

**AGENCE PARIS-ILE-DE-FRANCE**  
59, rue du Faubourg Saint Antoine  
75 011 PARIS  
Tél. 01 55 07 96 30  
agence.paris.idf@icseo.com

# COURSON-MONTELOUP (91)

Construction d'un lotissement – Etudes des voiries et infiltration

Affaire : 91.190050

## ETUDE GEOTECHNIQUE

N° Affaire		DEPT	ANNEE	N°ORDRE	Obs :		
		<b>91</b>	<b>19</b>	<b>0050</b>			
Version	Date	Nb pages		Révisions	Rédact.	Contrôle	
		Texte	Annexes				
1	05/03/19	16	11	Rapport provisoire (en attente essai d'aptitude au traitement)	CMA	-	RRA
2	11/04/19	18	20	Rapport complet – Mission G2 AVP	KSG	-	RRA

# SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
1.1. GENERALITES	3
1.2. LE PROJET	3
1.3. LE SITE	3
1.4. TOPOGRAPHIE	3
1.5. EXISTANTS ET AVOISINANTS	4
<b>2. MISSION</b>	<b>4</b>
<b>3. RECONNAISSANCE</b>	<b>5</b>
3.1. RECONNAISSANCE IN SITU	5
3.2. ESSAIS EN LABORATOIRE	5
3.3. RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS	5
3.4. HYDROGEOLOGIE	7
3.5. RISQUE SISMIQUE	8
<b>4. ESSAIS D'APTITUDE AU TRAITEMENT</b>	<b>8</b>
<b>5. TERRASSEMENT</b>	<b>9</b>
<b>6. VOIRIES</b>	<b>10</b>
6.1. DONNEES ET HYPOTHESES	10
6.2. PORTANCE DU SOL SUPPORT	10
6.3. COUCHE DE FORME	11
6.4. CORPS DE CHAUSSEE	11
6.5. VERIFICATION AU GEL	11
<b>7. AVIS SUR L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES</b>	<b>12</b>

## CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

## CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (extrait de la norme NF P 94-500)

## ANNEXES

*Le présent rapport comprend 18 pages et 20 pages d'annexe.*



# 1. PRESENTATION DE L'ETUDE

## 1.1. Généralités

Lieu :	<b>COURSON-MONTELOUP (91)</b>
Adresse :	Rue du parc
Désignation :	Construction d'un lotissement – Etudes des voiries et infiltration
Donneur d'ordre :	<b>FONCIERE Vallée De Chevreuse</b> en la personne de Christelle EMONET commande par chèque du 09/01/2019
Maître d'ouvrage :	FONCIERE Vallée De Chevreuse 20, rue Chesneau 78470 SAINT-REMY-LES-CHEVREUSE
Intervention in situ :	le 4 février 2019

## 1.2. Le Projet

Dans le cadre de cette étude, les documents suivants nous ont été communiqués par FONCIERE Vallée de Chevreuse :

- plan de masse du Projet, échelle 1/500 ;
- plan d'implantation des sondages, échelle 1/500.

D'après ces documents et les renseignements qui nous ont été fournis, le Projet consiste en la construction de voiries et de zones d'infiltrations des eaux pluviales pour un futur lotissement.

## 1.3. Le site

Le terrain étudié se situe rue du parc dans la commune de COURSON-MONTELOUP (91680).

Sa superficie est de l'ordre de 3290 m<sup>2</sup>. Il présente une légère pente vers le Sud.

Le jour de notre intervention, le site était occupé par des bâtiments qui seront démolis pour le Projet, un terrain enherbé, ainsi que des arbres et arbustes.

Les reconnaissances ont été effectuées au droit de l'assiette du Projet dans les secteurs accessibles.

L'implantation des sondages et essais réalisés figure en annexe.

## 1.4. Topographie

En l'absence de plan topographique, nos sondages ont été nivelés par nos soins à partir d'une référence constituée par le seuil du portail prise arbitrairement à la cote 100,00 réf. L'altitude du site au droit de nos reconnaissances oscille entre 99,65 et 100,20 réf.

Nous rappelons que les altitudes données sur nos sondages le sont à titre indicatif. Seul un relevé de la position et de l'altitude des sondages par un géomètre expert pourrait faire foi.



## 1.5. Existants et avoisinants

Le site est actuellement occupé par des bâtiments de type RdC à RdC + Combles sans sous-sol d'après nos photos de chantier et qui seront démolis lors des différentes phases de constructions.

Les Responsables du Projet ne possèdent aucun renseignement quant à la présence de caves ou de vestiges de fondations au droit de ces bâtiments. Il n'est donc pas exclu de rencontrer de tels incidents à l'ouverture du chantier.

Nous rappelons que nous n'avons pas été missionnés pour la reconnaissance de fondations des bâtiments existants qui seront démolis pour le Projet.

## 2. MISSION

Conformément à notre devis référencé 91.190050 du 09/01/2019 qui a reçu l'approbation de notre client, notre mission doit permettre de définir :

### Prestation d'investigations géotechniques

- la nature des différents terrains rencontrés ;
- leurs caractéristiques mécaniques et géométriques ;
- le niveau d'eau relevé dans les sondages ;
- la perméabilité des horizons testés ;

### Etude géotechnique de conception G2

- **Phase Avant-Projet (AVP)**
  - les conditions de réemploi des matériaux ;
  - les recommandations pour les terrassements ;
  - les structures de voiries envisageables ;
  - un avis sur l'infiltration des EP ;
  - les sujétions d'exécution, etc.

La classification des missions géotechniques types (extrait de la norme NF P 94-500-nov. 2013) figure en fin de ce rapport.



### 3. RECONNAISSANCE

#### 3.1. Reconnaissance in situ

Compte tenu du contexte géologique local et de la nature du Projet qui nous a été décrit, le programme de reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage géologique profond** noté SP1 de 3,00 m de profondeur. Il a été réalisé en diamètre 63 mm et a permis :
  - de reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
  - de prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire ;
  - d'effectuer les mesures en forage suivantes :
- **2 essais pressiométriques** répartis dans le forage précédent de façon à définir les caractéristiques mécaniques des différentes couches de sol. Ils ont permis la mesure des paramètres suivants :
  - pression limite (Pl) ;
  - pression de fluage (Pf) ;
  - module pressiométrique (E).
- **4 sondages géologiques à la tarière** notés ST1 à ST4 de 3,00 à 6,00 m de profondeur. Ils ont été réalisés en diamètre 63 mm. Ils ont permis :
  - de reconnaître la nature et l'épaisseur des différentes couches ;
  - de prélever des échantillons remaniés pour d'éventuelles analyses en laboratoire.
- **2 essais d'absorption** permettant de mesurer la perméabilité in situ des terrains rencontrés dans 2 des forages précédents.

#### 3.2. Essais en laboratoire

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés dans les sondages précédents ont fait l'objet d'analyses en laboratoire. Elles ont consisté en :

- **3** identifications GTR 92 complètes (teneur en eau et limites d'Atterberg) ;
- **1** essai d'aptitude au traitement.

#### 3.3. Résultats des sondages et essais

Remarque préliminaire : Les profondeurs des différentes couches sont celles mesurées au droit de nos reconnaissances à partir du terrain naturel (TN) le jour de notre intervention. Des fluctuations parfois importantes et/ou localisées d'origine anthropique ou liées à la nature des dépôts, peuvent apparaître entre ces points.

- 1. Remblais/Terre végétale

L'épaisseur de cet horizon constitué de remblais est d'environ 1,50 m au droit du sondage ST1. Il est constitué de limon sableux brun ocre clair grisâtre à passées gris foncé parfois noir et bleutées à débris de briques.

De la terre végétale a été rencontré au droit des sondages SP1, ST2, ST3 et ST4. L'épaisseur de cet horizon est d'environ 20 à 25 cm.



Le site a fait l'objet d'anciens aménagements. Dans un tel contexte, il est à craindre de rencontrer des vestiges et des ouvrages enterrés ainsi que des irrégularités des sols, remaniés lors des précédentes phases de construction. Notons que les remblais ont essentiellement été rencontrés dans les secteurs des constructions anciennes.

- 2. Limon +/- argileux

Cet horizon constitué de limon +/- argileux brun beige ocre à ocre clair grisâtre à parfois quelques cailloutis a été rencontré jusqu'à 0,70 à 1,50 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de DOURDAN, il s'agit de limons des plateaux.

Les analyses en laboratoire réalisées sur un échantillon prélevé en ST2 entre 0,20 à 1,00 m de profondeur ont donné les résultats suivants :

Sondage N°			ST2
Profondeur de prélèvement			0,20 – 1,00
Teneur en eau	W	%	18,7
Limites d'Atterberg			
<i>Limite de Liquidité</i>	WI	%	26,0
<i>Limite de Plasticité</i>	Wp	%	15,2
<i>Indice de plasticité</i>	Ip	%	10,8
<i>Indice de consistance</i>	Ic		0,67
<b>Classe GTR 92</b>			<b>A1</b>
Essais Proctor + IPI			
	W <sub>OPN</sub>	%	10,5
	pd <sub>OPN</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1,98
	IPI <sub>OPN</sub>		14
	IPI <sub>Wn (18,7%)</sub>		<1

Ce qui classe ces matériaux en A1 selon le GTR 92. Ces matériaux fins sont sensibles aux faibles variations de teneur en eau. Ils se gorgent d'eau en période pluvieuse et peuvent ainsi perdre toute portance.

- 3. Argile plastique +/- marneuse

Cet horizon constitué d'argile plastique bariolée beige ocre blanchâtre, brun clair, orangé, rouille et gris clair verdâtre à granules ferrugineux parfois légèrement marneuse a été rencontré jusqu'à 1,20 à 1,80 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de DOURDAN, il s'agit de colluvions.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

<i>Module pressiométrique E</i>	(MPa)	0,9
<i>Pression de Fluage Pf</i>	(MPa)	0,12
<i>Pression Limite Pl</i>	(MPa)	0,20



Les analyses en laboratoire réalisées sur un échantillon prélevé en ST4 entre 0,75 et 1,30 m de profondeur ont donné les résultats suivants :

Sondage N°				ST4
Profondeur de prélèvement				0,75 – 1,30
Teneur en eau	W	%	26,9	
Limites d'Atterberg				
<i>Limite de Liquidité</i>	WI	%	56,4	
<i>Limite de Plasticité</i>	Wp	%	23,6	
<i>Indice de plasticité</i>	Ip		32,8	
<i>Indice de consistance</i>	Ic		0,90	
<b>Classe GTR 92</b>				<b>A3h</b>

Ce qui classe ces matériaux en A3h selon le GTR 92. Ces matériaux fins sont sensibles aux faibles variations de teneur en eau. Ils se gorgent d'eau en période pluvieuse et peuvent ainsi perdre toute portance.

Les argiles du site sont réputées plastiques et sujettes aux phénomènes de **retrait gonflement**.

- 4. Marne +/- argileuse/Argile plastique

Cet horizon constitué d'argile plastique marneuse bariolée beige, ocre jaune, bleuté et verdâtre parfois à passées légèrement sableuses vert pâle, parfois à cailloutis et de marne +/- altérée argileuse beige ocre à passées grisâtres à verdâtre a été rencontré jusqu'à l'arrêt des sondages entre 3,00 à 6,00 m de profondeur. D'après la carte géologique au 1/50 000 de DOURDAN, il s'agit des formations du Ludien et Sannoisien indifférenciés.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sont résumées ci-après :

<i>Module pressiométrique E</i>	(MPa)	5,7
<i>Pression de Fluage Pf</i>	(MPa)	0,57
<i>Pression Limite Pl</i>	(MPa)	0,93

Les analyses en laboratoire réalisées sur un échantillon prélevé en SP1 entre 1,20 et 3,00 m de profondeur ont donné les résultats suivants :

Sondage N°				SP1
Profondeur de prélèvement				1,20 – 3,00
Teneur en eau	W	%	23,1	
Limites d'Atterberg				
<i>Limite de Liquidité</i>	WI	%	39,8	
<i>Limite de Plasticité</i>	Wp	%	19,6	
<i>Indice de plasticité</i>	Ip		20,2	
<i>Indice de consistance</i>	Ic		0,83	
<b>Classe GTR 92</b>				<b>A2th</b>

Ce qui classe ces matériaux en A2th selon le GTR 92. Ces matériaux fins sont sensibles aux faibles variations de teneur en eau. Ils se gorgent d'eau en période pluvieuse et peuvent ainsi perdre toute portance.

Les argiles du site sont réputées plastiques et sujettes aux phénomènes de **retrait gonflement**.

### 3.4. Hydrogéologie



Lors de notre intervention des arrivées d'eau ont été rencontrées au droit de nos sondages aux profondeurs et cotes suivantes :

Sondage N°	Profondeur/TN (m)	Cote réf du niveau observé
SP1	1,50	98,50
ST1	0,30	99,60
ST3	0,90	99,00
ST4	1,10	98,55

Les niveaux d'eau rappelés ci-dessus ne sont représentatifs de la nappe qu'au jour de la mesure. Ils ne permettent pas de juger des circulations d'eau qui pourront se produire en période pluvieuse.

Ces niveaux d'eau ont été mis en évidence à faible profondeur dans les limons superficiels. Ceux-ci sont relativement plus perméables que les argiles et marnes sous-jacentes quasi-imperméables.

Il appartient aux Responsables du Projet de mener les enquêtes nécessaires à la détermination du niveau des plus hautes eaux connues. Selon les conclusions de cette enquête il pourra être nécessaire de modifier tout ou partie de notre étude.

### 3.5. Risque sismique

Le territoire de la commune de COURSON-MONTELOUP est situé en zone de sismicité 1 d'après le décret du 22 octobre 2010.

## 4. ESSAIS D'APTITUDE AU TRAITEMENT

Dans le cadre d'une réutilisation des matériaux existants ou de l'amélioration de PST, nous avons procédé à la réalisation de d'essais d'aptitude au traitement en suivant la norme NF P94.100.

Un essai d'aptitude au traitement à la chaux vive seule et un essai à la chaux associée avec le liant CPJ 32,5 en suivant la norme NF P94-100 ont été réalisés.

Pour cette étude, nous avons retenu ce liant pour partir sur une base concrète. De nombreuses autres sociétés (Calcia, Holcim, Vicat, ...) produisent aussi des liants hydrauliques qui auraient pu tout à fait convenir.

Le tableau suivant reprend les matériaux testés et les sondages ayant servis aux essais.

Sondages	ST2
Profondeur	0,20 – 1,00 m
Matériaux	Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre
Classe GTR	A <sub>1</sub> th





Le tableau suivant synthétise les données obtenues après réalisation des essais d'aptitude.

Matériaux	Mélange d'argile limoneuse brun beige ocre orangé	
Dosage du traitement	3% de chaux	0,5% de chaux 5% de CPJ 32,5
Gonflement volumique à 7 j ( $G_{v7j}$ %)	1,07	1,33
<b>Résistance en compression diamétrale (<math>R_{tb}</math>)</b>		
$R_{tb\text{ moyen}}$ (MPa)	-*	0,14
<b>Essais CBR immergé</b>		
I.CBR 96h	19,8	84,4
I.CBR/IPI	1,4	6,0
Aptitude du matériau au traitement	<b>Adapté</b>	<b>Douteux</b>

\* paramètre non considéré pour un traitement à la chaux seule

On se reportera aux annexes pour retrouver l'ensemble des données qui ont permis d'établir cette synthèse.

Selon la norme NF P94.100, pour qu'un sol soit apte au traitement, il faut que les indices de gonflement ( $G_{v7j}$ ) soient inférieurs à 5% et les indices  $R_{tb}$  soient supérieurs à 0,20 MPa.

Selon le GTS (Guide technique de traitement des sols à la chaux et/ou liants hydrauliques) guide SETRA – LCPC de janvier 2000 dans le cadre strict d'une amélioration de PST (Partie Supérieure de Terrassement) il est possible de se limiter à la seule observation des indices de gonflement ( $G_{v7j}$ ) issus des essais d'aptitude au traitement. En revanche l'intérêt de procéder à un traitement du fond de forme est obtenu uniquement si les valeurs d'IPI et d'I-CBR obtenues sur les matériaux traités vérifient les conditions décrites dans le tableau suivant :

	Classe GTR des sols		
	$A_1 - C_i A_1$	$B_5 - C_i B_5$	$A_3 - C_i A_3$
Objectifs d'IPI à atteindre sur le matériau traité	12 à 24	15 à 30	6 à 12
Objectifs d'I-CBR/IPI à atteindre sur le matériau traité	> 2	> 1	> 1

**Au vu des essais réalisés, les matériaux limono-argileux seraient aptes au traitement seulement pour une amélioration de PST. Cette amélioration est envisageable seulement dans le cas de matériaux se trouvant en phase chantier dans un état hydrique plus faible que celui rencontré le jour de notre intervention (th).**

## 5. TERRASSEMENT

La terre végétale pourra être réutilisée pour les aménagements paysagers.

L'extraction des terrains superficiels limoneux et argileux pourra être réalisée par les moyens traditionnels.

En revanche, l'utilisation de matériels d'extraction de forte puissance et de moyens spécifiques (BRH par exemple...) pourra être nécessaire au sein des remblais et dans les secteurs à blocs.



Des dispositions spécifiques devront être prises pour assurer la mise au sec du fond de fouille (drainage, fossé, pompage, etc.), ainsi que la stabilité des talus provisoires (soutènement, pente des talus).

## 6. VOIRIES

Le Projet prévoit la création de voiries de desserte au sein du lotissement.

### 6.1. Données et hypothèses

La classe de trafic ne nous a pas été communiquée, nous prendrons donc pour la suite les hypothèses ci-après, issues du Catalogue des Structures Types de Chaussées Neuves – SETRA et LCPC – édition 1998.

- classe de trafic : **TC1** (0 et 25 PL/jour maximum) ;
- durée de service : **10 ans** ;
- taux de croissance annuel : **0 %**.

### 6.2. Portance du sol support

Après décapage de la terre végétale, des remblais et de la frange altérée des terrains qui comprend tous les limons et colluvions en période défavorable, les reconnaissances de terrain et les analyses de laboratoire permettent de classer la PST en PST1 et l'arase en AR1 ( $EV2 \geq 20$  MPa) **dans des conditions climatiques favorables**.

Cette classe ne pourra être maintenue que moyennant un drainage efficace de l'arase.

En fonction de la portance du fond de forme en phase chantier, il pourra être nécessaire de réaliser un blocage du fond de forme avant le montage de la couche de forme.

**En période climatique défavorable et/ou pour des matériaux en état hydrique trop élevé**, le sol support sera classé en PST0-AR0. Si cet état est rencontré en phase chantier, le fond de forme ne pourra pas accueillir la couche de forme compte tenu de sa faible portance. Nous recommandons alors :

- Soit d'attendre des conditions météorologiques plus favorables ;
- Soit de réaliser un blocage du fond de forme avant le montage de la couche de forme épaisse en GNT afin d'obtenir au minimum un sol support classé en PST1-AR1.

Des essais de plaques permettront éventuellement de revoir cette classe de PST et/ou d'arase.

La portance est fonction des conditions météorologiques, les travaux devront être préférentiellement réalisés par beau temps.

#### Avec traitement des sols et amélioration de la PST :

Une amélioration de la PST en réalisant un traitement à la chaux seule est possible. Cette opération de traitement devra être réalisée sur la formation des limons argileux selon une technique remblai sur 50 cm minimum. La PST sera reclassée en **PST2** et l'arase en **AR1**.



### 6.3. Couche de Forme

Pour obtenir une plateforme homogène de classe **PF2** ( $EV2 \geq 50$  MPa) et pour améliorer la tenue au gel, on pourra mettre en place une couche de forme en matériaux insensibles à l'eau, de classe GTR **D<sub>2</sub>** par exemple, d'une épaisseur minimale de **60 cm avec intercalation d'un géotextile** ou **de 75 cm** par rapport au blocage du fond de forme pour une **PST1-AR1**.

Notons que cette épaisseur peut être ramenée à **50 cm** ou 40 cm avec intercalation d'un géotextile dans le cas d'une amélioration de PST (**PST2-AR2**) par traitement.

Elle sera dans tous les cas mise en place selon la recommandation du GTR 92.

Cette épaisseur pourrait être adaptée dans le cas où une arase de classe différente était rencontrée au moment des travaux.

### 6.4. Corps de chaussée

On pourra retenir les principes de structure de chaussée type suivantes, issue du logiciel STRUCT-URB du CERTU :

- couche de surface : **6 cm de béton bitumineux semi-grenu (BBSG)**
- couche de base: **15 cm de GNT de type B et de classe 1 (GNT B1)**

D'autres structures pourront être proposées en variante par les Entreprises en fonction de leur expérience et des matériaux disponibles localement. Dans tous les cas, elles devront respecter les normes et textes en vigueur.

### 6.5. Vérification au gel

Les structures de chaussée ci-dessus présentent les indices de gel admissibles suivantes :

- Pour une structure de voirie reposant sur une couche de forme de 60 cm en GNT avec intercalation d'un géotextile reposant sur une PST n'ayant pas été traitée : **IA<sub>60 cm</sub> = 147 °C.jour** ;
- Pour une structure de voirie reposant sur une couche de forme de 50 cm en GNT reposant sur une PST ayant été traitée : **IA<sub>50 cm</sub> = 109 °C.jour**.

Dans le secteur de l'étude, les indices de gel de référence à retenir sont ceux de la station météorologique de MELUN (77) avec :

MELUN (77)	notation	Indice de gel de Référence IR en °C.j
hiver courant	IR <sub>C</sub>	<b>50</b>
hiver rigoureux non exceptionnels	IR	<b>90</b>
hiver exceptionnel	IR <sub>EX</sub>	<b>185</b>

On a  $IA > IR$ , **la tenue au gel de la structure présentée ci-dessus est donc vérifiée pour les hivers rigoureux non exceptionnels** dans le cas d'une couche de forme non traitée de 60 cm et dans le cas d'une couche de forme traitée de 50 cm. Pour un niveau de protection au gel/dégel supérieur, il conviendra, par exemple, d'augmenter l'épaisseur de couche de forme.



## 7. AVIS SUR L'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES

Des essais d'absorption ont été réalisés in-situ dans deux de nos sondages et ont permis de mesurer les valeurs de perméabilité suivantes :

	ST3	ST4
Profondeur de l'essai en m	0,30 – 0,50	0,30 – 0,60
Nature des terrains testés	Limon argileux	Limon +/- argileux
Perméabilité en m/s	$< 10^{-7}$ *	$2 \cdot 10^{-7}$

\* arrivées d'eau superficielle lors de la réalisation de l'essai

Nous rappelons que les valeurs de perméabilité ne sont valables qu'au droit et à la profondeur des mesures. Nous attirons donc l'attention des Responsables du Projet sur l'interprétation qui pourrait en être faite sans l'avis d'un hydrogéologue.

Les fiches descriptives des essais sont présentées en annexe.

La valeur de perméabilité mesurée dans l'horizon superficiel limono-argileux du sondage ST3 est très faible, inférieure à  $10^{-7}$  m/s. Les circulations d'eau mises en évidence dans ce sondage renforcent les difficultés d'infiltration de l'eau.

L'essai d'absorption réalisé dans le sondage ST4 reste cependant faible, de l'ordre de  $10^{-7}$  m/s et est incompatible avec un projet d'infiltration des eaux pluviales sur la parcelle.

La perméabilité des horizons argilo-marneux sous-jacents n'a pas été testée mais ceux-ci sont réputés quasi-imperméables, comme en témoignent les nombreuses circulations d'eau qui ont été observées au toit de ces horizons à la faveur des horizons limoneux légèrement plus perméables.

L'engorgement fréquent des horizons limoneux superficiels est mis en évidence par le biais de traces d'hydromorphie. La présence d'eau à faible profondeur accentue les difficultés d'infiltration dans le sol.

Par ailleurs, rappelons que d'un point de vue qualitatif, l'injection des eaux de ruissellement directement dans la nappe est proscrite. Il est généralement recommandé de conserver une hauteur minimale de 1 m entre le niveau haut de la nappe et le fond des ouvrages d'infiltration.

Par conséquent, compte tenu du contexte hydrogéologique, la solution d'infiltrer les eaux pluviales du projet ne nous semble pas envisageable étant donné les caractéristiques des terrains rencontrés. Il conviendrait d'envisager une collecte de l'ensemble des eaux de ruissellement et leur rejet dans un exutoire superficiel, tel que le réseau d'eaux pluviales de la rue, à un débit adapté à la capacité du milieu récepteur.

La limitation du débit de rejet impose la création d'une rétention temporaire sur le site, afin d'écarter les eaux lors des épisodes pluvieux.

Enfin, il appartiendra aux responsables du projet d'obtenir les autorisations nécessaires pour ce rejet.



Ce rapport correspond à la mission G2 phase AVP (étude géotechnique de conception – phase Avant-Projet) qui nous a été confiée pour cette affaire.



Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport sont destinés à appréhender les sujétions techniques et ne sont en aucun cas un dimensionnement du Projet.

Selon l'enchaînement des missions géotechniques au sens de la norme NFP 94-500, le présent rapport devra être suivi de la mission G2 (étude géotechnique de Projet).

Fait à Paris, le 11 avril 2019

K. SEYBOU GATI  
Ingénieur géotechnicien

A. ALBERTINI  
Gérant



# CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES ET D'UTILISATION DU PRESENT DOCUMENT

(version du 12/12/2013)

## 1. Cadre de la mission

ICSEO BUREAU D'ETUDES n'est tenu qu'à une obligation de moyens et ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats. Les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature.

Par référence à la Classification des Missions Géotechniques types extraite de la norme NF P 94-500 (30/11/2013), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- une mission confiée à ICSEO BUREAU D'ETUDES peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- la prestation d'investigations géotechniques (PIG) engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- une mission d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3 ou diagnostic) exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- une étude géotechnique de conception (G2) engage notre société en tant qu'assistant technique à la Maîtrise d'Œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique, objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

## 2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis éventuellement en évidence lors de l'exécution (par exemple, failles, remblais anciens ou récents, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc.), n'ayant pu être détectés au cours de nos opérations de reconnaissance et pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport (en partie ou en totalité), doivent immédiatement être signalés à ICSEO BUREAU D'ETUDES pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions géotechniques complémentaires.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

Il est vivement conseillé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par ICSEO BUREAU D'ETUDES lorsque notre société est chargée d'une mission de supervision géotechnique d'exécution des travaux de fondations (G4). Cette visite, pour laquelle un compte-rendu sera rédigé, a pour objet principal de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude.



### 3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par ICSEO BUREAU D'ETUDES. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

ICSEO BUREAU D'ETUDES ne pourrait être rendu responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, ICSEO BUREAU D'ETUDES a été amené dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à ICSEO BUREAU D'ETUDES sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à ICSEO BUREAU D'ETUDES d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.

Pour ces raisons notamment, et sauf stipulation contraire explicite de la part d'ICSEO BUREAU D'ETUDES, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité d'ICSEO BUREAU D'ETUDES. Une mission d'étude géotechnique de projet (G2) minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.

Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (*cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou 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. Ces altitudes (en Z) pourront être garanties par un Géomètre Expert, lors d'un relevé. Il en est de même pour l'implantation (en X et Y) des sondages sur le terrain.

ICSEO BUREAU D'ETUDES se réserve le droit d'utilisation de l'étude de sol en question jusqu'à son paiement intégral du, aux termes de la commande ou du contrat, conformément à la loi 80335 du 12 mai 1980. La simple remise de traites ou de titres créant obligation de paiement ne constitue pas un paiement. Tant que l'étude n'est pas totalement payée par le client, celle-ci restera propriété d'ICSEO BUREAU D'ETUDES et ne pourra en aucun cas être utilisée par un tiers.

### 4. Clauses de responsabilité et assurances dans un contrat d'ingénierie géotechnique

Les clauses ci-dessous résultent de l'observation des meilleures pratiques des contrats d'ingénierie géotechnique. Elles sont recommandées par SYNTEC-INGENIERIE, et en particulier par le Comité Géotechnique qui regroupe les professionnels de la géotechnique.

#### **Répartition des risques et responsabilités autres que la responsabilité décennale soumise à obligation d'assurance.**

Le prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.

A ce titre, le prestataire est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable.

Le prestataire sera garanti en totalité par le client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont le prestataire serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses.

La responsabilité globale et cumulée du prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée au montant des garanties délivrées par son assureur, dont le client reconnaît avoir eu connaissance, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quelqu'en soit le fondement juridique.

Il est expressément convenu que le prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, par exemple, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements ainsi que tout dommage indirect etc.



### **Assurance décennale obligatoire.**

Le prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances.

Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'extension de garantie pour les ouvrages dont la valeur € HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 30 M€.

Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, le cas échéant, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'extension de la garantie.

Le client prend également l'engagement, en cas de souscription d'une Police Complémentaire de Groupe (PCG), de faire le nécessaire pour que le prestataire soit mentionné parmi les bénéficiaires de cette garantie de responsabilité de seconde ligne.

En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance.

Le Maître d'Ouvrage devra communiquer à ICSEO BUREAU D'ETUDES la Déclaration Réglementaire d'Ouverture du Chantier (DROC) et faire réactualiser le présent rapport si le chantier est ouvert plus de 2 ans après la date d'établissement de celui-ci. De même il est tenu d'informer ICSEO BUREAU D'ETUDES du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.





## Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique - extrait norme NF P 94-500 du 30/11/13

L'enchaînement des missions contribue à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2 de la norme. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) <b>Phase Etude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) <b>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase Avant-projet (AVP)</b>		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) <b>Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) <b>Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4)</b> <b>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution</b> (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié



## Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### **ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)**

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### **ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. -

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

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

### **ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

#### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

#### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

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

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives:

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

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

#### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

### **DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



## ANNEXES

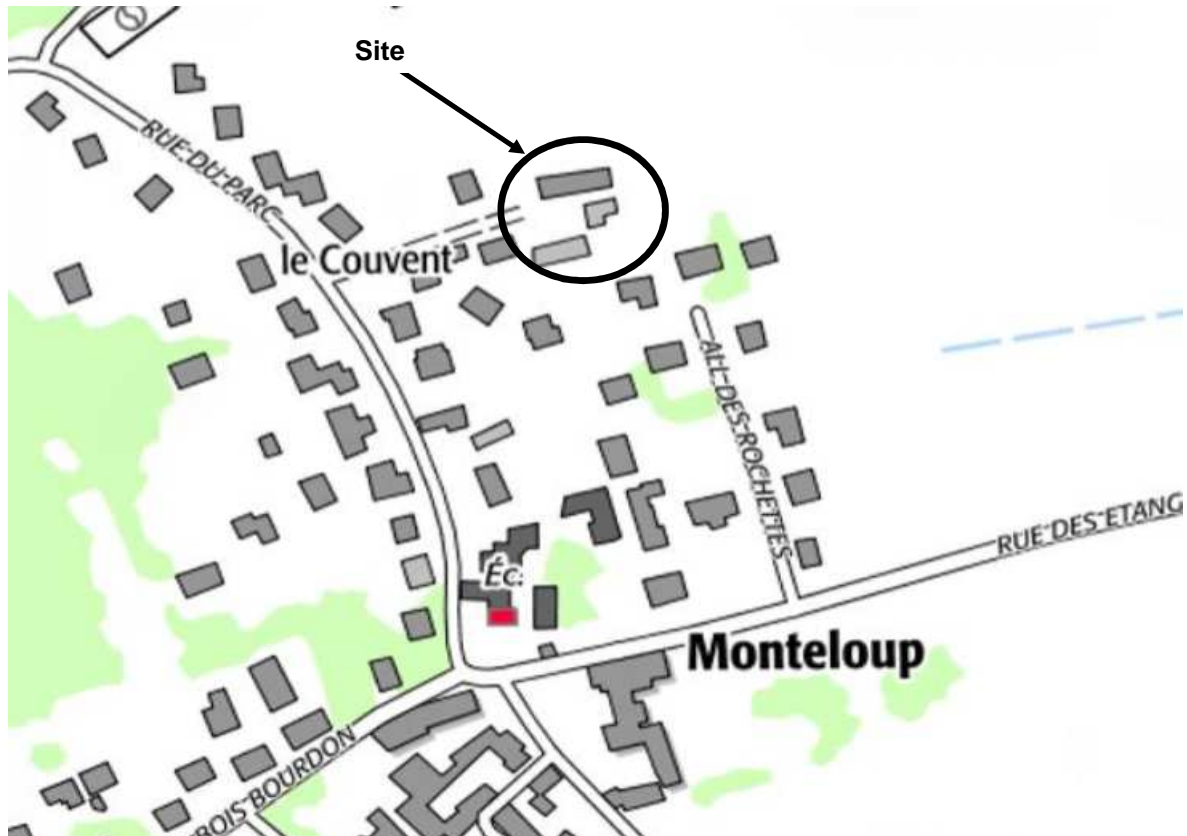
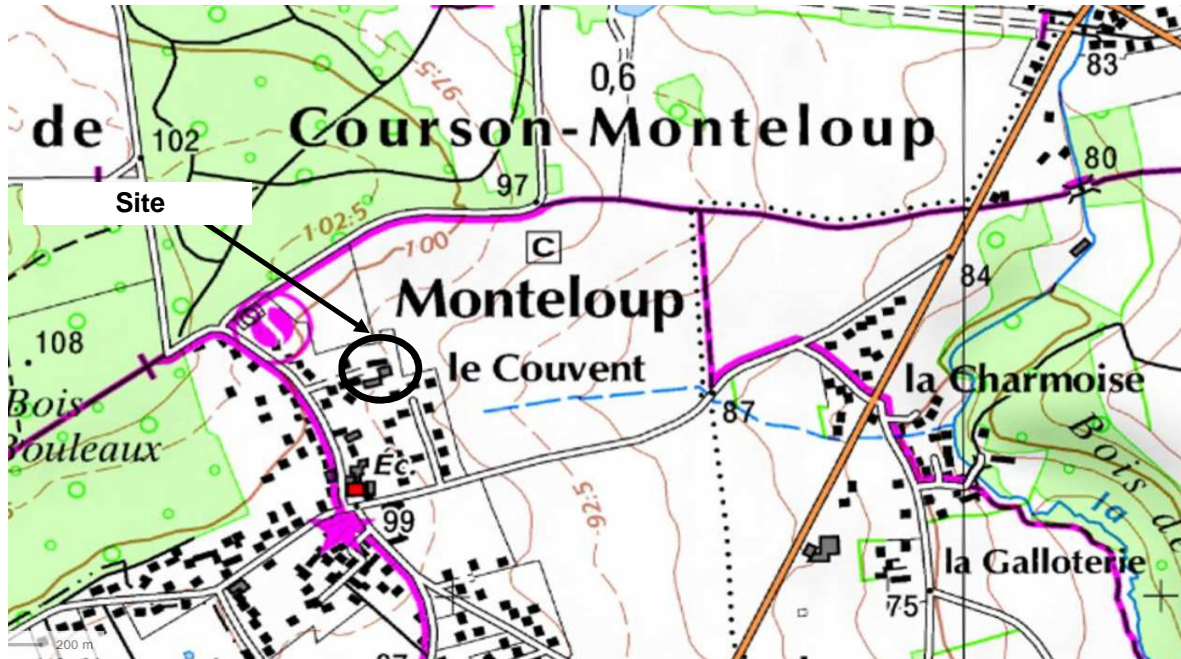
- plan de situation de l'étude
- plan d'implantation des sondages
- sondage pressiométrique
- sondages géologiques
- essais d'eau
- Analyses en laboratoire
- voiries



## PLAN DE SITUATION DE L'ÉTUDE

91.190050 COURSON-MONTELOUP

Construction d'un lotissement - Etudes des  
voiries et infiltration





ST2

TN



Tous sondages  
emploi des sols pour les voiries  
nisations adaptées au contexte géotechnique



## PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

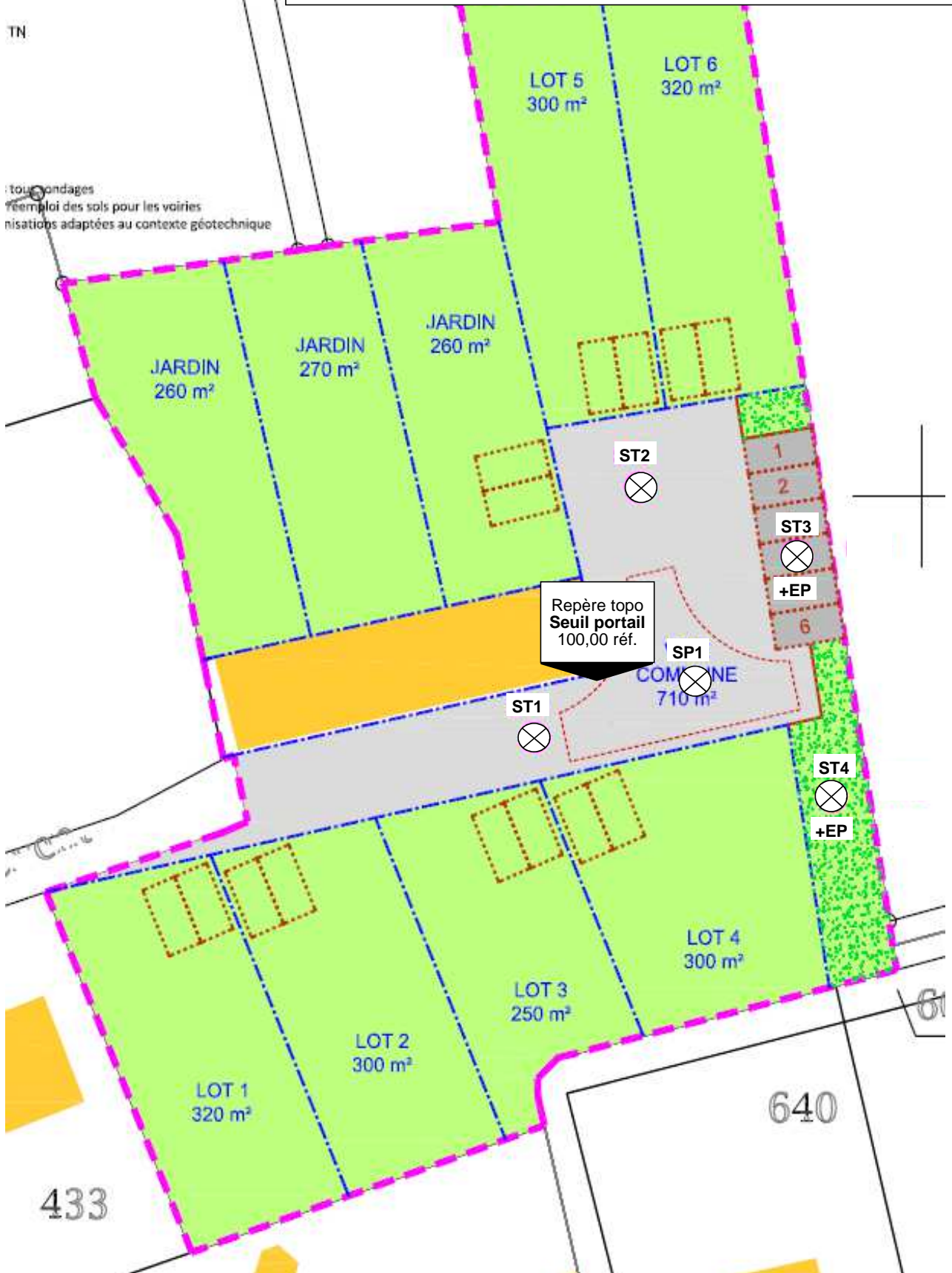
91.190050 COURSON-MONTELOUP

Construction d'un lotissement

-  Sondage pressiométrique
-  Sondage géologique
- EP Essai de perméabilité

Echelle 1/400

0 4 8 12 m





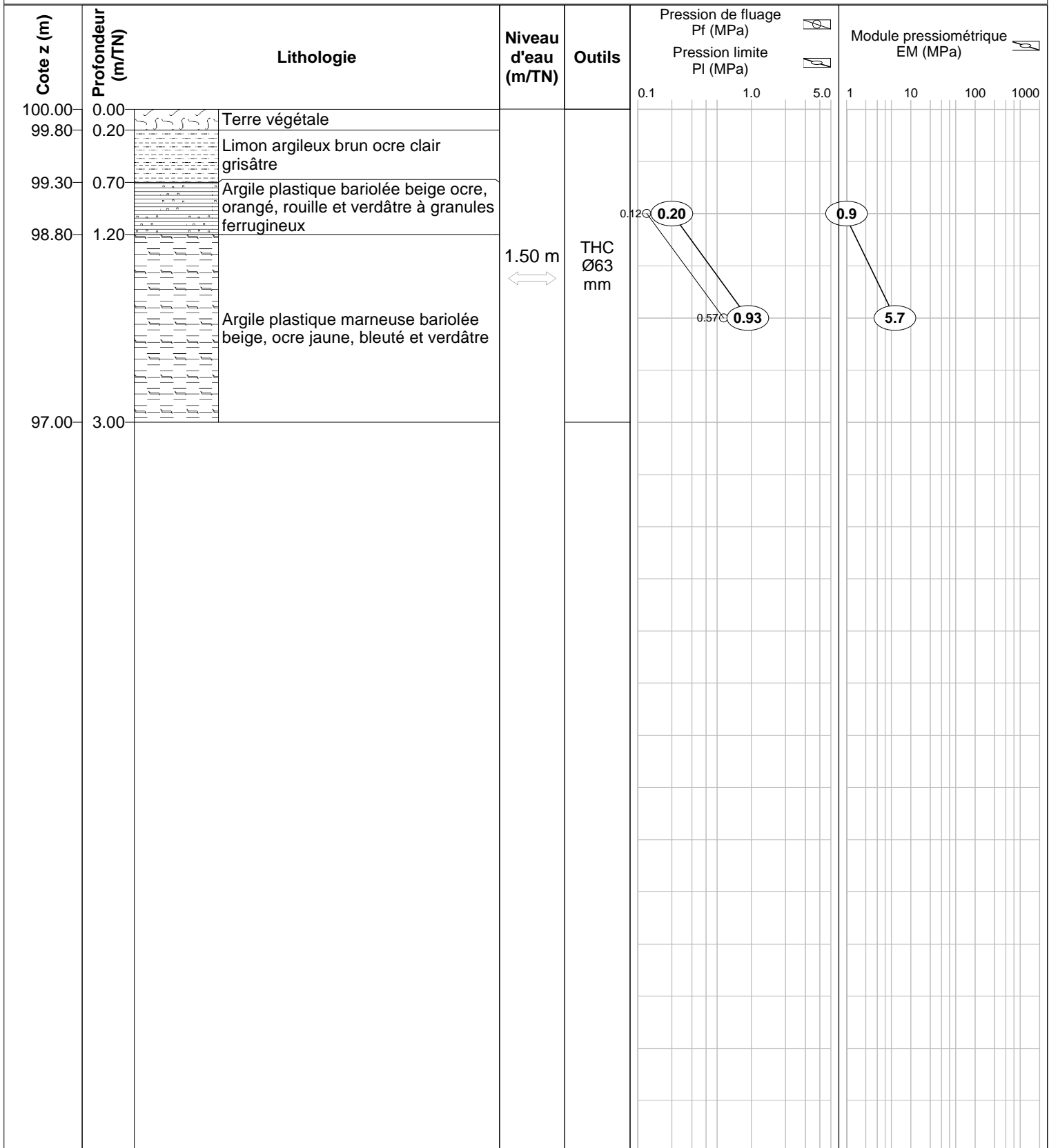
# Forage : SP1

Sondage Pressiométrique  
NF P 94-110-1

Dossier : **COURSON-MONTELOUP**  
Construction d'un lotissement  
Affaire : **91.190050**

X :  
Y :  
Z : **100,00 m Réf.**  
Date : **04/02/2019**  
Echelle : **1 / 50**  
Page : **1 / 1**

EFR



Observation :




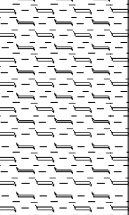
Forage : **ST1**

Dossier : **COURSON-MONTELOUP**  
Construction d'un lotissement  
Affaire : **91.190050**

X :  
Y :  
Z : **99,90 m** Réf.

Date : **05/02/2019**  
Echelle : **1 / 50**  
Page : **1 / 1**

EFR

cote z (m)	profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outils	Perm (m/s)	Remarque
99.90	0.00	R R R R R R R R R R R R Remblai : limon sableux brun ocre clair grisâtre à passées gris foncé et bleutées à débris de briques	0.30 	THC Ø63 mm		
99.15	0.75					
98.40	1.50	R R R R  Marne argileuse plastique beige blanchâtre à passées verdâtres				
96.90	3.00					

Observation :



# Forage : ST2

Dossier : **COURSON-MONTELOUP**  
 Construction d'un lotissement  
 Affaire : **91.190050**

X :  
 Y :  
 Z : **100,20 m Réf.**

Date : **05/02/2019**  
 Echelle : **1 / 50**  
 Page : **1 / 1**

EFR

cote z (m)	profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outils	Perm (m/s)	Remarque
100.20	0.00	Terre végétale	Sec le 05/02/2019	THC Ø63 mm		
100.00	0.20	Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre				
99.20	1.00	Argile limoneuse brun jaune clair à ocre jaune à cailloutis				
98.70	1.50	Marne altérée ± argileuse beige jaune				
98.20	2.00	Marne beige ocre à beige				
97.60	2.60	Argile extrêmement plastique légèrement marneuse vert clair				
97.20	3.00					

Observation :





# Forage : ST3

Dossier : **COURSON-MONTELOUP**  
 Construction d'un lotissement  
 Affaire : **91.190050**

X :  
 Y :  
 Z : **99,90 m** Réf.  
 Date : **04/02/2019**  
 Echelle : **1 / 50**  
 Page : **1 / 1**

EFR

cote z (m)	profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outils	Perm (m/s)	Remarque
99.90	0.00	Terre végétale	0.90	THC Ø63 mm		
99.65	0.25	Limon argileux brun beige ocre grisâtre				
99.00	0.90	Marne altérée argileuse beige à passées grisâtres				
96.90	3.00	Marne légèrement argileuse beige				
94.90	5.00	Argile marneuse beige jaune verdâtre à cailloutis				
93.90	6.00					

Observation :



# Forage : ST4

Dossier : **COURSON-MONTELOUP**  
 Construction d'un lotissement  
 Affaire : **91.190050**

X :  
 Y :  
 Z : **99,65 m** Réf.

Date : **04/02/2019**  
 Echelle : **1 / 50**  
 Page : **1 / 1**

EFR

cote z (m)	profondeur (m/TN)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outils	Perm (m/s)	Remarque
99.65	0.00	Terre végétale	1.10 ↔	THC Ø63 mm		
99.40	0.25	Limon ± argileux brun ocre clair grisâtre				
98.90	0.75	Argile plastique légèrement marneuse bariolée brun clair orangé et gris clair verdâtre à granules ferrugineux				
98.35	1.30	Argile plastique marneuse beige blanchâtre à passées verdâtres et ocre jaune				
97.85	1.80	Argile plastique marneuse vert clair à passées vert d'eau et beige				
96.65	3.00	Argile plastique très légèrement marneuse beige verdâtre à passées légèrement sableuses vert pâle				
94.65	5.00					

Observation :



# Essai Porchet

essais d'absorption en sol sec

PROCES-VERBAL D'ESSAI

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

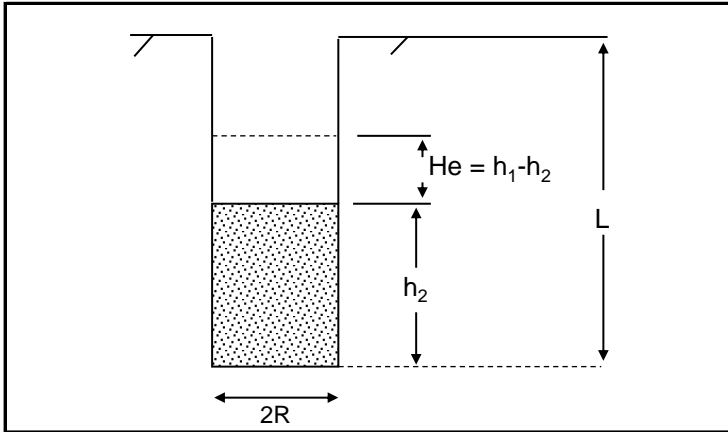
**Affaire :** 91.190050

**Date de l'essai :** 04/02/19

**Sondage :** ST3

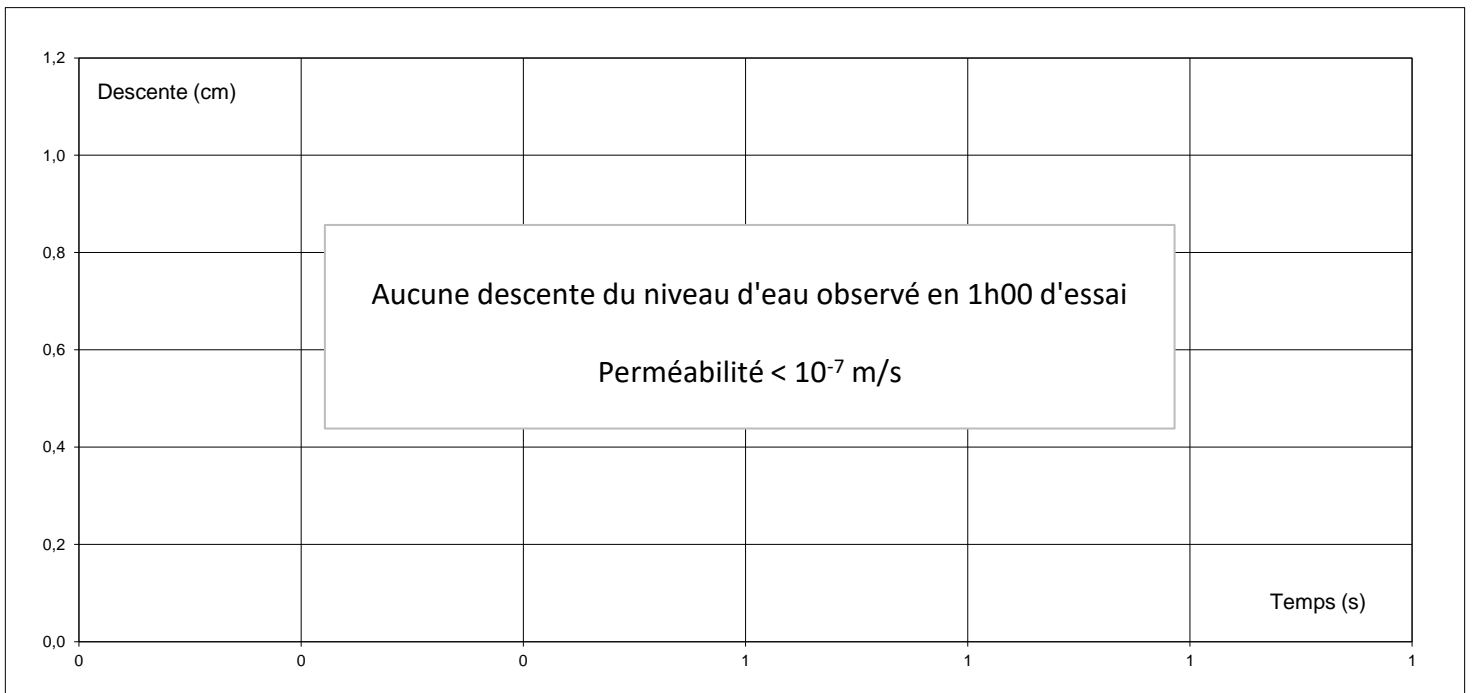
**Profondeur :** 0,30 - 0,50

**Opérateur :** EFR



Niveau piézo. Hp (m)	Longueur du forage L (m)	Diamètre du forage 2R (mm)	Prof. Cavité (m)
-	0,50	63	0,30 - 0,50

t en min							
Q(t)							
He en m							
t en min							
Q(t)							
He en m							
t en min							
Q(t)							
He en m							
t en min							
Q(t)							
He en m							



**PERMEABILITE K =  $< 10^{-7}$  m/s**



# Essai Porchet

essais d'absorption en sol sec

PROCES-VERBAL D'ESSAI

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

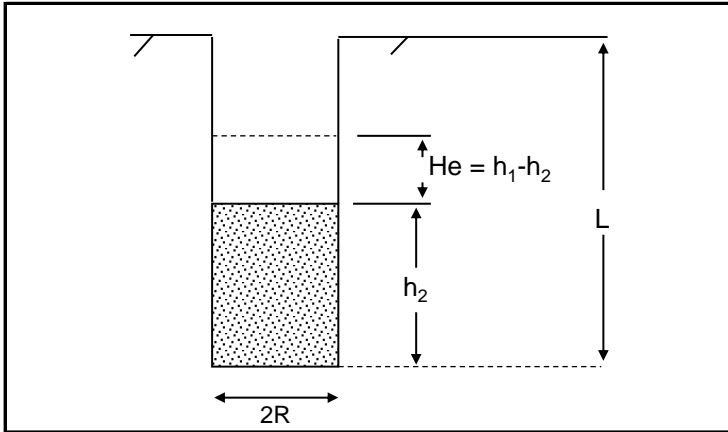
**Affaire :** 91.190050

**Date de l'essai :** 04/02/19

**Sondage :** ST4

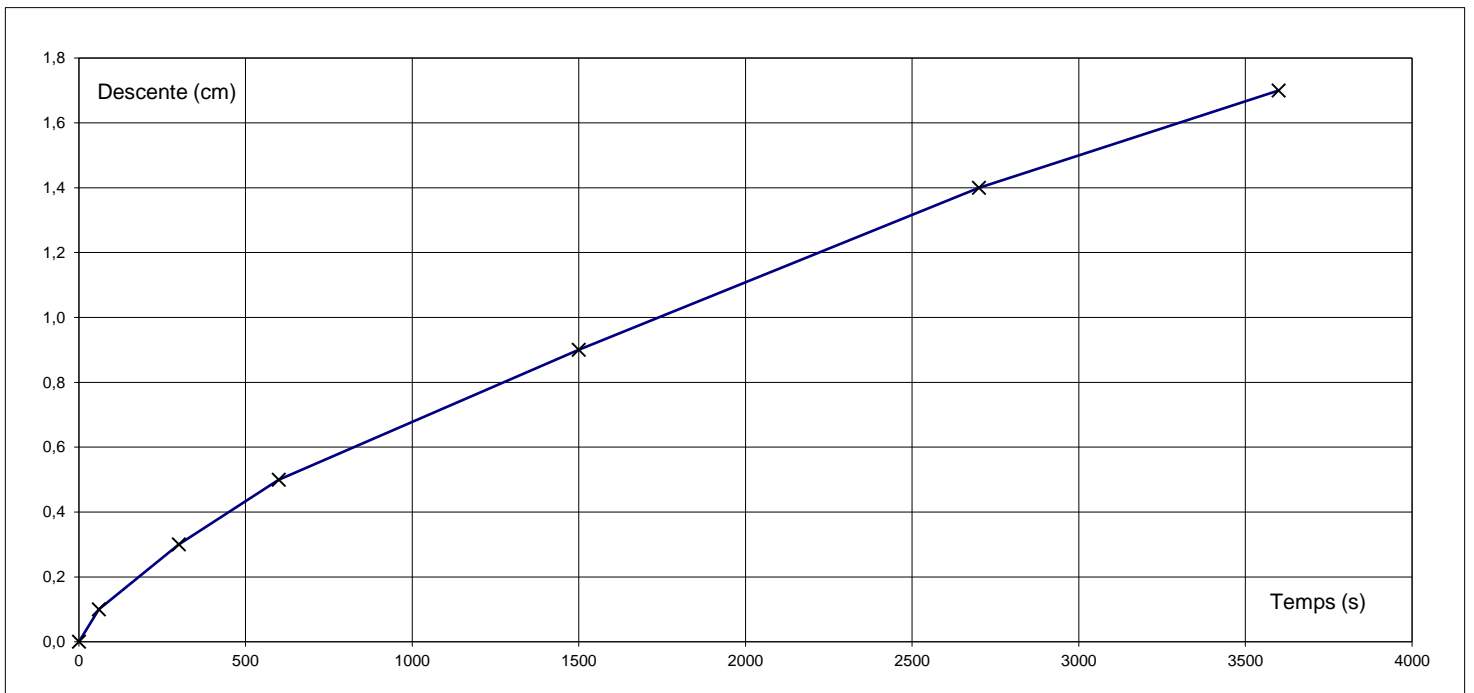
**Profondeur :** 0,30 - 0,60

**Opérateur :** EFR



Niveau piézo. Hp (m)	Longueur du forage L (m)	Diamètre du forage 2R (mm)	Prof. Cavité (m)
-	0,60	63	0,30 - 0,60

t en min	0,0	1,0	5,0	10,0	25,0	45,0	60,0
Q(t)	5,2E-08	2,6E-08	2,1E-08	1,4E-08	1,3E-08	1,0E-08	
He en m	0	0,001	0,003	0,005	0,009	0,014	0,017
t en min							
Q(t)							
He en m							
t en min							
Q(t)							
He en m							
t en min							
Q(t)							
He en m							



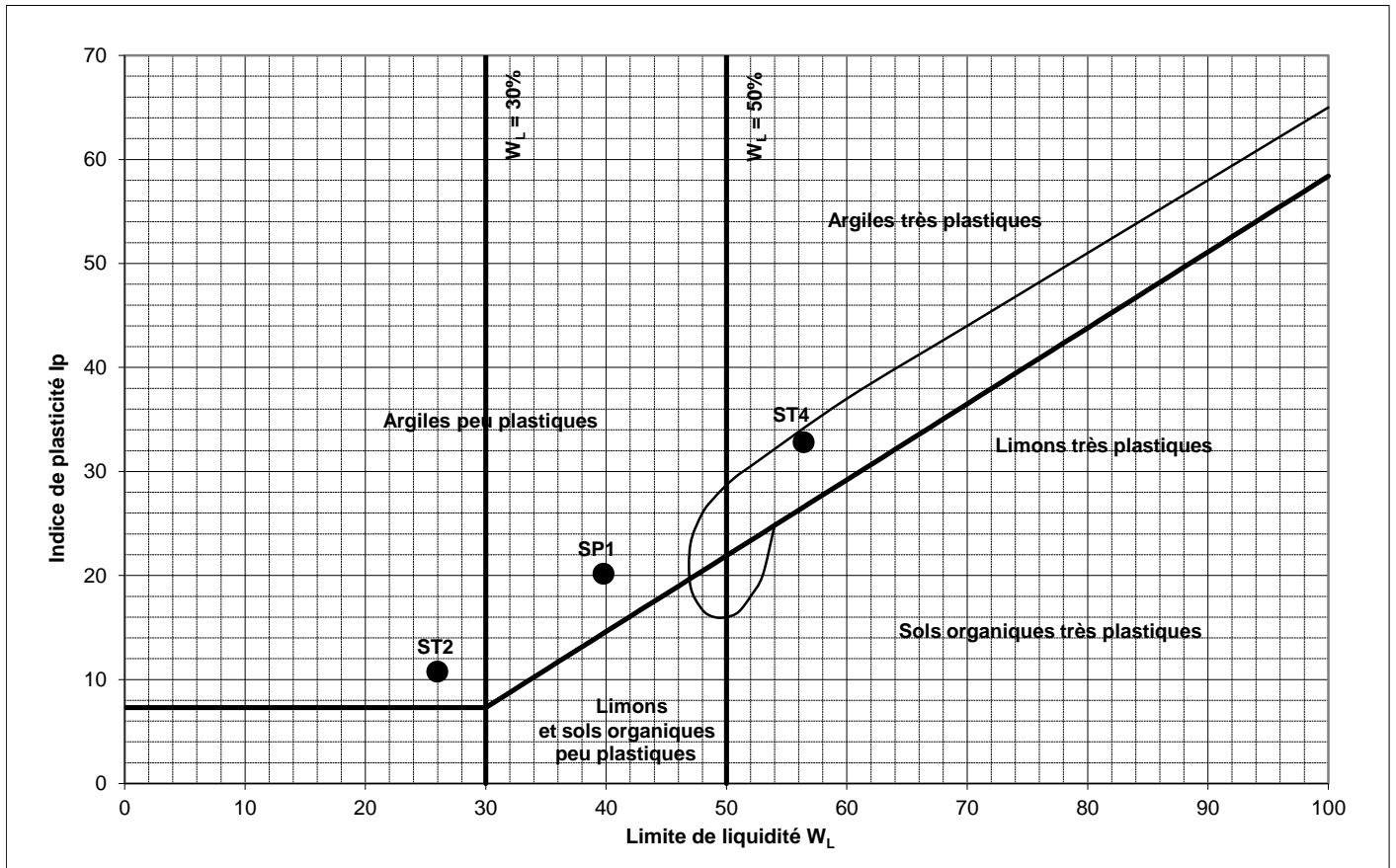
**PERMEABILITE K = 2E-07 m/s**



## Diagramme de Casagrande

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

**Affaire :** 91.190050



Sondage	Profondeur (m)	Nature du terrain	Classe GTR	W (%)	$W_L$ (%)	$W_P$ (%)	$I_p$	$I_c$
SP1	1,20-3,00	Argile plastique marneuse bariolée beige, ocre jaune, bleuté et verdâtre	<b>A<sub>2</sub>th</b>	23,1	39,8	19,6	20,2	0,83
ST2	0,20-1,00	Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre	<b>A<sub>1</sub></b>	18,7	26,0	15,2	10,8	0,67
ST4	0,75-1,30	Argile plastique légèrement marneuse bariolée brun clair orangé, gris clair verdâtre à granules ferrugineux	<b>A<sub>3</sub>h</b>	26,9	56,4	23,6	32,8	0,90



# Compte rendu de l'Essai d'Evaluation de l'Aptitude d'un Sol au traitement

PROCES-VERBAL D'ESSAI  
Norme NF P 94-100

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

**Sondage :** ST2

**Affaire :** 91.190050

**Profondeur :** 0,20-1,00m

**Date :** 06/03/2019

**Opérateur :** ALTR

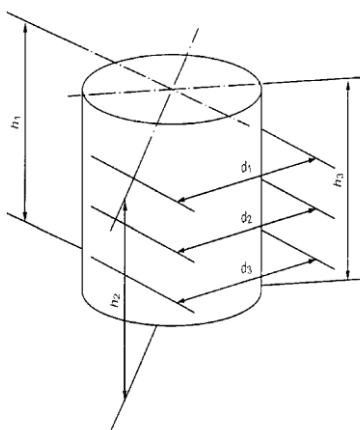
Nature du terrain : Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre

**Définition du Traitement :**

Chaux vive: 3 %

Liant: %

## Détermination du Gonflement Volumique



Eprouvette n°		1	2	3	4
cm	h <sub>1</sub>	5,010	5,003	5,007	5,000
	h <sub>2</sub>	5,006	5,000	5,006	4,996
	h <sub>3</sub>	5,004	5,000	5,007	5,000
	d <sub>1</sub>	5,104	5,076	5,113	5,121
	d <sub>2</sub>	5,095	5,120	5,105	5,110
	d <sub>3</sub>	5,101	5,077	5,125	5,092
cm <sup>3</sup>	V <sub>0</sub>	100,41	100,00	100,69	100,24
	V <sub>0</sub> moyen	100,33			
g	m <sub>1</sub>	109,23	109,23	109,69	108,91
	m <sub>2</sub>	209,64	208,60	210,00	208,07
cm <sup>3</sup>	V <sub>1</sub>	102,02	100,96	101,92	100,75
	V <sub>1</sub> moyen	101,41			
%	G <sub>v 7j</sub>	1,07			

## Détermination de la résistance en compression diamétrale

Eprouvette n°		1	2	3	4
kN	Effort	-	-	-	-
MPa	R <sub>tb</sub>	-	-	-	-
MPa	Moy R <sub>tb</sub>	-			

## Critères de jugement de l'aptitude d'un sol à être traité à la chaux et/ou aux liants hydrauliques

Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique G <sub>v 7j</sub> (%)	Résistance en compression diamétrale R <sub>tb</sub> (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	≥ 0,2
	Douteux	5 ≤ G <sub>v 7j</sub> ≤ 10	0,1 ≤ R <sub>tb</sub> ≤ 0,2
	Inadapté	≥ 10	≤ 0,1
Traitement à la chaux seule	Adapté	≤ 5	Paramètre non considéré pour ce type de traitement du fait de la lenteur de la prise pouzzolanique
	Douteux	5 ≤ G <sub>v 7j</sub> ≤ 10	
	Inadapté	≥ 10	

## APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT

Adapté

Douteux

Inadapté



# Compte rendu de l'Essai d'Evaluation de l'Aptitude d'un Sol au traitement

PROCES-VERBAL D'ESSAI  
Détermination ph PN, Gonflement linéaire relatif et I.CBR 96h

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

**Sondage :** ST2

**Affaire :** 91.190050

**Profondeur :** 0,20-1,00m

**Date :** 06/03/2019

**Opérateur :** ALTR

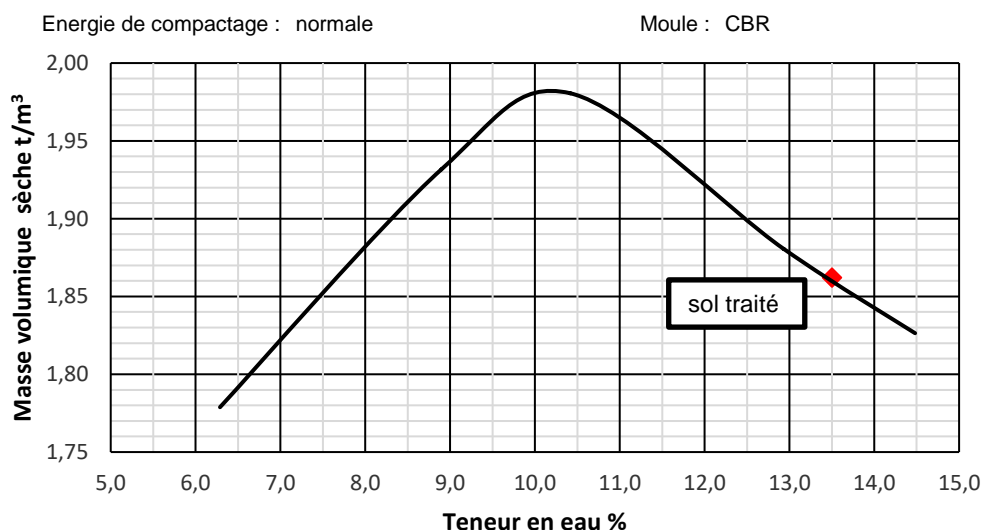
Nature du terrain : Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre

**Définition du Traitement :**

Chaux vive: 3 %

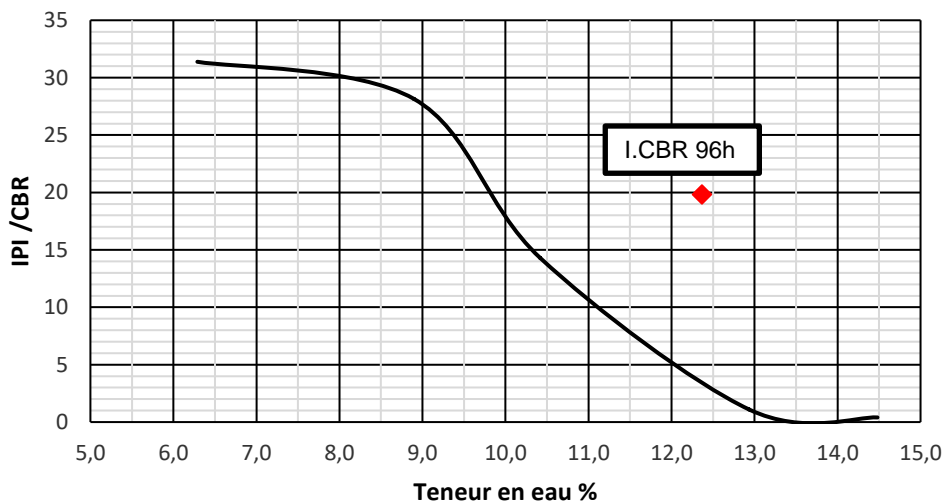
Liant: %

## Détermination de ph PN du sol traité et du Gonflement linéaire relatif (96h)



## Détermination IPI du sol naturel et I.CBR 96h immergé sol traité

I.CBR conservé 96h en immersion à 20° en eau non aérée



IPI = 14,0  
I.CBR 96h = 19,8  
I.CBR/IPI = 1,4

W% après immersion = 12,4  
**Gonflement linéaire**  
relatif % = 0,35

pd OPN t/m<sup>3</sup> = 1,98  
WOPN % = 10,5  
pd PN traité t/m<sup>3</sup> = 1,86  
W confection % = 13,5



# Compte rendu de l'Essai d'Evaluation de l'Aptitude d'un Sol au traitement

PROCES-VERBAL D'ESSAI  
Norme NF P 94-100

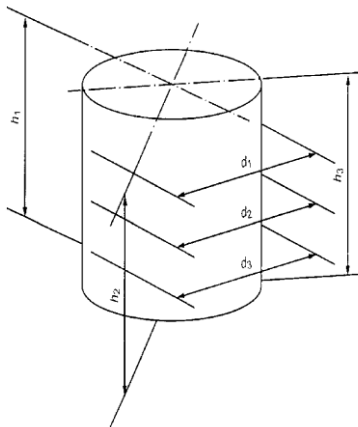
**Dossier :** COURSON-MONTELOUP  
**Affaire :** 91.190050  
**Date :** 13/03/2019

**Sondage :** ST2  
**Profondeur :** 0,20-1,00m  
**Opérateur :** ECO

Nature du terrain : Limon légèrement argileux beige ocre grisâtre

**Définition du Traitement :** Chaux vive: 0,5 % Liant: 5 % CPJ 32,5

## Détermination du Gonflement Volumique



Eprouvette n°		1	2	3	4
cm	h <sub>1</sub>	5,004	4,999	4,999	
	h <sub>2</sub>	5,005	4,999	4,999	
	h <sub>3</sub>	5,004	4,900	4,998	
	d <sub>1</sub>	5,099	5,113	5,093	
	d <sub>2</sub>	5,080	5,102	5,114	
	d <sub>3</sub>	5,095	5,102	5,094	
cm <sup>3</sup>	V <sub>0</sub>	100,14	98,89	100,09	
	V <sub>0</sub> moyen	99,71			
g	m <sub>1</sub>	109,37	109,35	109,52	
	m <sub>2</sub>	208,73	208,70	208,94	
cm <sup>3</sup>	V <sub>1</sub>	101,02	101,01	101,08	
	V <sub>1</sub> moyen	101,03			
%	G <sub>v 7j</sub>	1,33			

## Détermination de la résistance en compression diamétrale

Eprouvette n°		1	2	3	4
kN	Effort	0,34	0,35	0,34	
MPa	R <sub>tb</sub>	0,14	0,14	0,13	
MPa	Moy R <sub>tb</sub>	0,14			

## Critères de jugement de l'aptitude d'un sol à être traité à la chaux et/ou aux liants hydrauliques

Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique G <sub>v 7j</sub> (%)	Résistance en compression diamétrale R <sub>tb</sub> (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	≥ 0,2
	Douteux	5 ≤ G <sub>v 7j</sub> ≤ 10	0,1 ≤ R <sub>tb</sub> ≤ 0,2
	Inadapté	≥ 10	≤ 0,1
Traitement à la chaux seule	Adapté	≤ 5	Paramètre non considéré pour ce type de traitement du fait de la lenteur de la prise pouzzolanique
	Douteux	5 ≤ G <sub>v 7j</sub> ≤ 10	
	Inadapté	≥ 10	

## APTITUDE DU MATERIAU AU TRAITEMENT

Adapté

Douteux

Inadapté





# Compte rendu de l'Essai d'Evaluation de l'Aptitude d'un Sol au traitement

PROCES-VERBAL D'ESSAI  
Détermination ph PN, Gonflement linéaire relatif et I.CBR 96h

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP

**Sondage :** ST2

**Affaire :** 91.190050

**Profondeur :** 0,20-1,00m

**Date :** 13/03/2019

**Opérateur :** ECO

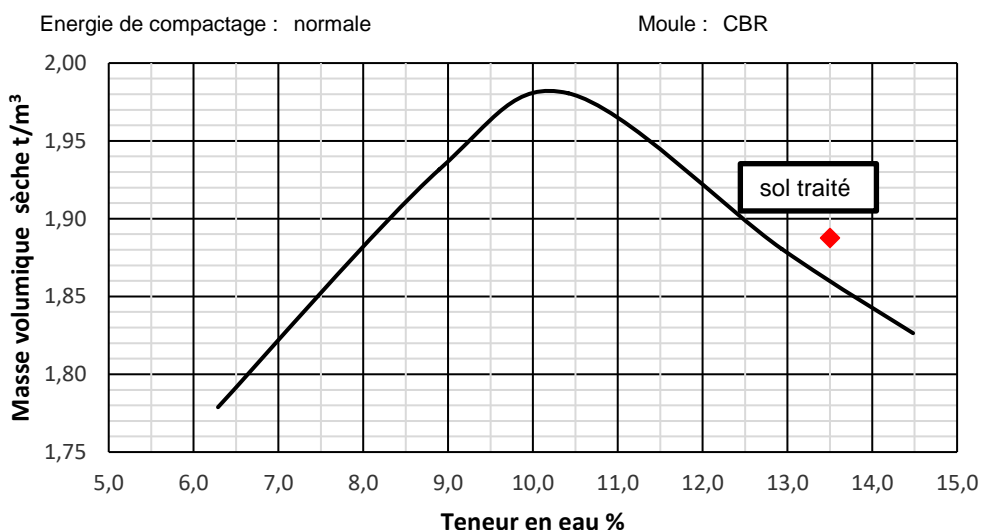
Nature du terrain : Limon légèrement argileux beige ocre grisâtre

**Définition du Traitement :**

Chaux vive: 0,5 %

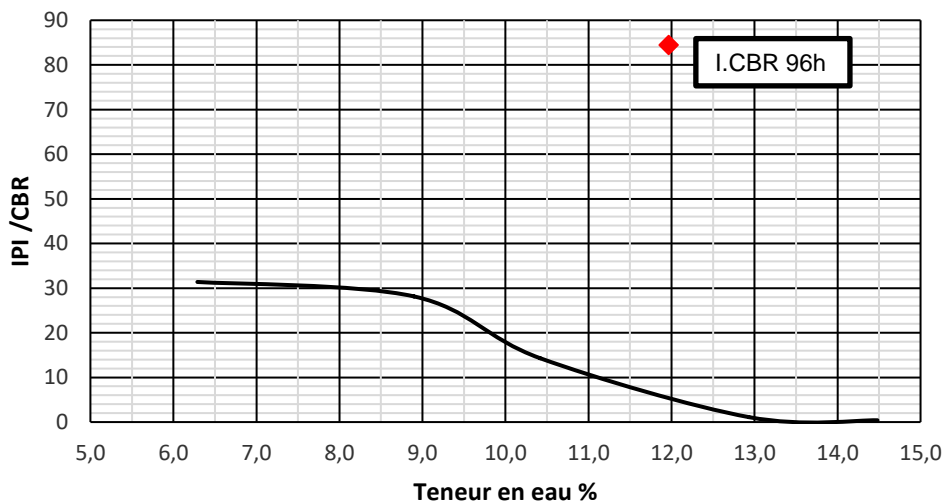
Liant: 5 % CPJ 32,5

## Détermination de ph PN du sol traité et du Gonflement linéaire relatif (96h)



## Détermination IPI du sol naturel et I.CBR 96h immergé sol traité

I.CBR conservé 96h en immersion à 20° en eau non aérée



IPI = 14,0  
I.CBR 96h = 84,4  
I.CBR/IPI = 6,0

W% après immersion = 12,0  
**Gonflement linéaire**  
relatif % = 0,00

pd OPN t/m<sup>3</sup> = 1,98  
WOPN % = 10,5  
pd PN traité t/m<sup>3</sup> = 1,89  
W confection % = 13,5



# Compte rendu d'essai proctor + IPI

PROCES-VERBAL D'ESSAI  
Norme NF P 94-093 / NF P 94-078

**Dossier :** COURSON-MONTELOUP  
**Affaire :** 91.190050  
**Date de l'essai :** 28/02/2019

**Sondage :** ST2  
**Profondeur :** 0,20-1,00 m  
**Opérateur :** ALTR

**Nature du terrain :** Limon légèrement argileux brun beige ocre grisâtre

## Résultats

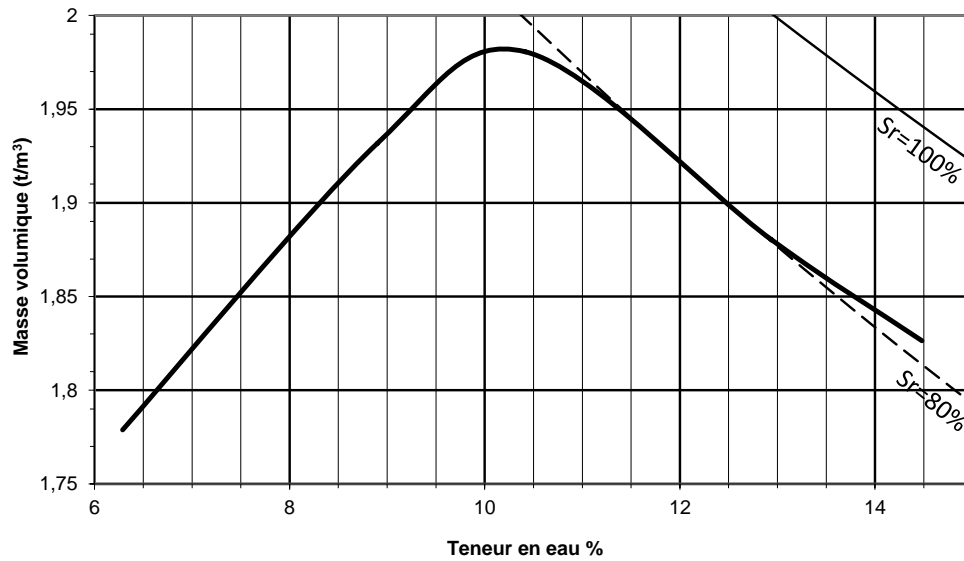
**Prélèvement :**  Pelle mécanique  Sondage géologique  Sondage carotté  
**Energie :**  Normale  Modifiée  
**Moule :**  Proctor  CBR

**$\rho_s$  utilisé :** 2,70 t/m<sup>3</sup>

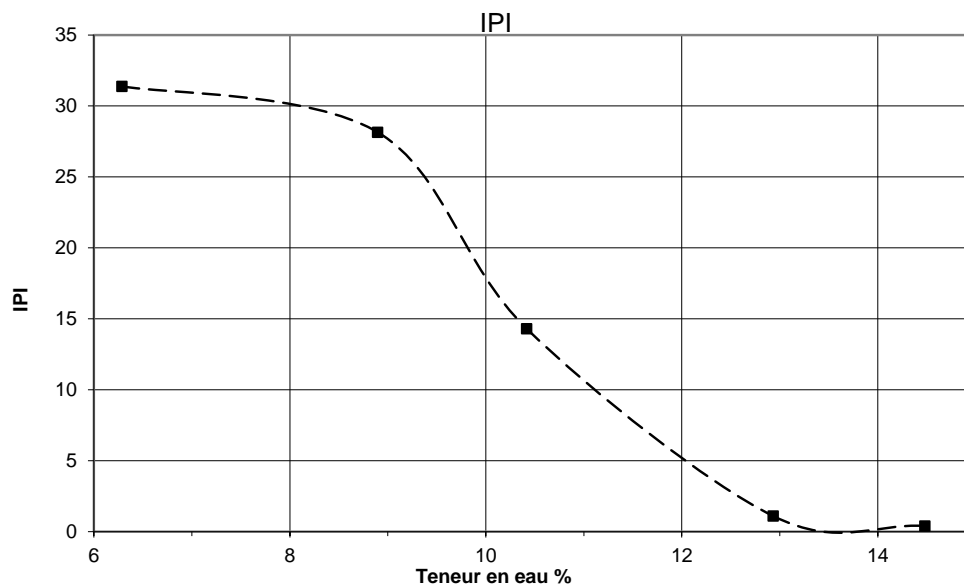
<b>pd OPN =</b>	1,98	g/cm <sup>3</sup>
<b>W OPN =</b>	10,5	%

<b>IPI optimum =</b>	14
<b>IPI Wn (18,7%) &lt;</b>	1

## Courbe Proctor Norme NF P 94-093



## IPI Norme NF P 94-078



**TITRE DE L'ETUDE :**

Date : 26/02/2019

Variante :

Enregistrée sous : E:\2019 AFFAIRES\91\91.190050 COURSON MONTELOUP\Rapport - annexes\6 cm BBSG et 15 cm GN

**DONNEES :**

Type de voie : Parking VL, piste cyclable, ...

Type d'aménagement : Section courante

Chantier : Standard (Q1)

Trafic initial à la mise en service (par sens, par voie et par jour) : 12 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 1 % par an

Plate-forme : PF2

**VALEURS INTERMEDIAIRES :**

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 100 000

CAM : 0,20

NE arrondi : 20 000

**GEL :**

En condition de chantier standard (qualité Q1) :

Indice de Gel de Référence corrigé : 90 °C.j

Indice de Gel Admissible : 147 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2	Norme	Classe	Epaisseur
<b>BBSG</b>	NF P 98-130	2 ou 3	6 cm
<b>GNT</b>	NF EN 13285	1	15 cm
			<b>Total = 21 cm</b>

L'épaisseur indiquée est supérieure aux résultats du dimensionnement mécanique. Elle correspond au minimum technologique de mise en oeuvre.

**Commentaire du matériau : BBSG**

Utiliser un BBSG de granularité 0/10 pour des épaisseurs de 5 à 7 cm et un BBSG de granularité 0/14 pour 8 cm.

Demander au minimum un BBSG de classe 2.

Mais pour une utilisation en voie principale, voie bus ou giratoire, exiger un BBSG de classe 3.

**Commentaire du matériau : GNT**

GNT de type B (suivant avant-propos national dans la norme NF EN 13285) et de classe 1 (essai triaxial à chargement répété).

**Commentaire de la structure : Enrobés/GNT**

Minimum technologique : 15 cm

**Station météo de référence : Melun (77)**

**Type d'hiver : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel**

**Indice de Gel brut : 90 °C.j**

**Correction taille d'agglomération : 1 (< à 100 000 Habitants)**

**Sol support**

**Géivité : Très Gélif**

**Pente de la courbe de gonflement : Infinie**

**Quantité de gel admis par le sol support : 0**

**Plateforme**

**Epaisseur : 60 cm**

**Couche de forme : Non Traitée**

**Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme : 6,171428**

**Apport mécanique de la chaussée**

**En condition de chantier standard (qualité Q1) : 0**

**TITRE DE L'ETUDE :**

Date : 26/02/2019

Variante :

Enregistrée sous : E:\2019 AFFAIRES\91\91.190050 COURSON MONTELOUP\Rapport - annexes\6 cm BBSG et 15 cm GN

**DONNEES :**

Type de voie : Voie de desserte

Type d'aménagement : Section courante

Chantier : Standard (Q1)

Trafic initial à la mise en service (par sens, par voie et par jour) : 25 Poids Lourds

Durée de service : 20 ans

Taux de croissance : 0 % par an

Plate-forme : PF2

**VALEURS INTERMEDIAIRES :**

Nombre Cumulé de Poids Lourds : 182 500

CAM : 0,20

NE arrondi : 40 000

**GEL :**

En condition de chantier standard (qualité Q1) :

Indice de Gel de Référence corrigé : 90 °C.j

Indice de Gel Admissible : 109 °C.j =====> Chaussée protégée au gel

Q1 / PF2	Norme	Classe	Epaisseur
<b>BBSG</b>	NF P 98-130	2 ou 3	6 cm
<b>GNT</b>	NF EN 13285	1	15 cm
			<b>Total = 21 cm</b>

L'épaisseur indiquée est supérieure aux résultats du dimensionnement mécanique. Elle correspond au minimum technologique de mise en oeuvre.

**Commentaire du matériau : BBSG**

Utiliser un BBSG de granularité 0/10 pour des épaisseurs de 5 à 7 cm et un BBSG de granularité 0/14 pour 8 cm.

Demander au minimum un BBSG de classe 2.

Mais pour une utilisation en voie principale, voie bus ou giratoire, exiger un BBSG de classe 3.

**Commentaire du matériau : GNT**

GNT de type B (suivant avant-propos national dans la norme NF EN 13285) et de classe 1 (essai triaxial à chargement répété).

**Commentaire de la structure : Enrobés/GNT**

Minimum technologique : 15 cm

Maximum en une couche : 29 cm

A partir de 30 cm, une couche de base de 15 ou 20 cm, et une couche de fondation.

Épaisseur d'enrobés :

4 cm de 1000 à 10 000 NE

6 cm au delà, sauf pour PF1 où on trouvera 8 cm pour les NE les plus élevés

**Station météo de référence** : Melun (77)

**Type d'hiver** : Hiver Rigoureux Non Exceptionnel

**Indice de Gel brut** : 90 °C.j

**Correction taille d'agglomération** : 1 (< à 100 000 Habitants)

**Sol support**

**Géivité** : Très Gélif

**Pente de la courbe de gonflement** : Infinie

**Quantité de gel admis par le sol support** : 0

**Plateforme**

**Épaisseur** : 50 cm

**Couche de forme** : Non Traitée

**Quantité de gel admis par la partie non gélive de la plateforme** : 5

**Apport mécanique de la chaussée**

**En condition de chantier standard (qualité Q1)** : 0