

Mission G2 PRO

Construction de la chaufferie de Rangueil

TOULOUSE (31)



OBJET	DATE	INDICE	REDACTEUR	VERIFICATEUR
G2 PRO	27/07/16	1	L. ARMAIGNAC	M. HUORT
G2 PRO précisions radier 3.5	03/10/16	2	L. ARMAIGNAC	M. HUORT

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	2
1.1	Objet de la mission	2
1.2	Documents de référence	4
1.3	Documents fournis	4
1.4	Rappels.....	4
1.5	Investigations géotechniques en phase G2 PRO	17
1.6	Etat actuel de la zone d'étude / Approche altimétrique	18
2.	Synthèse des investigations géotechniques	21
2.1	Lithologie.....	21
2.2	Caractéristiques géomécaniques.....	22
2.3	Hydrogéologie	23
2.4	Essais en laboratoire	26
3.	Recommandations géotechniques.....	29
3.1	Coupe géologique du site.....	29
3.2	Modèle géotechnique du site.....	30
3.3	Fondations des portiques.....	31
3.4	Dallages de la partie chaufferie et locaux techniques	32
3.5	Fondations des silos/top loaders.....	33
3.6	Fondations de la cheminée	34
3.7	Voiries d'accès à la chaufferie	37
4.	Risques géologiques résiduels et incertitudes à lever en phase G3	40

ANNEXES

1. INTRODUCTION

1.1 Objet de la mission

La mission, effectuée à la demande et pour le compte de **ENGIE COFELY** concerne l'ensemble des prestations d'études et de reconnaissances géotechniques menées afin de réaliser une étude géotechnique G₂ PRO en Juillet 2016.

Celle-ci s'inscrit dans le cadre du projet de **construction de la nouvelle chaufferie de Rangueil** sur le site de l'actuel bâtiment à TOULOUSE (31).

Cette étude a été confiée à l'agence ECR Environnement de Toulouse, suite à l'acceptation du **devis n°3101018**, en date de **commande du 08/06/2016** ; elle fait suite au rapport G1 PGC n° 3100563 de Juillet 2015.

Par référence à la classification des « Missions géotechniques normalisées » (Norme NFP 94-500), la présente étude est de type **G₂ [étude géotechnique de projet]**, et voit de ce fait l'étendue de sa mission limitée aux prestations correspondantes (en particulier pas d'estimation des quantités, couts et délais des ouvrages géotechniques).

Cette mission géotechnique définit l'ensemble des éléments suivants :

▪ **Contexte géotechnique :**

Problématique à étudier	G2 Projet
Modèle géologique	Modèle géologique retenu et définition des profils de calcul
Identification et impact potentiel des risques naturels	Prise en compte des risques identifiés dans la définition du projet
Contexte hydrogéologique	Modèle hydrogéologique retenu Copropriétés des différents aquifères, niveaux d'eau caractéristiques EB, EF, EH, EE, PHEC)
Impact du projet sur la stabilité générale du site	Étude de la stabilité générale du site avec étude détaillée des éventuels renforcements
Définition de la ZIG	Définition de la ZIG retenue pour le projet
Susceptibilité de liquéfaction	Définitions d'éventuels confortements (fondations profondes, améliorations de sols)
Caractéristiques géotechniques	Valeurs caractéristiques proposées pour le projet
Caractéristiques dynamiques du sol	oui (si nécessaire)
Agressivité du milieu ambiant hors pollution	oui (si nécessaire)
Points sensibles à suivre lors de la réalisation	oui
Entretien et suivi des ouvrages géotechniques dans le temps	Conditions de suivi et d'entretien, définition des dispositifs d'instrumentation éventuels

■ **Fondations superficielles :**

Problématique à étudier	G2 Pro
Formations géologiques mobilisables	oui
Profondeur des formations géologiques mobilisables	Modèle proposé
justification de la stabilité locale (portance, renversement, glissement)	Calcul pour les fondations
Amélioration de sol (si nécessaire)	Définition et calcul de l'amélioration envisagée (objectif, caractéristiques, contrôles)
retrait-gonflement	Définition des dispositions pour prise en compte du risque (méthodes de protection, dispositions constructives)
évaluation des déplacements	Calcul pour chaque profil défini
comportement sous sollicitations sismiques (si nécessaire)	Calcul pour chaque profil défini
comportement sous sollicitations dynamiques (si nécessaire)	Calcul pour chaque profil défini
sujétions d'exécution (drainage, blindage, rabattement provisoire, phasage, substitution...)	Étude détaillée

■ **Fondations profondes :**

Problématique à étudier	G2 Projet
Formations géologiques mobilisables	oui
Profondeur des formations géologiques mobilisables	Modèle proposé
Type de pieux (classes et catégories)	Catégorie de pieux envisagée
Frottement latéral	Valeurs retenues
Terme de pointe	Valeurs retenues
Frottement négatif (si nécessaire)	Valeurs retenues
Calcul de capacité portante	Calcul pour les fondations
Comportement sous sollicitations horizontales (si nécessaire)	Calcul du comportement des fondations
Dimensionnement de la structure de la fondation	Vérification des dimensions des fondations
Évaluation des déplacements (si nécessaire)	Calcul pour chaque profil défini
Comportement de groupes de pieux (si nécessaire)	Calcul pour chaque profil défini
Comportement sous sollicitations dynamiques	Calcul pour chaque profil défini (si nécessaire)
Sujétions d'exécution (présence d'eau, stabilité des parois, terrains durs, phasage...)	Étude détaillée

■ **Assises de dallages et voiries :**

Problématique à étudier	G2 Projet
Caractérisation de l'assise	Définition de la classe de la plateforme (PST AR) après travaux préparatoires éventuels (décapage, purges,...)
Module Es et épaisseur des différentes couches du sol d'assise	Valeurs caractéristiques
Évaluation des déformations	Calcul des déformations sous différents cas de charges (chargements différentiels, appuis de racks,...)
Amélioration de sol (si nécessaire)	Définition et calcul de l'amélioration (objectif, caractéristiques, contrôles)
Couche de forme	Dimensionnement (constitution, épaisseur...) et critères de réception
Traitement du sol support (si envisageable)	Définition du traitement envisagé (épaisseur, dosage...)
Drainage de la plateforme	Dispositions constructives et dimensionnement du drainage

1.2 Documents de référence

Les textes officiels utilisés pour ce rapport sont :

- Le DTU 13.12, pour les règles de calcul des fondations superficielles ;
- LE FASCICULE 62 TITRE V – fondations des ouvrages de génie Civil,
- NF P 94-261-FondationsSuperficielles ;
- Le manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic LCPC de 1981.
- Le DTU 13.3, pour le calcul des dallages.

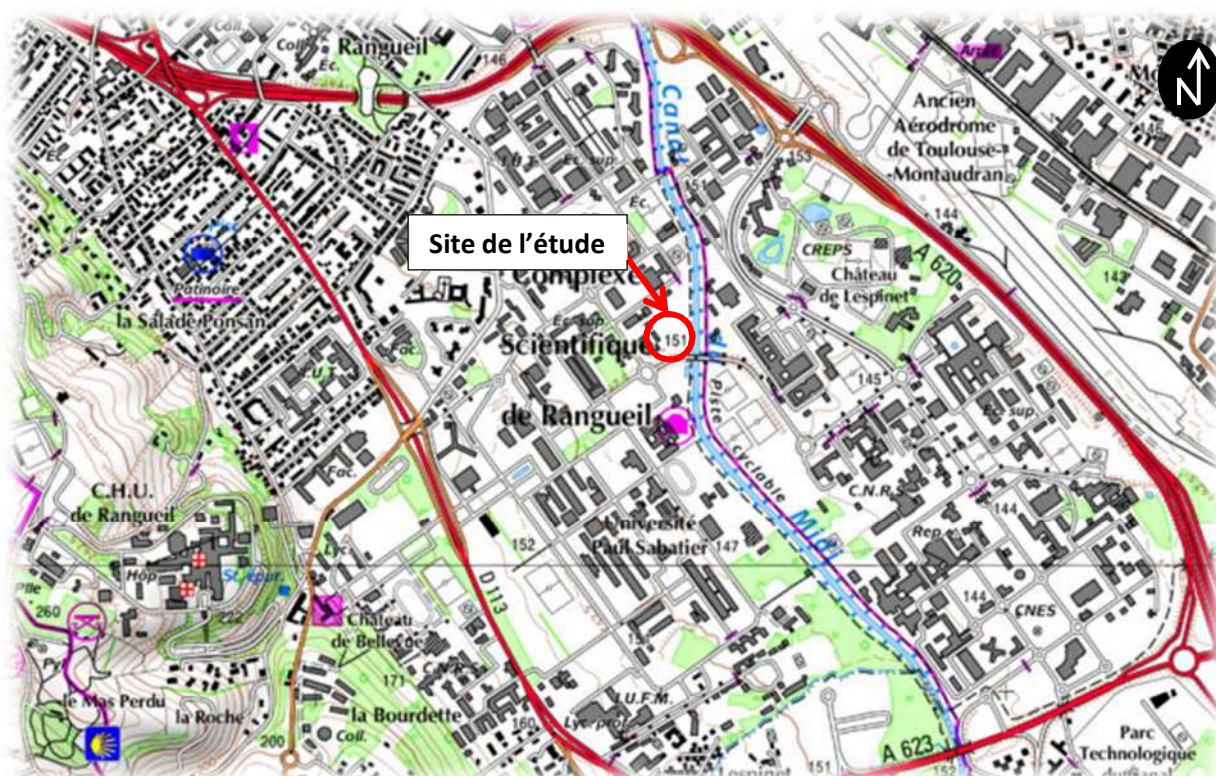
1.3 Documents fournis

Titre	Editeur	Echelle	Date de l'édition
Etude géotechnique G₁ (ES + PGC) à proximité du site – 3100563	ECR Environnement	/	16 Juillet 2015
Plan du niveau RdC du projet	ESPAGNO et MILANI	1/100°	Juin 2016
Coupes du projet	/	/	Juin 2016

1.4 Rappels

1.4.1 Terrain

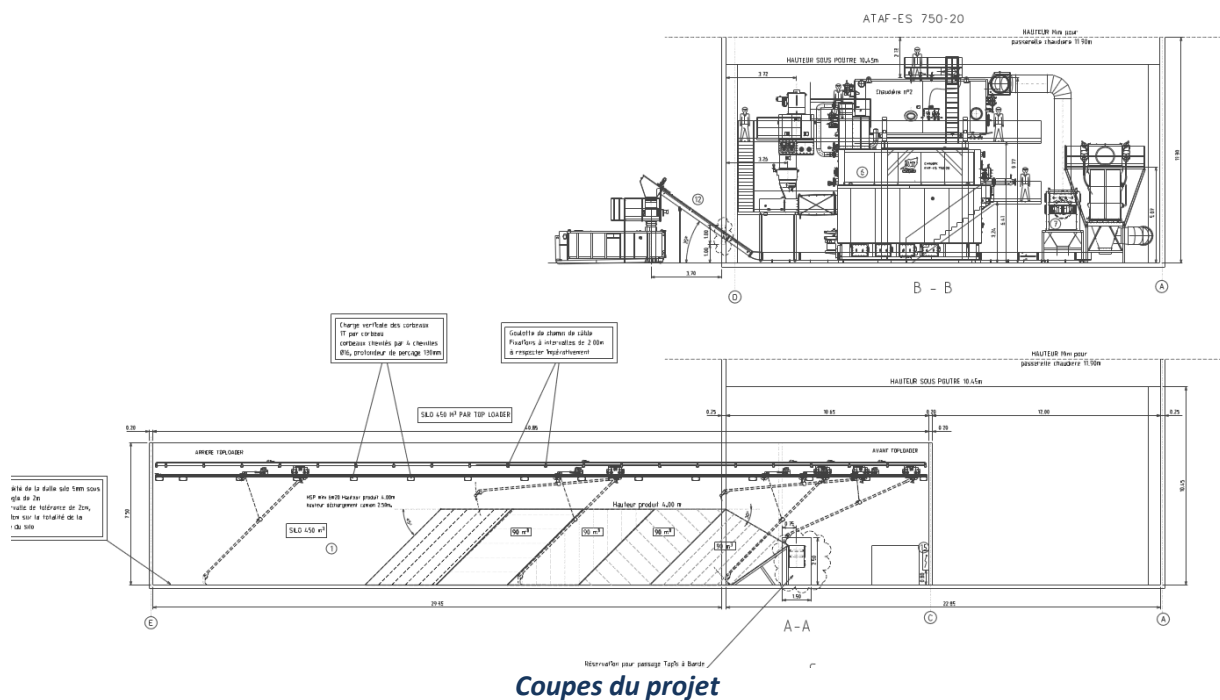
Le site de l'étude est localisé au Nord-Est de l'actuelle chaufferie du campus de l'Université Paul Sabatier, au sud de la commune de Toulouse. D'après la carte IGN, le site est subhorizontal et l'altitude dans le secteur est d'environ 147/148mNGF.



Localisation du site (extrait de la carte IGN - Géoportail)

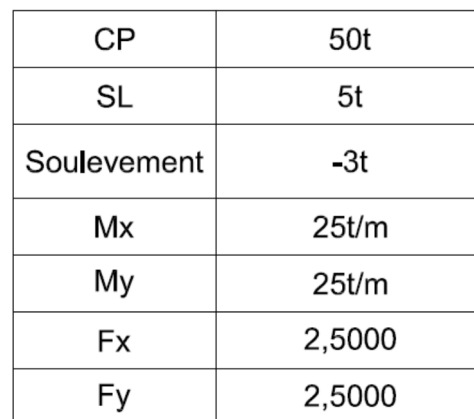
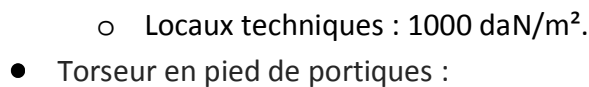


Vue aérienne du site (Géoportail)



Les descentes de charges communiquées par ouvrages sont les suivantes :

- Charge au sol de la chaufferie : 3000 daN/m²
- Silos – Top loader :
 - masse volumique du bois de 350 daN/m³
 - charge en tête de voiles séparatifs supportant le Top Loader suivant préconisations fournisseurs
 - surcharges réparties mini de 1000 daN/m² ou 12 T à l'essieu.



- Charges en pied des voiles de chaufferie :
 - CP Vertical : 3.5 T / ml à 10 T / ml ;
 - Mx et F y : 0 → Reporté sur les portiques.

Pour les chaudières :

Sous chaudières les charges de poinçonnement maximales attendues peuvent atteindre sur une platine de 40 x 40 cm² soit 1,5 MPa.

La Trémie tampon commune aux 2 chaudières repose sur 4 pieds avec platines 0,4 x 0,4 m poids 30 t en charge de bois soit 0,48MPa.

Chaudière 3680 kW

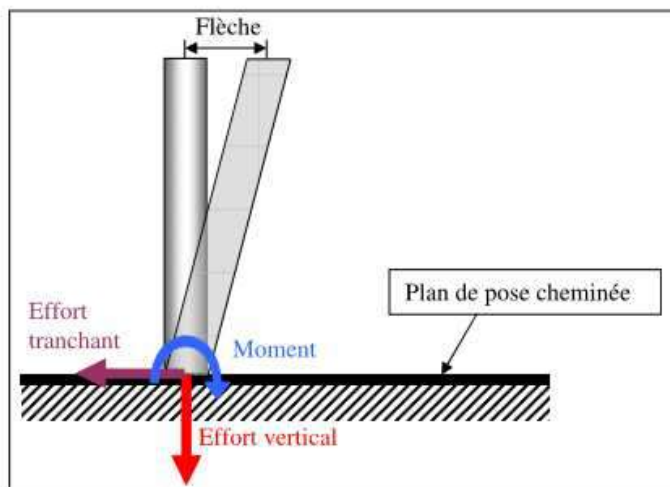
- Ensemble foyer et chambre de combustion en eau : repose sur 2 bandes situées de chaque côté du convoyeur cendres qui passe entre ces 2 'longrines' : 2 bandes de 0,45 m x 5,15 m : poids total sur les 2 bandes= 50 t
- Chaudière en eau + portique support : repose sur un portique qui enjambe l'ensemble foyer et chambre de combustion : 4 pieds avec 4 platines 0,4 x 0,4 m =poids 55 t
- Dans la zone foyer/chambre de combustion et chaudière nous avons en fait 50 + 55 = 105 t ;
- Multicyclone : 4 t sur 4 platines 0,2 x 0,2 m ;
- Economiseur : 15 t sur 4 platines 0,22 x 0,3 m
- Filtre à manches : 12 t sur 4 platines 0,18 x 0,18 m
- Ventilateur d'extraction : 1,5 t.

Chaudière 8610 kW

- Ensemble foyer et chambre de combustion en eau : repose sur 2 bandes situées de chaque côté du convoyeur cendres qui passe entre ces 2 longrines: 2 bandes de 0,50 m x 7,30 m - poids total sur les 2 bandes 90 t
- Chaudière en eau + portique support : repose sur un portique qui enjambe l'ensemble foyer et chambre de combustion : 4 pieds avec 4 platines 0,4 x 0,4 m poids 85 t
- Dans la zone foyer/chambre de combustion et chaudière nous avons en fait 90 + 85 = 175 t
- Multicyclone : 7 t sur 4 platines 0,32 x 0,32 m
- Economiseur : 25 t sur 4 platines 0,22 x 0,3 m
- Filtre à manches : 22 t sur 4 platines 0,18 x 0,18 m
- Ventilateur d'extraction : 2 t
-

Pour la cheminée : le massif fera environ 3mx3m avec les sollicitations en tête suivantes :

○ Réactions plan de pose cheminée



• Charges caractéristiques

Cas	Effort tranchant (daN)	Moment (daN.m)	Effort vertical (daN)	Flèche (cm)
Poids caractéristique (Gk)	0	0	10863,93	0
Vent de référence caractéristique (Qk1)	1488,12	31048,79	0	3,33
Vent critique caractéristique (Qk2)	531,88	10941,44	0	1,16
Vent perpendiculaire caractéristique (Qk3)	2021,56	43088,46	0	4,78

• Combinaisons d'actions

Cas	Effort tranchant (daN)	Moment (daN.m)	Effort vertical (daN)	Flèche (cm)
ELU1: $G_k + 1.4 * Q_{k1}$	2083,37	43468,3	10863,93	4,66
ELU2: $1.1 * G_k + 1.4 * Q_{k1}$	2083,37	43468,3	11950,32	4,66
ELU3: $G_k + 1.4 * Q_{k2} + 1.4 * Q_{k3}$	2926,51	62238,31	10863,93	6,88

Repère Charge GC	Massif GC concerné	Commentaires
A		Zone d'appui TREMIE combustible / poids total maxi. 30 T réparti sur 4 platines 40 x 40 cm - charges au sol = 4.69 Kg/cm²
B1		Zone d'appui POUSSOIR combustible / poids total 1,6 T réparti sur 4 patins Ø 12 cm - charges au sol = 3.54 Kg/cm²
B2		Zone d'appui POUSSOIR combustible / poids total 1,6 T réparti sur 4 patins Ø 12 cm - charges au sol = 3.54 Kg/cm²
C		Zone d'appui partie inclinée intérieure chaufferie du CONVOYEUR combustible / poids total = 1,5 T réparti sur 2 patins Ø 12 cm - charges au sol = 6,7 Kg/cm²
D1	R3010	Zone d'appui FOYER + CHAMBRE / poids total maxi. en EAU = 40 + 15 = 55 T / 2 appuis 515 x 45 cm - charge au sol = 1,2 Kg/cm²
D2	R3020	Zone d'appui FOYER + CHAMBRE / poids total maxi. en EAU = 55 + 35 = 90 T / 2 appuis 731 x 50 cm - charge au sol = 1,3 Kg/cm²
E1	R3015	Zone d'appui CHAUDIERE + CHASSIS poids total maxi. en EAU = 50 + 5 = 55 T - AV => 2 Pieds chassis chaudière / poids 49 T - 2 Platines 40 x 40 cm - Charge au sol Maxi. = 15.3 Kg/cm²
E1'	R3015'	Zone d'appui CHAUDIERE + CHASSIS poids total maxi. en EAU = 50 + 5 = 55 T - AR => 2 Pieds chassis chaudière / poids 7 T - 2 Platines 40 x 40 cm - Charge au sol Maxi. = 2,2 Kg/cm²
E2	R3025	Zone d'appui CHAUDIERE + CHASSIS poids total maxi. en EAU = 75 + 10 = 85 T - AV => 2 Pieds chassis chaudière / poids 48 T - 2 Platines 40 x 40 cm - Charge au sol Maxi. = 15.0 Kg/cm²
E2'	R3025'	Zone d'appui CHAUDIERE + CHASSIS poids total maxi. en EAU = 75 + 10 = 85 T - AR => 2 Pieds chassis chaudière / poids 37 T - 2 Platines 40 x 40 cm - Charge au sol = 11.6 Kg/cm²
F1		Zone d'appui DEPOUSSIEREUR fumées / poids total = 5 T => réparti sur 4 Pieds chassis dépoussiéreur via 4 Platines 20 x 20 cm - Charge au sol = 3.2 Kg/cm²
F2		Zone d'appui DEPOUSSIEREUR fumées / poids total = 7 T => réparti sur 4 Pieds chassis dépoussiéreur via 4 Platines 32 x 32 cm - Charge au sol = 1.7 Kg/cm²
G1		Zone d'appui ECONOMISEUR / poids total maxi. en EAU = 15 T => réparti sur 4 Pieds châssis économiseur via 4 Platines 22 x 30 cm - Charge au sol = 5.7 Kg/cm²
G2		Zone d'appui ECONOMISEUR / poids total maxi. en EAU = 25 T => réparti sur 4 Pieds châssis économiseur via 4 Platines 22 x 30 cm - Charge au sol = 9.5 Kg/cm²
H1		Zone d'appui FILTRE / poids total maxi : 12 T - 4 Pieds châssis filtre - 4 Platines 18 x 18 cm - Charge au sol = 9,5 kg/cm²
H2		Zone d'appui FILTRE / poids total maxi : 22 T - 4 Pieds châssis filtre - 4 Platines 18 x 18 cm - Charge au sol = 17,0 kg/cm²
I1		Zone d'appui VENTILATEUR Extrateur fumées / poids total maxi : 1,5 T - Repartie sur 8 pieds Ø 5 cm - Charge au sol = 9.6 Kg/cm²
I2		Zone d'appui VENTILATEUR Extrateur fumées / poids total maxi : 2,0 T - Repartie sur 8 pieds Ø 5 cm - Charge au sol = 12.7 Kg/cm²
J	R3090	Zone d'appui CHEMINEE fumées + STABILISATEUR / poids total Maxi. 11,0 T réparti sur 1 bride Øi/e 165/185 cm - charges au sol verticale statique = 2.0 Kg/cm²

K1	R3050	Zone d'appui partie inclinée extérieure chaufferie du CONVOYEUR cendres / poids total = 0,8 T réparti sur 2 patins Ø 8 cm- charges au sol = 8,0 Kg/cm²
K2	R3060	Zone d'appui partie inclinée extérieure chaufferie du CONVOYEUR cendres / poids total = 0,8 T réparti sur 2 patins Ø 8 cm- charges au sol = 8,0 Kg/cm²
L1	R3070	Zone d'appui benne cendres / poids total = 12 T appliqué sur le rail métallique / 2 appuis de [7 x 2 cm + 20 x 5 cm] -> <u>Charge sur tôle Maxi.</u> = 53 kg/cm²
L2	R3080	Zone d'appui benne cendres / poids total = 12 T appliqué sur le rail métallique / 2 appuis de [7 x 2 cm + 20 x 5 cm] -> <u>Charge sur tôle Maxi.</u> = 53 kg/cm²
O		Zone d'appui au sol des PASSERELLES / poids approximatif 15 T => réparti sur équipements ou poteaux => Appuis au sol via X platines 20 x 20 cm - <u>charges au sol Maxi.</u> = 2,5 Kg/cm²
		Point d'appui PASSERELLES sur les MURS CHAUFFERIE / poids total maxi. X T réparti sur ?? platines 30 x 30 cm - charges sur MUR Maxi.= 1500 Kg/appui

P1	R2090	Zone d'appui ARMOIRE ELECTRIQUE chaudière / poids total = 1,5 T => réparti sur 1 socle métal 354/360 x 40/46 cm - charges au sol = 0,7 Kg/cm²
P2	R2100	Zone d'appui ARMOIRE ELECTRIQUE chaudière / poids total = 1,5 T => réparti sur 1 socle métal 354/360 x 40/46 cm - charges au sol = 0,7 Kg/cm²
Q		AUTRES Zones d'appuis CONVOYEURS combustible ou cendres / poids total maxi : 0,5 T - Repartie sur 2 pieds réglables Ø 8 cm - Charge au sol = 5,0 Kg/cm²
R		Point d'appui équipement TOPLOADER sur les MURS SILO combustible / poids total maxi. 5 T réparti sur 28 platines 20 x 40 cm - charges sur MUR = 0.22 Kg/cm²
		Point d'appui équipement TOPLOADER sur les MURS SILO combustible / poids total maxi. 5 T réparti sur 28 platines 20 x 40 cm - charges sur MUR = 180 Kg/appui
S2	R3085	Zone d'appui CONVOYEUR NAVETTE CENDRES / poids total = 1,55 T réparti sur 1 bride Øi/e 46/70 cm - charges au sol = 0,7 Kg/cm²

Ces différents ouvrages seront desservis par un réseau de voiries lourdes (trafic $\leq 25\text{PL/j/sens}$) et aires de stockages associées.

Le terrain est relativement plat à la côte de 146,50-146,80 NGF la côte du niveau bas est calée 147,35 NGF.

Il revient aux responsables du projet de nous informer pour toutes différences importantes à ces hypothèses afin que nous puissions reconsidérer, si nécessaire, tout ou partie de nos conclusions. Il en est de même si le projet venait à changer.

1.4.3 Rappel du contexte géologique

D'après la carte géologique au 1/50 000^e du BRGM, feuille de TOULOUSE EST (n°984), on devrait certainement rencontrer au droit du projet, les formations suivantes :

- des alluvions fines (Alluvions du seuil de Toulouse) [indice Fy2] ;
- le substratum molassique, pouvant contenir des passées plus sableuses [indice m-gRc].



Extrait de la carte géologique n°984 – TOULOUSE EST, au 1/50 000 (BRGM - InfoTerre)

1.4.4 Résultats des investigations géotechniques en phase G1 PGC

La campagne de reconnaissance réalisée par la société ECR Environnement (dossier n° 3100563 du 16/07/2015), pour la réalisation d'une d'étude géotechnique préliminaire G1 ES+PGC a mis en évidence, sous de la terre végétale ou des remblais anthropiques, les formations suivantes :

- Des **alluvions fines (H1)**, caractérisées, par des **argiles limoneuses**, de couleur marron-beige ;

- Le **substratum molassique plus ou moins altéré (H2)**, caractérisé, par des sables marneux saturés, beige et très denses, reconnus jusqu'à au moins 9,0m de profondeur.

FORMATION	PI* (MPa)			E _M (MPa)			q _d (MPa)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Alluvions fines (H1), (1 essai pressiométrique)	1,95			28,3			5	10	7/8
Substratum molassique, sables marneux (H2) (2 essais pressiométriques)	2,73	5,74	5,0	30	658	*	≥ 10 MPa à refus		

* Moyenne non représentative car valeurs dispersées

Les caractéristiques mécaniques apparaissent donc :

- **Fortes** dans les **alluvions fines (H1)**, argiles limoneuses marron-beige ;
- **Très fortes** dans les **sables marneux saturés, beige et très denses (H2)**.

A la date d'intervention (juillet 2015), des niveaux d'eau ont été observés entre 1,75 et 2,80 m de profondeur/T. Actuel.

1.4.5 Risques naturels

Selon le décret n°2010-1255 du 22 Octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français et entré en vigueur depuis le 1^{er} Mai 2011, le projet se situe en **zone de sismicité 1 (très faible)**.

Par ailleurs la commune de Toulouse a été l'objet de plusieurs arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle dont principalement sur les mouvements de terrains différentiels consécutifs et la sécheresse, notamment en 1991, 1992, 1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2003, 2005, 2008, 2012 et en 2013.

Arrêts de reconnaissance de catastrophe naturelle

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	30/11/1982	02/12/1982
Inondations et coulées de boue	16/08/1983	19/08/1983	15/11/1983	18/11/1983
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/05/1989	31/12/1992	27/05/1994	10/06/1994
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/05/1989	30/09/1993	15/11/1994	24/11/1994
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/05/1989	30/09/1993	03/05/1995	07/05/1995
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/06/1989	31/12/1990	12/08/1991	30/08/1991
Inondations et coulées de boue	07/08/1989	07/08/1989	05/12/1989	13/12/1989
Inondations et coulées de boue	13/08/1990	13/08/1990	28/03/1991	17/04/1991
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/01/1991	31/12/1991	20/10/1992	05/11/1992
Inondations et coulées de boue	11/09/1991	13/09/1991	20/10/1992	05/11/1992
Inondations et coulées de boue	25/09/1991	25/09/1991	20/10/1992	05/11/1992
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/01/1992	30/09/1993	03/05/1995	07/05/1995
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1992	31/12/1997	26/05/1998	11/06/1998
Glissement de terrain	10/06/1992	11/06/1992	23/06/1993	08/07/1993
Glissement de terrain	01/04/1993	28/02/1994	27/05/1994	10/06/1994
Glissement de terrain	15/04/1993	15/04/1993	26/10/1993	03/12/1993
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/10/1993	31/12/1997	26/05/1998	11/06/1998
Inondations et coulées de boue	13/07/1995	13/07/1995	24/10/1995	31/10/1995
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1998	31/12/1998	27/12/2000	29/12/2000
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1998	31/12/1999	27/12/2000	29/12/2000
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1998	30/09/2000	15/11/2001	01/12/2001
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/03/1999	31/12/1999	27/12/2000	29/12/2000
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/04/1999	31/12/1999	27/12/2000	29/12/2000
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	10/06/2000	10/06/2000	21/07/2000	01/08/2000
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2002	30/09/2002	08/07/2003	26/07/2003
Inondations et coulées de boue	04/02/2003	05/02/2003	26/06/2003	27/06/2003
Inondations et coulées de boue	16/06/2003	16/06/2003	03/10/2003	19/10/2003
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2003	30/09/2003	11/01/2005	01/02/2005
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2006	31/03/2006	18/04/2008	23/04/2008
Inondations et coulées de boue	15/05/2008	15/05/2008	26/06/2008	05/07/2008
Inondations et coulées de boue	24/01/2009	27/01/2009	28/01/2009	29/01/2009
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2011	30/09/2011	11/07/2012	17/07/2012
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2012	31/12/2012	29/07/2013	02/08/2013

Par ailleurs, la commune a fait l'objet de **Plans de Préventions** vis-à-vis des inondations et des **mouvements de terrain différentiels**.

Atlas de Zone Inondable

Aléa	Nom de l'AZI	Diffusion le
Inondation	Garonne Amont, Garonne aval, Girou et Hers mort	01/12/2000
Inondation	Lannemezan	01/07/2000

Prise en compte dans l'aménagement

Plans	Bassin de risque	Prescrit le	Enquêté le	Approuvé le
PSS Inondation	-	06/06/1951	06/06/1951	06/06/1951
PPRn Mouvement de terrain	-	09/11/1994	05/05/1998	15/07/1998
PPRn Mouvement de terrain - Tassements différentiels	-	02/02/2004	04/02/2010	25/10/2010
PPRn Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau	Garonne	11/07/2002	15/07/2011	20/12/2011
PPR Technologique	ESSO	31/01/2007	-	-
PPRt Risque industriel - Effet de surpression	TOULOUSE	08/11/2011	29/11/2013	03/04/2014
PPRt Risque industriel - Effet toxique	TOULOUSE	08/11/2011	29/11/2013	03/04/2014

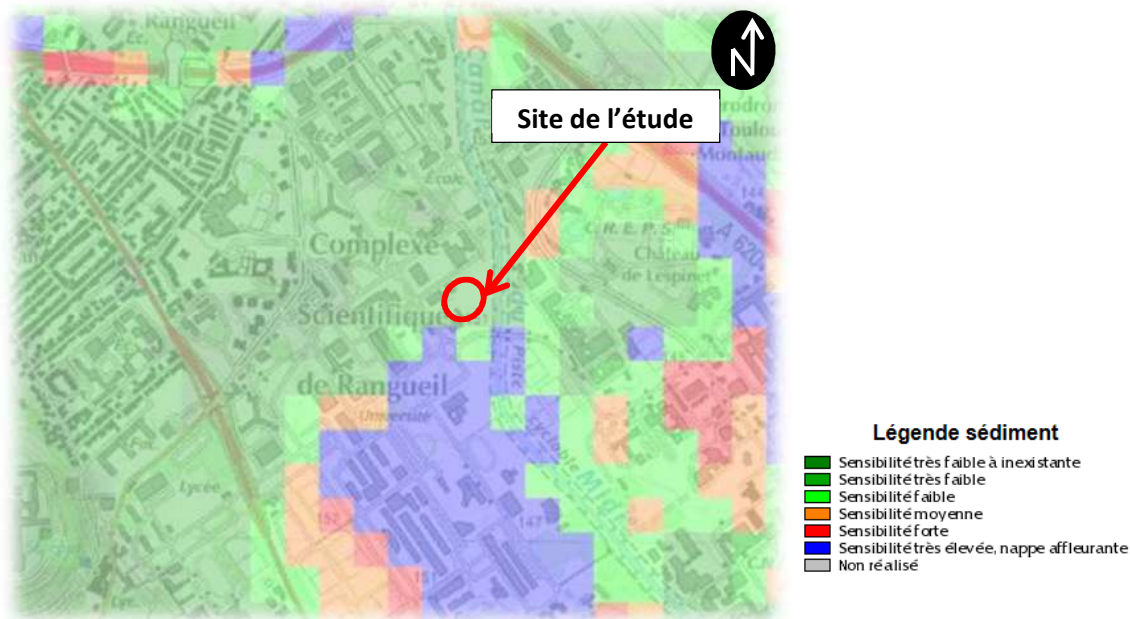
Les éléments relatifs aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sont réputés fiables car directement issus du secrétariat de la commission nationale. Par contre, les informations sur les PPRt de cette page ne peuvent servir de base pour la mise en place de l'information aux acquéreurs et locataires. Seuls les arrêtés préfectoraux, publiés sur les sites des préfectures, offrent la garantie d'exhaustivité nécessaire.

En première approche et d'après la carte d'aléa liée au phénomène de **retrait-gonflement des argiles** (carte établie par le BRGM sur la base d'un modèle à grande échelle), la zone d'étude se situe en **"aléa moyen"**.



Carte du risque de retrait-gonflement des argiles (BRGM – argiles.fr)

En première approche et à titre indicatif, la carte des **remontées de nappes** établie par le BRGM, fait état d'une sensibilité **"très faible"** vis-à-vis de ce risque au droit de la zone d'étude. Cependant, cette classification établie sur la base d'un modèle régional (à grande échelle) ne concorde pas nécessairement avec les observations faites *in situ*, et est donc à prendre avec précaution.



Carte des zones de sensibilité de remontée de nappe phréatique (BRGM - inondationsnappe.fr)

1.5 Investigations géotechniques en phase G2 PRO

Afin d'appréhender la connaissance du site (épaisseur de couches et caractéristiques mécaniques), nous avons réalisé les investigations complémentaires suivantes pour cette étude géotechnique de projet, en Juin 2015 :

- **6 profils pressiométriques : SP1 à SP6 à 7,00 m de profondeur**, exécutés en tarière hélicoïdale de diamètre 63 mm. Ces sondages ont permis de déterminer la nature des différents horizons traversés, d'identifier les éventuelles venues d'eau et de mesurer les caractéristiques mécaniques des sols traversés par l'intermédiaire d'essais pressiométriques réalisés selon la norme NF P 94.110 pour mesures de la pression limite, du module pressiométrique et de la pression de fluage.
- **1 sondage carotté, SC1, réalisé au poinçonneur jusqu'à 1,80m/TN de profondeur.** Ce sondage a permis de reconnaître la nature lithologique des terrains et de récupérer des échantillons intacts.

Les sondages ont aussi donné lieu à des prélèvements d'échantillons pour **essais en laboratoire** :

- 3 mesures de la teneur en eau,
- 1 valeur au bleu de méthylène,
- 1 analyse granulométrique par tamisage,
- 1 essai de dessiccation (limite de retrait wre) selon la norme XP P 94-060-2.

Le plan d'implantation (sur extrait de plan de masse du projet, au format A3), est livré en annexes.

Les différents points d'investigations ont été nivelés en cote NGF, les altitudes sont données dans le tableau suivant :

SONDAGE	SP1	SP2-SC1	SP3	SP4	SP5	SP6
COTE ALTIMETRIQUE NGF	147.20	147.10	147.15	147.20	146,95	147.00

Le plan d'implantation des sondages ainsi que les résultats des investigations géotechniques *in situ* sont en annexes.

1.6 Etat actuel de la zone d'étude / Approche altimétrique

Ce terrain est quasiment plat à la cote 147 NGF environ avec :

- un merlon de terre en emprise du projet au Sud,
- une zone végétalisée à l'Ouest du projet,
- un grillage au centre du projet,
- le passage des réseaux ERDF à l'Ouest et des eaux pluviales au Sud.







Etats des lieux [ECR environnement – 07/06/2016]

2. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

2.1 Lithologie

Les investigations géotechniques complémentaires réalisées au droit du site mettent en évidence, sous une épaisseur de **terre végétale de 0,50 m ou de remblais sur 1 m**, la succession lithologique suivante :

- Des **alluvions fines (H1)**, caractérisées, par des **argiles limoneuses**, de couleur marron-beige à gris-beige et fermes ;
- Le **substratum molassique peu altéré (H2)**, caractérisé par des **sables marneux beiges, saturés et très denses** surmontés sur la moitié Sud par des **argiles marno-calcaires, de couleur ocre à gris et très raides** et reconnus jusqu'à 7,0m de profondeur.

Une **description lithologique détaillée des sols de surface H1** a été réalisée sur le sondage carotté SC1 réalisé entre 0,00m et 1,80 m de profondeur (poinçonneur-voir photos en annexes) :

SONDAGE	SC1
Radicelles dans limon finement sableux végétalisé peu humides (sous feuilles mortes)	0,00 – 0,12
Remblai pulvérulent de sable, grave, brique	0,12 – 0,27
Ancien terrain naturel (herbes sur TV avec racines,...), limon argilo-sableux sec, ferme	0,27 – 0,58
Graves pulvérulente, débris de brique foraine	0,58 – 0,78
débris de brique foraine altérée sèche,	1.0/1.05
sable argileux/argile sableuse brune, ferme, sèche en tête, ne réagit pas à HCL	1.05/1.55
argile finement sableuse brun clair, moins ferme, devenant réactive à HCL	1.55/1.65
silts argileux ocre-gris à rognons de CaCO3 et traces de mica, humides (mouillés à la base), mous, très réactifs à HCL (toit du substratum altéré)	1.65/2.01

Nb : des remblais ont été rencontrés et visualisés sur PU3/PU4 en phase d'étude G1 sur 0,70 à 0,80 m d'épaisseur.

Le tableau ci-après synthétise la profondeur du toit des formations au droit de nos sondages (NR signifie : *Horizon Non Rencontré*) :

SONDAGE	SP1	SP2-SC1	SP3	SP4	SP5	SP6
Alluvions fines (H1) (m)	0,20	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
Substratum molassique (H2) raide (m)	2,80	2,80	2,30	3,30	3,00	3,50
Toit du substratum molassique très raide NGF	144.40	144.30	144.85	143.90	144,00	143,50

Dans ce secteur, la lithologie est relativement homogène ; la cote du toit du substratum molassique (H2) varie entre 143,10 et 144,00 NGF.

NB: Concernant les sondages géologiques à la tarière SP1 et SP6, les descriptions lithologiques se basent sur des remontées partielles de cuttings (débris de forage) issues de forages destructifs ; la précision des interfaces pour ce type de sondage est de 30 à 40 cm et la coupe doit être considérée comme schématique.

2.2 Caractéristiques géomécaniques

Les caractéristiques mécaniques sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Couche/ Faciès	PI* (MPa)			E _M (MPa)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Alluvions fines (H1) 13 essais pressiométriques	0,38	1,65	0,5	3,6	16,7	6
Substratum molassique (H2) 23 essais pressiométriques	1,58	6,65	3,5	23,5	218,7	*

* Moyenne non représentative car valeurs dispersées

Les caractéristiques mécaniques apparaissent donc :

- **Faibles à moyennes** dans les **alluvions fines (H1)**, représenté par des **argiles limoneuses marron-beige à gris-beige** ; elles diminuent dans la zone de battement de la nappe (voir chapitre suivant) ;
- **Fortes à très fortes** dans le **substratum molassique (H2)**.

2.3 Hydrogéologie

2.3.1 Observations en sondages

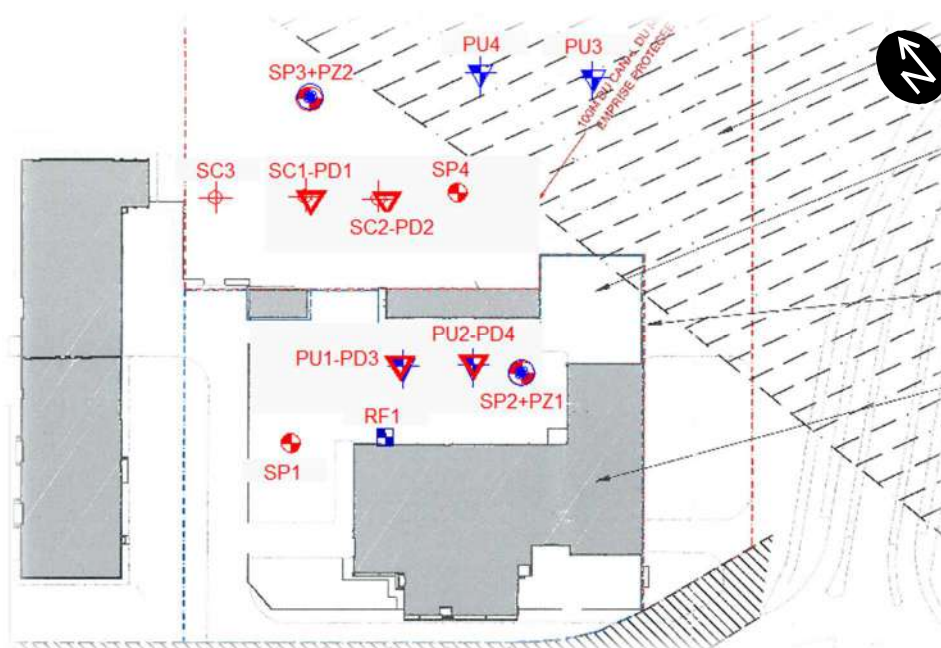
Aux dates d'exécution des sondages, **Juillet 2016**, des venues d'eau ont été observées partout et sont synthétisées dans le tableau suivant :

	SP1	SP2-SC1	SP3	SP4	SP5	SP6
Cote (NGF) du sondage	147.20	147.10	147.15	147.20	146,55	147.00
Prof. Venue Eau (m/TN)	4,50	3,70	4,50	4,50	4,00	4,50
Prof. Eau Stabilisée (m/TN)	1,80	2,05	1,90	2,10	1,80	1,90
Cote (NGF) Eau	145,40	145.05	145.25	145.10	144.75	145.10

Ces observations sont confirmées par l'humidité des échantillons remontés à la tarière.

2.3.2 Suivi piézométrique de la mission G₁ ES+PGC-Rapport 3100563-

Les mesures des deux piézomètres posés autour du site (Rapport n° 3100563), plan rappelé ci-après, mettent en évidence les variations du niveau d'eau suivantes :

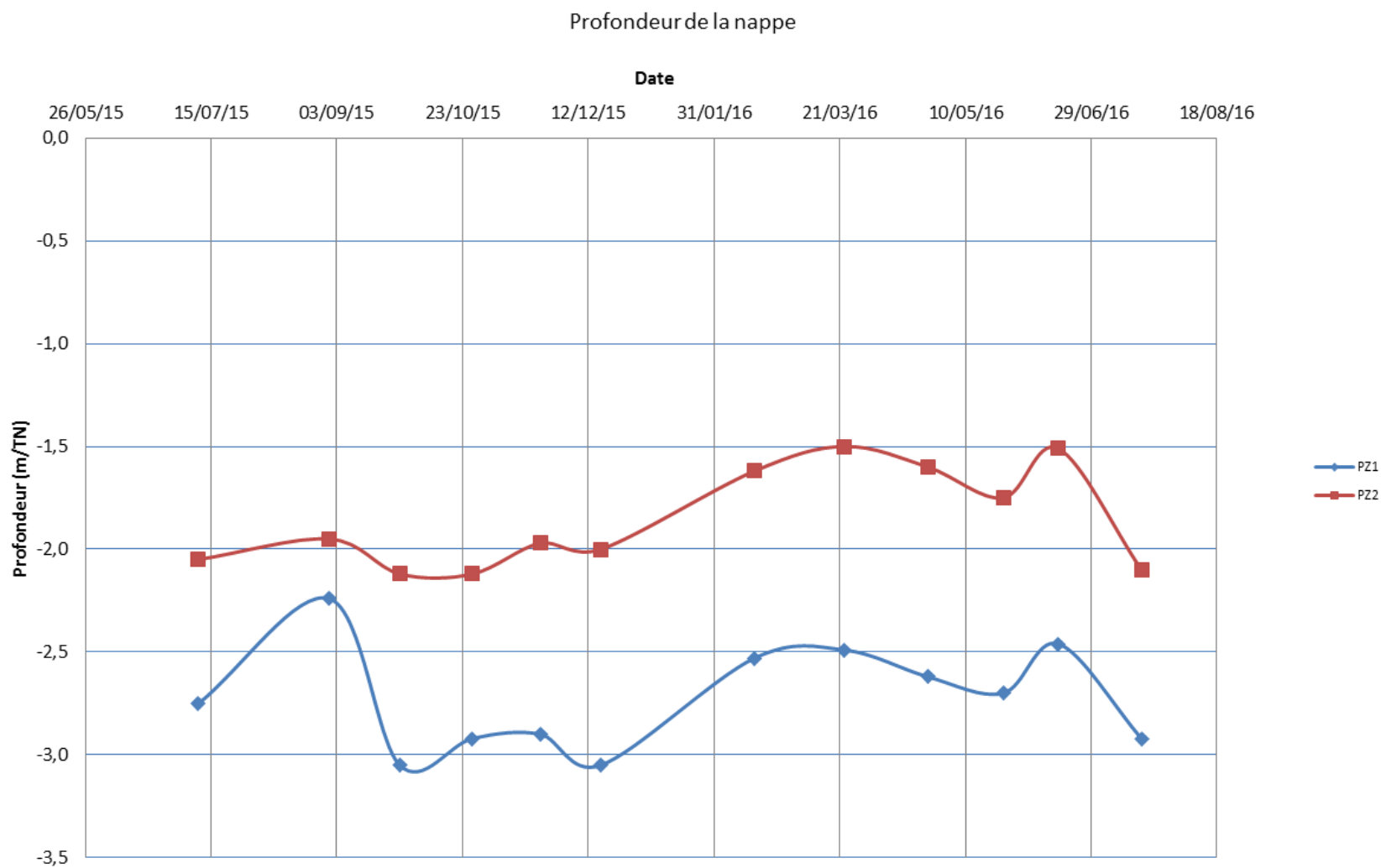


Plan de localisation des piézomètres posés (Rapport n°3100563)

Ouvrage piézométrique / Date du relevé	PZ1	PZ2
	Profondeur d'eau (m/TN)	Profondeur d'eau (m/TN)
01/07/2015	2,60	1,75
10/07/2015	2,75	2,05
31/08/2015	2,24	1,95
28/09/2015	3,05	2,12
27/10/2015	2,92	2,12
23/11/2015	2,90	1,97
17/12/2015	3,05	2,00
20/01/2016	2,69	1,78
16/02/2016	2,53	1,62
23/03/2016	2,49	1,50
25/04/2016	2,62	1,60
25/05/2016	2,70	1,75
16/06/2016	2,46	1,51
19/07/2016	2,92	2,10

Les niveaux d'eau sont compris **entre 1,50 et 2,12 m de profondeur** au droit du **PZ2**, **réalisé en emprise du projet** ; ils sont pour la plupart localisés dans les argiles limoneuses marron-beige et sont soutenus par le substratum molassique peu perméable.

Les fluctuations de la nappe au droit des ouvrages géotechniques sont illustrées sur les graphiques ci-après :



Par ailleurs, les courbes montrent que l'on relève les niveaux de nappe les plus hauts en Mars 2015.

Toutes ces mesures de suivi piézométrique sur un an permettent de mettre évidence les variations d'amplitude du niveau d'eau de la nappe :

Piézomètre	Profondeur basse du niveau d'eau (m/TN)	Profondeur haute du niveau d'eau (m/TN)	Amplitude (m)
PZ2 (147.10NGF)	2,12 (environ 145 NGF)	1,50 (environ 145.60 NGF)	0,62
PZ1 (147.50NGF)	3,05 (environ 144.5 NGF)	2,46 (environ 145.00 NGF)	0,59

2.4 Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire ont été effectués sur des échantillons de sol H1 prélevés sur le sondage carotté **SC1**.

▪ Teneurs en eau :

Les mesures de teneur en eau dans H1 sont regroupées dans le tableau suivant :

Sondage	Profondeurs (m)	Teneur en eau naturelle w_{nat} (%)	Description
SC1	1,20 – 1,40	13,1	Sables argileux / argiles sableuses, brunes, fermes
	1,55 – 1,65	17,7	Argiles finement sableuses brun clair, moins ferme
	1,90 – 2,00	20,2	Silts argileux ocre-gris à rognons de $CaCO_3$ et traces de micas, humides

Les variations de teneur en eau sont à mettre en relation avec la proportion de fraction argileuse.

▪ Classification des sols :

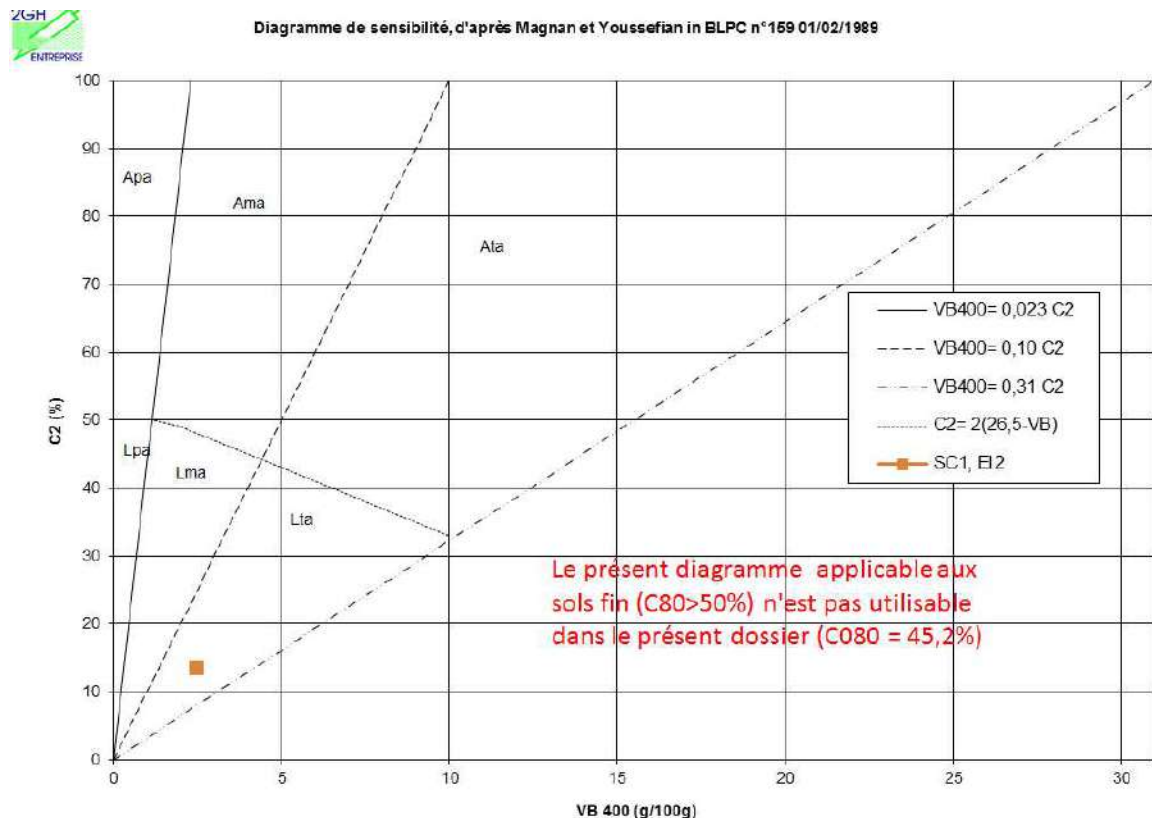
Les résultats des essais d'identification (V_{BS} et sédimentométrie) sur les sols prélevés en SC1 sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	Description	Teneur en eau naturelle w_{nat} (%)	%<80 μ m / %<2 mm	%<2 μ m	Valeur au Bleu V_{BS}	Activité au bleu A_{CB}	Classe GTR
SC1	1,20 – 1,40	Sables argileux / argiles sableuses, brunes, fermes H1	13,1	45/99	13,5	2,05	15	A ₁

Les sols étudiés sont des **sables limoneux** de classe GTR **A₁**.

NB : les identifications de la G1PGC conduisant à des sols A2, tout aussi sableux (%<80 μ m de 49 et 46-VBS 2.7 et 3.1).

Le facteur ACb mesuré sur ces sols n'est pas représentatif car ceux-ci comportent seulement 45 % de fines (%<80 μ m).



Le diagramme de Magnan et Youssefian n'est pas applicable au matériau étudié ($C_{80} < 50\%$).

▪ **Limite de retrait :**

Les résultats de limite de retrait sur les sols prélevés en SC1, sont les suivants :


Sondage	Prof. (m)	Description	Teneur en eau initiale w_o (%)	Limite de retrait w_{re} (%)	Facteur de retrait RI
SC1	1,20 – 1,40	Sables argileux / argiles sableuses, brunes, fermes	13,0	9,2	0,09

L'essai de dessiccation montre la fin du domaine de retrait d'un **sol peu rétractant**, ce qui n'est pas surprenant au vu de la « charpente » sablo-limoneuse.

3. RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 Coupe géologique du site

Les investigations réalisées en G1 et G2 en mettent en évidence la coupe géologique suivante :

Couche	Prof .du toit au droit des sondages		Caractéristiques mécaniques	Lithologie / Classe GTR	Remarques
	Min	max			
Remblais (H0)	0,00m		Hétérogènes	Sables graveleux / graves sableuses	Morceaux de briques + déchets de chantier par endroits
Alluvions fines Fermes (H1a) à raides (H1b)	0,50 m 146,50 NGF	1,00 m 146,00 NGF	Faibles (H1a) à moyennes (H1b)	argiles limoneuses et sableuses, de couleur marron-beige à gris-beige et fermes – classe GTR limite A ₁ / A ₂	Sols sensibles à l'eau et compressibles -perte de portance sous imbibition Pas de risque de fort retrait ou gonflement sous dessiccation- Sols aptes au traitement chaux/liants hydrauliques
Nappe à la base de H1 entre 145 et 145.6 NGF (-2.10 et -1.50m) -battement de 0,60m sur l'année 2015-2016					
Substratum molassique très raide (H2)	2,30m 144,3 NGF	3,50m 143,8 NGF	Fortes à très fortes	sables marneux beiges, saturés et très denses surmontés sur la moitié Sud par des argiles marno-calcaires, de couleur ocre à gris et très raides	Sols très raides

NB : du fait de l'historique ancien des aménagements sur ce site, la présence entre nos sondages de surépaisseurs de remblais et/ou de structures enterrées reste possible.

3.2 Modèle géotechnique du site

Les mesures réalisées en G1 et G2 en mettent en évidence le modèle géotechnique suivant :

Couche	Cote NGF du toit	Em(MPa)	E young (MPa)	PI (MPa)	α
Remblais (H0)	147	5	10	0.5	0.33
Alluvions fines fermes (H1a)	146	6	6	0.5	0.66
Alluvions raides (H1b)	144.5	20	20	1.5	0.66
Substratum molassique (H2) raide	144	30	40	3.0	0.50

Les hypothèses de dallage pour la chaufferie et des couches rapportées et/ou traitées sous dallage sont les suivantes :

Couche	Cote NGF du toit	Epaisseur (m)	E young (MPa)	ν
Dallage béton armé	147.20	0.20	30 000	0
Couche de forme GNT	147.00	0.30	20	0.35
Alluvions H1a traitées Chaux +liant hydraulique	146.70	0.35	4000	0.20

Les hypothèses de radier pour les silos/top loaders et des couches rapportées et/ou traitées sous radier sont les suivantes :

Couche	Cote NGF du toit	Epaisseur (m)	E young (MPa)	ν
radier béton armé	147.20	0.30	30 000	0
Couche de forme GNT	146.90	0.30	20	0.35
Alluvions H1a traitées Chaux +liant hydraulique	146.60	0.35	4000	0.20

3.3 Fondations des portiques

3.3.1 Principe

Vues les sollicitations communiquées (forts moments 25t.m ELU), les sols H1a ne sont pas assez porteurs aussi les fondations des portiques devront être **semi-profondes par puits** ancrés de 0,20m dans les **sols H1a (alluvions raides-cote moyenne 144.5 NGF)**.

3.3.2 Justification

Au droit des sondages réalisés et conformément aux recommandations EC7 NFP94-261 (voir calculs Foxta en annexes), les contraintes seront limitées à :

$$q_{ELS} \leq 0,40 \text{ MPa (40 T/m}^2\text{)},$$

$$q_{ELU} \leq 0,60 \text{ MPa (60T/m}^2\text{)}.$$

Les tassements prévisibles sont les suivants :

- Calcul massif isolé 1,50mx1,50m chargé à 500 kN (G+Q ELS) et ancré à 144,30NGF : **tassement = 0.3 cm.**
-

Ces amplitudes de tassements absolus et les différentiels qui en découlent nous paraissent admissibles (à confirmer par le BE de structures).

3.3.3 Précautions et sujétions d'exécution

Afin d'éviter une décompression du fond des fouilles des semelles, celui-ci devra être protégé immédiatement par un béton de propreté car les sols H1 sont sensibles aux intempéries et aux variations de teneur en eau (sols A1/A2).

Nous ne connaissons pas l'historique des aménagements sur ce site aussi la présence entre nos sondages de surépaisseurs de remblais et de structures enterrées reste possible : on veillera à s'assurer systématiquement du bon ancrage des fondations dans les alluvions H1b grâce à un suivi d'exécution (mission G3 et/ou G4).

Du fait de l'ancrage demandé, la protection contre le gel qui nécessite normalement une profondeur des assises au-dessous du terrain extérieur supérieure à 50 cm, sera respectée.

Vus les niveaux de nappe observés, ces fouilles seront à toutes périodes sous l'eau ce qui nécessitera un **pompage** pour les assécher ; les débits seront faibles vue la faible perméabilité des sols concernés ; cependant, ces venues d'eau pourront entraîner des **petits éboulements (surconsommations de béton à prévoir)**.

La largeur minimale des fondations devra être de 0,40m pour des semelles filantes et 0,60m pour des semelles isolées afin d'assurer un bon contact sol-fondation.

3.3.4 Variantes envisageables

Pour s'affranchir des sujétions d'exécution des puits (grandes dimensions, pompage petits éboulements, surconsommations de béton), on peut envisager en variante des fondations par micropieux ; on se référera au chapitre 3.6 pour les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour leur dimensionnement.

3.4 Dallages de la partie chaufferie et locaux techniques

Des **dallages sur terre-plein** sont envisageables à condition de respecter les modalités de réalisation suivantes :

- **Purge** des remblais de surface H0 comportant des matériaux impropres et des éventuelles poches médiocres de sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie ;
- **Traitement à la chaux + liant hydraulique des sols H1a** en place pour obtenir une plateforme de **classe PF2** ($EV2 > 50 \text{ MPa}$) ; on se reportera aux annexes pour voir les performances obtenues par exemple avec 2%CaO+6% Rolac 645.
- Mise en place d'une **forme de 30 cm d'épaisseur** en grave concassée 0/20 mm ou 0/40 mm, compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) et compactée et contrôlée à l'aide d'essais de plaque type Westergaard. La valeur minimale du coefficient de réaction K devra être supérieure à 80MPa/m sur l'arase de la forme.

Afin d'éviter que la portance des couches du sol-support ne soit altérée, un système de collecte et d'évacuation de l'ensemble des eaux de ruissellement sera mis en place préalablement à la phase travaux. Ces eaux seront rejetées dans un exutoire pérenne à l'aval.

Pour ce dallage, le dimensionnement devra se faire suivant les recommandations du DTU 13.3 de mars 2005 et en tenant compte des modules de déformation de sol E_{young} définis au chapitre 3.2.

Ces dallages devant supporter les poids et sollicitations des divers éléments très pesants de la chaufferie devront être calculés, armés et conçus en conséquence.

A titre indicatif, un calcul de tassement a été mené pour un filtre qui présente de fortes descentes de charges verticales (1.7MPa sur 4 platines de $0.18 \times 0.18 \text{ m}^2$ -dallage béton de 20cm voir calcul TASSPLAQ en annexe) ; on obtient 3 mm de tassements.

3.5 Fondations des silos/top loaders

3.5.1 Principe

Les poids des stocks de bois génèrent des efforts horizontaux sur pied de voiles importants ce qui nous conduit à proposer pour cette partie de l'ouvrage un **radier armé reposant sur les sols H1a traités à la chaux + liant hydraulique en place sur 35cm minimum.**

3.5.2 Justification

Les charges étant supposées verticales, la contrainte de rupture sous la base du radier q_u est donnée par la formule :

$$q'_u = k_p \cdot p_{le}^* + q'_0$$

avec k_p : facteur de portance = 0,8

p_{le}^* : pression limite nette équivalente = 0,5MPa

q'_0 : contrainte verticale effective hors radier après travaux =10 kPa

d'où :

$$q'_u = 0,50 \text{ MPa}$$

Les contraintes admissibles (ou contraintes de calcul) se déduisent de la formule :

$$q'_a = \frac{1}{\gamma_q} (q'_u - q'_0) + q'_0$$

Avec γ_q : coefficient de sécurité = 2 sous E.L.U. et = 3 sous E.L.S.

Etat limite	E.L.U.	E L.S.
Contrainte admissible q'_a (MPa)	0,25	0,17

3.5.3 Précautions et sujétions d'exécution

L'assise de ce radier sera préparée comme pour les dallages voisins à savoir :

- **Purge** des remblais de surface H0 comportant des matériaux impropres et des éventuelles poches médiocres de sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie ;

- **Traitement à la chaux + liant hydraulique des sols H1a** en place **sur 35cm minimum** pour obtenir une plateforme de **classe PF2** ($EV2 > 50 \text{ MPa}$) ; on se reportera aux annexes pour voir les performances obtenues par exemple avec 2%CaO+6% Rolac 645.
- Mise en place d'une **forme de 30 cm d'épaisseur** en grave concassée 0/20 mm ou 0/40 mm, compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) et compactée et contrôlée à l'aide d'essais de plaque type Westergaard. La valeur minimale du coefficient de réaction K devra être supérieure à 80 MPa/m sur l'arase de la forme.

On prévoira un bêche périphérique pour la mise hors gel du radier et un débord pour la reprise des moments.

A titre indicatif, un calcul de tassement a été mené pour un radier de 30 cm d'épaisseur, débordant de 30 cm des pieds de voiles (chargement dissymétrique des silos $M_{ELS} = 3.7t.m/ml$ sur un voile extérieur tel que communiqué par TPFI-voir calcul TASSPLAQ en annexe) ; on obtient maximum 9 à 11 mm de tassements en rive contre 4 à 7 mm en partie médiane.

3.6 Fondations de la cheminée

Vues les sollicitations communiquées (forts moments 62t.m ELU), les fondations seront profondes de type **micropieux sous massif de répartition**, ancrés dans le **substratum molassique (H2)**.

3.6.1 Modèle géotechnique de calcul

La justification des fondations fait référence à l'Eurocode 7 et sa norme d'application nationale NF P 94-262 (Fondations profondes) en utilisant l'approche « modèle de terrain », et en considérant une condition de site simple et un ouvrage de catégorie géotechnique 2.

Dans le cadre d'un pré-dimensionnement, nous retiendrons comme hypothèses de calculs :

- des **micropieux type III (MIGU – Classe 8 et catégorie 19, suivant l'EC7)** avec un cas de charges verticales centrées et dans le cadre d'une exécution soignée.
- le **frottement latéral sera négligé sur toute la hauteur des remblais et des alluvions H1a (vue la profondeur probable du massif de répartition) .**

En pratique, il reviendra à l'entreprise de choisir la méthode de mise en œuvre la plus appropriée afin de traverser l'ensemble des terrains identifiés précédemment. Les fiches et les diamètres des fondations devront être ajustés en phase étude d'exécution au regard des descentes de charges réelles et du calage altimétrique précis du niveau bas.

Le tableau 5.2.1 annexe 1 de la norme d'application fixe les termes de frottement axiaux unitaires par formation et pour une technique de forage. On considèrera une technique de micropieux type III (MIGU).

$$q_s(z) = \alpha_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}}[Pl^*z]$$

En considérant des estimations prudentes des paramètres géotechniques à prendre en compte dans la définition des différents critères, nous proposons, pour le dimensionnement des fondations profondes, le modèle géotechnique suivant :

Couche	cote du toit (m/NGF)	PI (en MPa)	Classe de sol	Courbes EC7	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	qs (en kPa)
Remblais H0 puis Alluvions fines (H1a)	/	/	Pas de frottement = mort terrain			
Alluvions raides (H1b)	144.5	1,5	Argiles	Q ₁	2,7	120
Substratum molassique (H2) raide	144.0	3,0	Marne et calcaire- marneux	Q ₄	2,4	250

3.6.2 Exemple de dimensionnement et remarques

Après calculs sous Foxta 3.1.3-module Fondprof (voir calculs et abaques en annexe), on obtient par exemple :

Diamètre micropieux type III	250mm	200mm
Q _{ELS qp} (Tonnes)	30	24
Q _{ELU} fond (Tonnes)	42	33
Fiche dans le substratum sédimentaire, (H2) en m	5m	
base du micropieu en cote NGF	139 NGF	

Il s'agit d'un pré dimensionnement ; les fiches et les diamètres devront être ajustés avec les réelles sollicitations et les côtes de massif.

Les fiches seront optimisées pour travailler en limite de la combinaison la plus défavorable (ELS ou ELU voire ELU-Acc- traction/compression).

Les reprises des efforts horizontaux pourront se faire par micropieux inclinés.

Nous rappelons que, quelle que soit la technique de forage employée, celle-ci devra permettre de traverser et de maintenir les terrains sur toute hauteur. De plus, la technique devra permettre de traverser l'intégralité des faciès et d'assurer l'ancrage dans le sol support molassique (marnes, argiles marneuses, sables marneux).

Il n'est pas exclu d'envisager des techniques alternatives, sous réserve que l'entreprise justifie la bonne réalisation des travaux (passage de l'intégralité des terrains, ancrage suffisant, tenue des parois, pose des armatures et justification en frottement).

3.6.3 Efforts Parasites - Frottements négatifs

En l'absence de mise en œuvre de remblais, aucun frottement négatif n'a été considéré.

3.6.4 Justification vis-à-vis des efforts horizontaux

Les fondations devant reprendre des efforts horizontaux et/ou des moments en tête (sous séisme notamment), elles pourront être calculées à partir des données ci-après, déduites des essais pressiométriques :

K_f = formule 1 pour $B \geq B_0$

$$K_f = \frac{12 \cdot E_M}{\frac{4}{3} \cdot \frac{B_0}{B} \left(2,65 \cdot \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \alpha} \text{ pour : } B \geq B_0$$

K_f = formule 2 pour $B \leq B_0$ avec $B_0 = 0.60$ m

$$K_f = \frac{12 \cdot E_M}{\frac{4}{3} \cdot (2,65 \cdot)^\alpha + \alpha} \text{ pour : } B \leq B_0$$

Nous rappelons que le module linéique ci-dessus est lié au module surfacique k_f par la relation $K_f = B k_f$ où B est la largeur de la fondation.

Couche	Em moyen (en MPa)	Kfc en MPa	Kfl en MPa
Alluvions fines (H1a)	6	2	11
Alluvions raides (H1b)	20	75	38
Substratum molassique (H2) raide	30	135	68

Les armatures seront déterminées par le BET structure en fonction des différents efforts à reprendre calculés via un massif de répartition.

3.6.5 Sujétions d'exécution des micropieux

La méthode d'exécution des micropieux devra tenir compte de la présence d'eau vers 2 m de profondeur dans les terrains traversés. Il sera donc nécessaire de s'assurer de compatibilité de la technique choisie avec un éventuel gradient hydraulique local (pouvant être important) et donc avec le risque de perte de consistance des fondations par lessivage du coulis.. La nécessité d'un maintien des parois (tubage, ...) avant coulage n'est en ce sens pas à exclure.

On réalisera avant travaux une analyse de l'agressivité vis-à-vis du béton d'un échantillon d'eau (prélevé sur site-piezomètres ECR posés à disposition), pour mettre en œuvre le ciment adapté à l'environnement.

A l'occasion des travaux **toutes les anciennes fondations ou structure enterrées devront être purgées** pour supprimer les points durs sous qui pourraient gêner les forages.

3.7 Voiries d'accès à la chaufferie

En desserte du bâtiment, des voiries et parkings sont prévus, nous considérons un trafic de véhicules légers et lourds à faible allure correspondant au trafic T5 (<25 Pl/J /sens) selon le manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic LCPC de 1981.

NB : Dans le cas où ces hypothèses sont très différentes du projet, il conviendra de nous en informer afin de revoir tout ou partie de notre exemple de dimensionnement.

3.7.1 Arase-PST

Dans le cadre de la mise en place d'une voirie et de parkings, il sera d'abord nécessaire de procéder à un décapage / décaissement des remblais H0 de surface comportant des matériaux impropres (voir chapitre 2.1) et des éventuelles poches médiocres de sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie.

Les sols H1 en arase de la PST sont des argiles limono-sableuses de classe GTR A₁ / A₂, de caractéristiques mécaniques faibles à moyennes. La PST sera classée en **PST n°2 – AR1** si les sols sont en état hydrique moyen (m).

Si pour des raisons de météorologie et/ou de mauvais drainage du chantier, la teneur en eau de ces sols les faisait passer à l'état humide (h), il conviendrait pour repasser en **PST n°2 – AR1** de les aérer par scarification et d'attendre leur séchage ou de les traiter à la chaux.

Remarques : 1) *La portance des sols dépendant des conditions climatiques à l'ouverture du chantier (et lors des jours qui l'ont précédé), il revient aux responsables du projet, de vérifier la nature, l'état hydrique et la portance des sols en phase d'exécution. Il est par ailleurs vivement recommandé de réaliser ces travaux en période favorable (sans pluie).*

2) *En cas de conditions pluvieuses sur l'arase, des sur-profondeurs locales de purges et substitutions de matériaux impropres sont à prévoir.*

3.7.2 Couche de forme

Les sols H1a de classe A₁/A₂ sont réutilisables en couche de forme à condition de les traiter à la chaux + liant hydraulique. A défaut, on sera contraint de faire appel à des matériaux d'apports de classe D₃ par exemple.

Les prescriptions du GTR donnent les épaisseurs de couche de forme suivantes et les classes de plateforme obtenues suivant les matériaux utilisés et les classes d'arase :

Cas du profil en déblais ou profil rasant :

- PST2 – AR1 : couche de forme constituée :
 - soit de 0,35 m de sols H1a du site traités à la chaux+ liant hydraulique --> **PF2**.
 - soit de 0,50m de matériau granulaire insensible à l'eau (de classe GTR R2, D ou B3 par exemple). --> **PF2**

3.7.3 Structure des voiries : Exemple de prédimensionnement

Au regard des informations sus mentionnées les épaisseurs des différentes couches à mettre en œuvre pourraient être :

	voiries lourdes
Couche de surface	8cm d'enrobé résistant au cisaillement pour rotation des poids lourds
Couche de base	25 cm de GNT
Couche de fondation	

Rappel : hypothèses de trafic <25 camions d'essieu 13 t par jour sur chaque voie

Les structures proposées sont données à titre d'exemple. Des variantes pourront être proposées par les entreprises de voiries tout en respectant les épaisseurs équivalentes de structure.

En phase définitive, des dispositions constructives prises selon les normes en vigueur devront assurer l'assainissement durable de la chaussée.

3.7.4 Sujétions d'exécution, problèmes spécifiques

Afin d'éviter que la portance des couches du sol-support des voiries et du dallage ne soit altérée (passage à l'état hydrique humide voire très humide), un système de collecte et d'évacuation de l'ensemble des eaux de ruissellement sera mis en place préalablement à la phase travaux. Ces eaux seront rejetées dans un exutoire pérenne à l'aval. En phase définitive, des dispositions constructives prises selon les normes en vigueur devront assurer l'assainissement durable de la chaussée.

Dans la mesure où le site est actuellement en partie occupé, les opérations de démolitions / purges des existants devront être réalisées avec des moyens adaptés ainsi qu'avec la plus grande attention afin de réduire au minimum le remaniement du terrain naturel (en place) sous-jacent.

4. RISQUES GEOLOGIQUES RESIDUELS ET INCERTITUDES A LEVER EN PHASE G3

Rappelons d'abord que compte tenu de l'hétérogénéité possible des terrains et de la maille de répartition de notre investigation, il convient d'être prudent quant à l'extrapolation entre les points de sondages des différentes interfaces lithologiques et géomécaniques reconnues.

Suite aux calculs de tassements différentiels en fonction des sollicitations et des calages altimétriques précis des ouvrages, Il appartient en dernier ressort au Bureau de Contrôle de déterminer l'admissibilité de ces tassements vis à vis de la structure de chaque ouvrage.

Une mission G4 de suivi d'exécution pourra être confiée à ECR, afin de contrôler les moyens, méthodes et procédés mis en œuvre par l'entreprise en charge des fondations en particulier.

Les conclusions de ce présent rapport sont données sous réserves des conditions particulières jointes.

CONDITIONS PARTICULIERES

Le présent rapport ou Procès-verbal ainsi que toutes annexes, constituent un ensemble indissociable.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT serait dégagée de toute responsabilité dans le cas d'une mauvaise utilisation de toute communication ou reproduction partielle de ce document, sans accord écrit préalable. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.

Si en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, nous avons été amenés dans le présent rapport à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient à notre client ou à son maître d'œuvre de communiquer par écrit à la société ECR ENVIRONNEMENT ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison nous être reproché d'avoir établi notre étude pour le projet que nous avons décrit.

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne permet pas de s'affranchir des aléas des milieux naturels, et ne peut prétendre traduire le comportement du sol dans son intégralité.

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (ex. : remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, etc.) doit être signalé à E.C.R. ENVIRONNEMENT qui pourra reconsidérer tout ou une partie du Rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou une partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité.

De même, des changements concernant l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux hypothèses de base de cette étude, peuvent conduire à modifier les conclusions et prescriptions du Rapport et doivent être portés à la connaissance d'E.C.R. ENVIRONNEMENT.

La Société E.C.R. ENVIRONNEMENT ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur les dites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote 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.

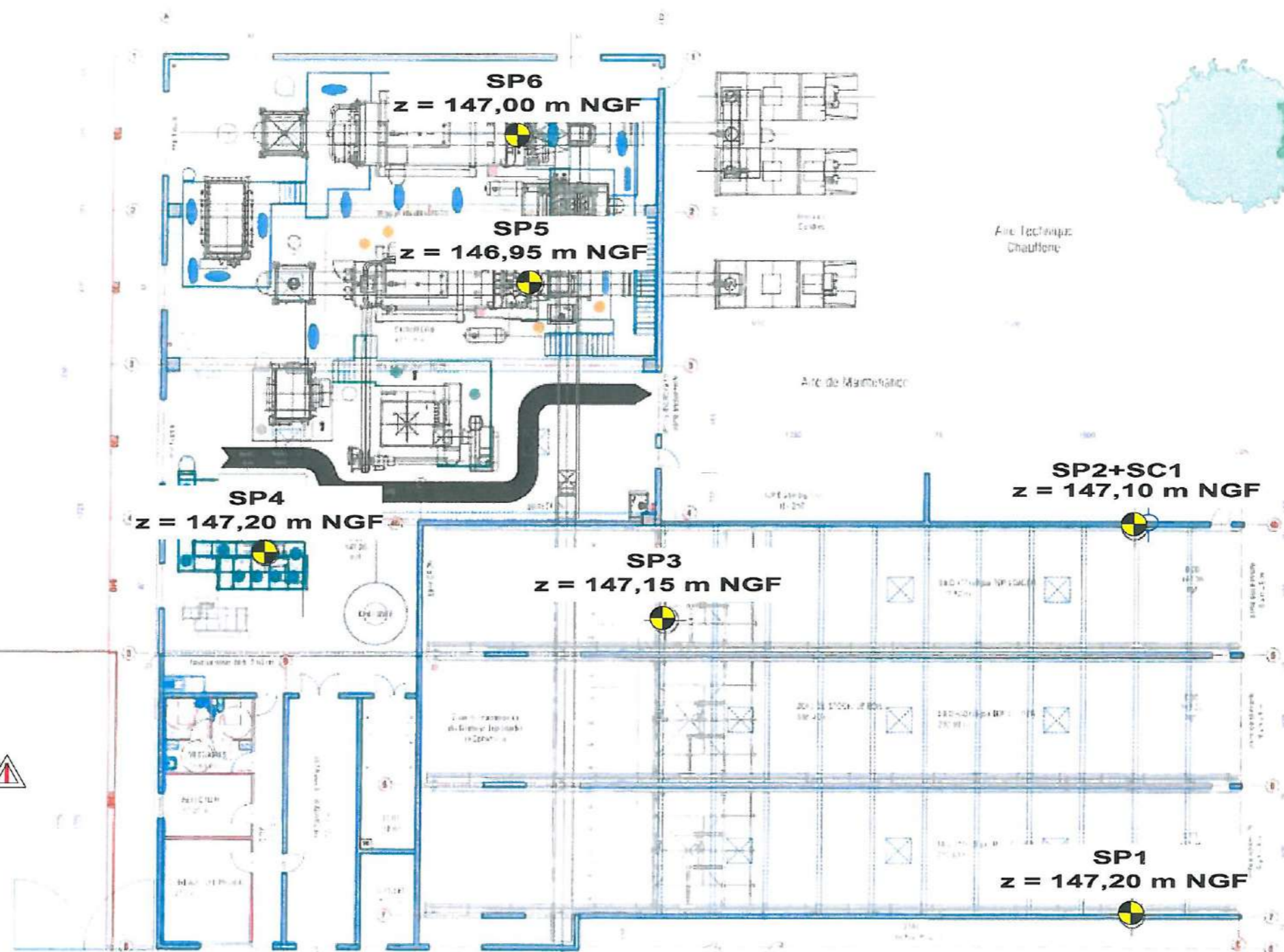
Annexes

***Implantation et sondages et essais de laboratoire de
phase G2PRO***

***Implantation et sondages et essais de laboratoire de
phase G1***

Calculs Foxta

Chaufferie de Rangueil - TOULOUSE (31)

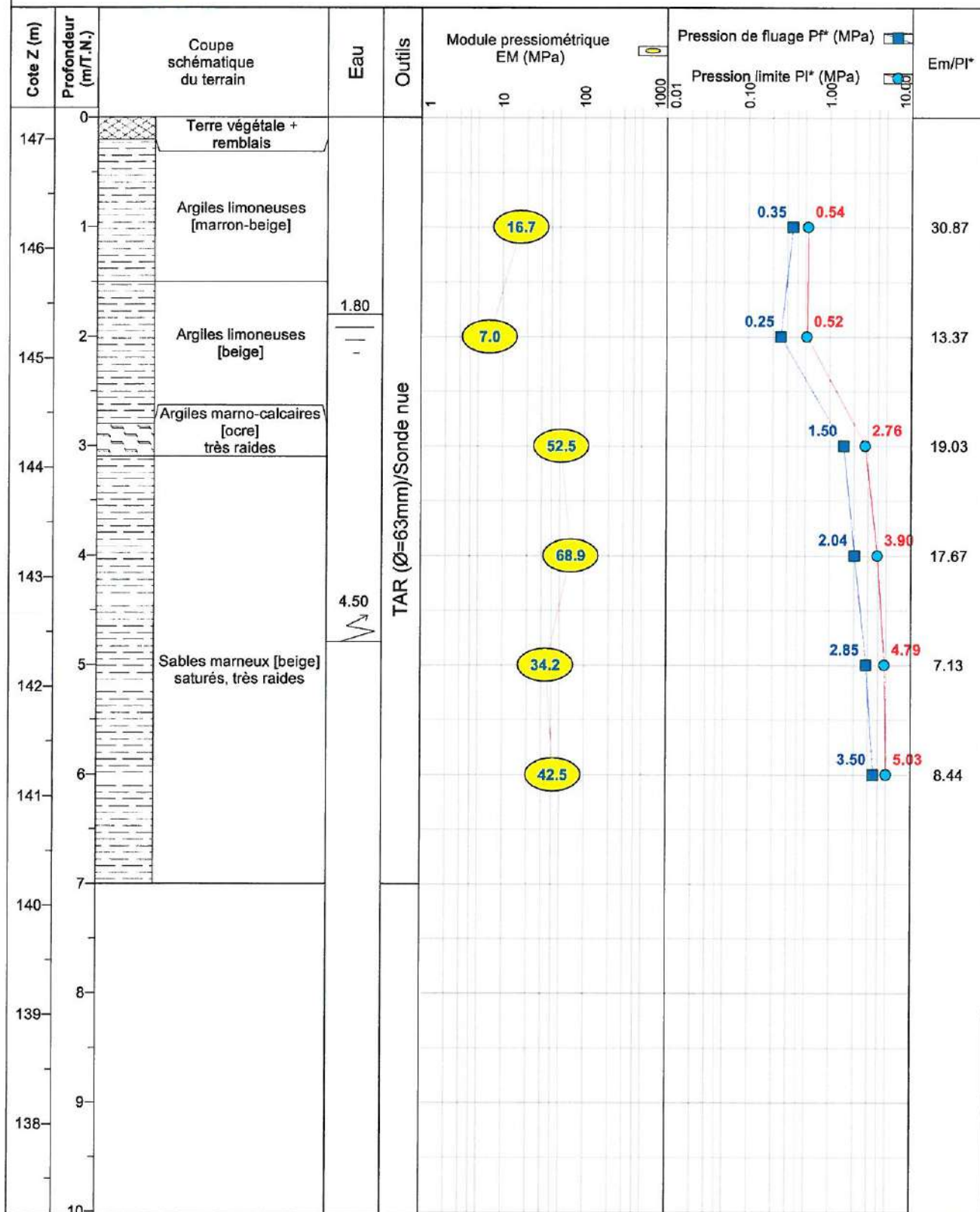


Légende :

SP : Sondage pressiométrique

SC : Sondage carotté

0 10 m



Observations : Pas de refus ; Venue d'eau à 4,50 m et stabilisée à 1,80 m ;

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100875

Site : Avenue de Rangueil -
TOULOUSE (31)

Client : cofely engie

Etude : Chauffage

Sondage : SP2

Type : Pressiométrique

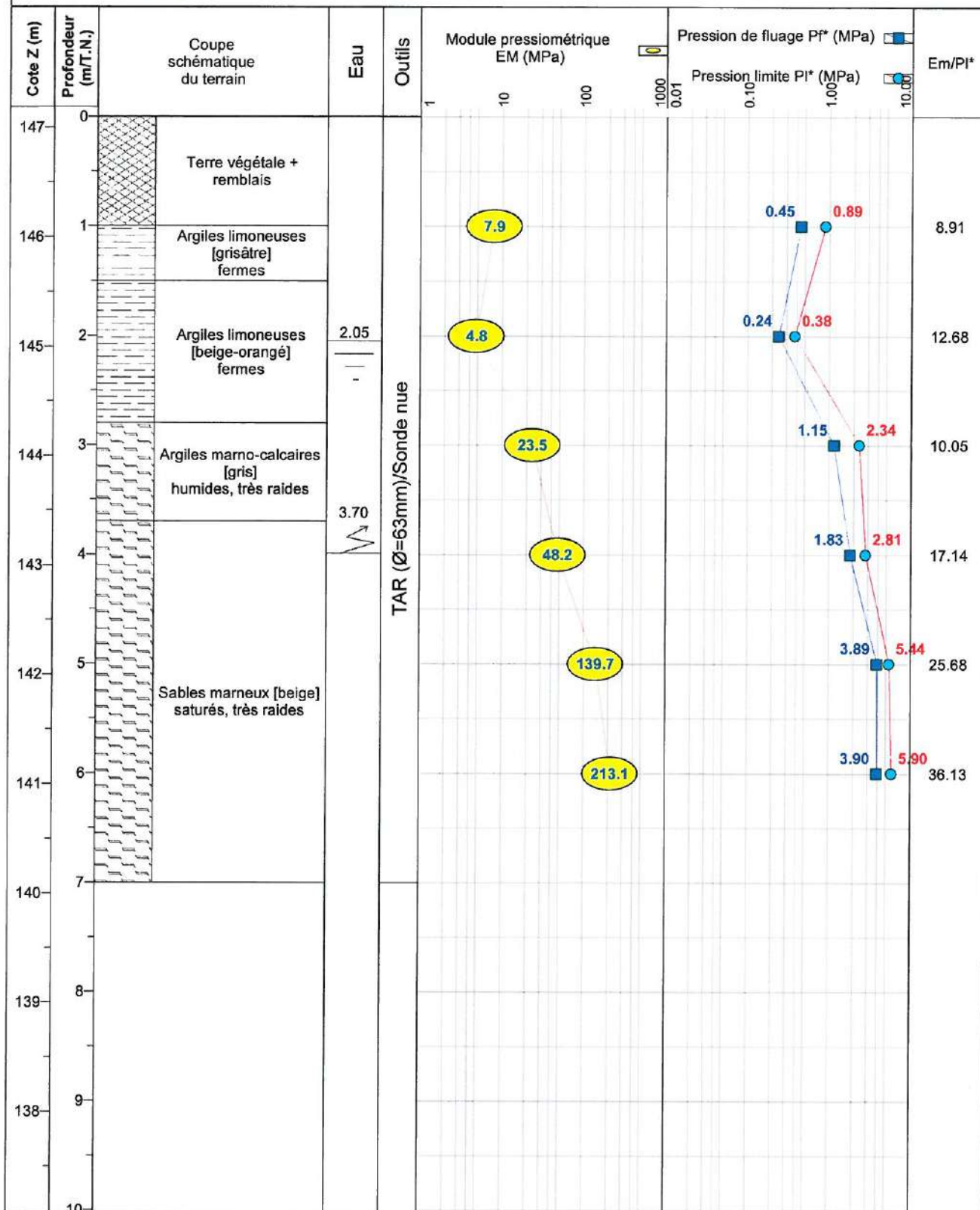
Z: 147,10 m NGF

X:

Y:

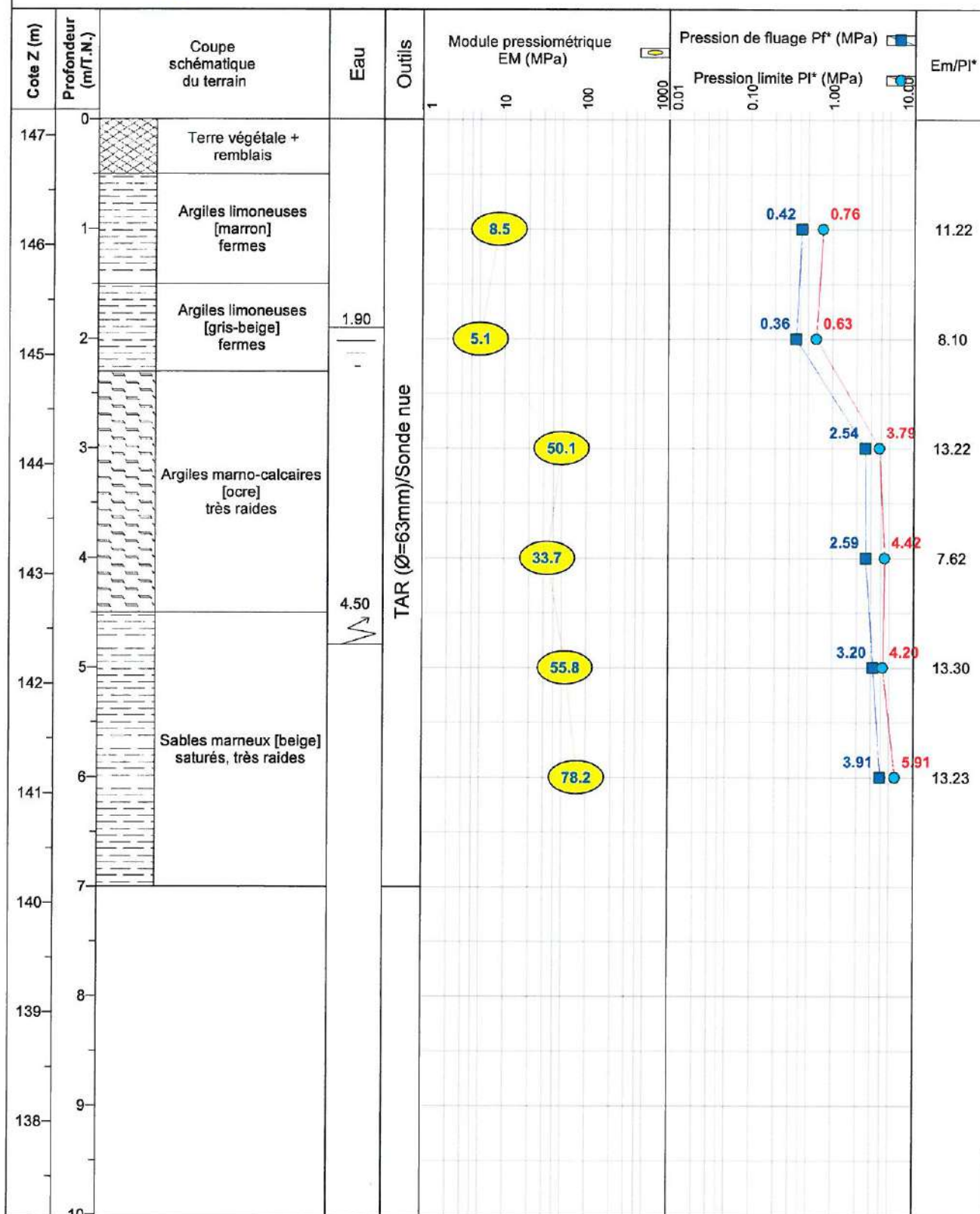
Date : 22/06/2016

Echelle : 1 / 50



Observations : Pas de refus ; Venue d'eau à 3,70 m et stabilisée à 2,05 m ;

CPV (Type/n°série) :



Observations : Pas de refus ; Venue d'eau à 4,50 m et stabilisée à 1,90 m ;

CPV (Type/n°série) :

Sondage : **SP4**

Client : cofely engie

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage

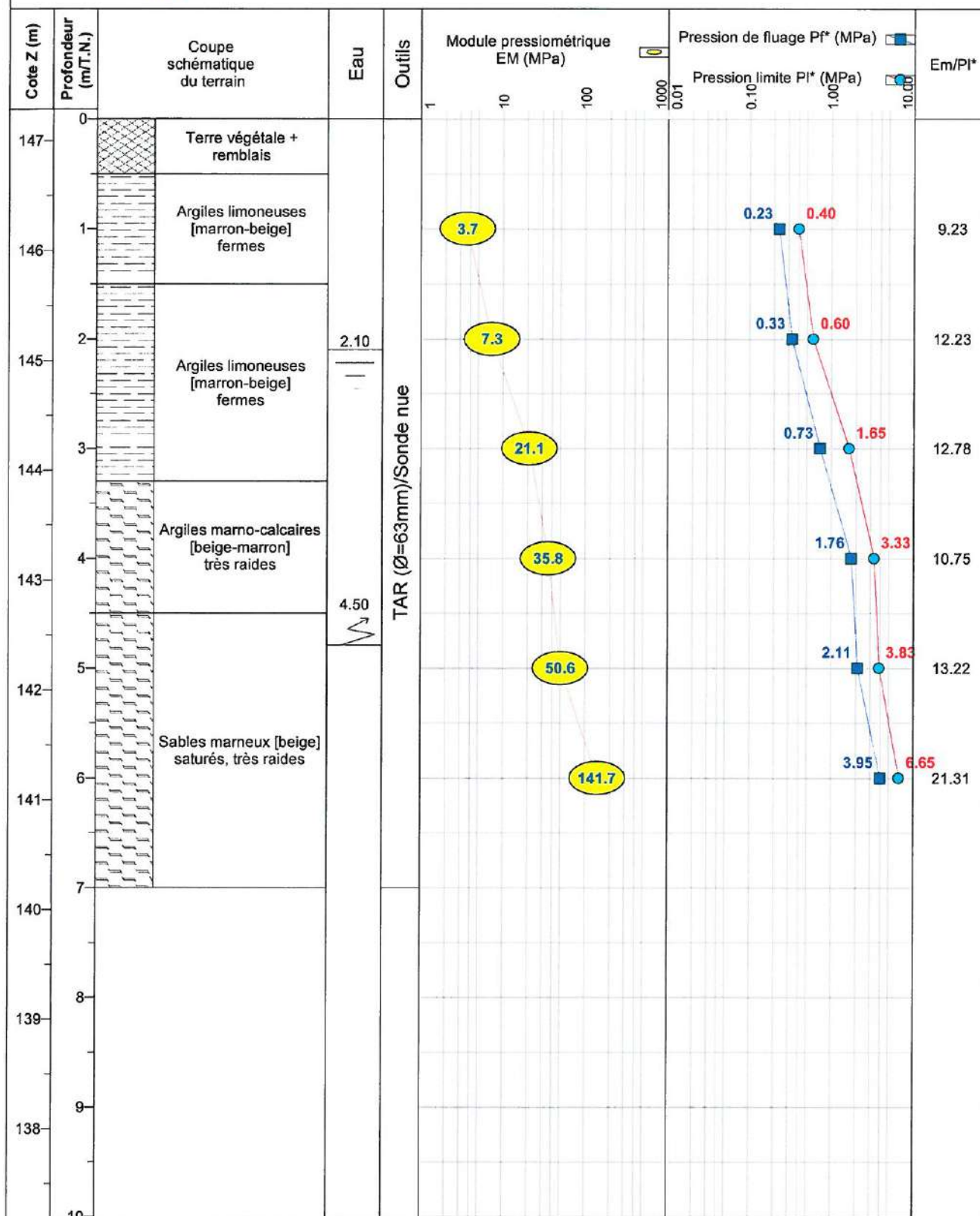
Z : 147,20 m NGF

X :

Y :

Date : 22/06/2016

Echelle : 1 / 50



Observations : Pas de refus ; Venue d'eau à 4,50 m et stabilisée à 2,10 m ;

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100875

Site : Avenue de Ranguel -
TOULOUSE (31)Sondage : **SP5**

Client : cofely engie

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage

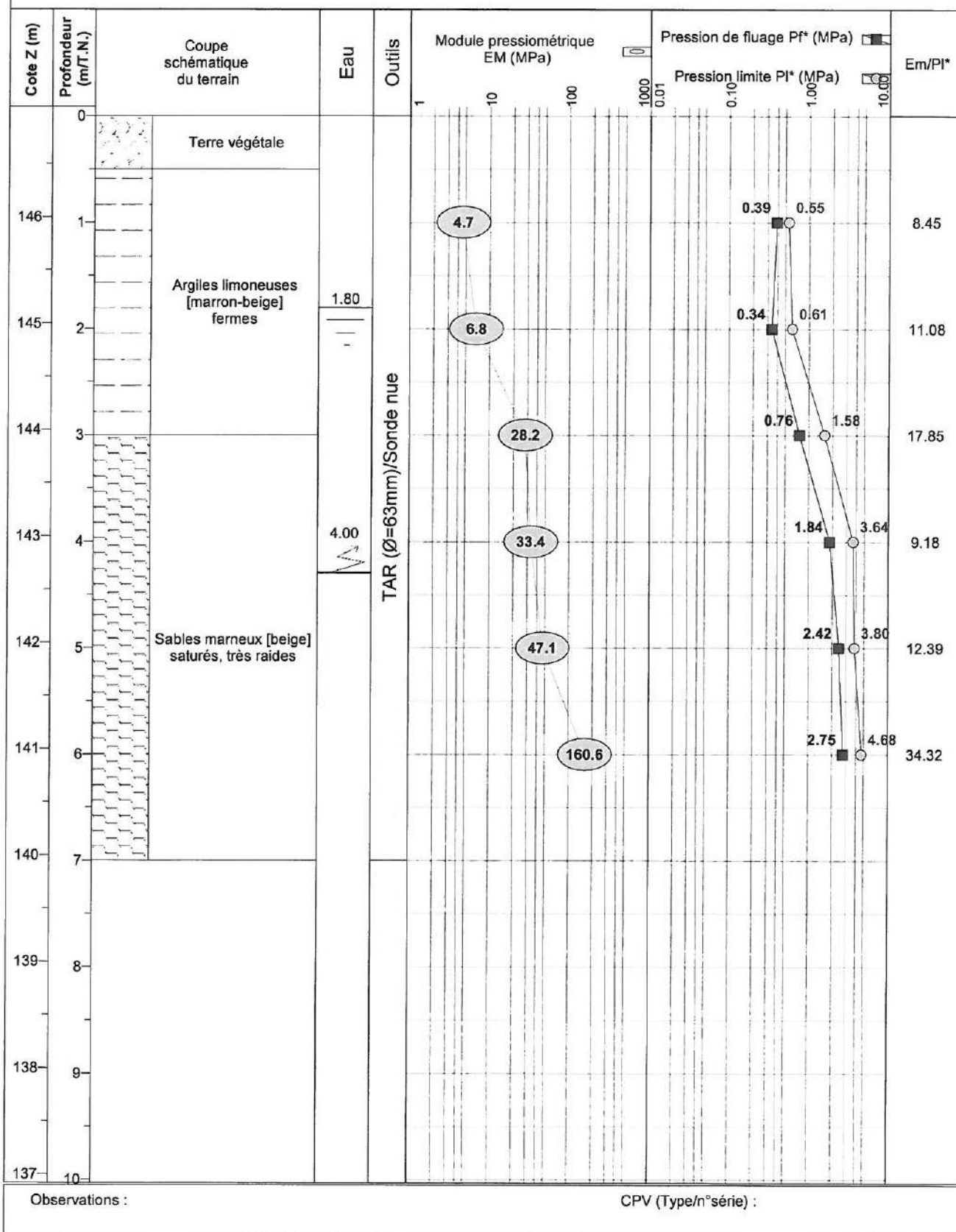
Z: 146,95 m NGF

X:

Y:

Date : 22/06/2016

Echelle : 1 / 50





Dossier : 3100875

Site : Avenue de Rangueil -
TOULOUSE (31)Sondage : **SP6**

Client : cofely engie

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage

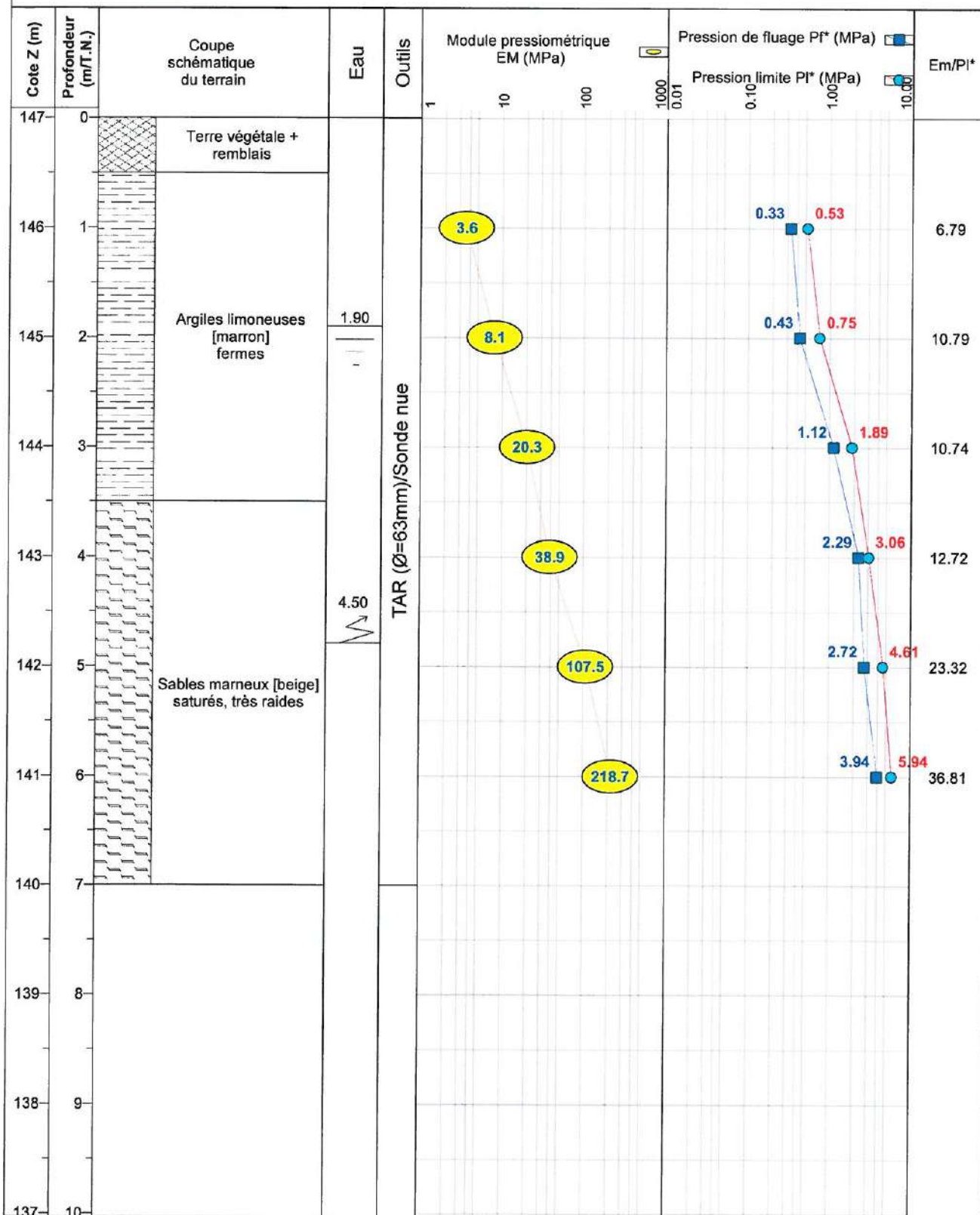
Z: 147,00 m NGF

X:

Y:

Date : 22/06/2016

Echelle : 1 / 50



Observations : Pas de refus ; Venue d'eau à 4,50 m et stabilisée à 1,90 m ;

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100875

Site : Avenue de Rangueil -
TOULOUSE (31)

Sondage : **SC1**

Client : cofely engie

Type : Carottage

Etude : Chauffage

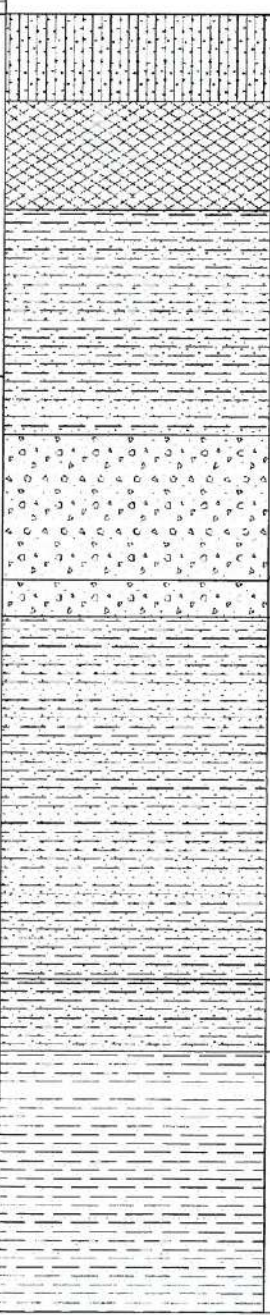
Z: 147,10 m NGF

X:

Y:

Date : 22/06/2016

Echelle : 1 / 10

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau	Outils
147	0.0	 <p>Radicelles dans limons finements sableux Végétalisés, peu humides (sous feuilles mortes)</p> <p>Remblais pulvérulents de sables Graves, briques</p> <p>Ancien terrain naturel (herbes sur terres végétales) Limos argilo-sableux secs, fermes</p> <p>Graves pulvérulentes, débris de briques foraines</p> <p>Débris de briques foraines altérées sèches (Poudre produite et entraînée colore presque tout le prélèvement)</p> <p>Sables argileux/argiles sableuses [brun] fermes, sèches en tête, ne réagit pas à HCL</p> <p>Argiles finements sableuses [brun clair] Moins fermes, devanant réactives à HCL</p> <p>Silts argileux à rognons de CaCO3 et traces de micas[ocre-gris] Humides (mouillés à la base), mous ,très réactifs à HCL (toit du substratum altéré)</p>		
146	1.0			
	2.0			

Carottier poinçonneur (Ø = 80 mm)

Observations : Aucune venue d'eau

Dossier

CE RGT 16.06.211 / 3100875



CHANTIER:

Chaufferie de Rangueil, 31 Toulouse

DATE:

juin-juillet 2016



Sondage SC1

El n°1 : 0,0/1,0m (longueur 0,78m)

0,0/0,12: racines dans limon finement sableux végétalisé peu humide

0,12/0,27: remblai pulvérulent de sable, grave, brique.

0,27/0,58: herbe sur TV avec racines (ancien TN) sur limon argilo-sableux sec et ferme

0,58/0,78: grave pulvérulente, débris de brique foraine

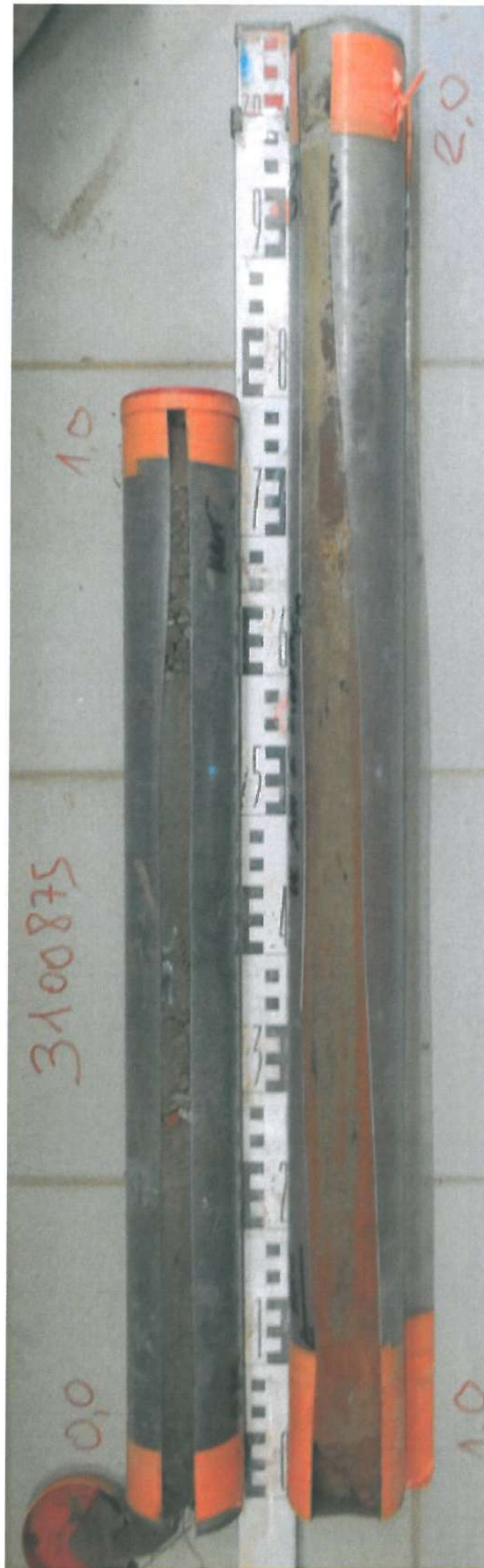
El n°2 : 1,0/2,0m (longueur 1,01m)

1,0/1,05 : débris de brique foraine altérée sèche

1,05/1,55 : limon sablo-argileux brun, ferme, sec en tête, ne réagit pas à HCl

1,55/1,65 : argile finement sableuse brun clair, moins ferme, devenant réactive à HCl

1,65/2,01 : silts argileux ocre-gris à rognons de CaCO₃ et traces de mica, humides (mouillés à la base), très réactifs à HCl.



EEB ENVIRONNEMENT Sud Ouest
INGENIERIE DU SOL ET DE L'ENVIRONNEMENT
ZA de Longueferre - 6, Allée de Longueferre
31850 MONTRABE
Tél. : 05 62 89 10 00 - Fax : 05 62 89 10 05
RCS TOULOUSE 504 457 821





Dossier

CE RGT 16.06.211 / 3100875



CHANTIER:

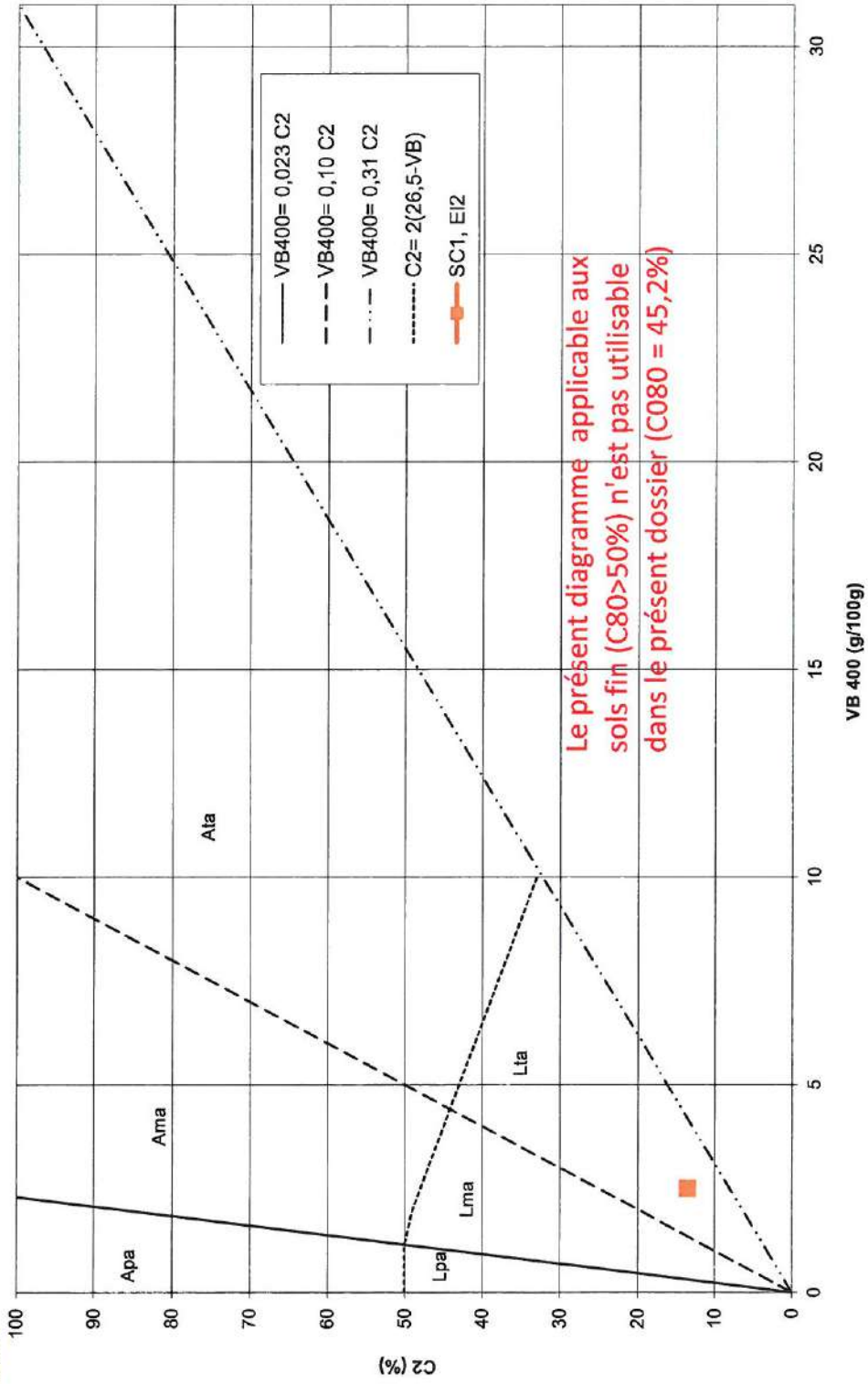
Chaufferie de Rangueil, 31 Toulouse

DATE:

juin-juillet 2016

Echantillon	point de prélèvement	SC1, EI2				
	profondeur	en mètres	1,20/1,40	1,55/1,65	1,90/2,00	
Teneur en eau		W nat en %	13.1	17.7	20.2	
Essai au bleu de méthylène						
fraction de sol choisie		0/50mm	0/400µm			
%de passant sur la fraction de sol			82.5			
valeur de bleu sur fraction choisie de sol			Vb	2.49		
valeur de bleu sur le sol			VBS	2.05		
Granulométrie						
pourcentage (sol sec) passant à		10mm	100			
		5mm	99.9			
		2mm	99.5			
		400µm	82.5			
		80µm	45.2			
Valeur de sédimentométrie		C2	13.5			
Essai de dessiccation		limite de retrait	voir annexe			

Diagramme de sensibilité, d'après Magnan et Youssefian in BLPC n°159 01/02/1989



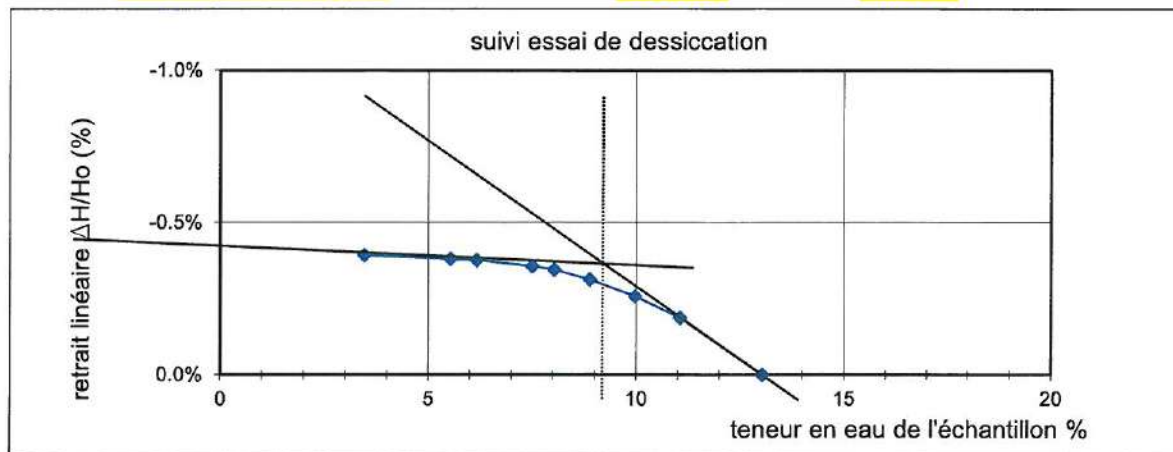
ESSAI DE DESSICCATION

Sur échantillon non remanié - sur échantillon reconstitué
suivant XP P 94-060-2

[illegible]

W% sur éprouvette (pesée finale après étuvage):

pth	PTS	P"plaque"	PSS	hauteur finale	diamètre final
94.965	88.206	36.38	51.826	25.1 mm	36.4 mm



Responsable:	RESULTATS			
	Indice des vides	initial	:	e_0 = 0.42
Signature:	Teneur en eau initiale	initiale	:	w_0 = 13.0%
		de saturation	:	w_{sat} = 15.5%
Date:	Limite de retrait effectif	:	w_{Re} =	9.2%
	Facteur de retrait effectif	:	R_t =	0.09
	Degré de saturation initial	:	S_{ro} =	84.4%

Bibl.: G. PHILIPPONNAT; Retrait-gonflement des argiles, proposition de méthodologie in Rev. Fr. Géotech. N°57, pp. 5-22 (octobre 1991)
discussion par E. FLAUVIGNY (in R.F.G. n°59, avr 1992)

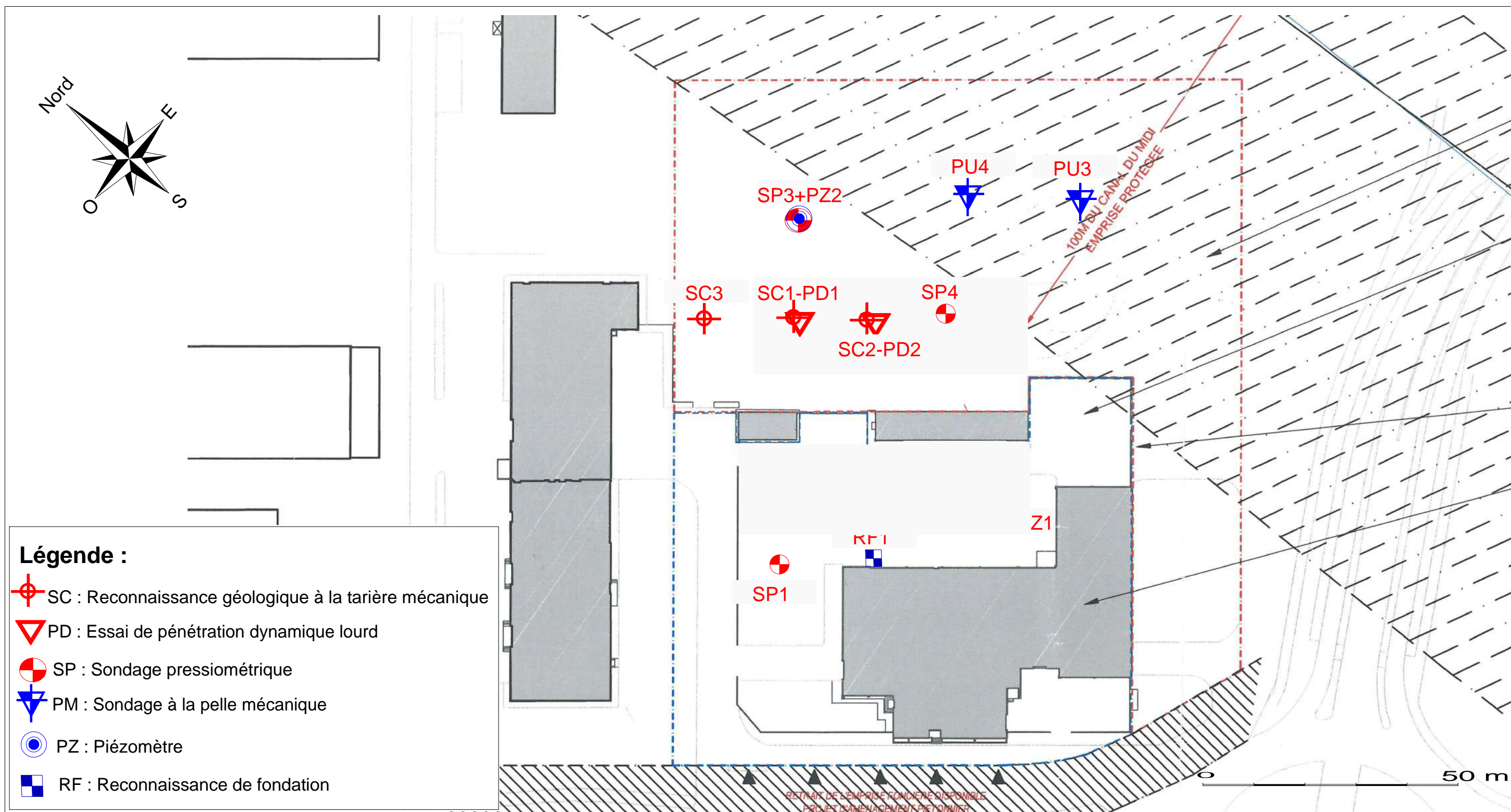
AFNOR: XP P 94-060-2: Essai de dessiccation

Implantation des sondages et essais

Dossier n°3100563

Chaufferie Rectorat - TOULOUSE (31)

Juillet 2015





Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SP1**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

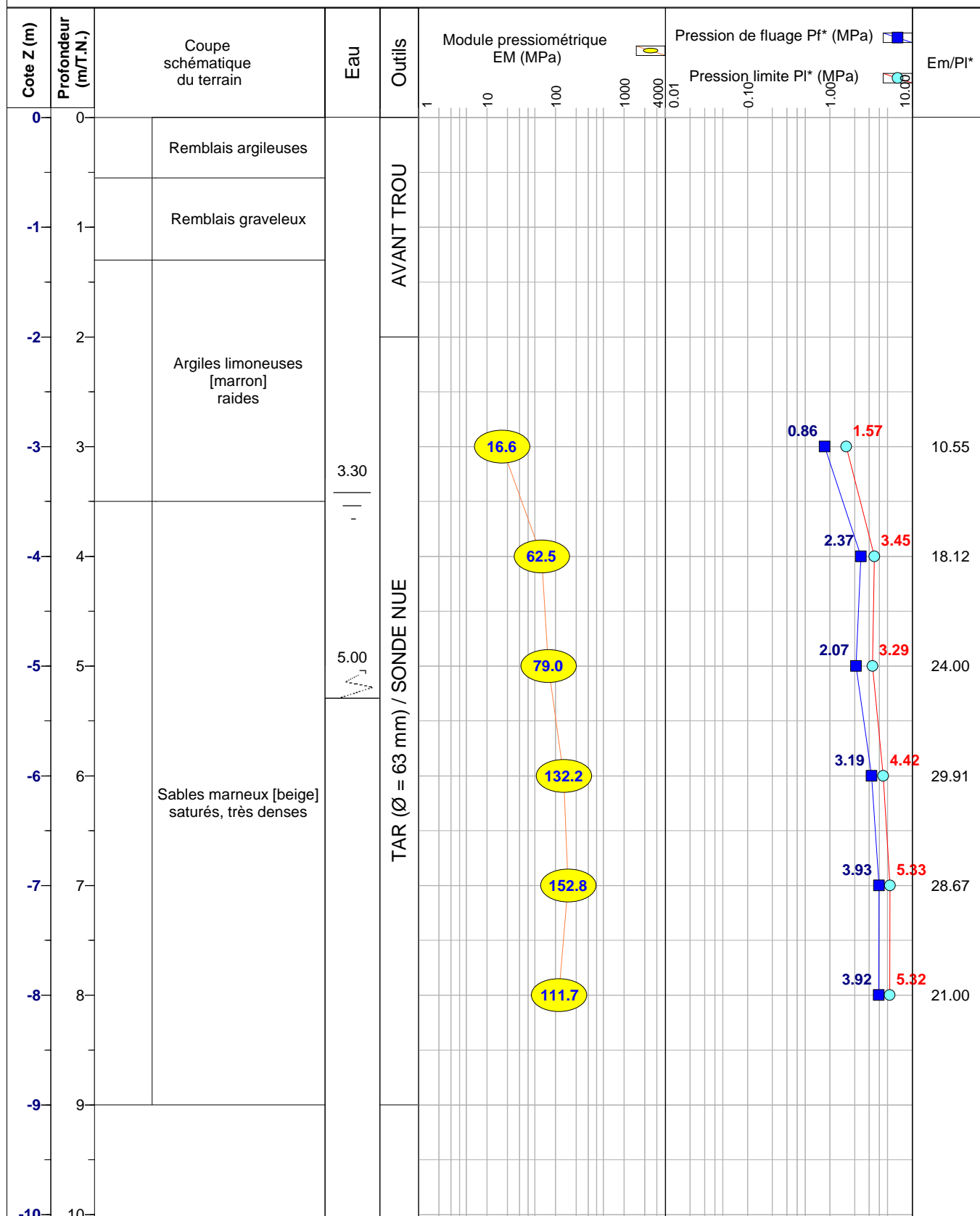
Z:

X:

Y:

Date : 25/06/2015

Echelle : 1 / 50



Observations : Venue d'eau en cours de forage à 5,00 m/T. Actuel (stabilisée à 3,30 m/T. Actuel) /Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/T...

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SP2**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

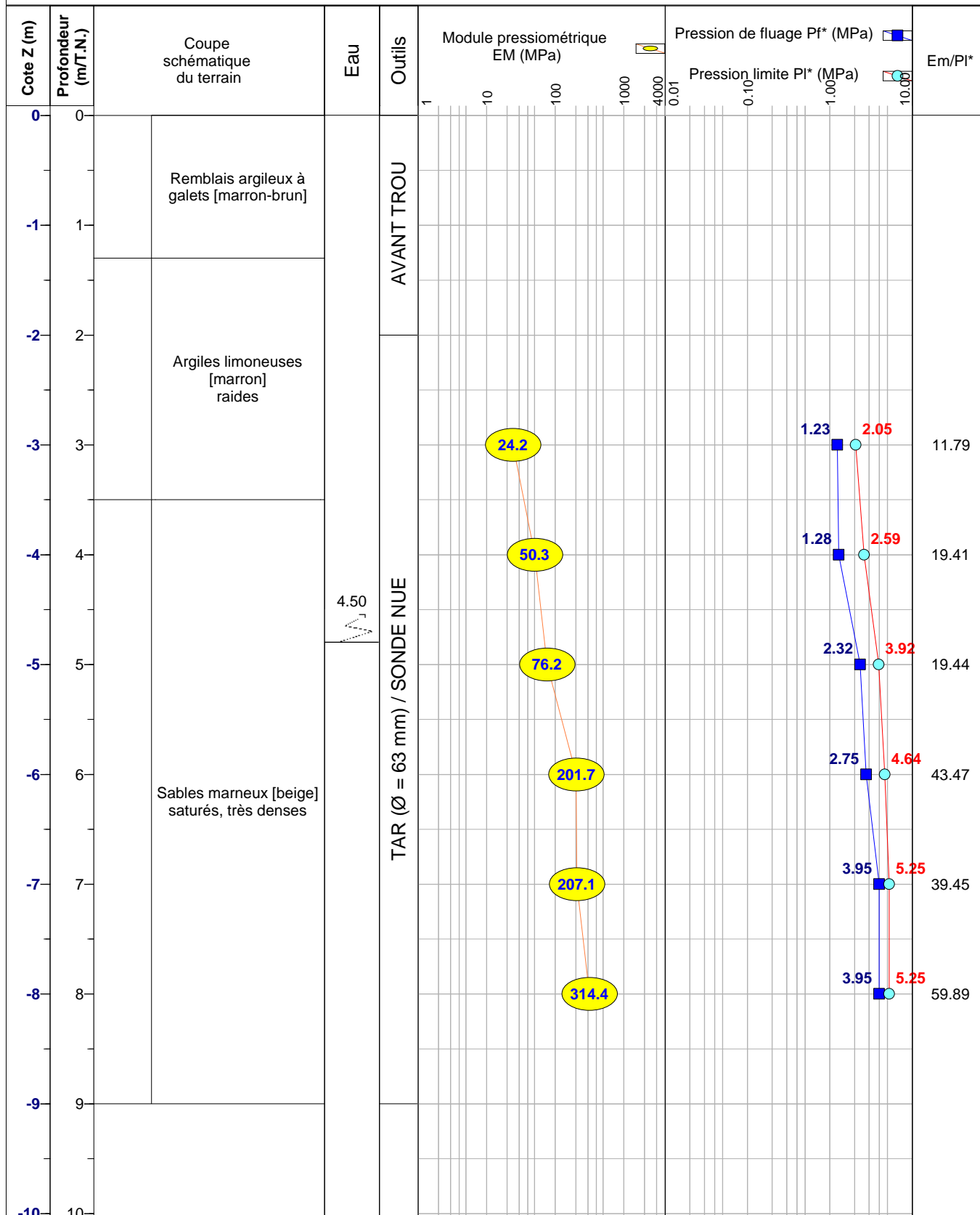
Z:

X:

Y:

Date : 23/06/2015

Echelle : 1 / 50

Observations : Venue d'eau en cours de forage à 4,50 m/T. Actuel (le 22/06/15)
/ Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/T. Actuel

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PZ1 (posé sur SP2)**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Piézomètre

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 01/07/2015

Echelle : 1 / 50

Cote (m)	Profondeur (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain	OUTIL	EAU	PIEZO	EQUIPEMENT
0.0	0.0					
-1.0	1.0	Remblais argileux à galets [marron-brun]	AVANT TROU			TUBE PVC PLEIN (Ø = 45/52 mm)
-2.0	2.0					
-3.0	3.0	Argiles limoneuses [marron] raides		2.60		
-4.0	4.0		TAR (Ø = 63 mm)			TUBE PVC CREPINE (Ø = 45/52 mm)
-5.0	5.0	Sables marneux [beige] saturés, très denses				
-6.0	6.0					
-7.0	7.0					
-8.0	8.0					
-9.0	9.0					
-10.0	10.0					

Observations : Niveau d'eau à 2,60 m de profondeur/T. Actuel (le 01/07/15) /
Bouche piézomètre au ras du sol / Avant-trou à l'aspiratrice



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SP3**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

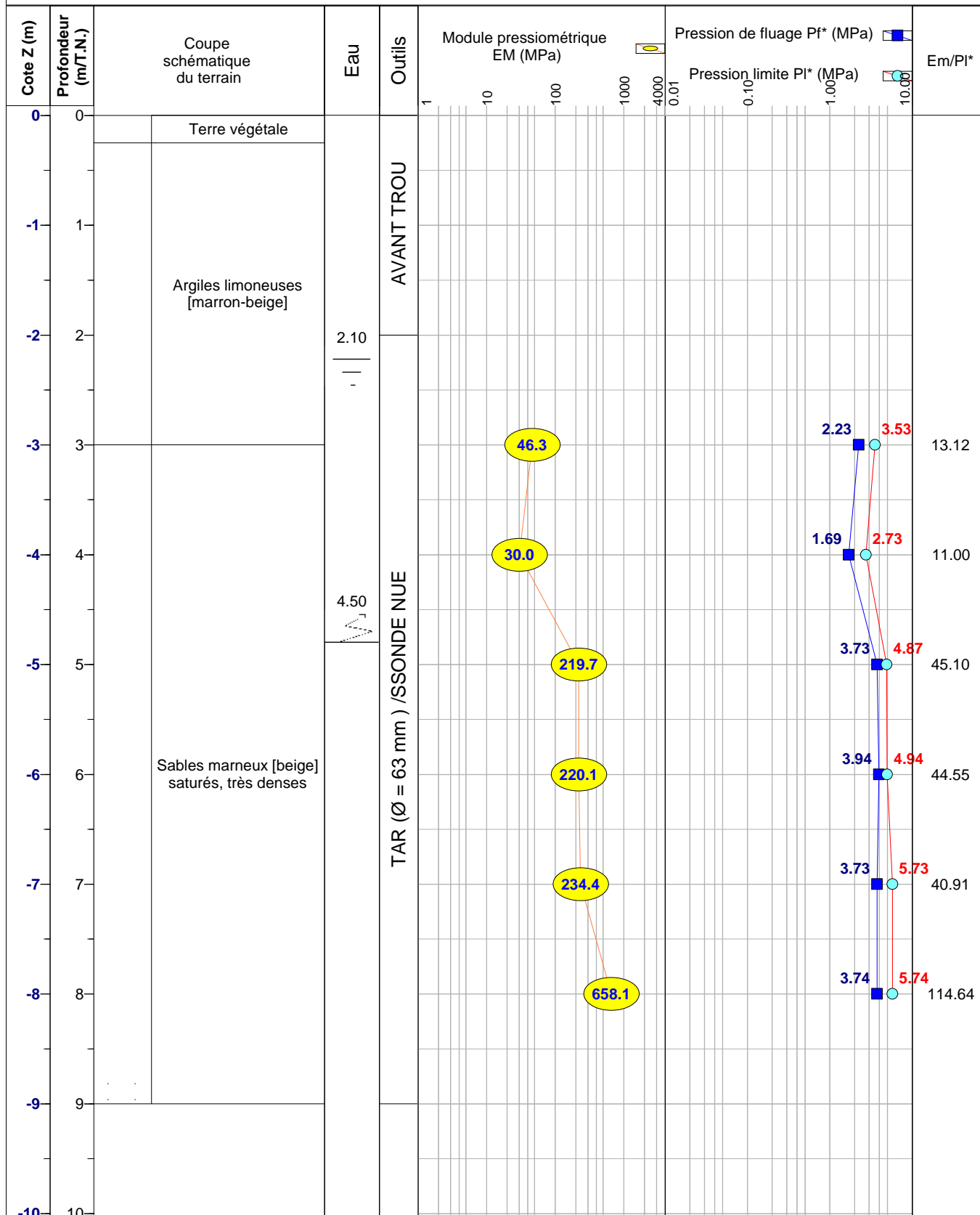
Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 01/07/2015

Observations : Niveau d'eau à 1,75 m de profondeur/T. Actuel (le 01/07/15) /
Avant trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00 m/T. Actuel

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PZ2 (posé sur SP3)**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Piézomètre

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 01/07/2015

Echelle : 1 / 50

Cote (m)	Profondeur (m/T.N.)	Coupe schématique du terrain		OUTIL	EAU	PIEZO	EQUIPEMENT
0.0	0.0		Terre végétale	AVANT TROU	1.75		TUBE PVC PLEIN (Ø = 45/52 mm)
-1.0	1.0		Argiles limoneuses [marron-beige]				TAR (Ø = 63 mm)
-2.0	2.0						
-3.0	3.0						
-4.0	4.0						
-5.0	5.0						
-6.0	6.0	Sables marneux [beige] saturés, très denses					
-7.0	7.0						
-8.0	8.0						
-9.0	9.0						
-10.0	10.0						

Observations : Niveau d'eau à 1,75 m de profondeur/T. Actuel (le 01/07/15) /
Bouche piézomètre au ras du sol / Avant-trou à l'aspiratrice



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SP4**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pressiométrique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

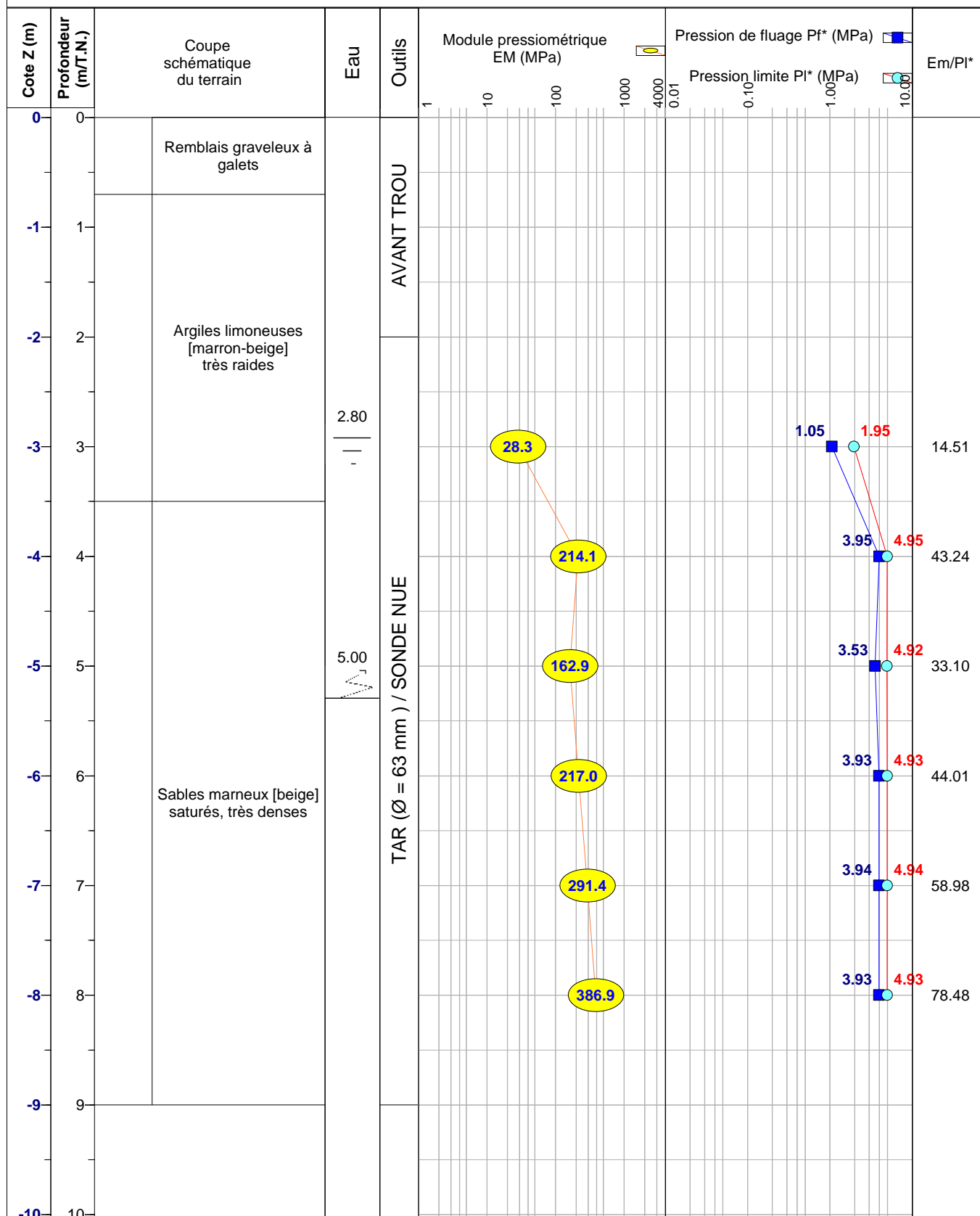
Z:

X:

Y:

Date : 25/06/2015

Echelle : 1 / 50



Observations : Venue d'eau en cours de forage à 5,00 m/T. Actuel (stabilisée à 2,80 m/T. Actuel) / Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/TA

CPV (Type/n°série) :



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PD1**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pénétromètre dynamique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

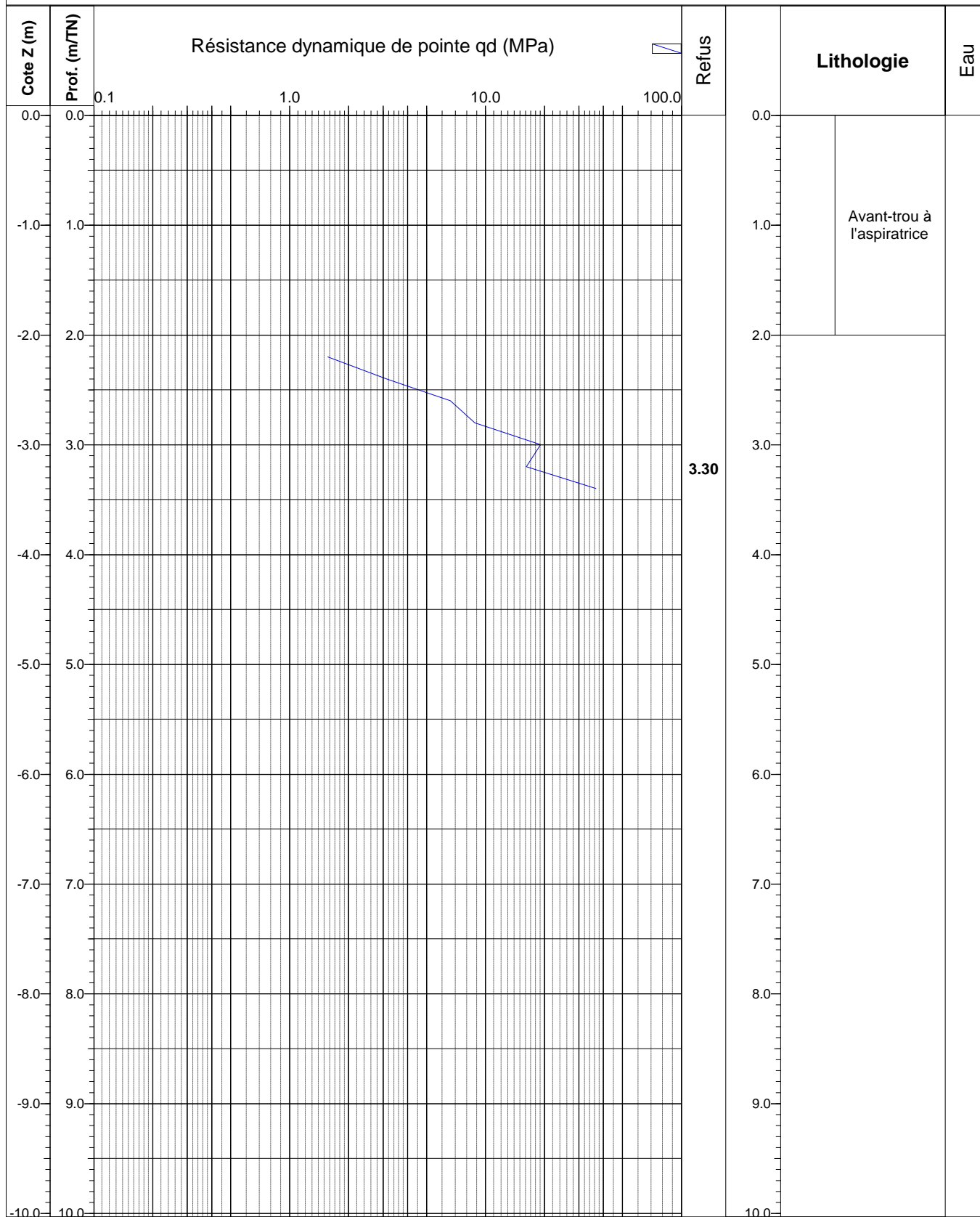
Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 29/06/2015



Observations : Aucune venue d'eau / Refus net à 3,30 m de profondeur/T.
Actuel / Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/T. Actuel



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PD2**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pénétromètre dynamique

Etude : Chauffage du campus de Rangueil

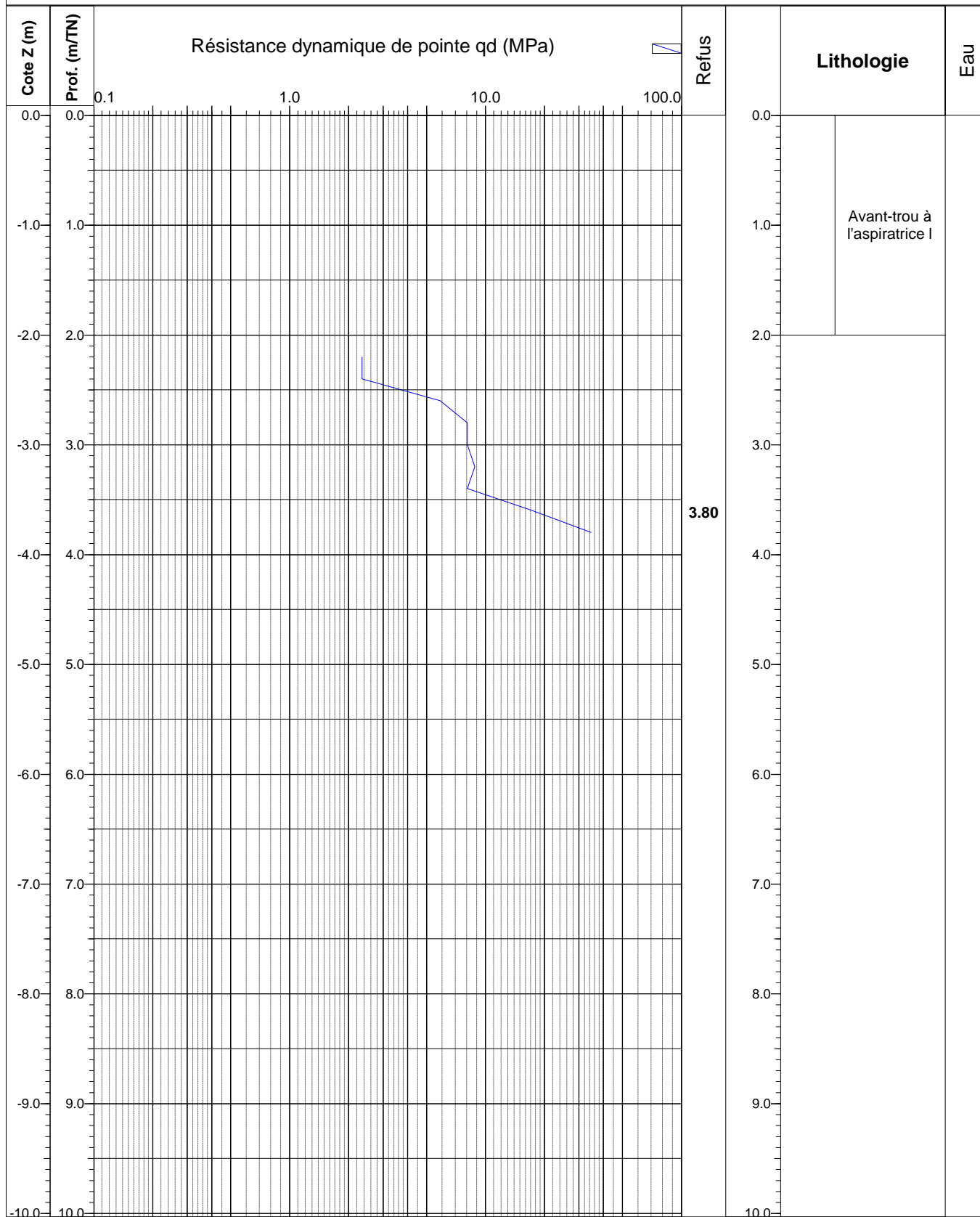
Z:

X:

Y:

Date : 29/06/2015

Echelle : 1 / 50



Observations : Aucune venue d'eau / Refus net à 3,80 m de profondeur/T.
Actuel / Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/T. Actuel



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PD3**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pénétromètre dynamique

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

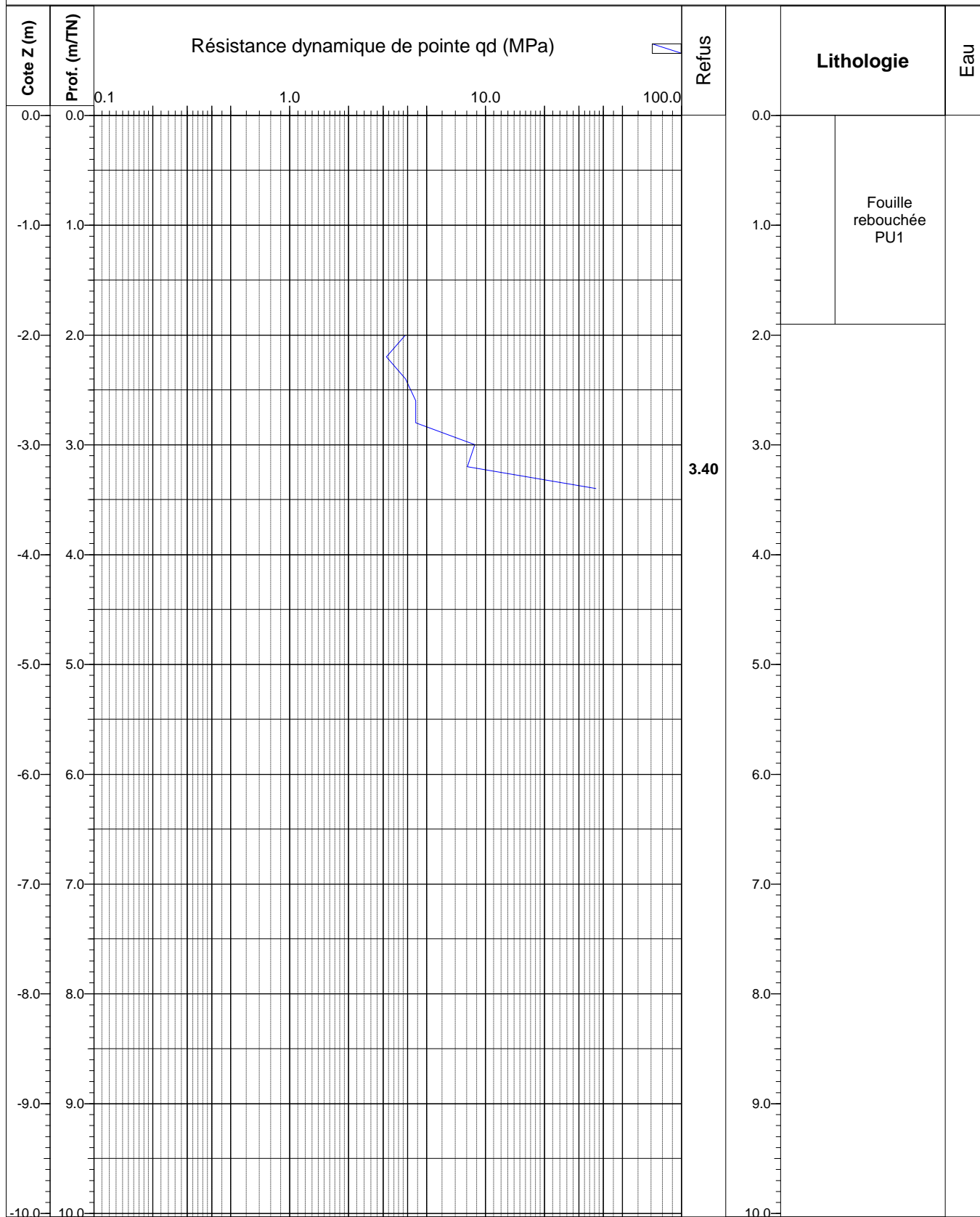
Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 29/06/2015





Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PD4**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Pénétromètre dynamique

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

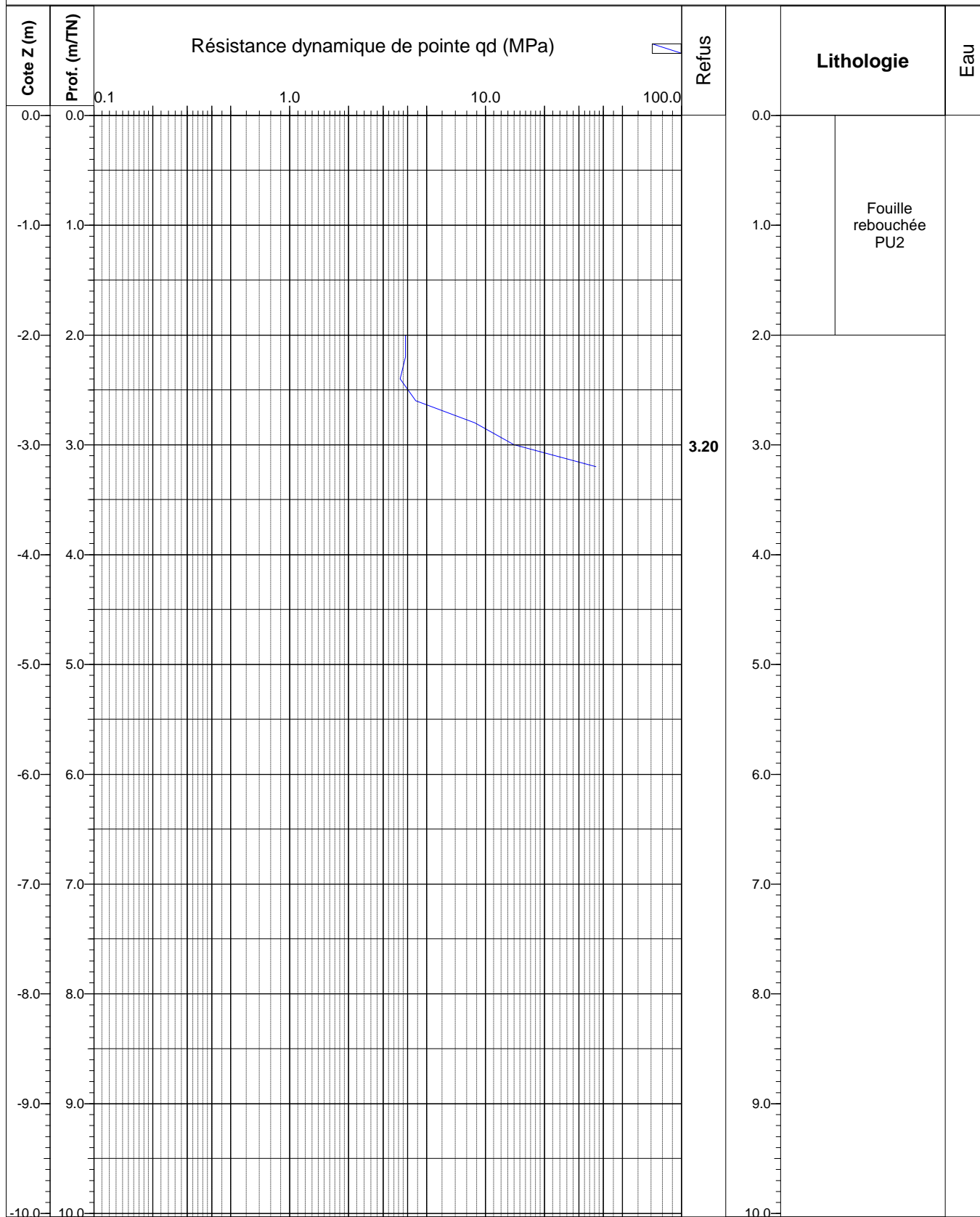
Z:

X:

Y:

Date : 29/06/2015

Echelle : 1 / 50

Observations : Tiges non humides / Refus net à 3,20 m de profondeur/T. Actuel
/ Réalisé dans la fouille à la pelle PU2



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SC1**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Sondage de reconnaissance

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 29/06/2015

Echelle : 1 / 50

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau
0	0.0	Remblais graveleux à galets + géotextile sur la base	
-1	1.0	Argiles limoneuses [marron-beige] légèrement sableuses, molles à fermes	
-2	2.0		
-3	3.0	Sables marneux [beige] très denses	
-4	4.0	Sables marneux [marron clair-gris] secs, très denses	
-5	5.0		
-6	6.0		
-7	7.0		
-8	8.0		
-9	9.0		
-10	10.0		

Observations : Aucune venue d'eau / Avant-trou à l'aspiratrice entre
0,00-2,00/T. Actuel



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SC2**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Sondage de reconnaissance

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 29/06/2015

Echelle : 1 / 50

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau
0	0.0	Remblais graveleux à galets	
-1	1.0	Argiles limoneuses [marron-beige] molles	
-2	2.0		
-3	3.0	Sables marneux [beige] humides moyennement denses	
-4	4.0	Sables marneux [marron clair-gris] secs, très denses	
-5	5.0		
-6	6.0		
-7	7.0		
-8	8.0		
-9	9.0		
-10	10.0		

Observations : Aucune venue d'eau / Avant-trou à l'aspiratrice entre 0,00-2,00/T. Actuel



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **SC3**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Sondage de reconnaissance

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 29/06/2015

Echelle : 1 / 50

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau	Outils
0	0.0	Remblais graveleux à galets + géotextile à la base	TAR (Ø = 114 mm)	
-1	1.0	Argiles limoneuses [marron]		
-2	2.0	Argiles marno-calcaires [marron] très raides		
-3	3.0	Sables marneux [marron clair-gris]		
-4	4.0			
-5	5.0			
-6	6.0			
-7	7.0			
-8	8.0			
-9	9.0			
-10	10.0			

Observations : Aucune venue d'eau / Avant-trou à l'aspiratrice entre
0,00-2,00/T. Actuel



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PU1**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Fouille à la pelle

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 17/06/2015

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain		Eau	Outils
0	0.0		Terre végétale		GODET 40 cm
-1	1.0		Argiles limoneuses [marron clair] à petits morceaux de briques rouges à 0,70 m de profondeur/T. Actuel Prélèvement en petit sac entre 0,40 et 1,90 m de profondeur/T. Actuel		
-2	2.0				
-3	3.0				
-4	4.0				
-5	5.0				
-6	6.0				
-7	7.0				
-8	8.0				
-9	9.0				
-10	10.0				

Observations : Aucune venue d'eau
Bonne tenue de fouille



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PU2**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Fouille à la pelle

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 17/06/2015

Echelle : 1 / 50

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau	Outils
0	0.0	Terre végétale		GODET 40 cm
		Remblais argilo-limoneux [marron] à petits morceaux de briques rouges des traces de charbon noirs à la base		
-1	1.0	Remblais de galets ($\varnothing = 20 - 10$ mm)		
		Argiles limoneuses [marron clair] Prélèvement en petit sac entre 1,10 et 2,00 m de profondeur/T. Actuel		
-2	2.0			
-3	3.0			
-4	4.0			
-5	5.0			
-6	6.0			
-7	7.0			
-8	8.0			
-9	9.0			
-10	10.0			
Observations : Aucune venue d'eau Bonne tenue de fouille				



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PU3**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Fouille à la pelle

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Echelle : 1 / 50

Date : 17/06/2015

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau	Outils
0	0.0			
		Terre végétale		
		Remblais sablo-graveleux à morceaux de briques rouges et d'aciers		
-1	1.0			
		Limons sableux [marron clair-rougeâtre] Prélèvement en petit sac entre 0,90 et 2,00 m de profondeur/T. Actuel Prélèvement en gros sac entre 0,90 et 1,20 m de profondeur/T. Actuel		
-2	2.0		1.95	GODET 40 cm
-3	3.0			
-4	4.0			
-5	5.0			
-6	6.0			
-7	7.0			
-8	8.0			
-9	9.0			
-10	10.0			

Observations : Venue d'eau en cours de forage à 1,95 m de profondeur/T.
Actuel / Bonne tenue de fouille



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil -
Toulouse (31)Sondage : **PU4**

Client : Rectorat de Toulouse

Type : Fouille à la pelle

Etude : Chaufferie du campus de Rangueil

Z:

X:

Y:

Date : 17/06/2015

Echelle : 1 / 50

Cote Z (m)	Profondeur (m/TN)	Coupe schématique du terrain	Eau	Outils
0	0.0			
		Terre végétale		
		Remblais sablo-graveleux à petits morceaux de briques + tubes PEHD		
-1	1.0	Limons sableux [marron clair-rougeâtre] Prélèvement en petit sac entre 0,70 et 1,70 m de profondeur/T. Actuel Prélèvement en gros sac entre 0,70 et 1,00 m de profondeur/T. Actuel		GODET 40 cm
		Limons sableux [gris-rougeâtre] humides	1.90	
-2	2.0			
-3	3.0			
-4	4.0			
-5	5.0			
-6	6.0			
-7	7.0			
-8	8.0			
-9	9.0			
-10	10.0			

Observations : Venue d'eau en cours de forage à 1,90 m de profondeur/T.
Actuel / Bonne tenue de fouille



Dossier : 3100563

Site : Avenue de Rangueil - TOULOUSE (31)

Sondage : **RF1**

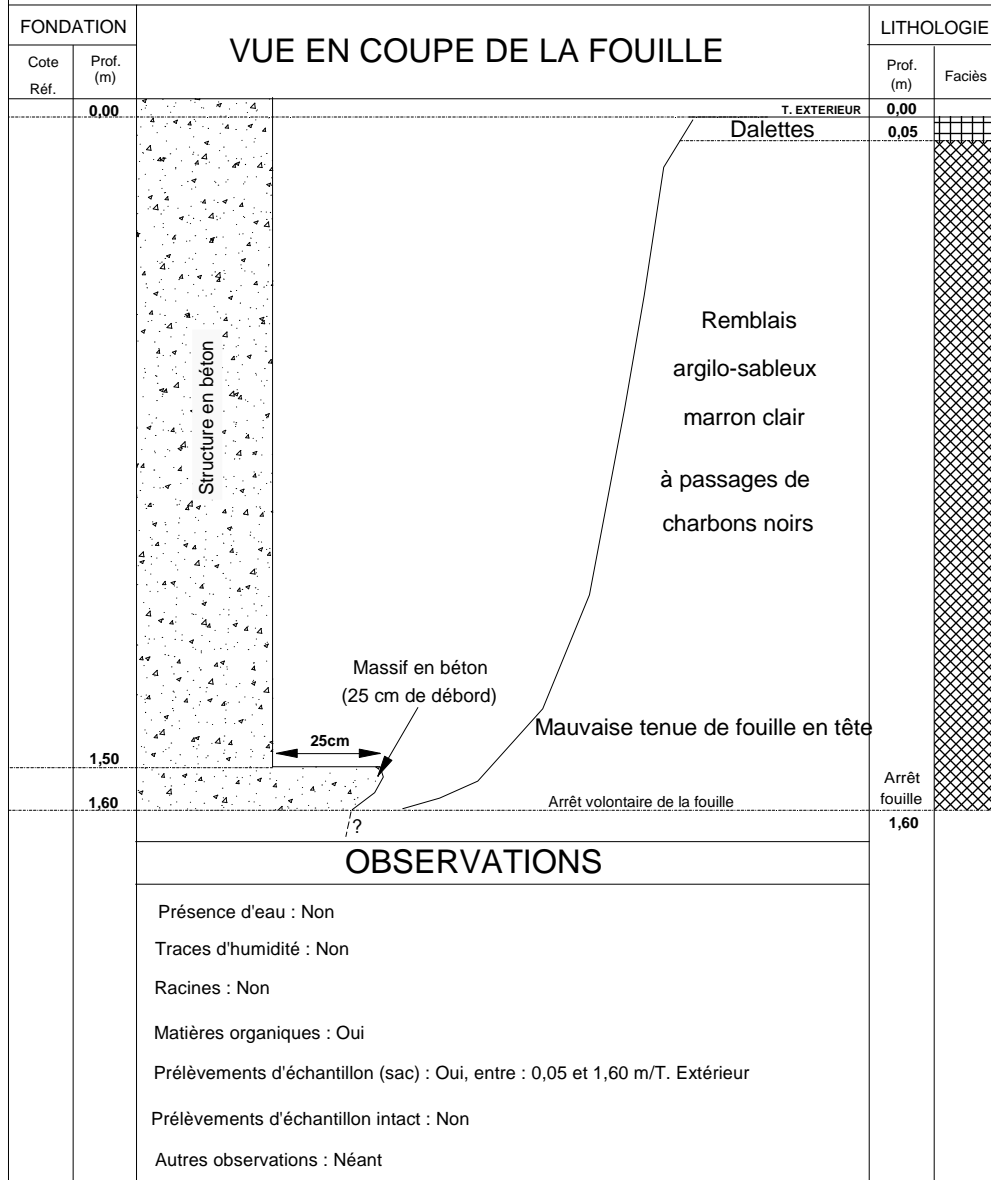
Client : Rectorat de Toulouse

Type : Reconnaissance de fondation

Chaufferie du campus de Rangueil

Date : 17/06/15

PHOTOGRAPHIE



Structure en béton

Charbons noirs

Massif en béton
(25 cm de débord)

Remblais
argilo-sableux
marron clair

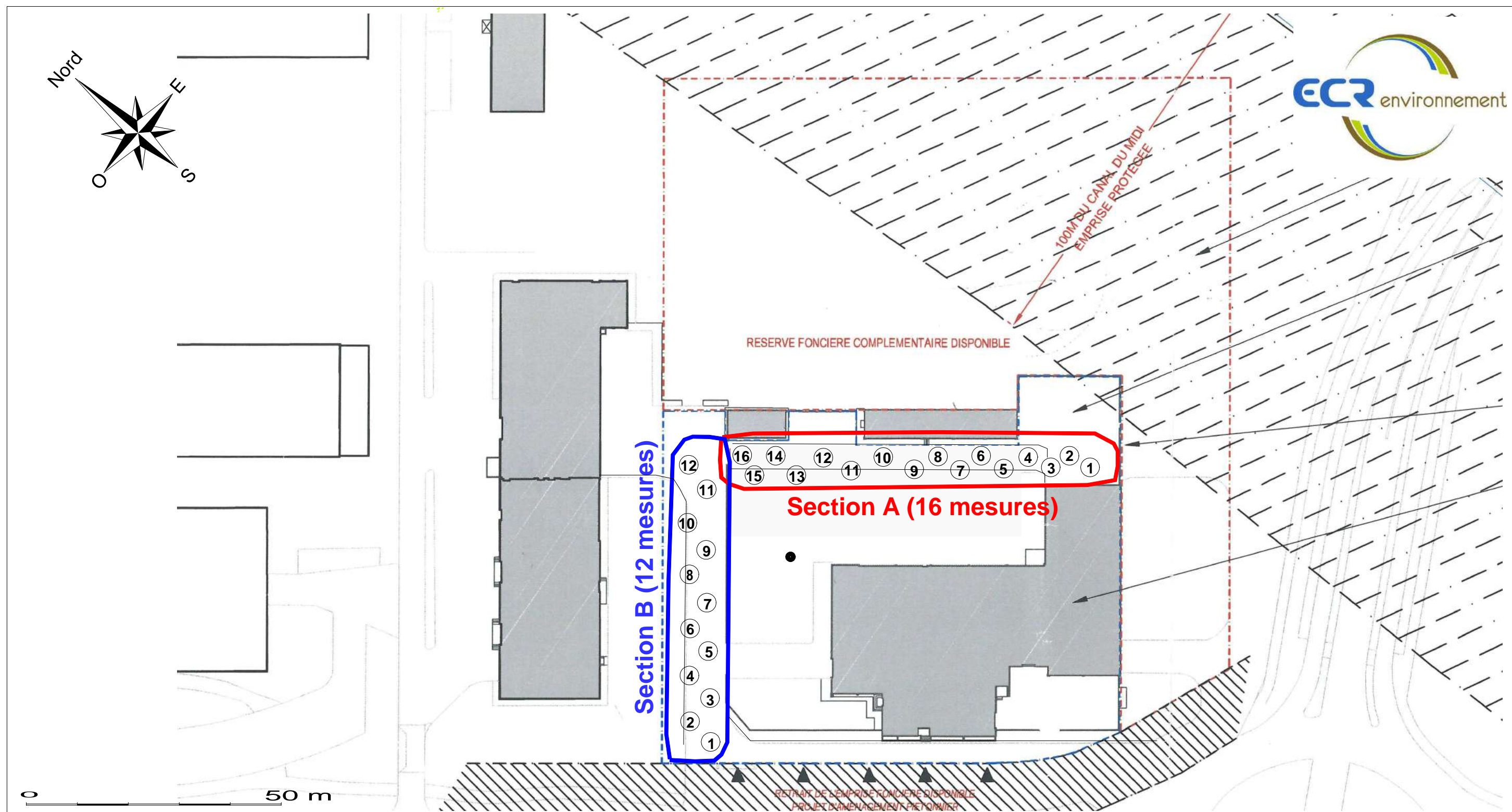


Implantation des mesures de déflexion de chaussées sur 2 sections A et B tous les 5ml en alternance de voies

Dossier n°3100563

Chaufferie Rectorat - TOULOUSE (31)

Juillet 2015



SECTION A

Numéro	Amplitude max (1/100 ^{ème} mm)
1	0
2	1,35
3	1,1
4	0,7
5	1,3
6	0,8
7	1,0
8	1,45
9	1,0
10	1,45
11	1,4
12	1,8
13	0,25
14	2,6
15	2,1
16	1,75

SECTION B

Numéro	Amplitude max (1/100 ^{ème} mm)
1	1,1
2	0,65
3	1,3
4	1,2
5	1,3
6	1,0
7	1,15
8	1,2
9	1,0
10	1,7
11	2,05
12	3,65

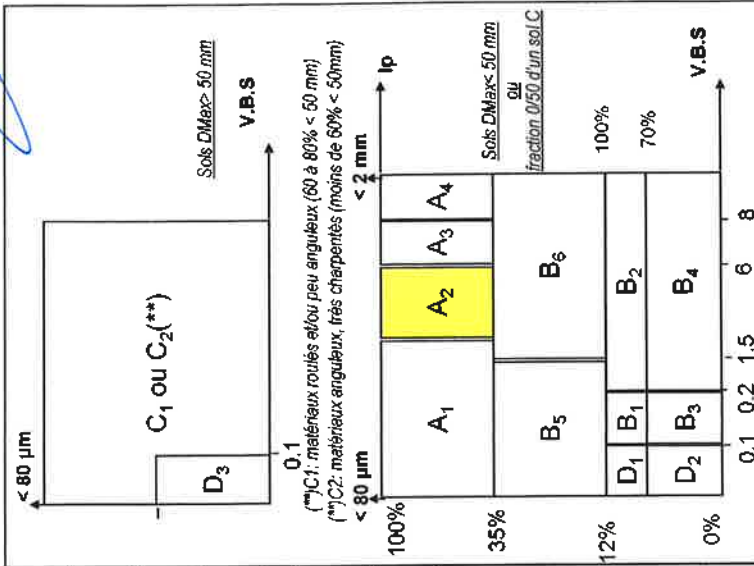
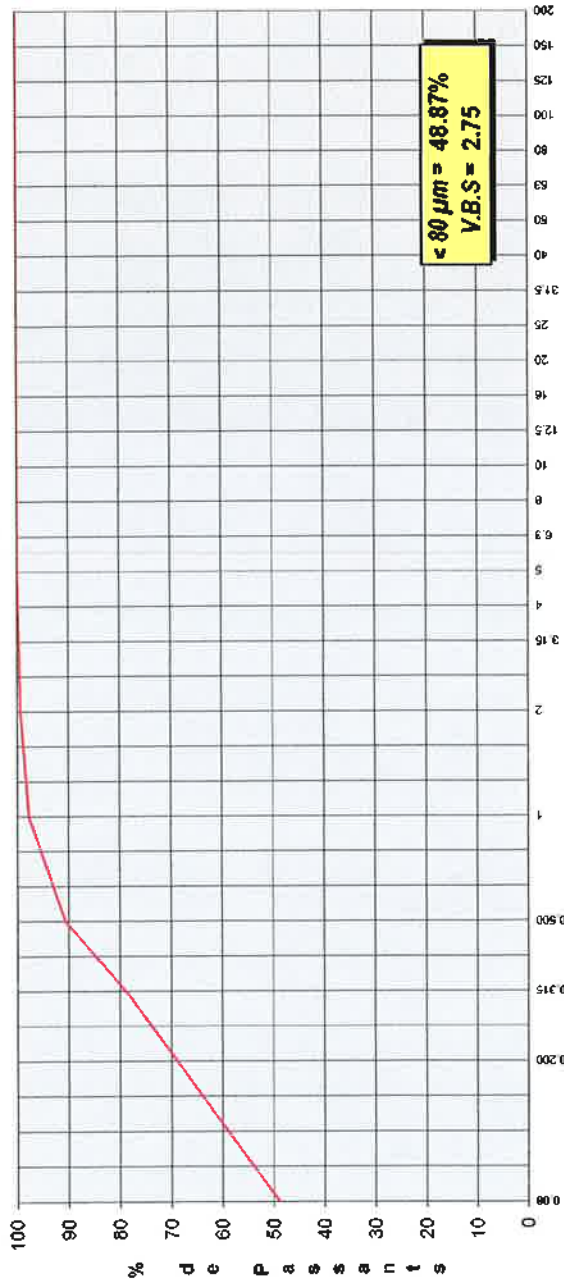
CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES EN REMBLAIS ET COUCHES DE FORME

NATURE, ETAT HYDRIQUE ET COMPORTEMENT
 NF P 11-300 - RAPPORT D'ESSAIS

CHANTIER	N° Chantier
Chaufferie du Campus Rangueil	921-281
DESTINATAIRE :	DATE :
ECR Environnement	30/06/2015
PRELEVE LE :	
PAR :	Le demandeur
SONDAGE / STOCK :	PU2
N° D'ECHANTILLON :	1598/921-281/06/2015
Le Technicien :	Le Responsable
TIRAGE CONT. MIN.	DAYE R

Sous Classe		Etat Hydrique	
COMPORTEMENT		ETAT HYDRIQUE	
Los Angeles (NF EN 1097-2) LA :		Teneur en eau (NF P 94-050) Wn :	
Micro Deval (NF EN 1097-1) MDE :		Indice de portance immédiat (NFP 94 078) IPI :	
Friabilité (NF P 18-576) FS :		Densité sèche naturelle (NF P 94 078) ρ_n :	
Fragmentabilité (NF P 94-066) FR :		Teneur en eau OPN (NF P 94 050) W _{OPN} :	
Dégradabilité (NF P 94-067) DG :		Densité sèche OPN (NF94-078) ρ_{OPN} :	
MV élément rocheux (NF P 94-064) p _d :		Indice de consistance (NF P 94-051) Ic :	
Matière organique (XP P 94-047) MO :			
Perte au feu PF :			
Teneur en chlorure de sodium NaCl :			
Teneur en sel soluble :			
Couleur :			

ANALYSE GRANULOMETRIQUE (NFP 94-056)



Fraction 0/50 mm NFP 94-056	< 2 mm	99.4%
	< 80 µm	48.9%
Valeur au Bleu (NFP 94-068) VBS :		2.75
Teneur en eau (NFP 94-050) W% :		12.6%
Indice de Plasticité (NFP 94-051) Ip		

CLASSEMENT G.T.R A₂

COMMENTAIRES

**DETERMINATION DES REFERENCES DE COMPACTAGE D'UN MATERIAU
ESSAI PROCTOR NORMAL - ESSAI PROCTOR MODIFIE NF P 94-093
I.P.I. ET INDICES PORTANTS C.B.R. NF P 94-078
RAPPORT D'ESSAI**

DESTINATAIRE :	ECR Environnement	DATE :	01/07/2015
CHANTIER :	Chaufferie du Campus de Ranguell	N° DE DOSSIER :	921-281
DATE DE DEBUT DE L'ESSAI :	01/07/2015	N° ECHANTILLON :	1600+1601/06/15

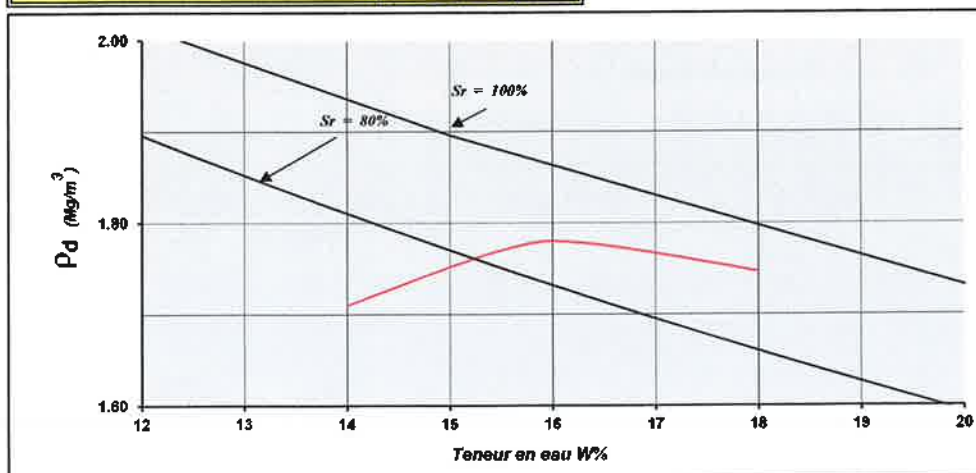
ECHANTILLON

PROVENANCE :	-	SONDAGE :	PU3+PU4	FRACTION UTILISE :	0/5
PRELEVE LE :	-	PROFONDEUR :	de 0.7 à -1.2m	NATURE DU LIANT :	CaO
PAR :	Le demandeur	W% NATURELLE :	15.0	DOSAGE LIANT (%) :	2%
IDENTIFICATION :	Limon sableux	CLASSIFICATION GTR (NF P 11-300) :	-		

*W% déterminée selon NF P 94-050

MODE DE PREPARATION

MALAXAGE DU MATERIAU :	Mécanique	Malaxeur à couteau
TEMPS DE CONSERVATION DE L'ECHANTILLON POUR UN TRAITEMENT A LA CHAUX :	60	min
MOULE UTILISE :	A	ps (masse volumique réelle) Estimée 2.65 Mg/m ³

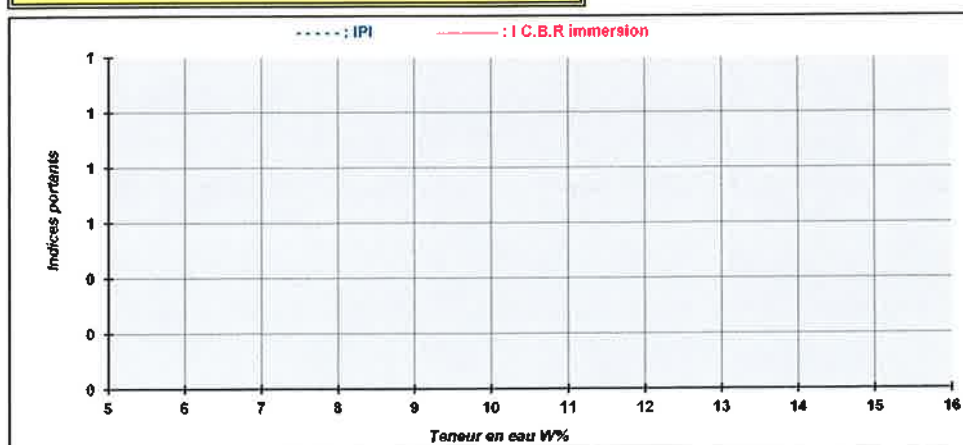
ESSAI PROCTOR NORMAL (NF P 94-093)**OPTIMUM PROCTOR**Masse volumique sèche ρ_d
exprimée à 0,01 Mg/m³ près**1.77 Mg/m³**

W% optimale

exprimée à 0,1 % près

16.2 %

% > 20 mm :

Valeurs corrigées ρ'_d (Mg/m³) =
W% =**INDICES PORTANTS (NF P 94 - 078)****INDICES PORTANTS A L'OPTIMUM**

Indice portant Immédiate

I.P.I. =

Indice C.B.R immersion

I.C.B.R._{imm.} =**GONFLEMENT****COMMENTAIRES****VISAS DU LABORATOIRE**

Le technicien,

TIRROLONI MN.

Le responsable,

DAYDE R.

DETERMINATION DES REFERENCES DE COMPACTAGE D'UN MATERIAU **ESSAI PROCTOR NORMAL - ESSAI PROCTOR MODIFIE NF P 94-093** **I.P.I. ET INDICES PORTANTS C.B.R. NF P 94-078** **RAPPORT D'ESSAI**

DESTINATAIRE :	ECR Environnement	DATE :	01/07/2015
CHANTIER:	Chaufferie du Campus de Rangueil	N° DE DOSSIER :	921-281
DATE DE DEBUT DE L'ESSAI:	01/07/2015	N° ECHANTILLON :	1600+1601/06/15

ECHANTILLON

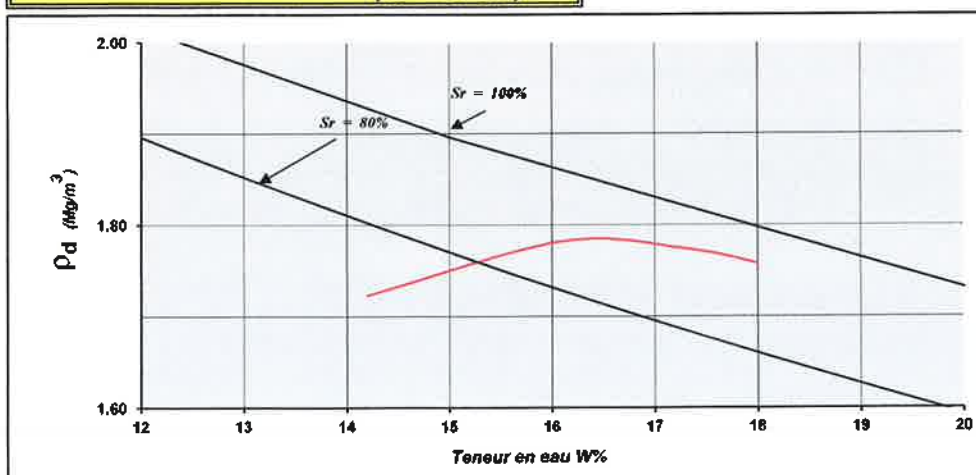
PROVENANCE :	-	SONDAGE :	PU3+PU4	FRACTION UTILISE :	0/5
PRELEVE LE :	-	PROFONDEUR :	de 0.7 à -1.2m	NATURE DU LIANT :	CaO + Rolac 645 SMA
PAR :	Le demandeur	W% NATURELLE :	15.0	DOSAGE LIANT (%) :	2% + 6%
IDENTIFICATION :	Limon sableux	CLASSIFICATION GTR (NF P 11-300) :	-		

*W% déterminée selon NF P 94-050

MODE DE PREPARATION

MALAXAGE DU MATERIAU :	Mécanique	Malaxeur à couteau
TEMPS DE CONSERVATION DE L'ECHANTILLON POUR UN TRAITEMENT A LA CHAUX :	60	min
MOULE UTILISE :	A	ps (masse volumique réelle) Estimée 2.65 Mg/m ³

ESSAI PROCTOR NORMAL (NF P 94-093)



OPTIMUM PROCTOR

Masse volumique sèche ρ_d
exprimée à 0.01 Mg/m³ près

1.78 Mg/m³

W% optimale
exprimée à 0.1 % près

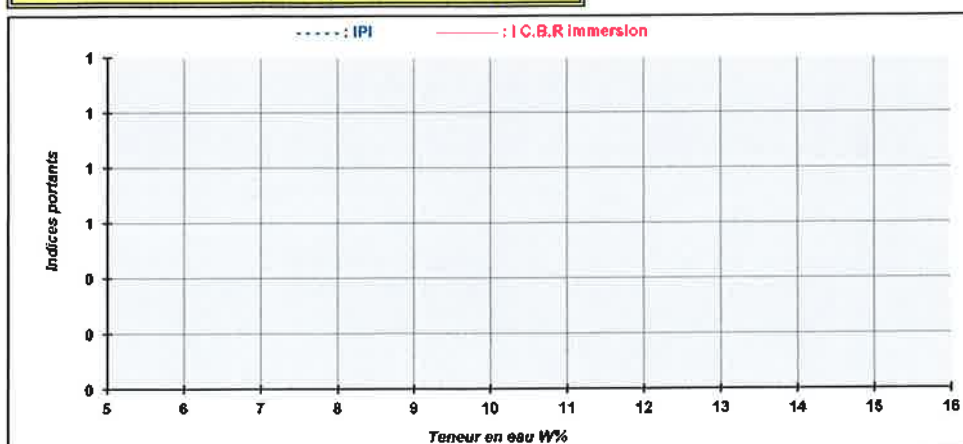
16.4 %

% > 20 mm :

Valeurs corrigées

ρ'_d (Mg/m³) =
W% =

INDICES PORTANTS (NF P 94 - 078)



INDICES PORTANTS A L'OPTIMUM

Indice portant Immédiate

I.P.I. =

Indice C.B.R immersion

I.C.B.R_{imm.} =

GONFLEMENT

COMMENTAIRES

VISAS DU LABORATOIRE

Le technicien,

[Signature]
TIRROLONI MN.

Le responsable,

[Signature]
DAYDE R.

ESSAI D'EVALUATION DE L'APTITUDE D'UN MATERIAU AU TRAITEMENT - NF P 94-100

RAPPORT D'ESSAI

DESTINATAIRE :		ECR Environnement		N° DE DOSSIER :		921-281			
DATE :		10/07/2015		CHANTIER :		Chaufferie du Campus de Rangeuil			
Essai réalisé par :			TIRROLONI MN.		Date de début et de fin d'essai		Début : 30/06/2015 Fin : 10/07/2015		
Matériau testé	Nature	Sol fin argileux		Classification selon NF P 11-300		-			
	T.en eau en % ext.	15		Mode de prélèvement		-			
	Provenance	PU3+PU4		Date de prélèvement		-			
	N° Echant.	1600+1601/921-281/06/15		Prélèvement réalisé par		Le Demandeur			
Mélange	Teneur en eau à l'OPN du matériau en % ext.	16.2		Masse volumique humide à l' OPN en T/m³ de la fraction 0/5 mm		2.06			
	Nature du(des) produit(s) de traitement	CaO		Dosage(s) en %int.		2%			
Confection des épreuves NF EN 13-286- 53			Epreuve 1		Epreuve 2		Epreuve 3		
	Teneur en eau en %ext.		16.4						
	Masse volumique apparente humide en T/m³		1.98		1.98		1.97		
Gonflement volumique NF P 94-100	* Facultatif	Epreuve 1		Epreuve 2		Epreuve 3		Moyenne	
	Après 4h * d'immersion								
	Après 24h * d'immersion								
	Après 7j d'immersion	0.7		1.7		0.6		1.0	
Caractéristiques mécaniques NF P 98-232-3	* Facultatif	Epreuve 1		Epreuve 2		Epreuve 3		Moyenne	
	Compress. Diamétrale (7J) en MPa							-	
	Module de déformation (7J) en MPa *							-	
APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT			Adapté <input checked="" type="checkbox"/>		Douteux <input type="checkbox"/>		Inadapté <input type="checkbox"/>		
COMMENTAIRES					VISAS DU LABORATOIRE				
					Le technicien, TIRROLONI MN.		Le responsable, DAYDE R.		

ESSAI D'EVALUATION DE L'APTITUDE D'UN MATERIAU AU TRAITEMENT - NF P 94-100

RAPPORT D'ESSAI

DESTINATAIRE :		ECR Environnement		N° DE DOSSIER :		921-281			
DATE :		15/07/2015		CHANTIER :		Chaufferie du Campus de Rangeuil			
Essai réalisé par :			TIRROLONI MN.		Date de début et de fin d'essai		Début : 07/07/2015 Fin : 15/07/2015		
Matériau testé	Nature	Sol fin argileux		Classification selon NF P 11-300		-			
	T.en eau en % ext.	15		Mode de prélèvement		-			
	Provenance	PU3+PU4		Date de prélèvement		-			
	N° Echant.	1600+1601/921-281/06/15		Prélèvement réalisé par		Le Demandeur			
Mélange	Teneur en eau à l'OPN du matériau en % ext.	16.4		Masse volumique humide à l' OPN en T/m³ de la fraction 0/5 mm		2.07			
	Nature du(des) produit(s) de traitement	CaO + Rolac 645 SMA		Dosage(s) en %int.		2%+6%			
Confection des éprouvettes NF EN 13-286-53			Eprouvette 1		Eprouvette 2		Eprouvette 3		
	Teneur en eau en %ext.		16.6						
	Masse volumique apparente humide en T/m³		1.99		1.99		1.98		
Gonflement volumique NF P 94-100	* Facultatif	Eprouvette 1		Eprouvette 2		Eprouvette 3		Moyenne	
	Après 4h * d'immersion								
	Après 24h * d'immersion								
	Après 7j d'immersion	0.3		0.6		0.8		0.6	
Caractéristiques mécaniques NF P 98-232-3	* Facultatif	Eprouvette 1		Eprouvette 2		Eprouvette 3		Moyenne	
	Compress. Diamétrale (7J) en MPa	0.46		0.45		0.37		0.43	
	Module de déformation (7J) en MPa *	4534		4413		3832		4260	
APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT			Adapté <input checked="" type="checkbox"/>		Douteux <input type="checkbox"/>		Inadapté <input type="checkbox"/>		
COMMENTAIRES					VISAS DU LABORATOIRE				
					Le technicien, TIRROLONI MN.		Le responsable, DAYDE R.		

ALBUM PHOTOGRAPHIES DES SONDAGES À LA PELLE ET DES FOUILLES À L'ASPIRATRICE. (PU,RF,SC,SP)

Etude géotechnique G₁ ES-PGC pour le Rectorat de Toulouse

Chaufferie du campus de Rangueil à Toulouse (31)



Dossier n°3100562 – Juin 2015



RF1-a



RF1-b



RF1-c



RF1-d



PU1-a



PU1-b



PU1-c



PU1-d



PU2-a



PU2-b



PU2-c



PU2-d



PU2-e



PU3-a



PU3-b



PU3-c



PU3-d



PU3-e



PU4-a



PU4-b



PU4-c



PU4-d



PU4-e



PU4-f



AVANT TROU SC1



AVANT TROU SC2



AVANT TROU SC3 (a)



AVANT TROU SC3 (b)



AVANT TROU SP1 (a)



AVANT TROU SP1 (b)



AVANT TROU SP2 (a)



AVANT TROU SP2 (b)



AVANT TROU SP3-PZ2



AVANT TROU SP4 (a)



AVANT TROU SP4 (b)

Données

Titre du projet : chaufferie RANGUEIL

Numéro d'affaire : 3100875

Commentaires : Portique, filtres et cheminée

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF.P 94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 1,50

Largeur B (m) : 1,50

Cote du TN initial Zini (m) : 147,20

Cote du TN final Zfin (m) : 147,20

Cote de base fondation Zd (m) : 144,30

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

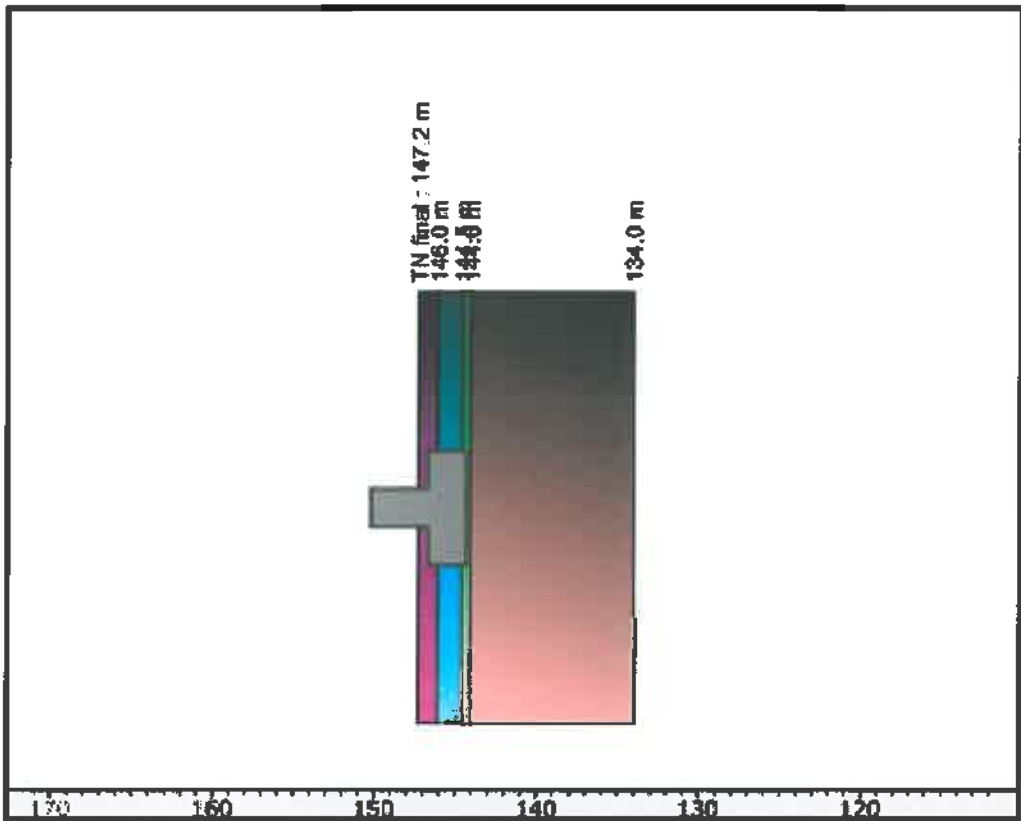
Terrain et profil pressiométrique

No	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		146,00	500,00	5000,00	0,33
2	Couche 2		144,50	500,00	6000,00	0,66
3	Couche 3		144,00	1500,00	20000,00	0,66
4	Couche 4		134,00	3000,00	30000,00	0,50

Cas de charge

N°	Qv,d	Qh,d	MB,d	ML,d	Combinaison
1	600,0	0,0	0,0	0,0	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



File : N:\03_ETUDES\Affaires en cours 2016\33_64_75_calculs FOXTA\chaufferie\PORTIQUE ELS\portique els[PS].resu

Calcul réalisé le : 27/07/2016 à 14h20
par : ECR ENVIRONNEMENT

Paramètres de calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon la norme NF P 94 261 - EC7
- profils de pl^* et EM définis par couche

Base de la fondation z_d 144.30

Toit du terrain initial z_{ini} 147.20

Toit du terrain final z_{fin} 147.20

Fondation rectangulaire :

largeur B 1.50
longueur L 1.50

Caractéristiques du sol (données utilisateur)

Classe du sol de fondation : Argiles et limons

Poids volumique moyen du sol au dessus de z_d 0.00

Coefficient rhéologique du sol de fondation 0.50

Couche	base	pl^*	EM
01	146.00	500.00	5000.00
02	144.50	500.00	6000.00
03	144.00	1500.00	20000.00
04	134.00	3000.00	30000.00

Discretisation des couches (Paramètres du calcul)

Pas du calcul 0.20

couche	point	cote	pl^*	EM
01	1	147.20	500.00	5000.00
01	2	147.00	500.00	5000.00
01	3	146.80	500.00	5000.00
01	4	146.60	500.00	5000.00
01	5	146.40	500.00	5000.00
01	6	146.20	500.00	5000.00
01	7	146.00	500.00	5000.00
02	8	146.00	500.00	6000.00
02	9	145.80	500.00	6000.00
02	10	145.60	500.00	6000.00
02	11	145.40	500.00	6000.00
02	12	145.20	500.00	6000.00
02	13	145.00	500.00	6000.00
02	14	144.80	500.00	6000.00
02	15	144.60	500.00	6000.00
02	16	144.50	500.00	6000.00
03	17	144.50	1500.00	20000.00
03	18	144.30	1500.00	20000.00
03	19	144.10	1500.00	20000.00
03	20	144.00	1500.00	20000.00
04	21	144.00	3000.00	30000.00
04	22	143.80	3000.00	30000.00
04	23	143.60	3000.00	30000.00
04	24	143.40	3000.00	30000.00
04	25	143.20	3000.00	30000.00
04	26	143.00	3000.00	30000.00
04	27	142.80	3000.00	30000.00
04	28	142.60	3000.00	30000.00
04	29	142.40	3000.00	30000.00
04	30	142.20	3000.00	30000.00

04	31	142.00	3000.00	30000.00
04	32	141.80	3000.00	30000.00
04	33	141.60	3000.00	30000.00
04	34	141.40	3000.00	30000.00
04	35	141.20	3000.00	30000.00
04	36	141.00	3000.00	30000.00
04	37	140.80	3000.00	30000.00
04	38	140.60	3000.00	30000.00
04	39	140.40	3000.00	30000.00
04	40	140.20	3000.00	30000.00
04	41	140.00	3000.00	30000.00
04	42	139.80	3000.00	30000.00
04	43	139.60	3000.00	30000.00
04	44	139.40	3000.00	30000.00
04	45	139.20	3000.00	30000.00
04	46	139.00	3000.00	30000.00
04	47	138.80	3000.00	30000.00
04	48	138.60	3000.00	30000.00
04	49	138.40	3000.00	30000.00
04	50	138.20	3000.00	30000.00
04	51	138.00	3000.00	30000.00
04	52	137.80	3000.00	30000.00
04	53	137.60	3000.00	30000.00
04	54	137.40	3000.00	30000.00
04	55	137.20	3000.00	30000.00
04	56	137.00	3000.00	30000.00
04	57	136.80	3000.00	30000.00
04	58	136.60	3000.00	30000.00
04	59	136.40	3000.00	30000.00
04	60	136.20	3000.00	30000.00
04	61	136.00	3000.00	30000.00
04	62	135.80	3000.00	30000.00
04	63	135.60	3000.00	30000.00
04	64	135.40	3000.00	30000.00
04	65	135.20	3000.00	30000.00
04	66	135.00	3000.00	30000.00
04	67	134.80	3000.00	30000.00
04	68	134.60	3000.00	30000.00
04	69	134.40	3000.00	30000.00
04	70	134.20	3000.00	30000.00
04	71	134.00	3000.00	30000.00
04	72	134.00	3000.00	30000.00

RESULTATS DU CALCUL

Valeurs valables pour tous les cas de charge :

Hauteur d'encastrement equivalente De 0.60
Facteur de portance kp 0.94

Cas de charge n° : 001 - Combinaison ELS-QP

Charge verticale V,d 500.00
Charge horizontale H,d 0.00
Moment Mb,d 0.00
Moment Ml,d 0.00

PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B 0.00
Excentricité de la charge selon L 0.00
Surface d'assise effective A' 2.25
Pression limite équiv. Ple 2735.17
Hauteur de calcul Hr 2.25
Coefficient réducteur idb 1.00
Contrainte initiale qu 0.00
Contrainte ultime nette qu 2569.78

Facteur de pondération global F 2.76

Résultante de la contrainte
initiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de
résistance nette du terrain Rv,d 2094.93

Portance : $V_d - R0 < Rv,d$ => OK!
Excentricité : Surface comprimée = 100% => OK!

TASSEMENTS

Coefficients de forme :
Coefficient Lambda_c 2.10
Coefficient Lambda_d 1.12

Modules équivalents :
Module E1 25000.00
Module E2 30000.00
Module E3,5 30000.00
Module E6,8 30000.00
Module E9,16 30000.00

Module Ec 25000.00
Module Ed 26571.43

Contrainte initiale sv0 0.00

Tassements (mm) :

Part volumique sc 0.82
Part déviatorique sd 1.74
Tassement total 10 ans 2.57

Données

Titre du projet : chaufferie RANGUEIL

Numéro d'affaire : 3100876

Commentaires : Portique, filtres et cheminée

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF.P 94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 1,50

Largeur B (m) : 1,50

Cote du TN initial Zini (m) : 147,20

Cote du TN final Zfin (m) : 147,20

Cote de base fondation Zd (m) : 144,30

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Poids volumique moyen du sol au-dessous de la base de la fondation (kN/m3) : 0,0

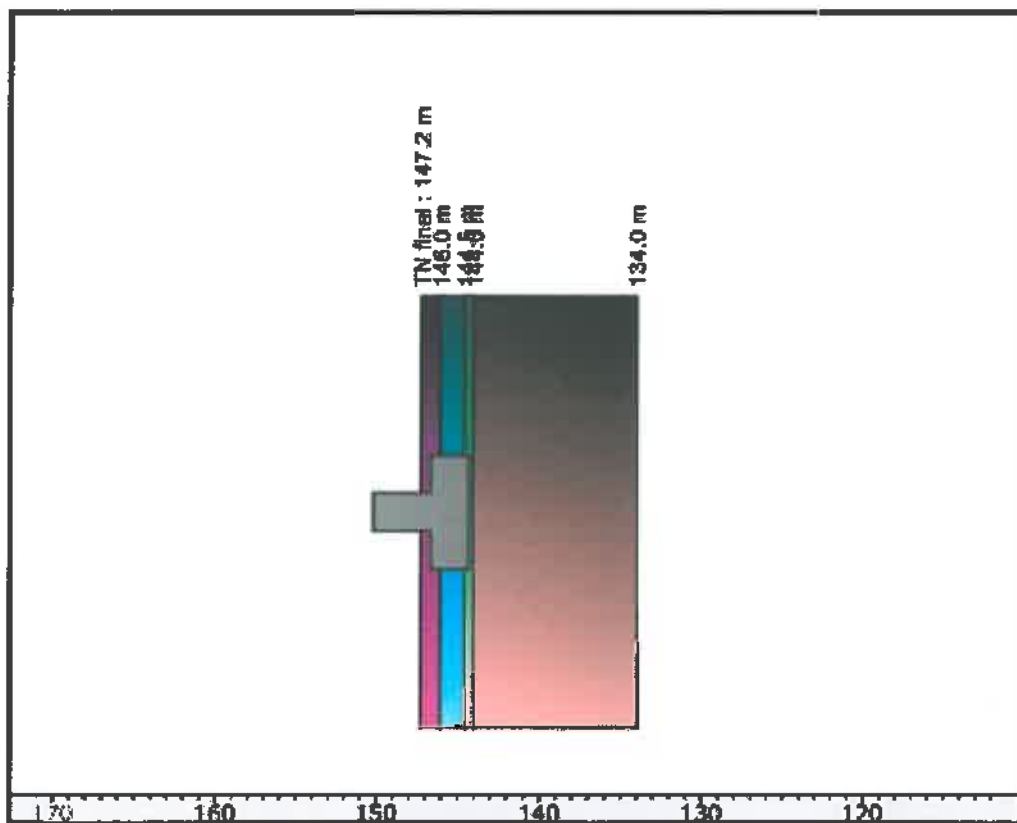
Terrain et profil pressiométrique

No	Nom	Couleur	Zbase	p1*	EM	α
1	Couche 1		146,00	500,00	6000,00	0,33
2	Couche 2		144,50	500,00	6000,00	0,66
3	Couche 3		144,00	1500,00	20000,00	0,66
4	Couche 4		134,00	3000,00	30000,00	0,50

Cas de charge

N°	Qv,d	Qh,d	MB,d	ML,d	Combinaison
1	800,0	25,0	250,0	250,0	ELU-Fondamentales

Onglet "Paramètres généraux"



File : N:\03_ETUDES\Affaires en cours 2016\33_64_75_calculs FOXTA\chaufferie\PORTIQUE ELU\portique elu(FS).resu

Calcul réalisé le : 27/07/2016 à 14h30
par : ECR ENVIRONNEMENT

Paramètres de calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon la norme NF P 94 261 - EC7
- profils de pl^* et EM définis par couche

Base de la fondation Zd 144.30

Toit du terrain initial Zini 147.20

Toit du terrain final Zfin 147.20

Fondation rectangulaire :

largeur B 1.50
longueur L 1.50

Caractéristiques du sol (données utilisateur)

Classe du sol de fondation : Argiles et limons

Poids volumique moyen du sol au dessus de Zd 0.00

Coefficient rheologique du sol de fondation 0.50

Couche	base	pl^*	EM
01	146.00	500.00	5000.00
02	144.50	500.00	6000.00
03	144.00	1500.00	20000.00
04	134.00	3000.00	30000.00

Discretisation des couches (Paramètres du calcul)

Pas du calcul 0.20

couche	point	cote	pl^*	EM
01	1	147.20	500.00	5000.00
01	2	147.00	500.00	5000.00
01	3	146.80	500.00	5000.00
01	4	146.60	500.00	5000.00
01	5	146.40	500.00	5000.00
01	6	146.20	500.00	5000.00
01	7	146.00	500.00	5000.00
02	8	146.00	500.00	6000.00
02	9	145.80	500.00	6000.00
02	10	145.60	500.00	6000.00
02	11	145.40	500.00	6000.00
02	12	145.20	500.00	6000.00
02	13	145.00	500.00	6000.00
02	14	144.80	500.00	6000.00
02	15	144.60	500.00	6000.00
02	16	144.50	500.00	6000.00
03	17	144.50	1500.00	20000.00
03	18	144.30	1500.00	20000.00
03	19	144.10	1500.00	20000.00
03	20	144.00	1500.00	20000.00
04	21	144.00	3000.00	30000.00
04	22	143.80	3000.00	30000.00
04	23	143.60	3000.00	30000.00
04	24	143.40	3000.00	30000.00
04	25	143.20	3000.00	30000.00
04	26	143.00	3000.00	30000.00
04	27	142.80	3000.00	30000.00
04	28	142.60	3000.00	30000.00
04	29	142.40	3000.00	30000.00
04	30	142.20	3000.00	30000.00

04	31	142.00	3000.00	30000.00
04	32	141.80	3000.00	30000.00
04	33	141.60	3000.00	30000.00
04	34	141.40	3000.00	30000.00
04	35	141.20	3000.00	30000.00
04	36	141.00	3000.00	30000.00
04	37	140.80	3000.00	30000.00
04	38	140.60	3000.00	30000.00
04	39	140.40	3000.00	30000.00
04	40	140.20	3000.00	30000.00
04	41	140.00	3000.00	30000.00
04	42	139.80	3000.00	30000.00
04	43	139.60	3000.00	30000.00
04	44	139.40	3000.00	30000.00
04	45	139.20	3000.00	30000.00
04	46	139.00	3000.00	30000.00
04	47	138.80	3000.00	30000.00
04	48	138.60	3000.00	30000.00
04	49	138.40	3000.00	30000.00
04	50	138.20	3000.00	30000.00
04	51	138.00	3000.00	30000.00
04	52	137.80	3000.00	30000.00
04	53	137.60	3000.00	30000.00
04	54	137.40	3000.00	30000.00
04	55	137.20	3000.00	30000.00
04	56	137.00	3000.00	30000.00
04	57	136.80	3000.00	30000.00
04	58	136.60	3000.00	30000.00
04	59	136.40	3000.00	30000.00
04	60	136.20	3000.00	30000.00
04	61	136.00	3000.00	30000.00
04	62	135.80	3000.00	30000.00
04	63	135.60	3000.00	30000.00
04	64	135.40	3000.00	30000.00
04	65	135.20	3000.00	30000.00
04	66	135.00	3000.00	30000.00
04	67	134.80	3000.00	30000.00
04	68	134.60	3000.00	30000.00
04	69	134.40	3000.00	30000.00
04	70	134.20	3000.00	30000.00
04	71	134.00	3000.00	30000.00
04	72	134.00	3000.00	30000.00

RESULTATS DU CALCUL

Valeurs valables pour tous les cas de charge :

Hauteur d'encastrement equivalente De 0.60
Facteur de portance kp 0.94

Cas de charge n° : 001 - Combinaison ELU-FOND

Charge verticale v,d 600.00
Charge horizontale h,d 25.00
Moment Mb,d 250.00
Moment Ml,d 250.00

PORTANCE ET RENVERSEMENT

Excentricité de la charge selon B 0.42
Excentricité de la charge selon L 0.42
Surface d'assise effective A' 0.44

Pression limite équiv. Ple 2703.75
Hauteur de calcul Er 2.00

Coefficient réducteur idb 0.95

Contrainte initiale q0 0.00
Contrainte ultime nette qu 2407.37

Facteur de pondération global F 1.68

Résultante de la contrainte
initiale sous la fondation R0 0.00

Valeur de calcul de l'effort de
résistance nette du terrain Rv,d 636.87

Portance : $V_d - R_0 < R_{v,d}$ => OK!
Excentricité : Surface comprimée > 10% => OK!

Données

Titre du projet : chaufferie RANGUEIL

Numéro d'affaire : 3100875

Commentaires : Portique, filtres et cheminée

Dimension du projet : 3D

Coordonnée X de la plaque (m) : 0,00

Coordonnée Y de la plaque (m) : 0,00

Cote de la plaque (m) : 147,20

Orientation de la plaque (°) : 0,0

Symétries du projet : Aucune

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 2000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v
1	GNT		146,70	2,00E04	0,35
2	H1a traités Cao LH		146,35	4,00E08	0,20
3	H1a non traités		144,50	8,00E03	0,35
4	H1b		144,00	2,00E04	0,35
5	h2		135,00	4,00E04	0,35

Contrainte initiale en surface (kPa) : 0,00

Mallage Ox

Zone	L	n
1	2,50	1
2	0,18	1
3	1,92	1
4	0,18	1
5	2,50	1

Mallage Oy

Zone	L	n
1	5,00	1
2	0,18	1
3	1,92	1
4	0,18	1
5	5,00	1

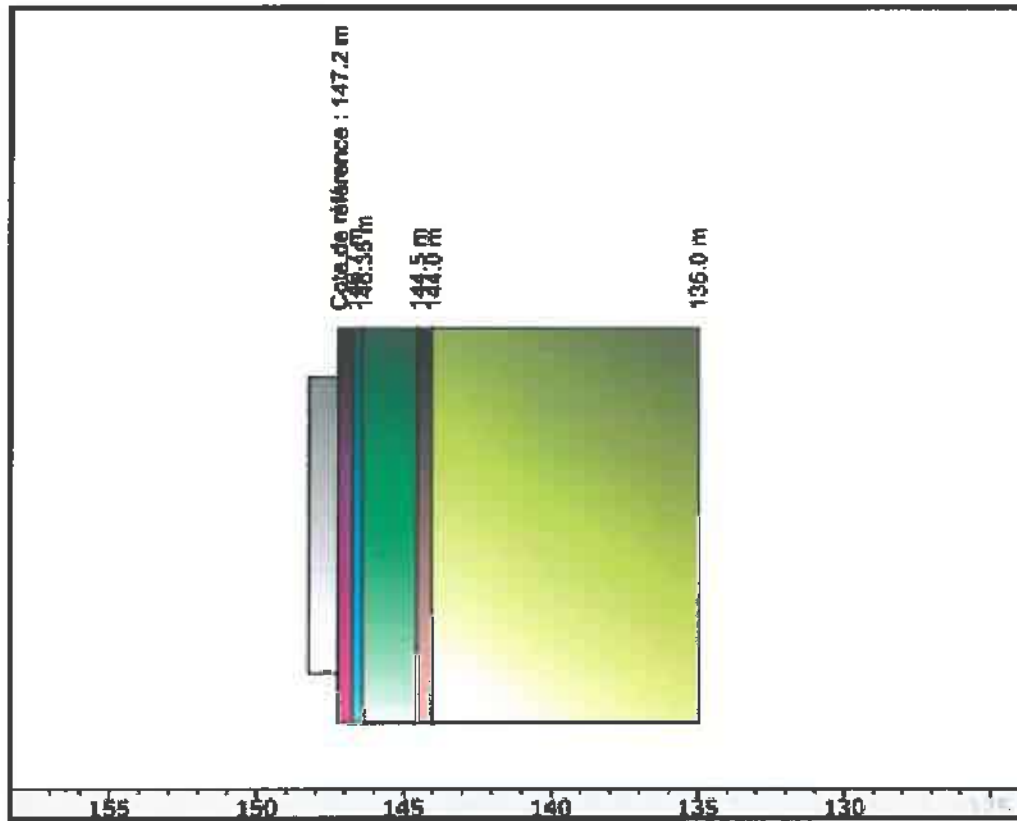
Plaque

Groupe	i1	i2	j1	j2	Eplaque	v	h
1	1	5	1	5	3,00E07	0,00	0,20

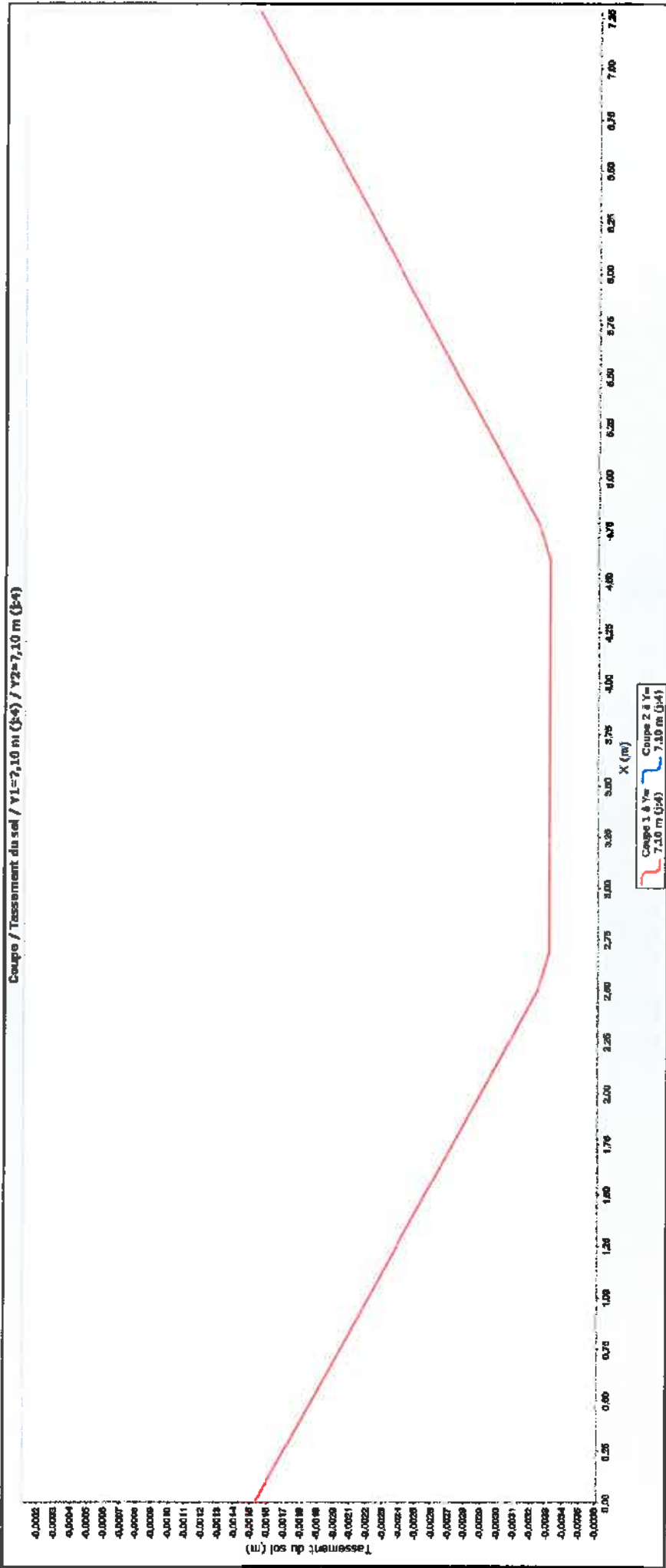
Charges réparties

Charge n°	i1	i2	j1	j2	Charge	kz
1	1	5	1	5	5,00	0,00E00
2	2	2	2	2	1700,00	0,00E00
3	4	4	4	4	1700,00	0,00E00
4	2	2	4	4	1700,00	0,00E00
5	4	4	2	2	1700,00	0,00E00

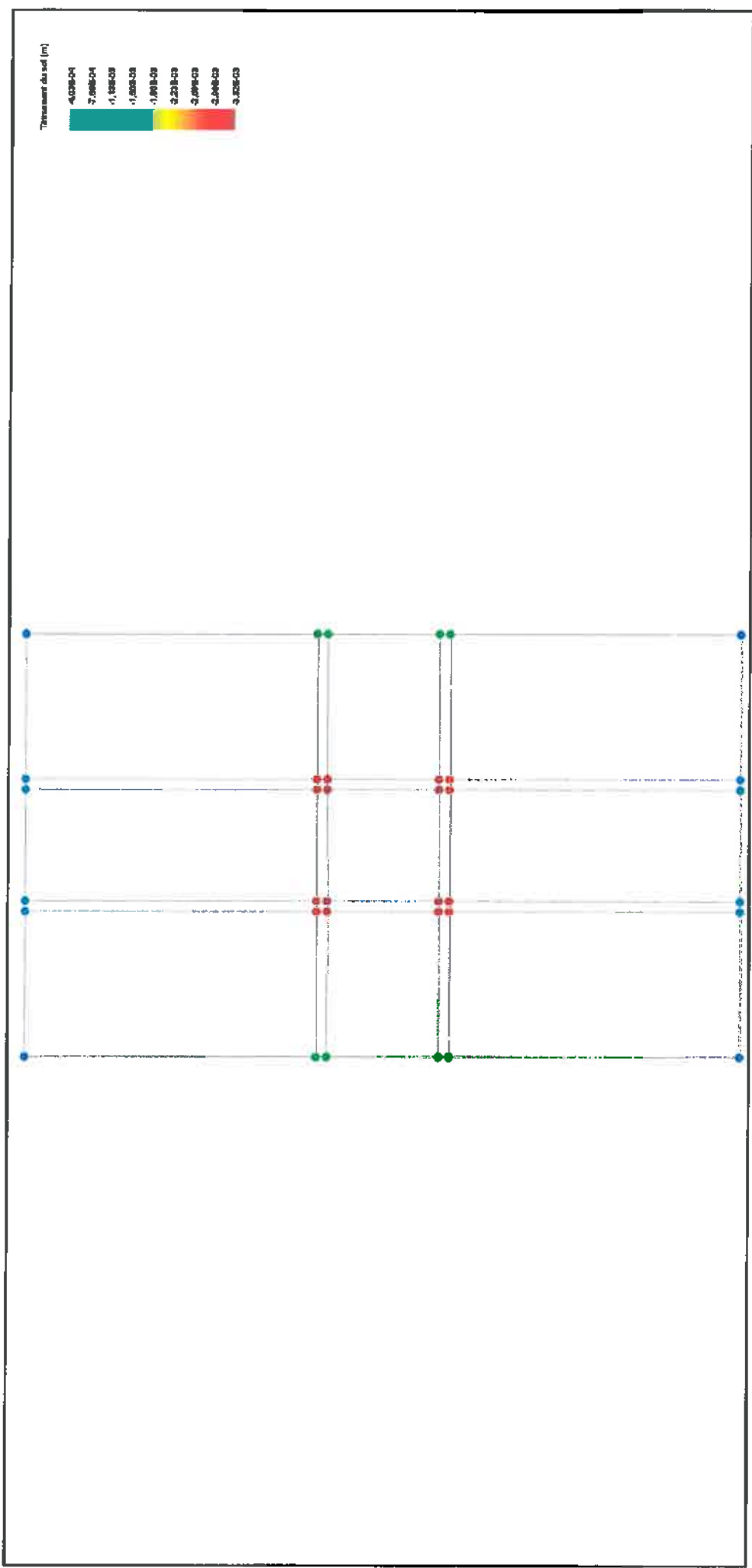
Onglet "Données des couches"



Coupe / Tassement du sol / Y1=7,10 m (j:4) / Y2=7,10 m (j:4)



Nuage 2D / Tassement du sol



Données

Titre du projet : chaufferie RANGUEIL

Numéro d'affaire : 3100875

Commentaires : Portique, filtres et cheminée

Dimension du projet : 3D

Coordonnée X de la plaque (m) : 0,00

Coordonnée Y de la plaque (m) : 0,00

Cote de la plaque (m) : 147,20

Orientation de la plaque (°) : 0,0

Symétries du projet : Aucune

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 2000

Décollement/plastification automatique : Non

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v
1	GNT		146,60	2,00E04	0,35
2	H1a traités Cao LH		146,25	4,00E06	0,20
3	H1a non traités		144,50	6,00E03	0,35
4	H1b		144,00	2,00E04	0,35
5	h2		135,00	4,00E04	0,35

Contrainte initiale en surface (kPa) : 0,00

Maillage Ox

Zone	L	n
1	0,30	1
2	0,20	1
3	6,00	1
4	0,20	1
5	6,00	1
6	0,20	1
7	6,00	1
8	0,20	1
9	0,30	1

Maillage Oy

Zone	L	n
1	1,00	1
2	1,00	1
3	1,00	1
4	1,00	1
5	1,00	1
6	1,00	1
7	1,00	1
8	1,00	1
9	1,00	1
10	1,00	1

Plaque

Groupe	i1	i2	j1	j2	Eplaque	v	h
1	1	9	1	10	3,00E07	0,00	0,30

Charges réparties

Charge n°	i1	i2	j1	j2	Charge	kz
1	3	3	1	10	14,00	0,00E00
2	5	5	1	10	14,00	0,00E00
3	7	7	1	10	14,00	0,00E00

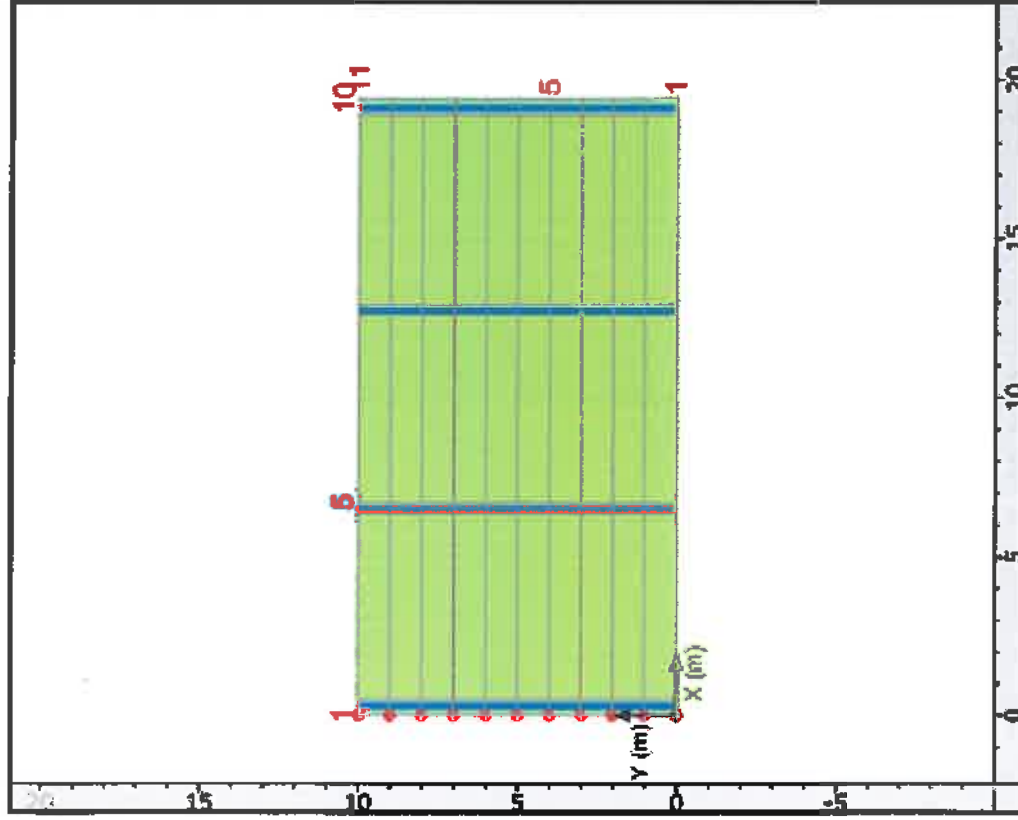
Charges et raideurs linéiques selon Oy

Charge n°	i1	j2	Charge	kz
1	2	1 11	70,00	0,00E00
2	4	1 11	70,00	0,00E00
3	6	1 11	70,00	0,00E00
4	8	1 11	70,00	0,00E00

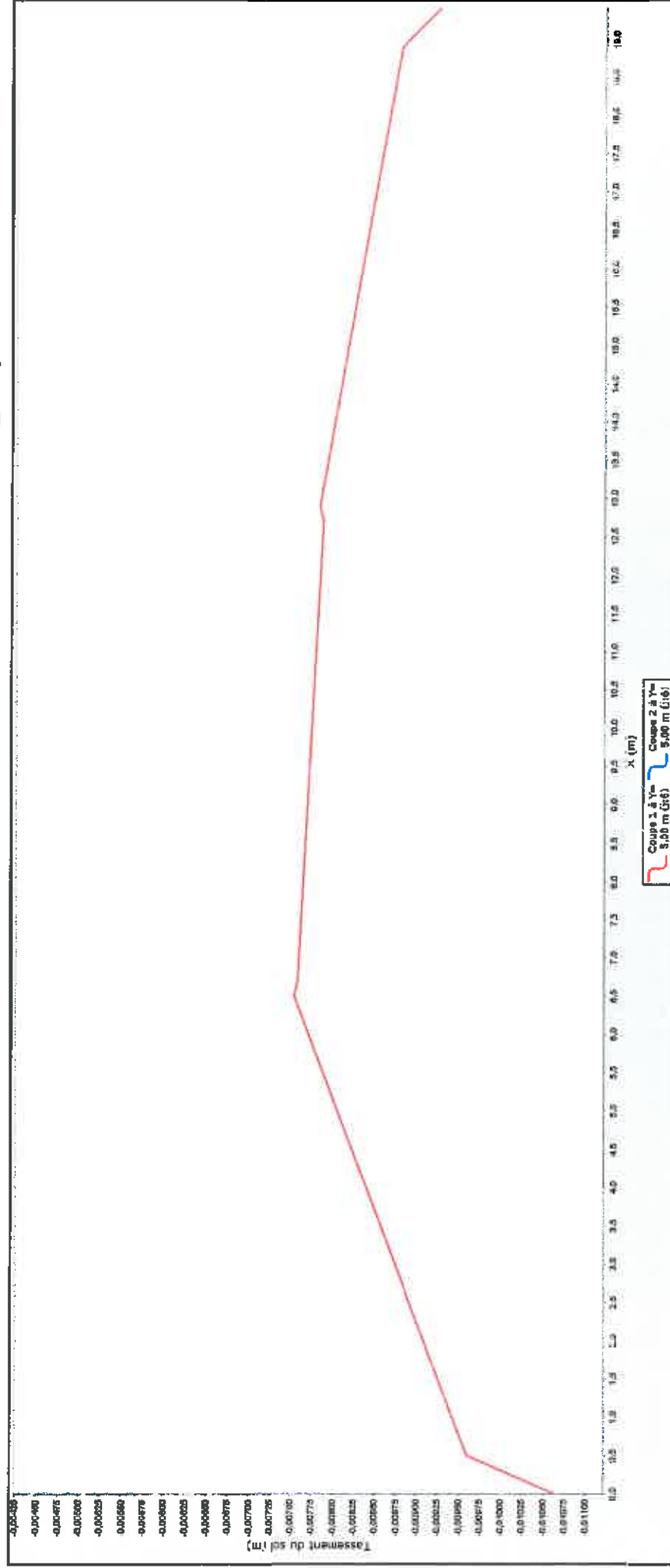
Charges ponctuelles

Charge n°	i1	i2	j1	j2	FZ	Mx	My	KZ	Gx	Gy
1	1	1	1	1	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
2	1	1	2	2	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
3	1	1	3	3	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
4	1	1	4	4	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
5	1	1	5	5	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
6	1	1	6	6	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
7	1	1	7	7	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
8	1	1	8	8	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
9	1	1	9	9	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
10	1	1	10	10	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00
11	1	1	11	11	0,00	37,00	0,00	0,00E00	0,00E00	0,00E00

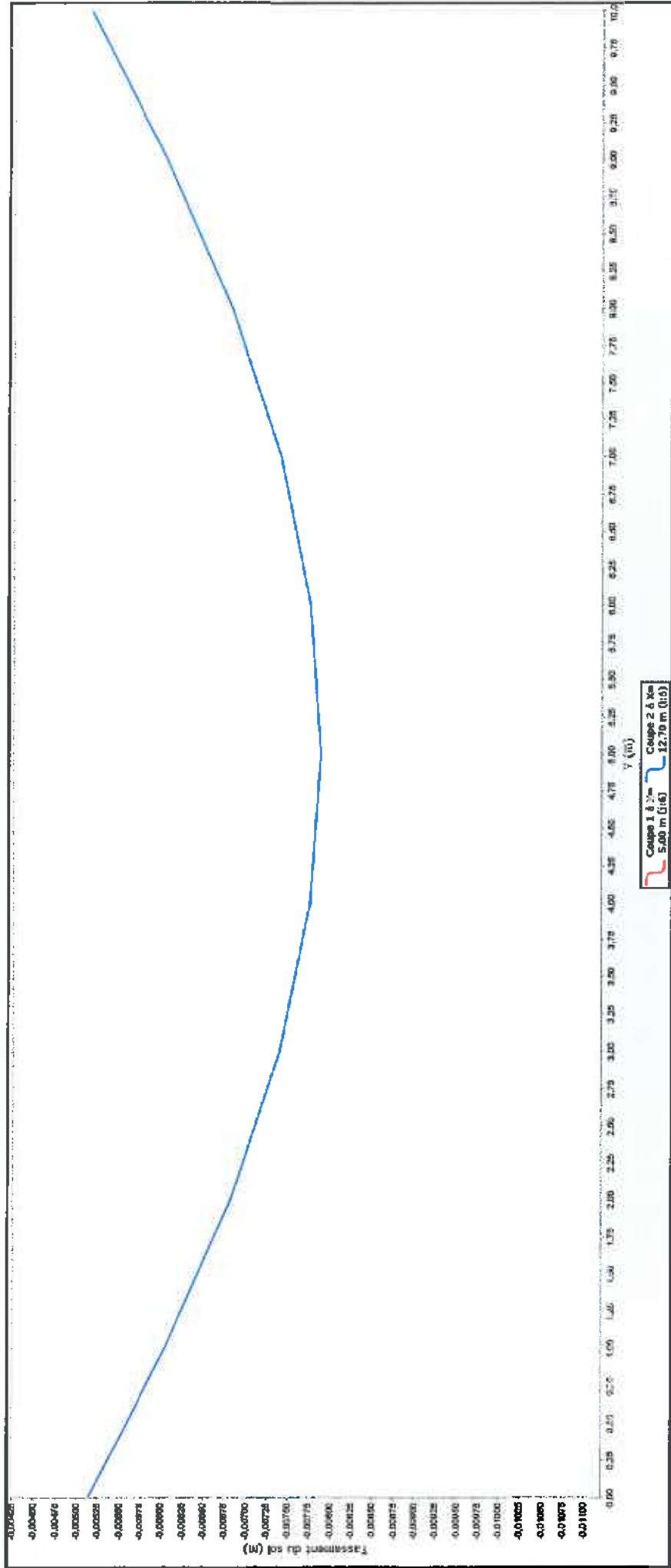
Onglet "Charges ponctuelles"



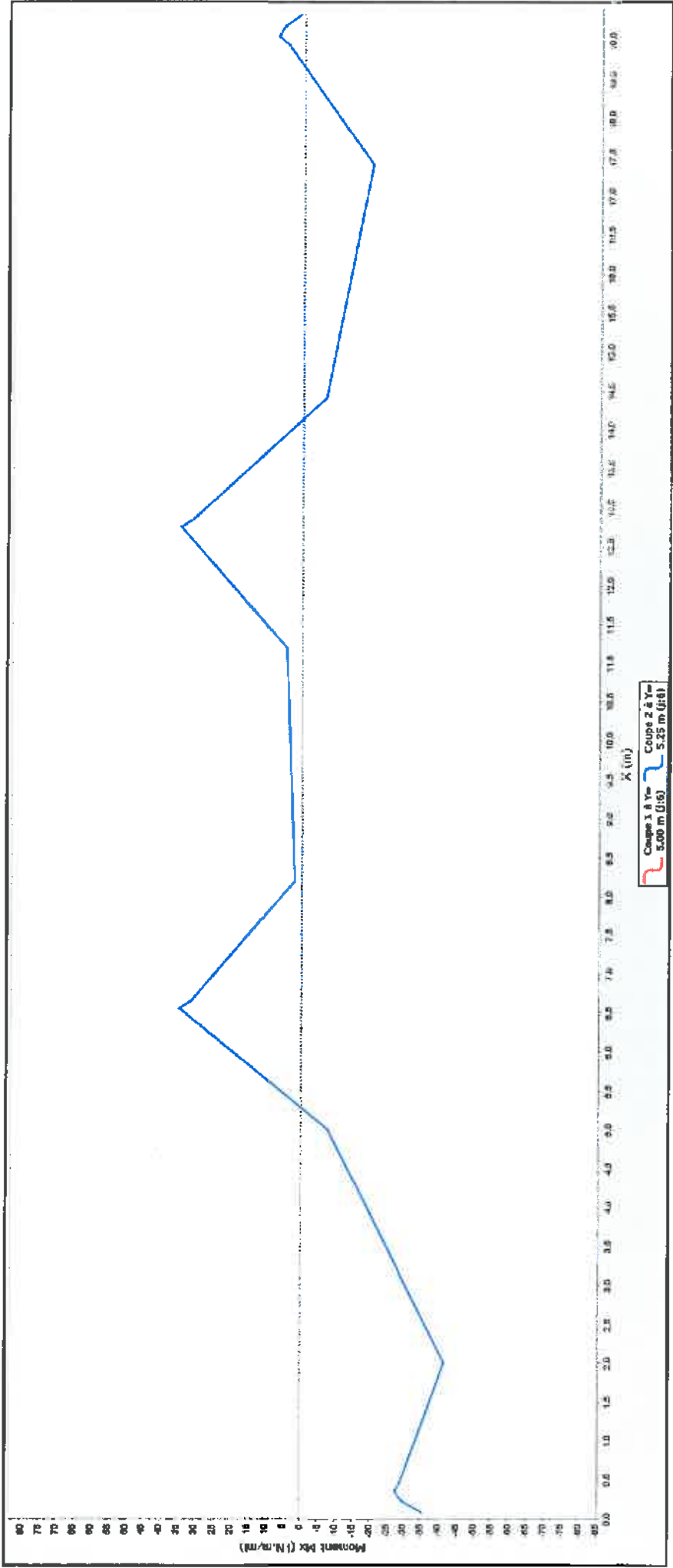
Coupe / Tassement du sol / Y1=5,00 m (j:6) / Y2=5,00 m (j:6)



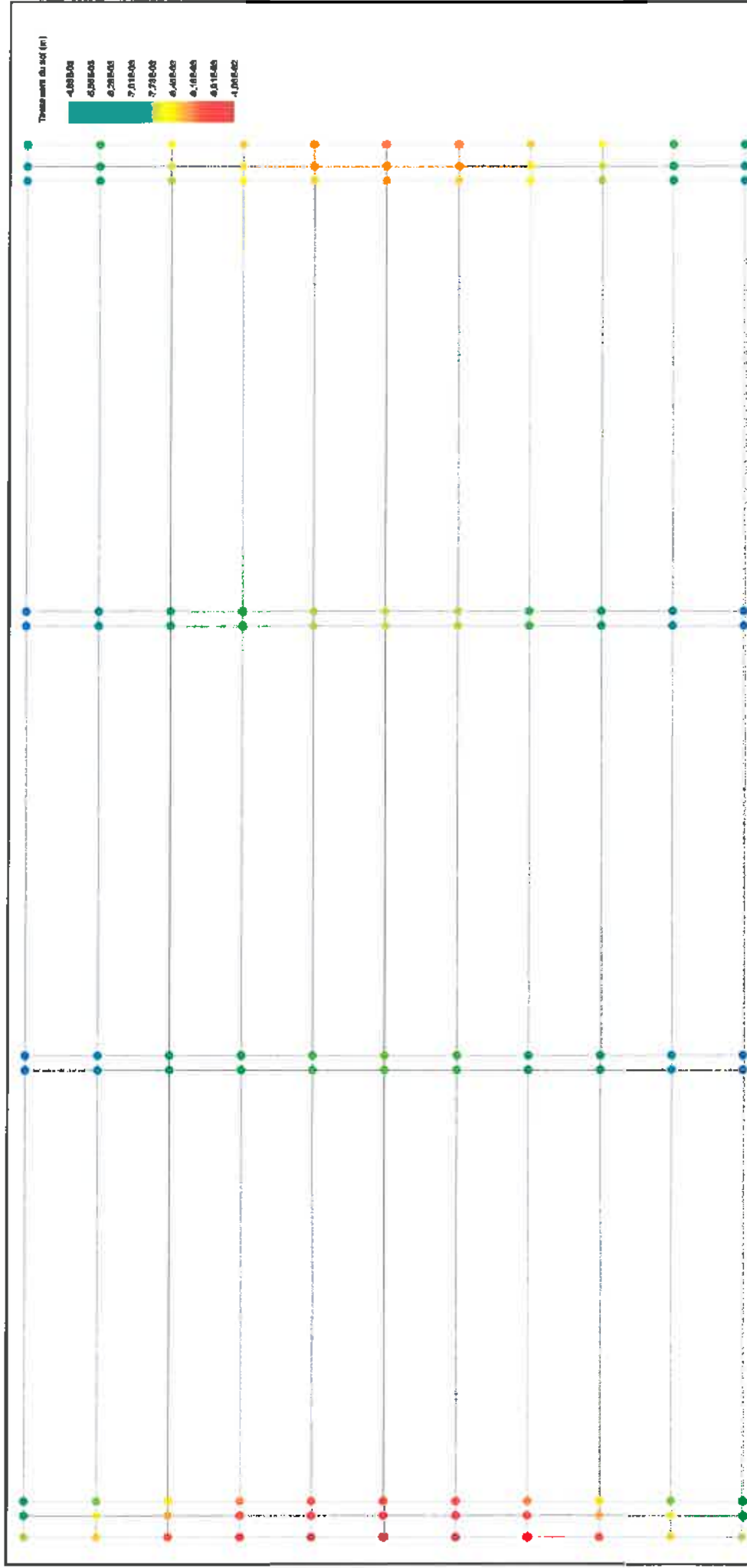
Coupe / Tassement du sol / X1=5,00 m (j:6) / X2=12,70 m (i:6)



Coupe / Moment Mx / Y1=5,00 m (j:6) / Y2=5,25 m (j:6)



Nuage 2D / Tassement du sol



Données

Titre du projet : chaufferie RANGUEIL

Numéro d'affaire : 3100875

Commentaires : Portique, filtres et cheminée

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF.P 94-262

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,25

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 18 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs	0,289	0,354	0,413	0,455
Pondérations combinées sur Qp	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 147,00

Définition des couches de sol

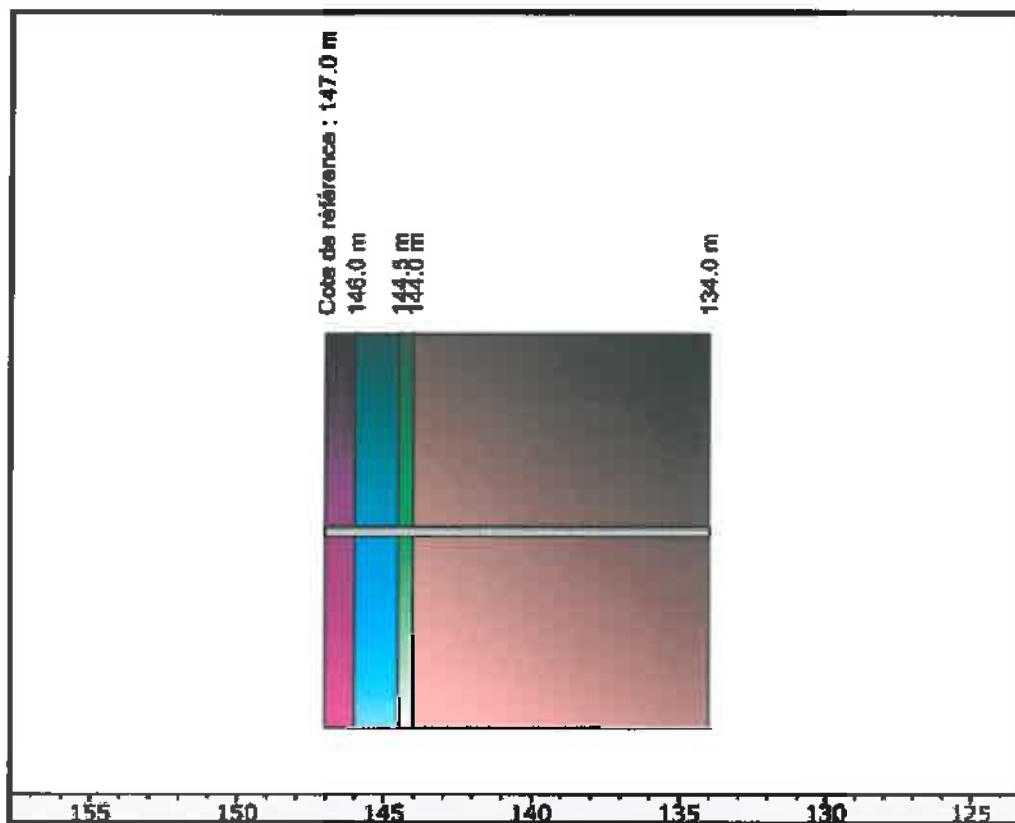
No	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax
1	h0		Sables, graves	148,00	500,00	0,00	0,00
2	h1a		Argile, limons	144,50	500,00	0,00	0,00
3	h1b		Argile, limons	144,00	1500,00	119,52	0,00
4	h2		Marne et calcaire mameux	134,00	3000,00	249,57	0,00

Critère de calcul : Charge Imposée en tête

Charge en tête (kN) : 300,00

Critère appliqué à la combinaison : ELS-QP

Onglet "Calcul"



File : N:\03_ETUDES\Affaires en cours 2016\33_64_75_calculs FOXTA\chaufferie\CHEMINEE MICRO\cheminee micro [FP].resu

Calcul réalisé le : 27/07/2016 à 16h22
par : ECR ENVIRONNEMENT

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite p_l^* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.289	0.354	0.413	0.455
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 147.000

Section du pieu : 0.049
Périmètre : 0.785

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	p_l^*	q_{el}	k_{pmin}	k_{pmax}
01	146.00	500.0	0.00	1.00	0.00
02	144.50	500.0	0.00	1.00	0.00
03	144.00	1500.0	119.52	1.00	0.00
04	134.00	3000.0	249.57	1.00	0.00

Pas du calcul : 0.50

 SOLUTION

Calcul à charge imposée : Q = 300.0 vis à vis de la combinaison : ELS-QP

couche	cote	q_{el}	p_{le}	k_p	Q_s	Q_p	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	147.00	0.00	500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	146.50	0.00	500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	146.00	0.00	500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	145.00	0.00	500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	146.00	0.00	500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	145.50	0.00	750.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	145.00	0.00	1375.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	144.50	0.00	2000.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	144.00	0.00	2000.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03	144.50	119.52	2500.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03	144.00	119.52	2625.0	0.000	46.9	0.0	13.6	16.6	19.4	21.4
03	144.00	119.52	2625.0	0.000	46.9	0.0	13.6	16.6	19.4	21.4
04	144.00	249.57	3000.0	0.000	46.9	0.0	13.6	16.6	19.4	21.4
04	143.50	249.57	3000.0	0.000	144.9	0.0	41.9	51.3	59.9	65.9
04	143.00	249.57	3000.0	0.000	242.9	0.0	70.2	86.0	100.3	110.5
04	142.50	249.57	3000.0	0.000	341.0	0.0	98.5	120.7	140.8	155.1
04	142.00	249.57	3000.0	0.000	439.0	0.0	126.9	155.4	181.3	199.7
04	141.50	249.57	3000.0	0.000	537.0	0.0	155.2	190.1	221.8	244.3
04	141.00	249.57	3000.0	0.000	635.0	0.0	183.5	224.8	262.2	288.9
04	140.50	249.57	3000.0	0.000	733.0	0.0	211.8	259.5	302.7	333.5
04	140.00	249.57	3000.0	0.000	831.0	0.0	240.2	294.2	343.2	378.1

04	139.50	249.57	3000.0	0.000	929.0	0.0	268.5	328.9	383.7	422.7
04	139.00	249.57	3000.0	0.000	1027.0	0.0	296.8	363.6	424.1	467.3
04	138.94	249.57	3000.0	0.000	1038.1	0.0	300.0	367.5	428.7	472.3