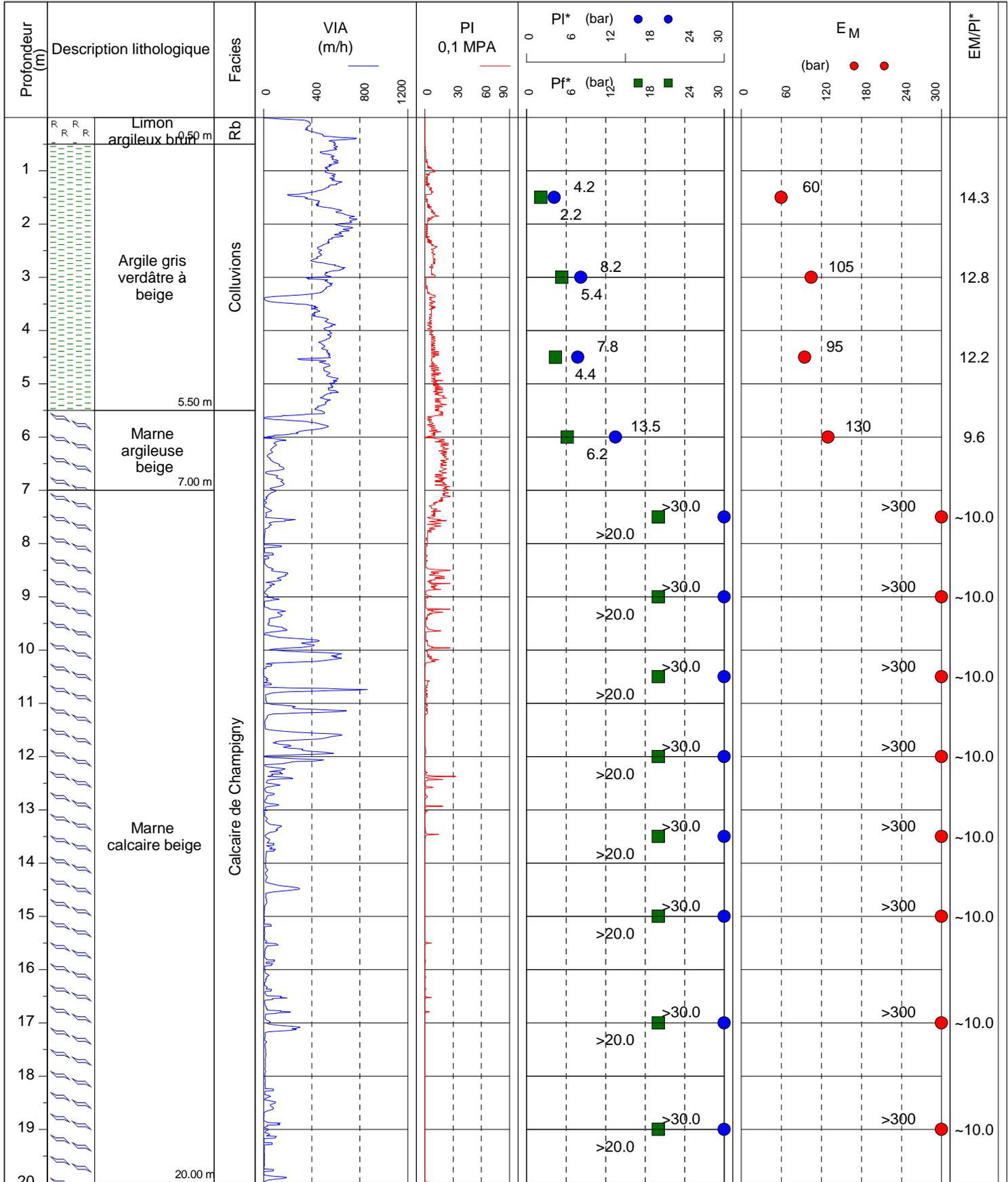
Client: Madame Evelyne REVELLAT

SONDAGE S1

X: 0.000

Y: 0.000

Sondage pressiométrique



Obs:

II.2 RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Sur le sondage, nous avons réalisé, au niveau des assises traversées, une série d'essais lanternés au pressiomètre. Dans le tableau ci-après, nous avons regroupé les résultats de ces essais selon la Norme NFP 94110 où :

- P_f Pression de fluage nette $P_f = P_f - \sigma_h$
- P_l Pression limite de rupture nette calculée en fonction d'une régression linéaire et bornée par une fonction de la pression de fluage ($\min[\text{Reg}, F(P_f)]$)
- E Module de déformation pressiométrique dans le domaine élasto-plastique
- E/PI Rapport traduisant l'état de consolidation des sols
- Classe Classe de sol D.T.U. 13-12
- α Coefficient rhéologique fonction de E/PI

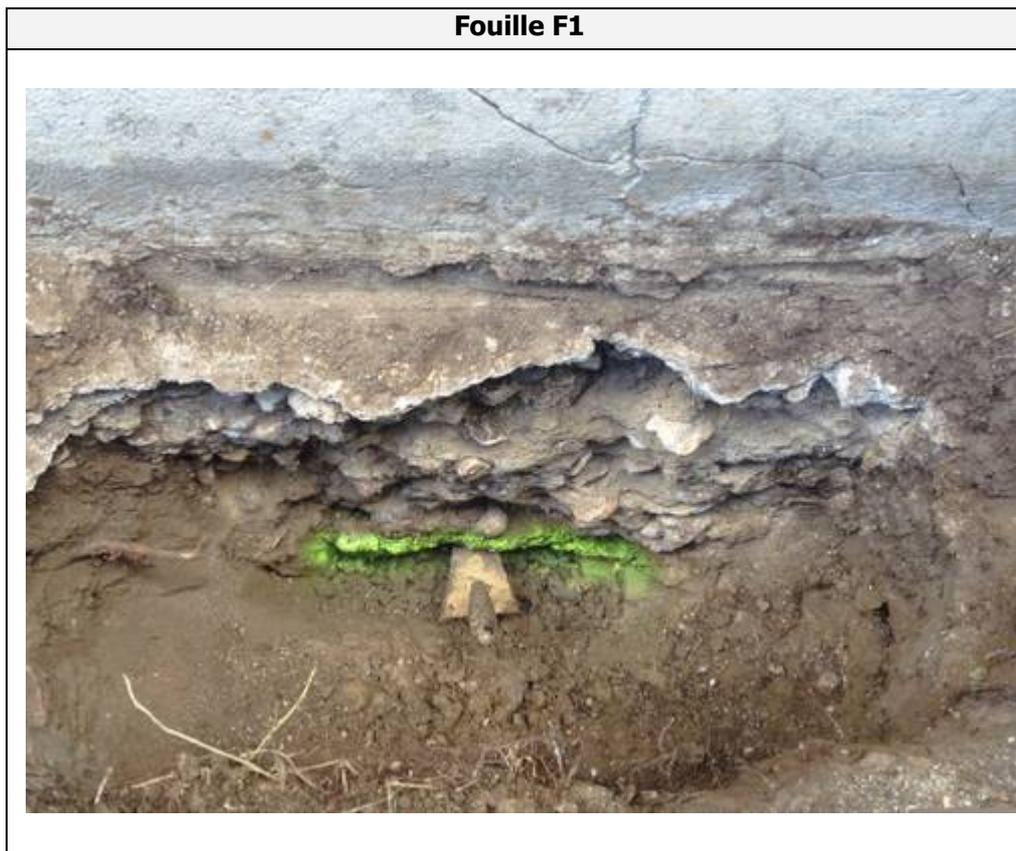
Sondage	Profondeur de l'essai (m/sol)	Nature du matériau testé	Pf	PI	E	E/PI	Classe D.T.U.	α
			(10 ⁵ Pa)					
S1	1,5	Argile gris-verdâtre à beige	2,2	4,2	60	14,3	I	2/3
	3,0	Argile gris-verdâtre à beige	5,4	8,2	105	12,8	I	2/3
	4,5	Argile gris-verdâtre à beige	4,4	7,8	95	12,2	I	2/3
	6,0	Marne argileuse beige	6,2	13,5	130	9,6	III	1/2
	7,5	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	9,0	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	10,5	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	12,0	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	13,5	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	15,0	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
	17,0	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2
19,0	Marne calcaire beige	>20,0	>30,0	>300	≈10,0	III	1/2	

Tableau 1 – Résultats des essais pressiométriques

II.3 FOUILLE DE RECONNAISSANCE DE FONDATION

Nous présentons ci-après la photographie et la description sommaire de la fouille F1 réalisée manuellement au niveau du mur Ouest de l'ouvrage sinistré.

La fouille a permis de mettre en évidence un élément filant en béton grossier ancré à 0,6 m/sol actuel dans les argiles gris-verdâtre à beige, rattachées aux Colluvions.



II.4 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

Les échantillons de sol prélevés au droit du sondage S1 entre 0,5 et 5,0 m/sol ont fait l'objet d'une identification de la mesure de la teneur en eau selon la norme NF P 94-050 de septembre 1995 sur l'ensemble des échantillons et des limites d'Atterberg sur E1.

Echantillon	Profondeur (m/sol)	Nature	Teneur en eau (%)
E1	0,0 – 1,0	Argile marneuse vert-pâle-marron à grains calcaires, lisse et grasse	40,4
E2	1,0 – 2,0	Argile marneuse vert-pâle à grains calcaires feuilletés et à inclusions poudreuses blanchâtres	31,8
E3	2,0 – 3,0	Argile marneuse vert-pâle stratifié vert kaki	38,5
E4	3,0 – 4,0	Marne argileuse vert-beige à grains calcaires,, peu de fines racines	31,2
E5	4,0 – 5,0	Marne argileuse vert-beige à grains calcaires et veines ocre feuilletées	35,0

Tableau 2 – Identification des matériaux

Echantillon	Teneur en eau W (%)	Limite de Liquidité W_L (%)	Limite de Plasticité W_P (%)	Indice de Plasticité I_p (%)	Indice de consistance I_c
E1	40,4	104,3	33,0	71,3	0,90

Tableau 3 – Limites d'Atterberg

Le diagramme de Casagrande est présenté en annexe.

III. COMMENTAIRES GEOTECHNIQUES

III.1 NATURE DES MATERIAUX

L'interprétation des coupes de sondages se fait par remontée de sédiments, sur la différenciation mécanique des horizons traversés et sur l'analyse des diagraphies de forage. Cette interprétation peut ainsi conduire à des imprécisions sur la limite entre couches.

Nous présentons ci-après la description des différentes formations traversées.

A. Les Remblais

Depuis la surface, le sondage a traversé des Remblais limoneux argileux bruns à débris anthropiques sur une épaisseur d'environ 0,5 m.

De par son mode de dépôt, ces matériaux peuvent présenter des surépaisseurs en d'autres points du site.

B. Les Colluvions

Le sondage a été poursuivi dans les Colluvions qui se présentent sous un faciès argileux gris verdâtre à beige rencontré jusqu'à une profondeur de 5,5 m/sol. La forte composante argileuse de cette formation est marquée en diagraphie par une vitesse d'avancement et une pression d'injection moyennes à élevées.

C. Le Calcaire Champigny

Il se présente sous un niveau marno-argileux beige en tête qui évolue vers une marne calcaire beige avec la profondeur. En diagraphie, les vitesses d'avancement globalement faibles révèlent la présence de niveaux compacts à indurés.

Cette formation a été traversée jusqu'en fin du sondage soit jusqu'à une profondeur de 20 m.

III.2 NIVEAU AQUIFERE

En fin de campagne, le sondage s'est avéré sec sur toute hauteur.

Le piézomètre disposé sur le site permettra de relever les niveaux d'eau ultérieurement à la demande du Maître d'Ouvrage.

III.3 COMPETENCES MECANIQUES

D'une manière générale, les compétences mécaniques sont faibles à moyennes dans les Colluvions pour devenir bonnes à excellentes au contact du Calcaire de Champigny.

Le tableau ci-dessous présente le résultat statistique sommaire établi à partir des valeurs mesurées en sondage :

Nature géologique	Pression limite		Module pressiométrique	
	PI (10 ⁵ Pa)	Moyenne (10 ⁵ Pa) Ecart-Type	E (10 ⁵ Pa)	Moyenne (10 ⁵ Pa) Ecart-Type
Colluvions	4,2 – 8,2	6,7 ± 2,2	60 – 105	87 ± 24
Calcaire de Champigny	13,5 – >30,0	>28,2 ± 5,5	130 – >300	>281 ± 57

Tableau 4 – Valeurs pressiométriques moyennes

III.4 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Les Limites d'Atterberg renvoient un indice de plasticité I_p de 71,3 % qui caractérisent des sols très plastiques et de consistance molle ($I_c < 1$). Avec des limites de liquidité 104,3 %, la classification de Casagrande rattache le sol support à des argiles très plastiques.

Ces essais traduisent une sensibilité très élevée aux variations hydriques en termes de retrait.

IV. CONCLUSIONS

IV.1 ORIGINE DES DESORDRES

Le sondage a révélé la présence de matériaux, de compacité faible à moyenne, rattachés à des matériaux argileux colluvionnés et rencontrés jusqu'à une profondeur de 5,5 m au droit du sondage S1. La fouille de reconnaissance des fondations a révélé un mode de fondation de type filant ancré à une profondeur de 0,6 m/sol actuel dans les niveaux argileux. L'échantillon prélevé au niveau de l'arase inférieure des fondations a révélé un degré de sensibilité élevé aux variations hydriques et au phénomène de retrait-gonflement.

Lors d'épisodes secs, ces niveaux subissent une dessiccation qui provoque des phénomènes de retrait. Les diminutions volumiques des sols d'assises induisent des tassements différentiels, qui peuvent être à l'origine des désordres observés.

Dans certaines conditions de réhumidification, sous l'effet de circulations hydrodermiques ou d'une pluviométrie importante, les formations argileuses peuvent développer des efforts parasites sous dallage ou murs porteurs.

Les mouvements de sols sous fondation induisent tassements différentiels dans les murs porteurs qui peuvent expliquer les désordres observés. Dans le cas présent, l'absence de véritable fondation rend l'ouvrage vulnérable aux phénomènes de retrait-gonflement.

La présence d'arbres à proximité du mur sinistré et la végétation arborée constituent un facteur aggravant par accentuation du phénomène de dessiccation des sols.

Le faible encastrement des fondations constitue également un facteur aggravant. Le non-respect de la cote hors gel expose l'ouvrage à des mouvements parasites liés au cycle gel-dégel.

IV.2 SOLUTION DE CONFORTATION

A court terme, afin de stabiliser l'ouvrage provisoirement, on pourra envisager l'injection de résine. Cette solution ne pourra être que transitoire.

Dans le cas présent, la solution qui nous paraît être la plus pérenne consisterait à reprendre en sous-œuvre les murs porteurs de l'ouvrage par plots béton et longrines de répartition. Ces fondations seront uniformément descendues à une profondeur minimale de 3,0 m/sol actuel. La contrainte à la base de ces fondations pourra être prise inférieure ou au plus égale à $2,0 \cdot 10^5$ Pa.

Cette solution devra être étudiée par un Bureau d'Etudes Structure pour déterminer l'espacement des futures fondations et pour statuer sur les dispositions nécessaires à la reprise en sous-œuvre. Par ailleurs, il conviendra de prendre en compte les efforts parasites qui peuvent s'exercer sur les puits et sur les anciennes fondations. Pour limiter ceux-ci, une solution consiste à chemiser et ferrailer les puits et à mettre en place un coffrage perdu sous les longrines.

Le niveau bas de l'ouvrage devra être traité en plancher porté sur coffrage perdu d'une épaisseur minimale de 8 cm.

A défaut de supprimer les arbres et arbustes situés à proximité du pavillon, on disposera un écran anti-racines descendu à une profondeur minimale de 3,0 m, implanté autour du pavillon. Après réparation des dommages, cette mesure devra impérativement s'accompagner d'une mise sous surveillance de l'ouvrage.

Une autre solution consisterait à reprendre en sous-œuvre les murs porteurs de l'ouvrage par longrines et micropieux, ancrés dans le Calcaire de Champigny avec chemisage sur toute hauteur des colluvions.

La réalisation de micropieux de type II se heurte à la présence de calcaire induré sur plusieurs mètres. Dans ce contexte, on s'orientera vers des micropieux de type IV, injectés haute pression de manière répétitive et sélective (IRS).

En fonction des pressions limites moyennes, on retiendra les paramètres de dimensionnement suivants :

Nature des matériaux	Epaisseur en mètres	Pression Limite moyenne 10^5 Pa	Catégorie D.T.U.	Abaque D.T.U. Frottement latéral	
Colluvions marno-argileuses	5,5	6,7	I	-	0,0
Calcaire de Champigny	>3	>28,2	III	F	2,2

Tableau 5 – Modèle géologique multicouche

L'entreprise chargée de la réalisation des fondations devra tenir compte de la présence de niveaux et de blocs indurés dans le Calcaire de Champigny (perforation, excavation...). La mise en place de ce type de micropieux ne pourra être envisagée que pour des $PI > 10 \cdot 10^5$ Pa (0,1 MPa.), le passage des colluvions devra faire l'objet d'un tubage.

D'une manière générale, l'entreprise chargée de la réalisation des micropieux devra garantir que la méthodologie et le matériel qu'elle met à disposition lui permettent d'atteindre les ancrages correspondants aux capacités portantes retenues.

Les recommandations exposées ci-avant sont données sur la base d'un seul sondage et devront être confirmées avant travaux par la réalisation d'un deuxième sondage pressiométrique.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Florent BELIN

ANNEXES

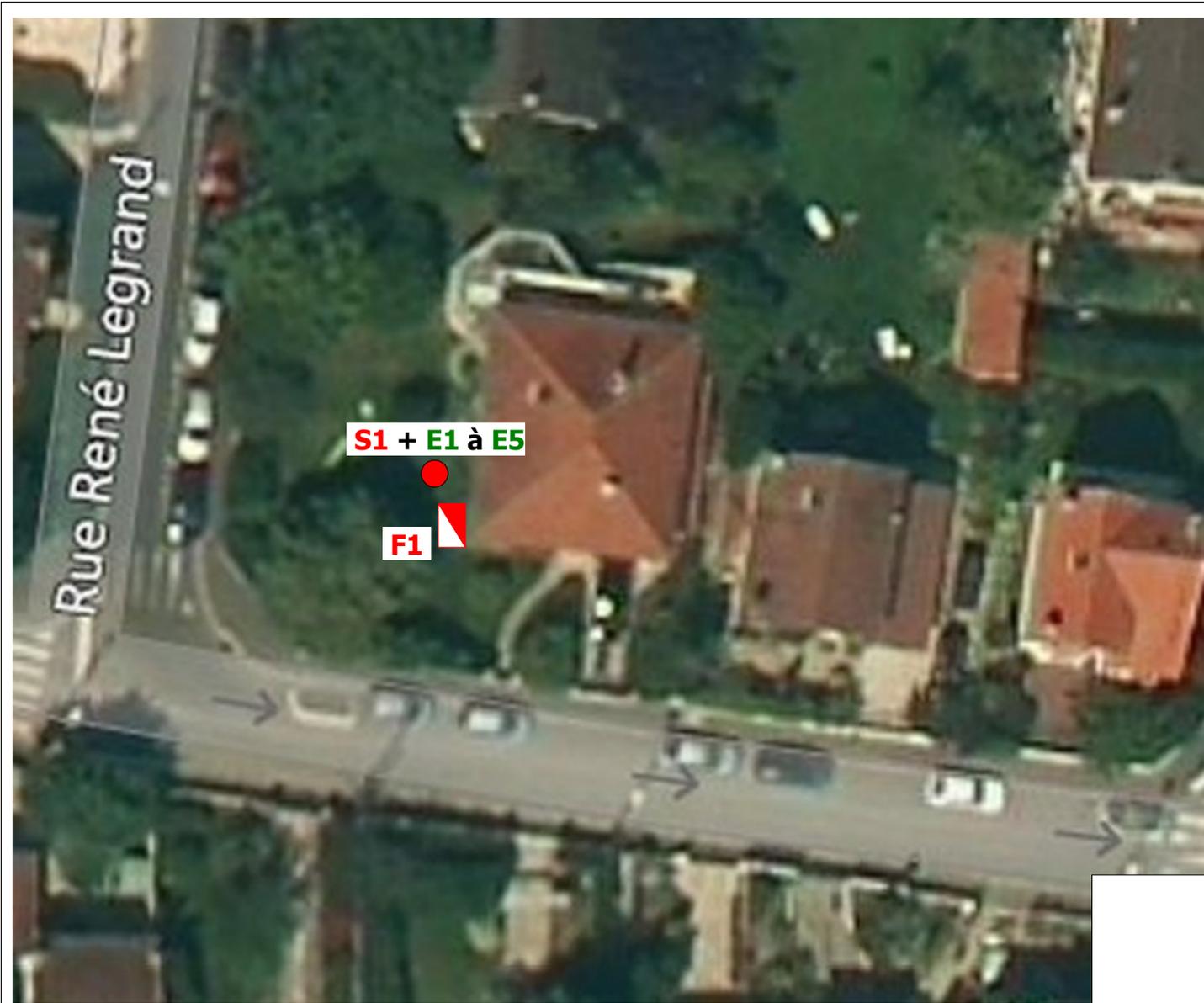
ANNEXE I – LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX DE DONNEES	17
ANNEXE II – PLAN D'IMPLANTATION SCHEMATIQUE DES SONDAGES	18
ANNEXE III – RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE	19

ANNEXE I – LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX DE DONNEES

Figure 1 – Extrait de la carte géologique	4
Figure 2 – Extrait de la carte des aléas retrait/gonflement (source www.argiles.fr)	5
Figure 3 – Extrait de la carte des aléas liés aux remontées de la nappe (source www.inondation.fr)	5
Tableau 1 – Résultats des essais pressiométriques	8
Tableau 2 – Identification des matériaux	10
Tableau 3 – Limites d’Atterberg	10
Tableau 4 – Valeurs pressiométriques moyennes	12
Tableau 5 – Modèle géologique multicouche	14

ANNEXE II – PLAN D'IMPLANTATION SCHEMATIQUE DES SONDAGES

IMPLANTATION SCHEMATIQUE DES SONDAGES



● Sondage pressiométrique

E Echantillon de sol

▽ Fouille de reconnaissance de fondation

94 - VILLIERS-SUR-MARNE

33 rue des Perroquets

Madame Evelyne REVELLAT

SEFIA

139 chemin des Bassins

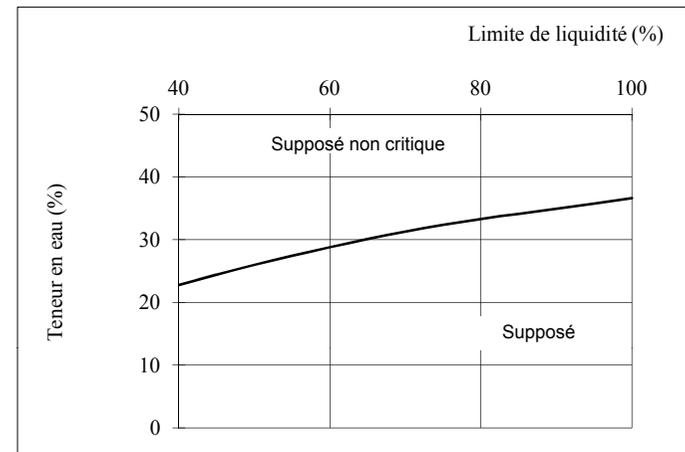
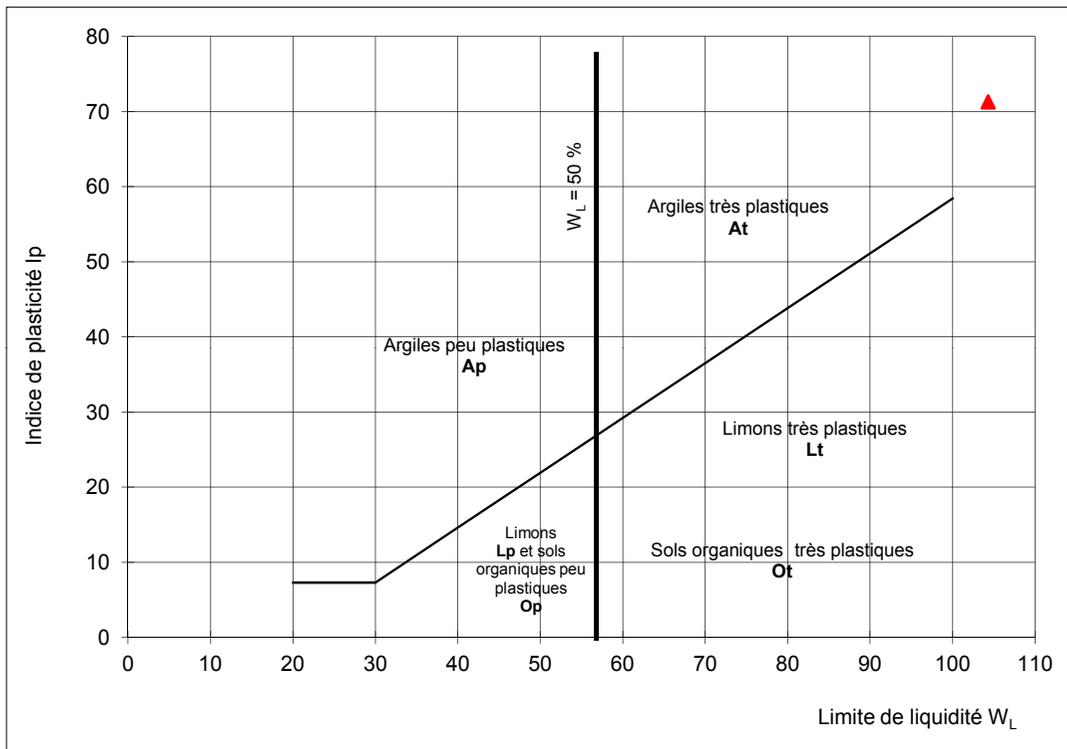
94000 CRETEIL

Tél : 01 48 53 62 40 Fax : 01 43 39 27 05 E-mail : contact@sefia.fr

ANNEXE III – RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE

CLASSIFICATION CASAGRANDE

Prélèvement	E1	Nature de l'échantillon Argile marneuse vert-pâme Prélèvement en m/sol 0,0 - 1,0 Teneur en eau naturelle en % 40,4		Limites d'Atterberg			
Etude	94 - VILLIERS-SUR-MARNE			W _L en %	104,3	I _P	71,3
Client	Madame Evelyne REVELLAT			W _P en %	33,0	I _L	0,10
Dossier	15/08/7139/94			W _R en %		I _C	0,90
					I _S		



Teneur en eau minimale pour la limite de liquidité d'un sol (d'après Bara)