



MISSION GEOTECHNIQUE G1-G2 AVP

AMENAGEMENT D'UN LOTISSEMENT **LES MORINIÈRES, SAINT SATURNIN (72)**



Client : SAS SOFIAL



Indice A

DA 2020 0372

05/06/2020

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 2 sur 56

Dossier d'affaire n°DA 2020 0372

Devis n°DPLO202004023.1

Ind.	Date	Établi par	Approuvé par	Modification
A	05/06/2020	P.LORAND	J.SIMON	

DESTINATAIRES

Client :	Contact
SAS SOFIAL 1, Rue Charles Fabry 72 113 LE MANS Cedex 2	Mme Aurélie SIMON aurelie.simon@lelievre-immobilier.com



	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 3 sur 56

SOMMAIRE

1	OBJET	4
2	DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	5
2.1	DOCUMENTS DE L'OPERATION	5
2.2	REGLEMENTS ET NORMES APPLICABLES.....	5
3	CONTEXTE DU SITE	6
3.1	CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, TOPOGRAPHIE ET OCCUPATION DU SITE	6
3.2	RISQUES DIVERS SUR LA COMMUNE	6
3.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	7
3.4	RETRAIT/GONFLEMENT DES ARGILES	7
3.5	RISQUE DE REMONTEES DE NAPPES/INONDATIONS DE CAVES	7
3.6	RISQUE SISMIQUE.....	8
3.7	RADON	8
4	RECONNAISSANCES DE SOL ET ESSAIS EFFECTUÉS.....	9
4.1	PROGRAMME DES ESSAIS.....	9
4.2	ESSAIS IN SITU : SONDAGES TARIERE ET ESSAIS PENETROMETRIQUES	9
4.3	HYDROLOGIE	11
3.1	ESSAIS D'INFILTRATION « PORCHET ».....	11
4.4	SISMICITE	11
4.5	ESSAIS DE LABORATOIRE	12
5	PRINCIPES CONSTRUCTIFS (MAISONS).....	14
5.1	TERRASSEMENTS	14
5.2	FONDATIIONS.....	14
5.3	NIVEAU BAS DE L'OUVRAGE	15
6	VOIRIE.....	16
6.1	DEFINITIONS – RAPPELS	16
6.2	REALISATION DES TERRASSEMENTS	16
6.3	DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	18
6.4	STRUCTURE A DIMENSIONNER	19
7	CONCLUSIONS GENERALES	20
7.1	RAPPEL DES PRINCIPES CONSTRUCTIFS PRECONISES	20
7.2	ALEAS RESIDUELS	20
8	ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	21
9	ANNEXES.....	24

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 4 sur 56

1 OBJET

À la demande de Mme Simon, du groupe Lelièvre Immobilier et pour le compte de la SAS SOFIAL, Laboratoire CBTP est intervenu pour réaliser une étude géotechnique dans le cadre de l'aménagement d'un lotissement de 28 lots de tailles diverses, d'une superficie totale de $\pm 27\ 000\text{ m}^2$, sis rue Camille Pissarro, sur la commune de SAINT-SATURNIN (72).

Divers axes d'aménagement sont envisagés :

- Création d'habitations,
- Création de voiries,
- Création des réseaux (eau potable, eau usée, réseaux souples),
- Bassins.

La présente mission fait référence à la norme NF P94-500 de novembre 2013 ; étape G1 (lots) et G2 AVP (voirie).

Les sondages ont été effectués les 07 et 11/05/2020.

La présente étude porte sur les points suivants :

- Une étude de sol globale de l'ensemble du site
- Les modes de fondations envisageables pour les constructions futures
- L'identification GTR des sols, ainsi que des analyses granulométriques laser (caractérisation du risque de retrait/gonflement des argiles)
- Les voiries projetées
- Le contexte hydrogéologique et perméabilité du site

Le présent rapport d'études comprend les parties suivantes :

- Contenu des reconnaissances effectuées
- Analyses et résultats
- Définition des principes constructifs
 - Fondations
 - Voirie
- Annexes

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 5 sur 56

2 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

2.1 Documents de l'opération

Les documents suivants ont été remis à Laboratoire CBTP pour la réalisation de la présente étude :

Date du document	Document
23-03-2020	Plan de composition du lotissement (esquisse 3)
24-04-2020	Plan de composition du lotissement (esquisse 5)

Cette étude fait suite à la réception signée de notre devis n° DPLO202004023.1

2.2 Règlements et normes applicables

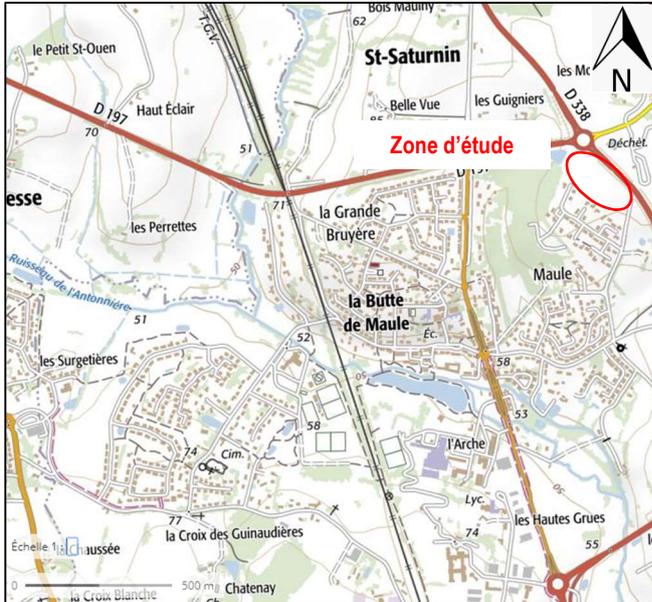
Les normes et règles professionnelles applicables dans le cadre général de la présente étude sont les suivantes :

N° de norme	Intitulé
NF P94-500 (nov 2013)	Mission d'ingénierie géotechnique
NF EN ISO 22476-2	Essais de pénétration dynamique
NF P94-261	Fondations superficielles
NF P94-262	Fondations profondes
NF EN 1998-5	Eurocode 8 – Résistance aux séismes
NF P94-056, NF P94-050, NF P94-068	Identification GTR
NF P94-093, NF P94-078	Essai proctor, IPI
Annexe 3 circulaire n°97-49 22 mai 1997	Tests de perméabilité par la méthode à niveau constant, Porchet.
	GTR - guide technique des remblais et des couches de forme SETRA / LCPC – septembre 1992
	GTT - guide technique de remblayage des tranchées et réfection des chaussées – mai 1994
NF P 98-086	Dimensionnement structurel des chaussées routières – Application aux chaussées neuves – mai 2019

	RAPPORT D'ETUDES MISSION GEOTECHNIQUE	Indice A
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	05/06/2020
		Page 6 sur 56

3 CONTEXTE DU SITE

3.1 Contexte géographique, topographie et occupation du site



Le projet est localisé sur le territoire communal de SAINT-SATURNIN (72), au Nord de la rue Camille Pissarro, sur les parcelles 48, 197 et 206, cadastrées dans la section ZN de la commune.

Actuellement (mai 2020), l'emprise du projet correspond à un terrain enherbé, inchangé par rapport à la vue aérienne ci-contre. La zone située au Sud du lotissement projeté à récemment été aménagée (habitations de type maisons individuelles).

Les parcelles concernées par la présente étude sont globalement planes, mais présente néanmoins un point haut en leur partie Ouest.



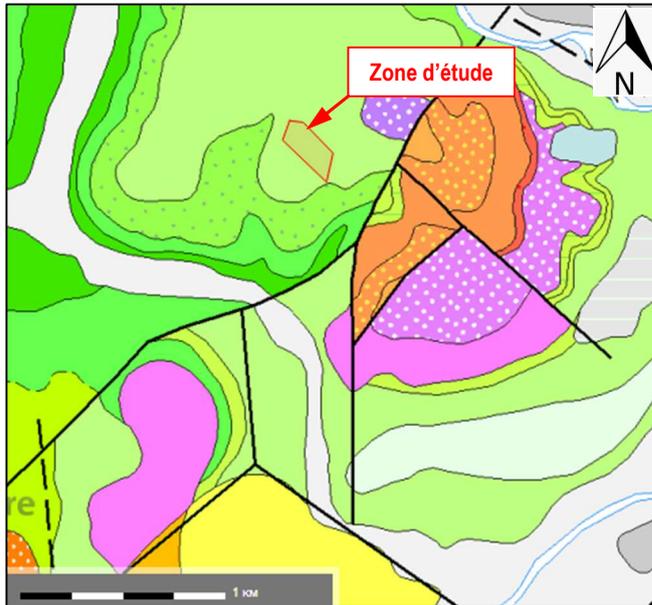
3.2 Risques divers sur la commune

Risques recensés sur la commune
Inondation
Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau
Phénomène lié à l'atmosphère
Séisme Zone de sismicité : 2
Transport de marchandises dangereuses

(Source : www.georisques.gouv.fr)

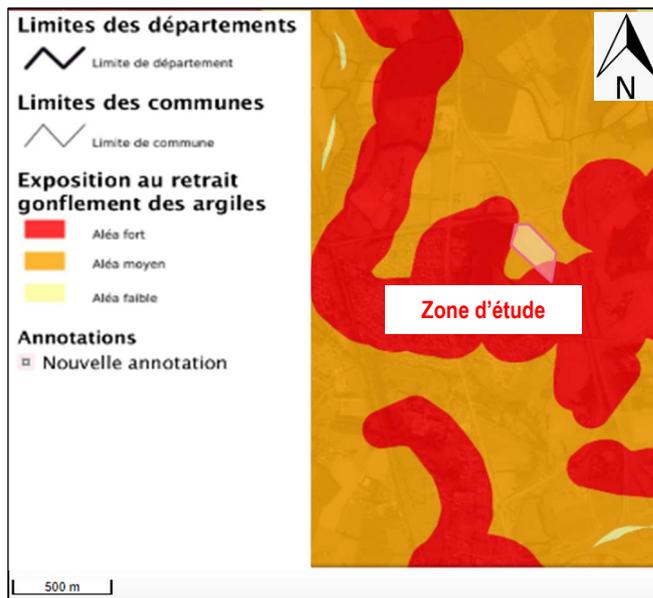
	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 7 sur 56

3.3 Contexte géologique



La carte géologique vectorisée au 1/50 000^{ème} du BRGM, celle-ci montre que le site de l'étude est situé au sein d'une formation datée du cénomanién moyen, les « Sables et grès du Perche ».

3.4 Retrait/gonflement des argiles



Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone d'aléa moyen à fort concernant le risque de retrait/gonflement des argiles (www.georisques.gouv.fr).

En conséquence, la profondeur minimale d'encastrement des fondations par rapport au terrain fini devra être légalement de 0,80 m ou 1,20 minimum.

3.5 Risque de remontées de nappes/inondations de caves

Le secteur concerné par la présente étude se situe en zone non sujette aux remontées de nappes ou inondations de caves (www.georisques.gouv.fr).

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 8 sur 56

3.6 Risque sismique

Le zonage sismique classe la commune Saint-Saturnin (72) en zone d'aléa sismique 2 (faible).

3.7 Radon



La commune de Saint Saturnin (72) est classée en potentiel de catégorie 1 (faible) vis-à-vis du risque d'exposition au radon (source : IRSN).

« Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. »

« Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. »

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 9 sur 56

4 RECONNAISSANCES DE SOL ET ESSAIS EFFECTUÉS

4.1 Programme des essais

Le programme de la reconnaissance comprend :

- 10 sondages géologiques, réalisés à la tarière mécanique de diamètre 63 mm, jusqu'à la profondeur de 6,00 m/TN ou au refus, permettant une reconnaissance de la nature des sols ;
- 6 sondages pénétrométriques, réalisés au pénétromètre dynamique lourd de type B, de marque Grizzly (sol solution), et menés jusqu'à la profondeur de 6,00 m/TN ou au refus ;
- 2 analyses GTR (granulométrie, teneur en eu, VBS) + IPI (indice de portance immédiat) ;
- 2 analyses granulométriques au laser pour la fraction inférieure à 2 mm (détermination du risque de retrait-gonflement des argiles) ;
- 2 tests de perméabilité selon la méthode Porchet.

4.2 Essais in situ : sondages tarière et essais pénétrométriques

4.2.1 Implantation et nivellement

Le nivellement a été effectué en prenant comme point de référence local Réf 1 un tampon présent sur la voirie existante, coté à 100 m Réf pour les besoins de la présente étude. Les références et points de sondage sont reportés sur le plan d'implantation des sondages.

Les altimétries des points de sondage sont les suivantes :

Point	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5	TA6	TA7	PT8	PT9	PT10
Cote (m Réf)	97,13	98,99	100,72	100,65	100,78	100,57	100,03	99,09	99,90	98,05

Point	PT11	PT12	PT13	PT14	PT15	PT16
Cote (m Réf)	97,98	100,23	100,65	100,41	99,10	98,76

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 10 sur 56

4.2.2 Synthèse des essais

Les reconnaissances effectuées ont permis de mettre en évidence les couches de sol suivantes :

Nature	Cote de la base de la couche [m/TN]									
	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5	TA6	TA7	TA8	TA9	TA10
Terre végétale	0,20	0,30	NR	0,30	0,20	0,20	0,20	0,30	NR	NR
Limon	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,55	0,80
Remblai	NR	NR	1,20	NR						
Argile limoneuse	1,60	0,90	NR	0,80	0,50	0,80	NR	0,80	NR	3,00
Argiles diverses	Au-delà	2,80	NR							
Sable argileux	NR	Au-delà	NR	2,50	Au-delà	1,60	1,60	NR	NR	NR
Sablon ±limoneux, fin à grossier	NR	NR	Au-delà	Au-delà	NR	Au-delà	Au-delà	Au-delà	Au-delà	Au-delà

Nature	Cote de la base de la couche [m/TN]					
	PT11	PT12	PT13	PT14	PT15	PT16
Terre végétale	0,20	0,20	0,20	0,30	0,30	0,10
Limon	NR	NR	NR	NR	NR	0,60
Remblai	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Argile limoneuse	1,20	0,70	0,80	0,80	1,50	1,20
Argiles diverses	Au-delà	NR	NR	NR	NR	NR
Sable argileux	NR	Au-delà	NR	4,00	NR	NR
Sablon ±limoneux, fin à grossier	NR	NR	Au-delà	Au-delà	Au-delà	Au-delà

NR = non reconnu

T = sondage à la tarière

PT = sondage pénétrométrique

Nature	Qd [MPa]
Terre végétale	
Limon	-
Remblai	
Argile limoneuse	1 à 10
Argiles diverses	3 à 8
Sable argileux	1 à 20
Sablon ±limoneux, fin à grossier	3 à 35

Les valeurs de résistance dynamique unitaire données sont issues des sondages pénétrométriques, et extrapolées au sein des reconnaissances à la tarière. Notons que les sondages pénétrométriques restent des sondages aveugles en absence de sondage couplé, et que ces extrapolations devront être confirmées par une étude géotechnique complémentaire pour les bâtiments, de type G2 AVP.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 11 sur 56

4.3 Hydrologie

Lors de nos investigations en mai 2020, une unique arrivée d'eau a été notée à 4,30 m/TN en TA7, soit à la cote de 95,73 m Réf. Notons toutefois la forte humidité des argiles reconnues en TA1 et TA2 (angle Nord-Ouest du terrain).

De par le faible diamètre de sondage et la mauvaise tenue des terrains (éboulement des parois), les niveaux d'eau n'ont pas pu être mesurés au sein des sondages pénétrométriques.

NB : le caractère ponctuel des sondages dans le temps ne permet pas d'apprécier la variation possible des nappes et infiltrations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

3.1 Essais d'infiltration « Porchet »

Afin d'estimer la capacité d'infiltration des sols en place, deux essais de perméabilité au « Porchet » ont été réalisés à 1,50 et 1,90 m de profondeur.

Les mesures effectuées ont conduit aux résultats suivants :

N° essai	Nature des sols	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité k	
			m/s	mm/h
POR1	horizon limono-argileux (marron)	1,50 m	1,6E-06	5,6
POR2	horizon argilo-sableux (ocre)	1,90 m	6,5E-06	23,4

Les sols superficiels limono-argileux ou argilo-sableux peuvent être considérés comme moyennement perméables.

4.4 Sismicité

Les ouvrages concernés par la présente étude seront vraisemblablement classés dans le groupe II (maisons individuelles). Le zonage sismique classe la commune de Saint-Saturnin (72) en zone d'aléa sismique 2 (faible). L'application des prescriptions parasismique de l'Eurocode 8 n'est donc pas obligatoire.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 12 sur 56

4.5 Essais de laboratoire

4.5.1 GTR+IPI

Le prélèvement de 2 échantillons a été effectué par nos soins. Les matériaux ont été prélevés et amenés au Laboratoire CBTP par notre technicien pour essais selon les normes en vigueur. L'objectif des analyses pratiquées est de classer les sols rencontrés selon la norme NF P 11-300 :

Analyse granulométrique	NF P 94-056
Valeur de bleu des sols	NF P 94-068
Indice Portant Immédiat / ICBR	NF P 94-078
Teneur en eau	NF P 94-050

Les essais d'identification des matériaux sont résumés dans le tableau suivant :

Faciès	Passant (%) (en mm)							Wnat (%)	IPI	VBS	GTR
	0.08	0.2	1	2	5	10	20				
TA1 (0,20 à 4,50 m) Horizon limoneux marron	68,3	75	92	97	99	100	-	20,2	3,90	2,56	A ₂ h
TA10 Horizon limono-argileux marron	77,6	84	96	99	100	100	-	17,2	3,60	2,41	A ₁ h

NB : Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables sur l'ensemble du chantier. Des éléments nouveaux (hétérogénéité géologique...) mis en évidence lors des travaux peuvent entraîner des adaptations tant à la conception qu'à l'exécution.

A l'aune de la valeur de la VBS, analysé à 2,56 et 2,41, la susceptibilité du sol de l'échantillon analysé peut être considérée comme faible à moyenne :

V_{Bs}	Susceptibilité
< 2,5	Faible
2,5 à 6	Moyenne
6 à 8	Forte
> 8	Très forte

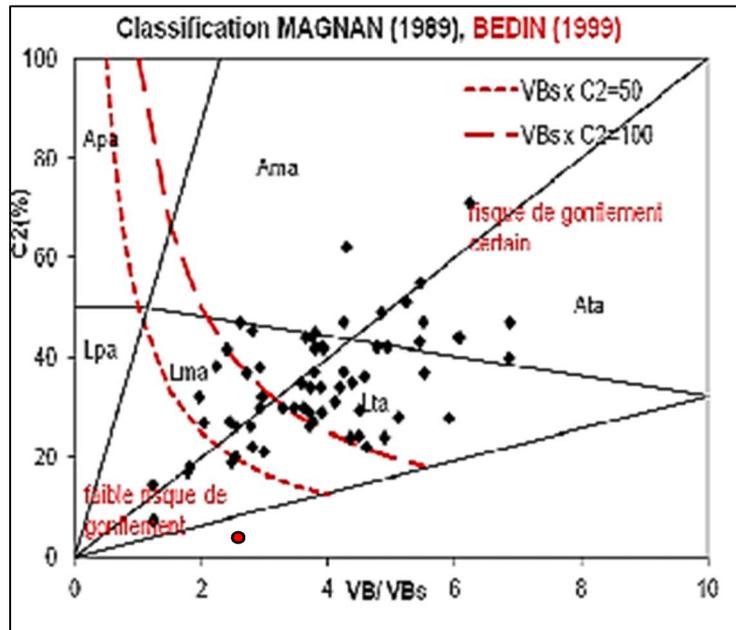
4.5.2 Analyse granulométrique laser

L'activité du sol peut être définie après analyse granulométrique laser, donnant le pourcentage de la fraction <2 μ m (C2).

Un échantillon a été prélevé et analysé, prélevé en T10, donnant les valeurs suivantes :

% fraction <2 μ m (C2)	VBS	SB = VBS x C2
3,79	2,41	9,13

La proportion de matériau inférieur à 2 μ m est faible. Le diagramme suivant élaboré par Magnan et Bedin permet donc un classement en « faible risque de gonflement ».



Le risque lié au retrait gonflement des argiles du site peut ainsi être caractérisé comme faible au droit de l'échantillon prélevé.

Cela n'exclue pas des possibilités de variations locales dans l'activité ou la susceptibilité du sol.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 14 sur 56

5 PRINCIPES CONSTRUCTIFS (MAISONS)

5.1 Terrassements

Après décapage de la terre végétale, limons et éventuels remblais, les travaux de terrassement pourront être effectués au moyen d'engins mécaniques classiques dans tous les horizons rencontrés au droit de nos sondages. Néanmoins, les moyens employés devront être ajustés à l'avancée des terrassements, des remontées rocheuses localisées ou horizons à blocs restant possibles, bien que non reconnus au sein de nos sondages.

5.2 Fondations

5.2.1 Solutions de fondations envisageables

Le mode de fondation envisageable est fonction de la structure et des surcharges d'exploitation envisagée pour le projet.

Dans le cas de structures légères de type pavillons (charges n'excédant pas ± 5 à 8T/ml et ± 20 T/appui isolé), il est loisible d'envisager deux principes de fondations superficielles à semi-profondes, avec ancrage de 0,20 m au sein des horizons sableux (sablon, sables argileux) ou des argiles en partie Nord-Ouest du terrain. On s'abstiendra de tout ancrage au sein des limons ou argiles limoneuses, de compacité trop incertaine et sujette à variations. De même, la compacité des sables argileux devra être vérifiée au droit de chaque projet : en certains points du projet, cet horizon ne permet pas un report des charges (PT14). Un ancrage des fondations dans les sablons sous-jacents doit alors être réalisé. En ce secteur du projet, des études de sol complémentaires devront être effectuées, afin d'étudier la possibilité d'une solution de fondation plus superficielle.

Considérant ces grandes variations dans la compacité des terrains rencontrés, les profondeurs d'encastrement seront approximativement comprises entre 0,50 à 4,50 m/TN au droit de nos sondages. On recherchera les horizons justifiant un $Q_d > 5$ MPa.

Il est à noter que l'humidité des terrains superficiels pourrait, en fonction de la saison et de l'hydrique du terrain, induire des problèmes de tenue des fouilles lors des terrassements. Afin d'atteindre les profondeurs localement nécessaires à l'ancrage des fondations, une solution de fondation par puits à la tarière pourra être envisagée.

Dans le cas d'un ouvrage présentant des charges plus importantes, ou en cas de difficulté liée aux venues d'eau, des fondations semi-profondes à profondes de type puits ou pieux.

5.2.2 Fondations superficielles

En première approche et d'après notre expérience de cette nature de sol, le taux de travail être de l'ordre de :

Principe de fondation	Combinaison	Taux de travail (MPa)
Ancrage de 0,20 m au sein des horizons sableux	ELS quasi-permanent	0,20
	ELU fondamental	0,32

Aucun essai pressiométrique n'ayant été réalisé, les tassements ne peuvent être estimés dans la présente étude G1. De par la grande hétérogénéité des terrains rencontrés, nous insistons sur la pertinence de la réalisation d'une mission G2 AVP spécifique à chaque projet.

Le béton devra être mis en place immédiatement après l'ouverture des fouilles pour éviter tout risque de détériorations liées aux venues d'eau en présence dans le sol ou météoriques.

Le cas échéant, un épaissement des fouilles devra être mis en place et un béton de propreté est à prévoir, le cas échéant, afin d'éviter tout contact des armatures avec le sol en place.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 15 sur 56

5.3 Niveau bas de l'ouvrage

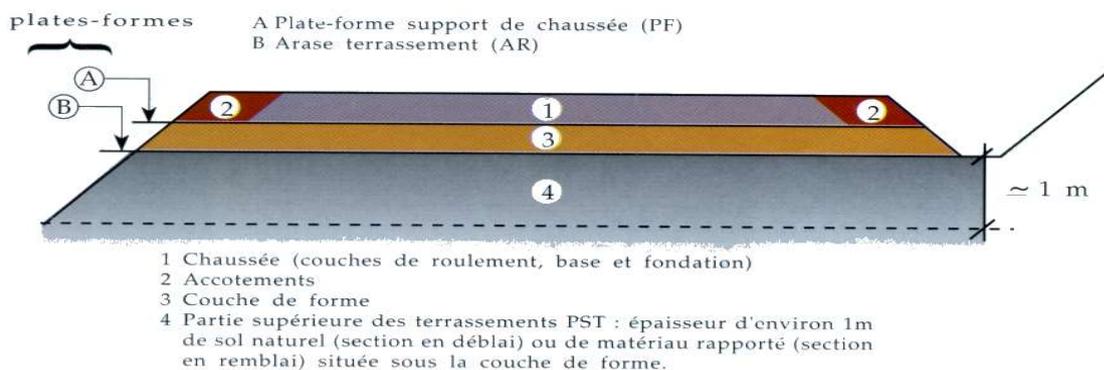
Compte-tenu de l'humidité des terrains en partie Nord-Ouest du site, et de la portance parfois nulle de certains horizons de tête, on s'orientera préférentiellement en première approche vers la réalisation de planchers portés par les fondations.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 16 sur 56

6 VOIRIE

6.1 Définitions – Rappels

Les travaux de terrassement devront suivre les préconisations du GTR. Pour le dimensionnement de la structure de chaussée, la portance à long-terme de la plateforme support de chaussée est déterminée à partir du couple PST-couche de forme (cf. schéma ci-dessous) :



6.2 Réalisation des terrassements

Les matériaux rencontrés sont des sols fins se rattachant à la classe GTR A1 et A2, dans un état hydrique humide au sein des horizons limoneux, lors de nos investigations au mois de mai 2020.

Les terrassements pourront s'effectuer à partir des moyens classiques, tout en veillant à éviter la circulation des engins de chantier sur le fond de forme.

Après décapage de la terre végétale et de la frange supérieure des horizons limono-argileux ou remblais sur 0,10 m, soit des épaisseurs allant de 0,10 à 0,40 m/TN, on procédera selon les principes généraux suivants :

6.2.1 Réalisation des déblais

L'extraction de ces terrains pourra se faire avec des engins à godets.

6.2.2 Réalisation des remblais

Le profil du futur projet ne semble pas nécessiter de travaux de déblai-remblai. Le cas échéant, les matériaux rencontrés sur le site pourront néanmoins être réutilisés pour la construction des remblais de mise à niveau, ainsi qu'en remblayage de la partie inférieure des tranchées, sous réserve de leurs conditions d'état hydrique, s'agissant de sols sensibles à l'eau.

Pour rappel, selon les dispositions du GTR et du GTT, les sols fins de classification GTR : A1 et A2 sont réutilisables dans la plage des teneurs en eau conduisant aux états hydriques :

- Humide « h », moyen « m » et sec « s »

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 17 sur 56

Les sols trop secs pour être réutilisés en l'état devront être humidifiés afin de les amener dans un état hydrique moyen « m ».

A contrario, les sols très humides comme observés lors de nos investigations ne pourront être réemployés sans une réduction préalable de leur teneur en eau.

C'est pourquoi nous préconisons la réalisation des travaux en période sèche.

Dans tous les cas, leurs modalités de mise en œuvre (épaisseurs de couche, vitesse et nombre de passes de compacteur ...) devront respecter les prescriptions du GTR et du GTT.

6.2.3 Arase terrassement

Après décapage de la terre végétale, les sols supports conduisaient localement lors de nos investigations à une PST0 / AR0 (état hydrique très humide dans les limons) de portance très faible en tête.

La mise en œuvre d'une couche de forme granulaire nécessitant un support caractérisé par une portance minimale $EV2 \geq 20$ MPa, des dispositions constructives devront être prises de manière à reclasser le futur fond de forme au moins en classe PST1/AR1, par des opérations de purge et substitution ou clouage des arases par un matériau de forte granulométrie (type 0/250 mm) qui devra également assurer une fonction de drainage afin de récolter les remontées d'eaux souterraines et les évacuer vers un exutoire.

6.2.4 Couche de forme en matériau granulaire

Après reclassement des arases visant l'objectif minimal PST1/AR1, l'épaisseur de couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau et non gélif de type R41, R61...visant à obtenir une plateforme de type PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa) sera la suivante :

- 0.60 m (0.45 m si intercalation d'un géotextile à l'interface PST – couche de forme).

Elle sera compactée conformément aux préconisations du GTR.

Ces épaisseurs étant à valider par la tenue au gel (cf. ci-dessous § 6.4 structure à dimensionner).

Compte tenu de l'état de saturation en eau des sols en place au moment de nos investigations en mars 2020, il conviendra de privilégier la réalisation des travaux en période sèche afin de limiter le volume des matériaux d'apports de substitution.

In fine, des contrôles de portances devront vérifier l'objectif fixé $EV2 \geq 50$ MPa.

NB : Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables sur l'ensemble du chantier. Des éléments nouveaux (hétérogénéité géologique...) mis en évidence lors des travaux peuvent entraîner des adaptations tant à la conception qu'à l'exécution.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 18 sur 56

6.3 Dimensionnement de la chaussée

6.3.1 Principe

L'étude de dimensionnement est menée selon les règles et dispositions des documents suivants :

- Guide technique de conception et de dimensionnement des chaussées SETRA / LCPC – décembre 1994,
- Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme SETRA / LCPC – septembre 1992,
- Norme NF P 98-086 – Dimensionnement structural des chaussées routières – Application aux chaussées neuves – mai 2019.

La chaussée est vérifiée par le calcul, vis à vis :

- De l'orniérage de la plateforme support de la chaussée,
- De la tenue au gel/dégel.

Le principe de dimensionnement consiste à déterminer les sollicitations (déformations ou contraintes) maximales dans les différentes couches, engendrées par le trafic et à les comparer aux sollicitations admissibles des matériaux.

Les déformations ou contraintes calculées sont obtenues à l'aide du programme de calcul Alize du LCPC.

Les déformations ou contraintes admissibles sont déterminées par calcul à partir des lois de comportement rhéologique des matériaux et du trafic supporté par la chaussée, selon les relations définies par le guide de conception et dimensionnement rappelé ci-dessus.

Les calculs d'indice de gel admissible sont effectués à l'aide du logiciel Gel1d du SETRA / LCPC.

6.3.2 Abréviations

- NPL : nombre de poids lourd pendant la durée de service
- CAM : coefficient d'agressivité moyen (sans dimension)
- NE : nombre d'essieu équivalent pendant la durée de service
- epsilon6 : déformation pour laquelle la rupture conventionnelle en flexion sur éprouvette est obtenue pour 10⁶ cycles (microdef)
- epsilonT adm : déformation horizontale admissible en traction (microdef)
- epsilonT calc : déformation calculée en traction / compression maximale dans le plan horizontal (microdef)
- epsilonZ adm : déformation verticale admissible en compression (microdef)
- epsilonZ calc : déformation calculée verticale maximale (microdef)
- v : coefficient de Poisson (sans dimension)
- E : module d'Young (MPa)
- QB : quantité de gel admissible à la base de la chaussée ((°C*jour)^{0,5})
- Qg : quantité de gel admissible transmise aux matériaux gélifs du support ((°C*jour)^{0,5})
- Qng : protection thermique apportée par les matériaux non gélifs de la plateforme ((°C*jour)^{0,5})
- HRNE : hiver rigoureux non exceptionnel (°C*jour)
- BBSG3 : béton bitumineux semi grenu de classe 3
- GNT : grave non traitée

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 19 sur 56

6.4 Structure à dimensionner

6.4.1 Rappel des hypothèses

- Le trafic est estimé à 1 poids lourd par jour et par sens,
- La durée de service est fixée à 10 ans sans croissance de trafic,
- Le support de chaussée est caractérisé par une portance du type PF2.

6.4.2 Résultats

On retiendra la structure suivante :

Désignation	Structure chaussée (cm)
BBSG3	5
GNT	15

Voir ci-dessous la note alizé.

6.4.3 Gel

L'indice de gel de référence est l'hiver rigoureux non exceptionnel – station du Mans (72).
L'IR retenu est donc de 70°Cxjour.

La tenue au gel est assurée pour une épaisseur minimale de 40 cm pour la couche de forme (matériaux granulaires insensibles à l'eau et non gélifs de type R61) en tenant compte d'une hypothèse de matériaux très gélifs pour la constitution de l'arase.

Voir ci-dessous les notes Gel1d.

6.4.4 Conclusion

On retiendra donc, après décapage de la terre végétale, purge et substitution des sols mous (très humide) et mise à niveau du fond de forme, les principes de construction suivants :

- 0.20 m de structure de chaussée (0.05 m BBSG3 + 0.15 m GNT) + 0.45 m de couche de forme sur géotextile,

- ou 0.20 m de structure de chaussée (0.05 m BBSG3 + 0.15 m GNT) + 0.60 m de couche de forme sans géotextile.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 20 sur 56

7 CONCLUSIONS GÉNÉRALES

7.1 **Rappel des principes constructifs préconisés**

Nous rappelons ci-après les éléments préconisés dans le présent rapport.

7.1.1 Fondations

Dans le cas de structures légères de type pavillons (charges n'excédant pas ± 5 à 8T/ml et ± 20 T/appui isolé), il est loisible d'envisager deux principes de fondations, superficielles à semi-profondes, avec ancrage de 0,20 m au sein des horizons sableux (sablons, sables argileux) ou des argiles en partie Nord-Ouest du terrain. On s'abstiendra de tout ancrage au sein des limons ou argiles limoneuses, de compacité trop incertaine et sujette à variations. De même, la compacité des sables argileux devra être vérifiée au droit de chaque projet : en certains points du projet, cet horizon ne permet pas un report des charges (PT14). Un ancrage des fondations dans les sablons sous-jacents doit alors être réalisé.

Sous réserve de la réalisation de sondages complémentaires dans le cadre d'une mission G2, le taux de travail pourrait alors être de l'ordre de :

Principe de fondation	Combinaison	Taux de travail (MPa)
Ancrage de 0,20 m au sein des horizons sableux (ou argiles au Nord-Ouest)	ELS quasi-permanent	0,20
	ELU fondamental	0,32

Compte-tenu de l'humidité des terrains en partie Nord-Ouest du site, et de la portance parfois nulle de certains horizons de tête, on s'orientera préférentiellement en première approche vers la réalisation de planchers portés par les fondations.

Les sols superficiels limono-argileux ou argilo-sableux peuvent être considérés comme moyennement perméables.

7.1.2 Voirie

Après décapage de la terre végétale et reclassement des arases en PST1/AR1, on retiendra les principes de construction suivants :

Désignation	Solution 1	Solution 2
Structure de chaussée	0,05 m BBSG3	
	0,15 m GNT	
CdF	0,45 m sur géotextile	0,60 m sans géotextile

7.2 **Aléas résiduels**

Avant mise en place des fondations, une attention particulière sera portée sur la purge de la terre végétale, des limons argileux, argiles limoneuses, remblais, et des systèmes racinaires résiduels éventuels.

Les fondations seront coulées en place dès ouverture des fouilles afin d'éviter tout risque de détérioration du matériau.

Les moyens de terrassement devront être adaptés à l'avancement des travaux.

	RAPPORT D'ETUDES		Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE		05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)		Page 21 sur 56

8 ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, Esquisse, APS	Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À 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

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 22 sur 56

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.

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 23 sur 56

**ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, 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).

Sources : tableau 1 et 2 de définition de l'enchaînement et du contenu des missions d'ingénierie géotechnique (NF P94-500, de novembre 2013)

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 24 sur 56

9 ANNEXES

Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages

Annexe 2 : Coupes des sondages

Annexe 3 : Courbes pénétrométriques

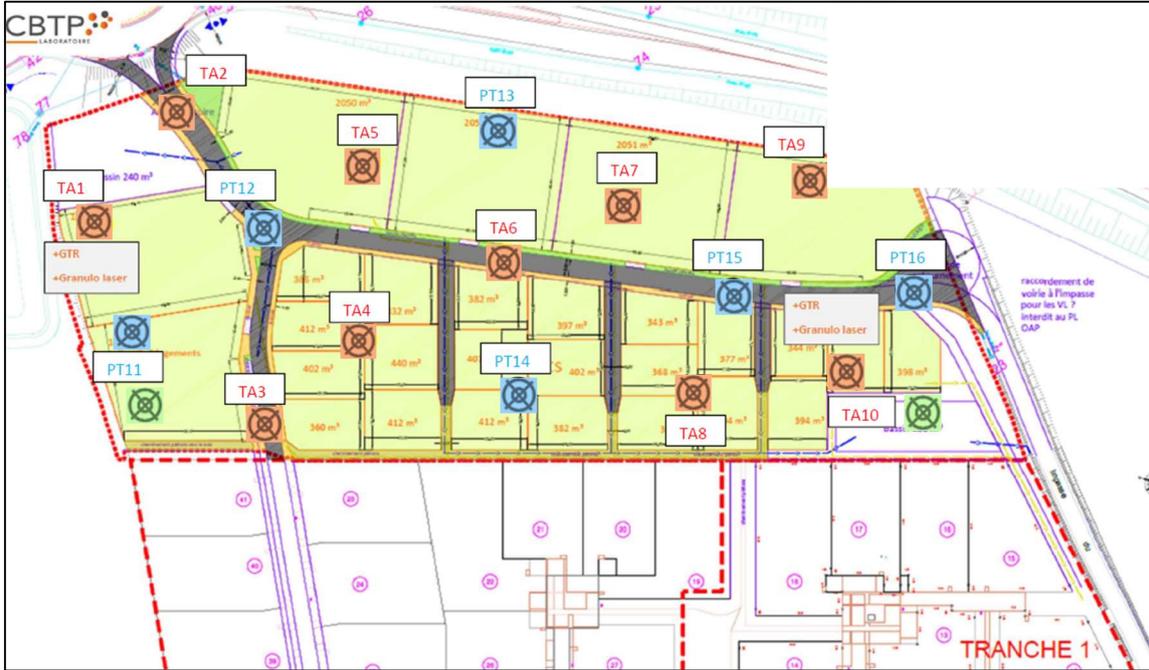
Annexe 4 : Mesures de perméabilité au « Porchet »

Annexe 5 : Analyses GTR

Annexe 6 : Notes de calcul Alizé

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 25 sur 56

Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages



Principe d'implantation des sondages

Lotissement, Les Morinières – SAINT-SATURNIN (72)

	P - Test de perméabilité porchet	T - sondage tarière	Laboratoire CBTP 3, rue L'Épine - BP 33216 ZA La Richardière 35532 NOYAL SUR VILAINE		Ech : 1/750
	PT - sondage pénétrométrique				29/05/2020

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 27 sur 56

Annexe 2 : Coupes des sondages

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 07/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 100,72
 Machine : CE 302

Sondage : TA3

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
100,72 m					0
100,17 m	Remblais Argile et Blocailles Brune				0,55 m
99,52 m	Remblais Graveleux Gris Claire				1,20 m
98,72 m	Sablon Orangé - roux				2,00 m
97,92 m	Sablon fin Orangé				2,80 m
94,60 m	Sablon , qlqs Gravier roulés Orangé - roux			Tarières Ø 63 mm	6,12 m

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 07/05/2020
 Heure début : 14:49

Cote Réf : 99.9
 Machine : CE 302

Sondage : TA9

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
99,90 m					0
99,35 m	0,55 m Limon Marron				
99					1
98,70 m	1,20 m Argile limoneuse Marron roux foncé				
98					2
97,40 m	2,50 m Sablon Marron				
97					3
96					4
95,50 m	4,40 m Sablon Limoneux Marron - roux			Tarières Ø 63 mm	
95					5
94					6
93,78 m	6,12 m Sablon Jaune				

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 07/05/2020
 Heure début : 14:07

Cote Réf : 98.05
 Machine : CE 302

Sondage : TA10

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
98,05 m					0
98	Limons Marron				
97,25 m	0,80 m				1
97					
96	Argile limoneuse Marron				2
95,05 m	3,00 m				3
95	Sablon limoneux Bariolé , mx Orangé-beige-grisâtre			Tarières Ø 63 mm	
94,45 m	3,60 m				4
94	Sablon jaune				
93,35 m	4,70 m				5
93	Sablon Marron roux				
92,04 m	6,01 m				6

Observations: Pas d'eau dans le forage
 1 sac GTR

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 100,65
 Machine : Massif

Sondage : TA4

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
100,65 m					
100,35 m	Terre végétale				0
99,85 m	Argile limoneuse (marron)				0,30 m
99					0,80 m
99	Sable argileux grossier (marron - roux)				1
99					2
98,15 m					2,50 m
98	Sablon (roux)			Tarières Ø 63 mm	3
97					4
96,65 m					4,00 m
96	Sablon, plus compact (roux)				5
95					6
94,65 m					6,00 m

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 97,13
 Machine : Massif

Sondage : TA1

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
97,13 m					
96,93 m	Terre végétale				0
					0,20 m
96	Argile limoneuse				1
95,53 m					1,60 m
95	Argile très humide (gris clair)				2
94,63 m					2,50 m
94	Argile bariolée à passages graveleux			Tarières Ø 63 mm	3
93					4
92,63 m					4,50 m
92	Argile plastique (gris clair)				5
91,13 m					6,00 m

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 98,99
 Machine : Massif

Sondage : TA2

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
98,99 m					0
98,69 m	Terre végétale sableuse				0,30 m
98,09 m	Argile limoneuse (marron)				0,90 m
96,19 m	Argile humide compacte (marron)				2,80 m
95,19 m	Sable grossier légèrement argileux (roux - ocre)			Tarières Ø 63 mm	3,80 m
92,99 m	Argile sableuse (marron - roux)				6,00 m

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 100,78
 Machine : Massif

1/35

Sondage : TA5

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
100,78 m					
100,58	Terre végétale sablonneuse				0
	0,20 m				
100,28	Argile limoneuse (marron)				
	0,50 m				
100	Sable + gravillons, compact				
99,78 m	(rouge-rose)				1
	1,00 m				
99					2
98					3
	Sablon fin à matrice argileuse			Tarières Ø 63 mm	
	(marron - roux)				4
97					5
96					6
95					
94,78 m	6,00 m				

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 100,57
 Machine : Massif

Sondage : TA6

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
100,57 m					
100,37 m	Terre végétale sableuse (marron)				0
99,77 m	Argile limoneuse (marron)				1
98,97 m	Sablon grossier légèrement argileux (marron - ocre)				2
97,97 m	Sablon grossier humide (roux)				3
94,57 m	Sablon fin (roux)			Tarières Ø 63 mm	4
					5
					6

Observations: Pas d'eau dans le forage

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020
 Heure début : 13:21

Cote Réf : 100,03
 Machine : Massif

Sondage : TA7

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
100,03 m					
99,83 m	Terre végétale sableuse (marron)				0
99,63 m					
99,43 m	Sablon, argilo-graveleux (roux)				1
99,23 m					
98,43 m	Sablon grossier humide (ocre)				2
98,23 m					
97,43 m	Sablon humide (marron-rouge)			Tarières Ø 63 mm	3
97,23 m					
96,43 m					4
95,53 m	Sablon fin (jaune)	Forage			5
95,33 m					
94,03 m					6

Observations: Pas d'eau dans le forage
 Forage = arrivée d'eau en cours de forage 4,30 m/TN (95,73 m Réf)

Lotissement "Les Morinières" Saint Saturnin(72)

Date : 11/05/2020

Cote Réf : 99,09

Heure début : 13:21

Machine : Massif

1/35

Sondage : TA8

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m Réf)	Lithologie	Eau	Tubage	Outil	Profondeur (m)
99,09 m					
99					
98,79 m	Terre végétale sableuse (marron)				0
					0,30 m
	Argile limoneuse (marron)				
98,29 m					0,80 m
98	Sablon fin (marron - rouge)				1
97,49 m					1,60 m
97	Sablon grossier humide (marron)			Tarières Ø 63 mm	2
96					3
95,39 m					3,70 m
95	Sablon assez fin (ocre - roux)				4
94					5
93,09 m					6,00 m

Observations: Pas d'eau dans le forage

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 38 sur 56

Annexe 3 : Courbes pénétrométriques

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :

X : 48,067143
 Y : 0,168343

Essai :

Profondeur visée : 6,00 m
 Profondeur atteinte : 5,98 m
 Nombre de coups : 211
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00						
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :
 X : 48,067227
 Y : 0,168853

Essai :

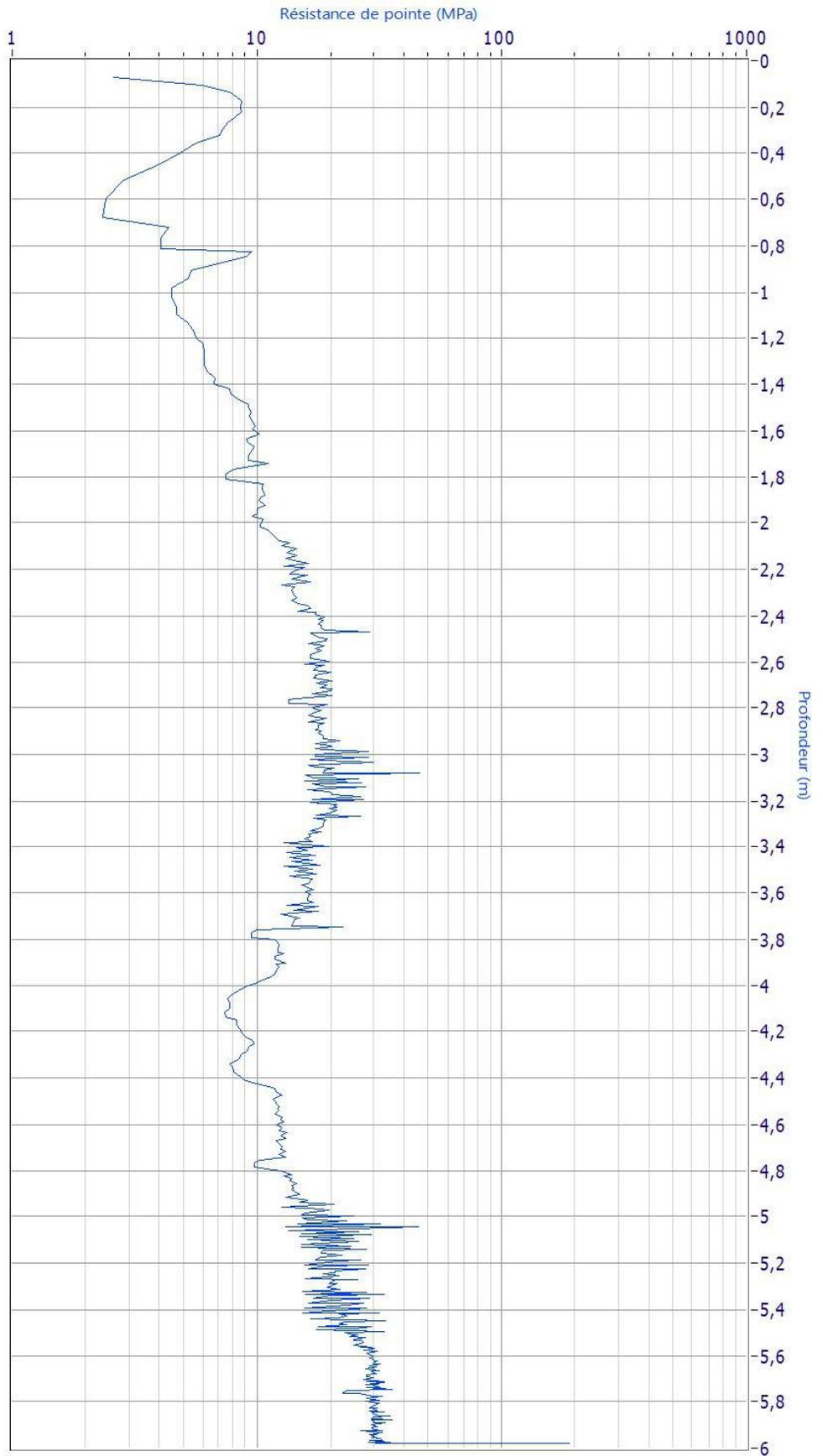
Profondeur visée : 0,00 m
 Profondeur atteinte : 5,98 m
 Nombre de coups : 534
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00						
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :

X : 48,067112
 Y : 0,169813

Essai :

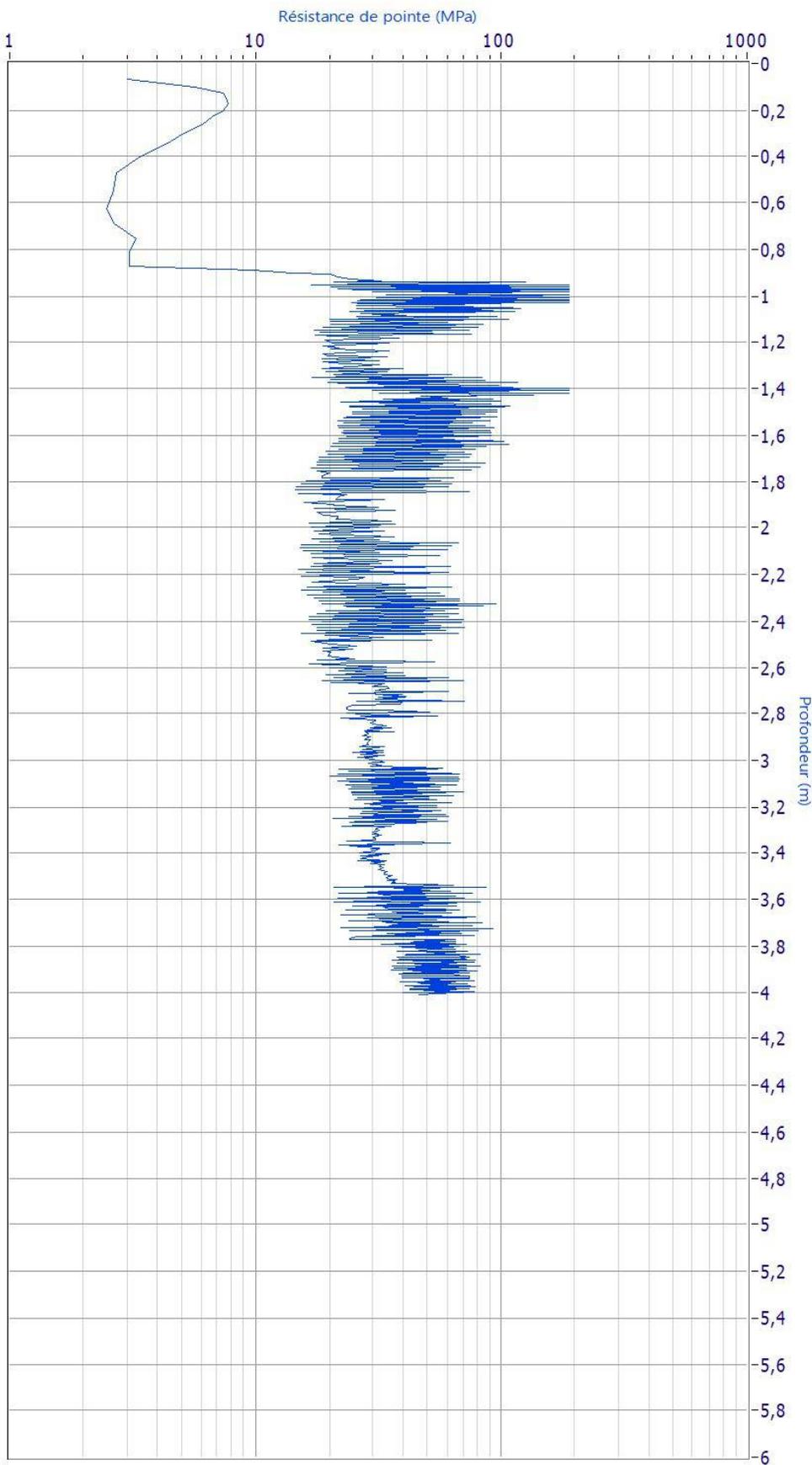
Profondeur visée : 0,00 m
 Profondeur atteinte : 4,01 m
 Nombre de coups : 645
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00								
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00								

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :
 X : 48,066520
 Y : 0,169408

Essai :

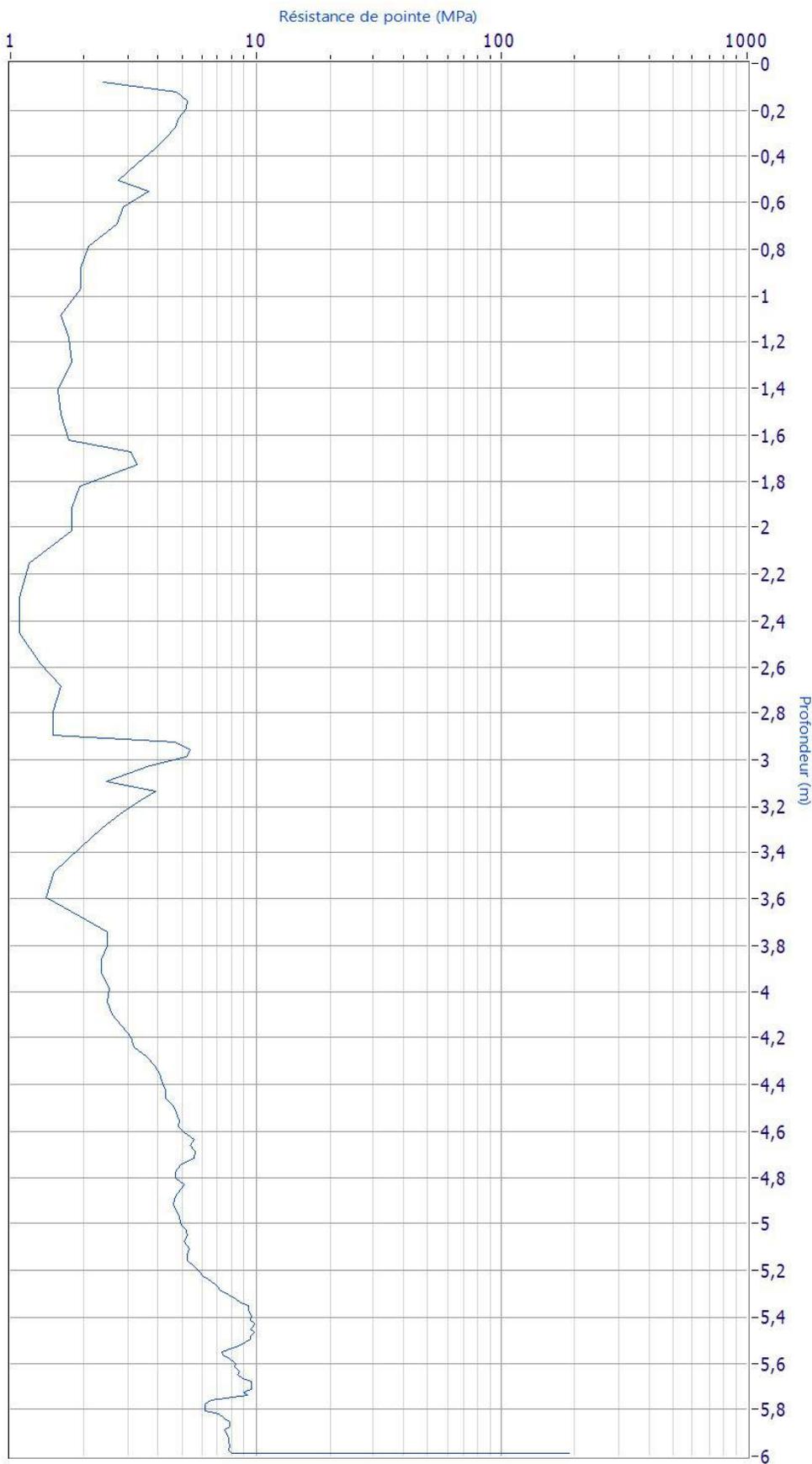
Profondeur visée : 0,00 m
 Profondeur atteinte : 5,99 m
 Nombre de coups : 138
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00						
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :

X : 48,066442
 Y : 0,170277

Essai :

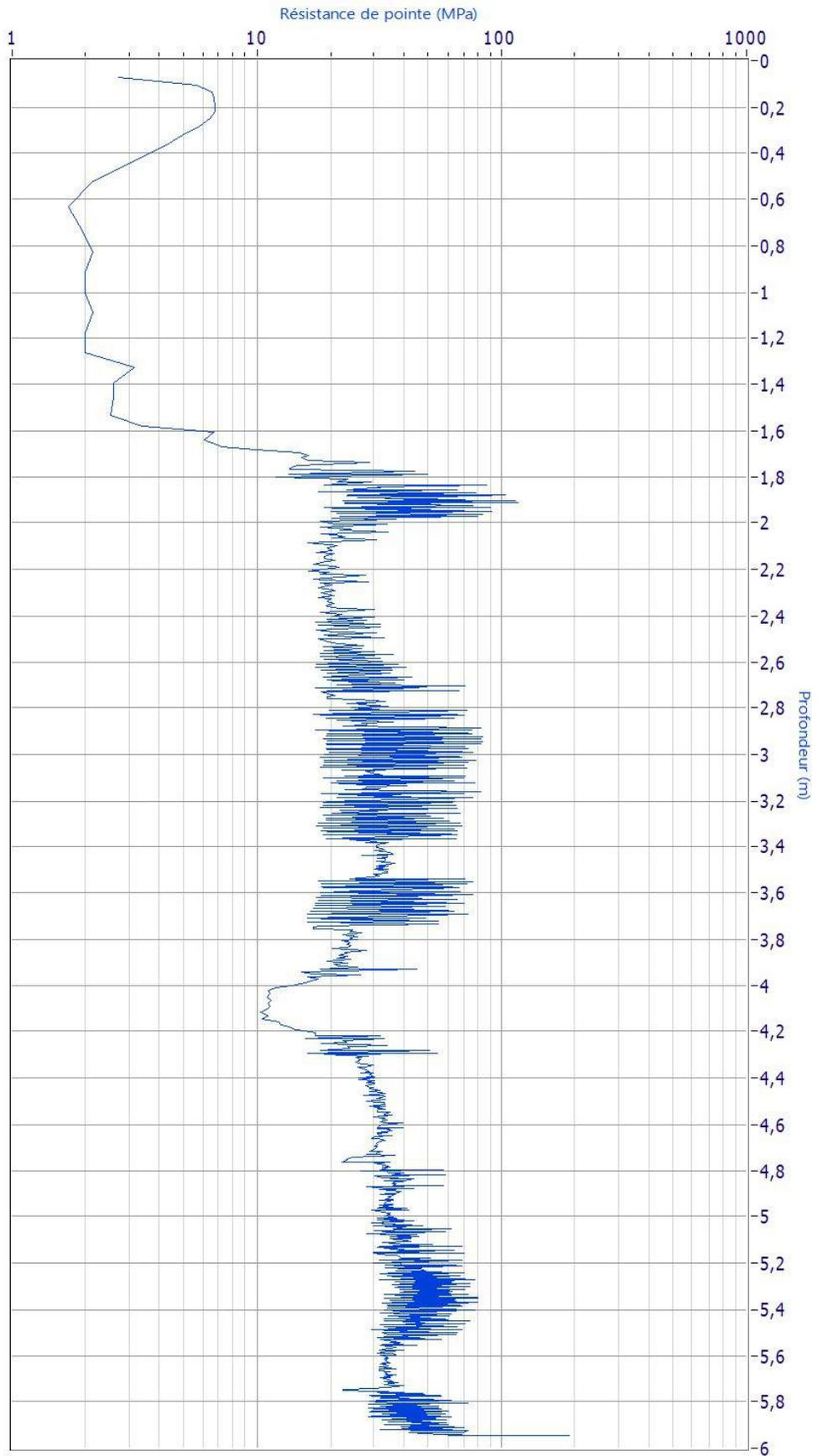
Profondeur visée : 0,00 m
 Profondeur atteinte : 5,94 m
 Nombre de coups : 872
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00							
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							

Conforme à la norme NF P 94-115

Localisation :

Type de repérage :

X : 48,066178
 Y : 0,170825

Essai :

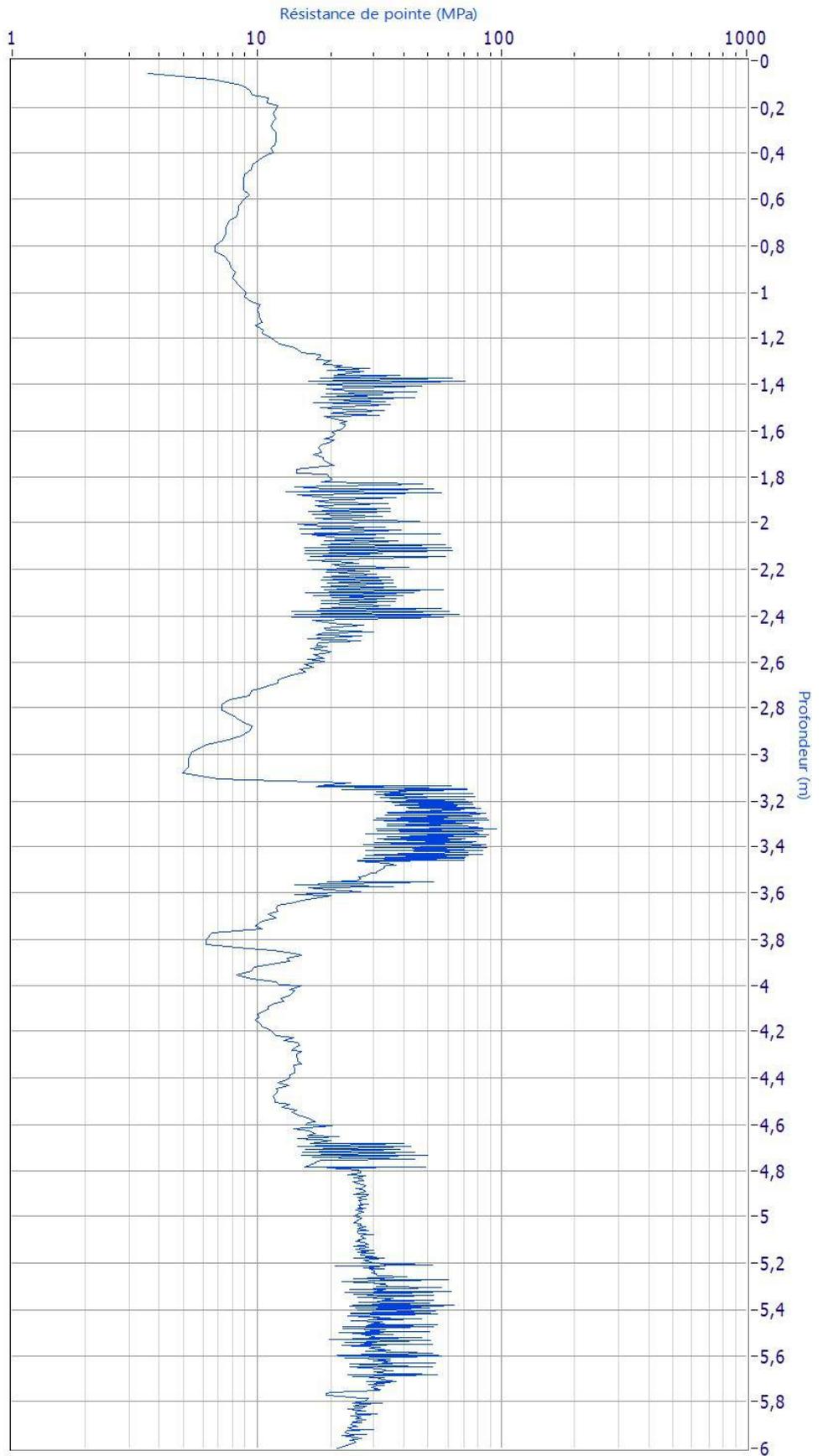
Profondeur visée : 0,00 m
 Profondeur atteinte : 6,75 m
 Nombre de coups : 752
 Profondeur pré-forage : 0,00 m
 Condition arrêt : Temporaire
 Nappe : Inexistante

Caractéristiques :

Type d'appareil : GRIZZLY
 Etalonné le :
 Hauteur de chute : 0,76 m
 Masse du mouton : 63,5 kg
 Section de pointe : 20 cm²

Matériel étalonné par le ministère de l'équipement CER Rouen

Commentaires :



Mesures de couple :

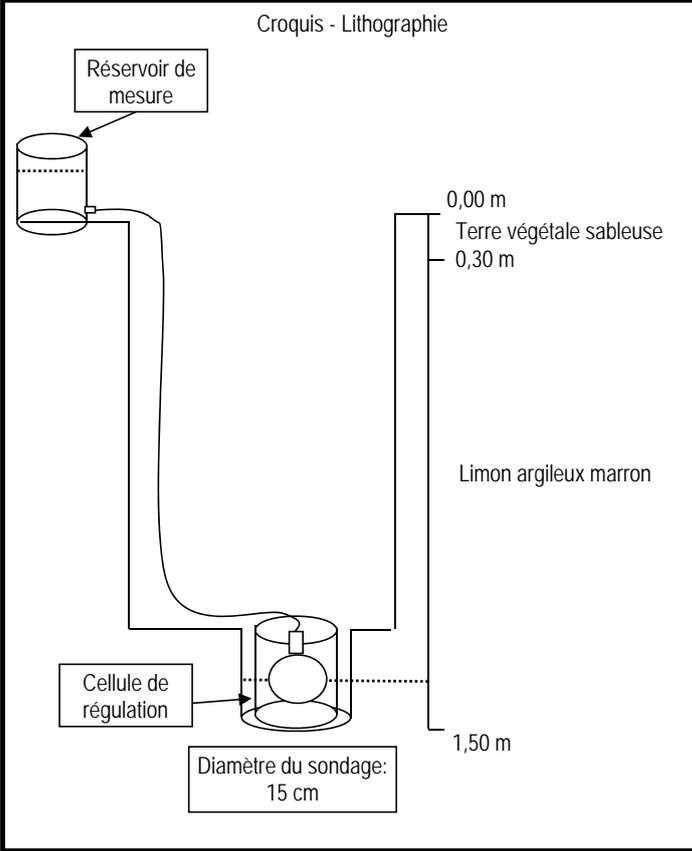
Longueur de tige (m)	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00						
Couple (Nm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 45 sur 56

Annexe 4 : Mesures de perméabilité au « Porchet »

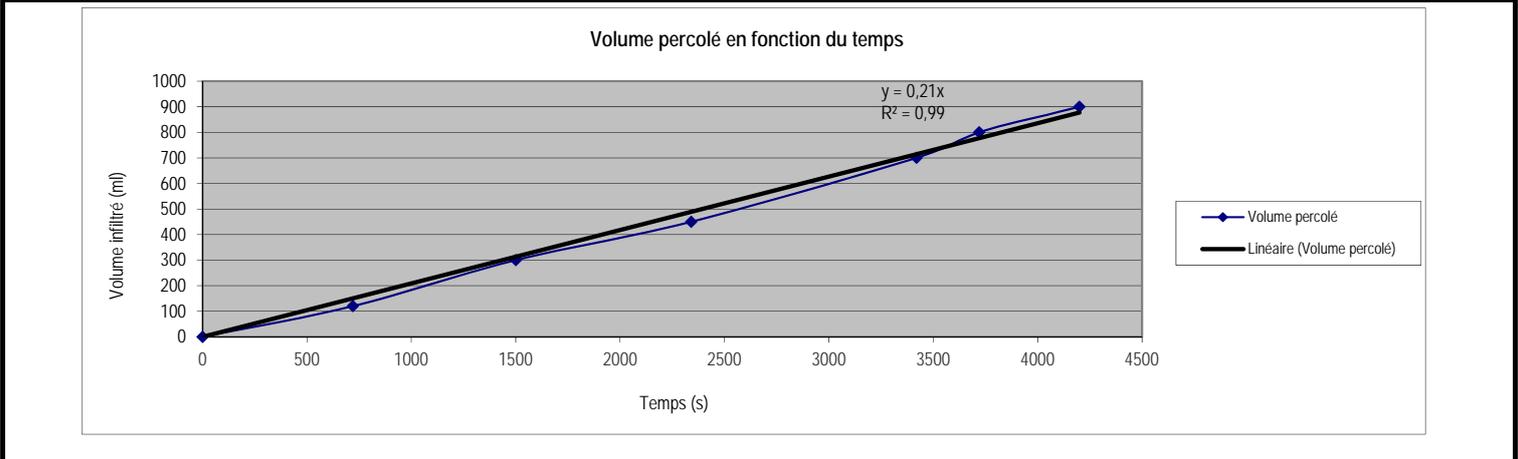
Entreprise : SAS Sofil (Ielièvre Immobilier)
 Chantier : Lotissement Rue Camille Pissarro ST SATURNIN (72)
 Destinataire : Mme Aurélie SIMON
 Dossier d'affaire : 2020-0372
 Date: 11/05/2020
 Technicien: NLS

Conditions météorologiques : Couvert
 Moyens utilisés: Infiltromètre SDEC à charge constante
 NGF: niveau 0 = terrain naturel
 T°C: 18°C.
 Profondeur du sondage (m): 1,50
 N° d'essai: POR 1



Mesure de perméabilité

Temps (s)	Volume percolé (ml)
0	0
720	120
1500	300
2340	450
3420	700
3720	800
4200	900



Conclusions:
 Surface mouillée (en mm²) = 135413
 Vitesse de percolation (mm/h) = 5,6
 Coefficient K de perméabilité (m/s) = 1,6.E-06

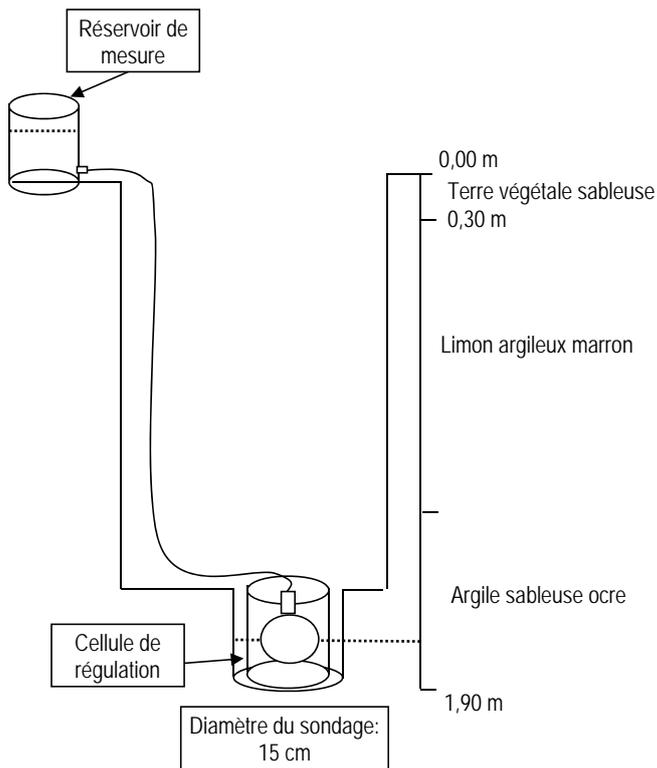
Observations:
 La classe de perméabilité correspond à un sol moyennement perméable (source C.T.G.R.E.F)

DATE :	Nicolas LESQUIN		Emmanuel AUBERT	
13/05/2020	Technicien chargé des essais		Responsable secteur géotechnique	
PAGE :	Rédigé par	Visa	Vérifier par	Visa
1/3				

Entreprise : SAS Sofil (Ielièvre Immobilier)
 Chantier : Lotissement Rue Camille Pissarro ST SATURNIN (72)
 Destinataire : Mme Aurélie SIMON
 Dossier d'affaire : 2020-0372
 Date: 11/05/2020
 Technicien: NLS

Conditions météorologiques : Couvert
 Moyens utilisés: Infiltromètre SDEC à charge constante
 NGF: niveau 0 = terrain naturel
 T°C: 18°C.
 Profondeur du sondage (m): 1,90
 N° d'essai: POR 2

Croquis - Lithographie



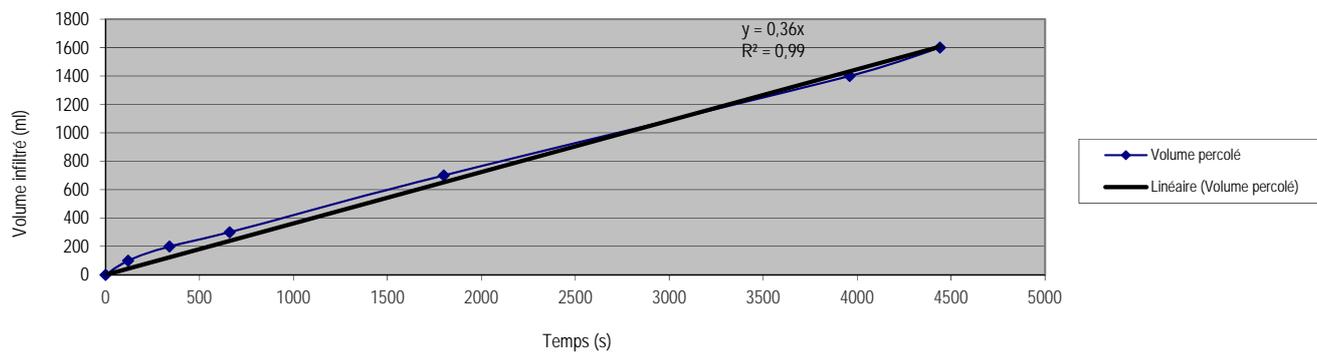
Photographie: Porchet n°2



Mesure de perméabilité

Temps (s)	Volume percolé (ml)
0	0
120	100
340	200
660	300
1800	700
3960	1400
4440	1600

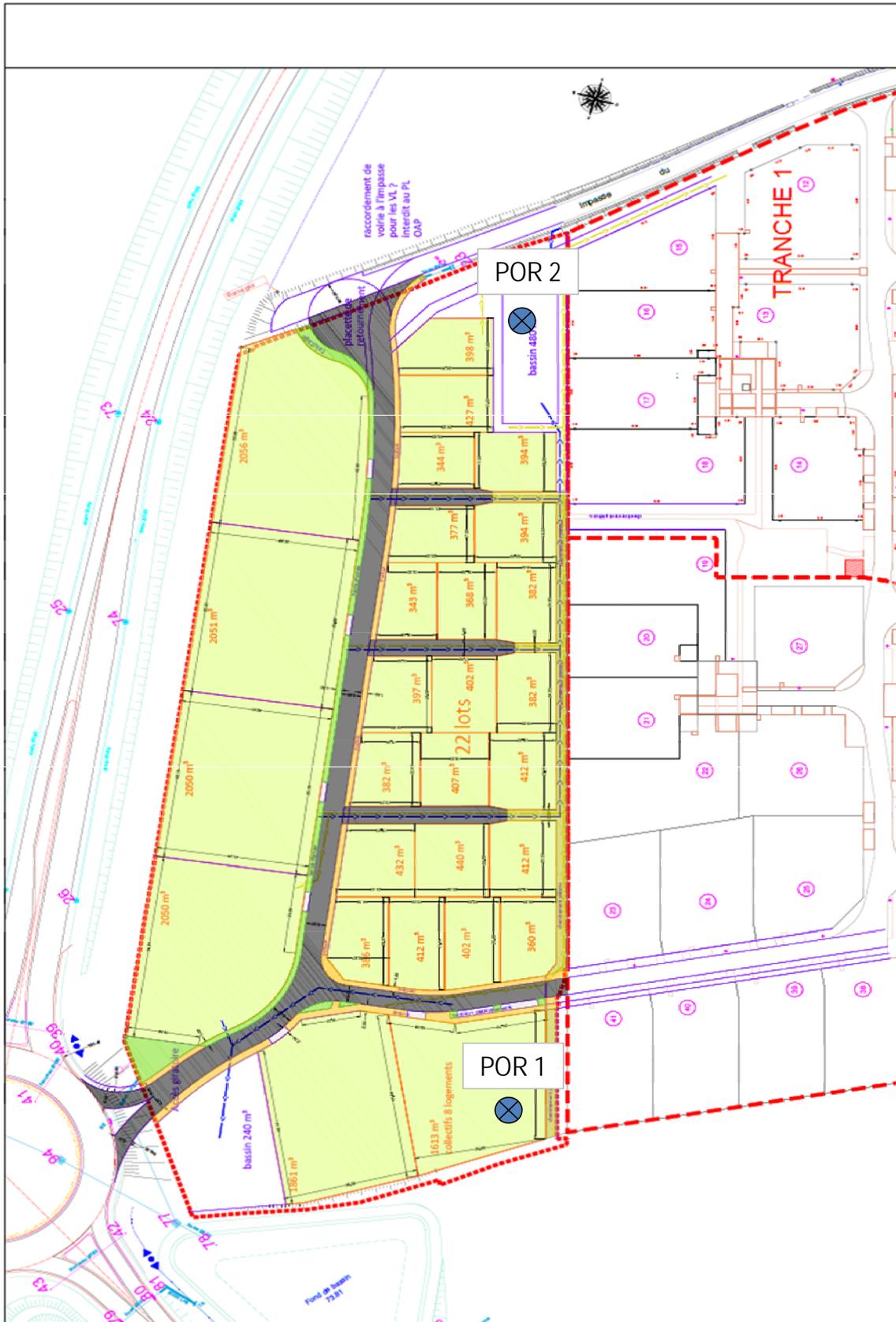
Volume percolé en fonction du temps



Conclusions:
 Surface mouillée (en mm²) = 55342,5
 Vitesse de percolation (mm/h) = 23,4
 Coefficient K de perméabilité (m/s) = 6,5.E-06

Observations:
 La classe de perméabilité correspond à un sol moyennement perméable (source C.T.G.R.E.F)

DATE :	Nicolas LESQUIN		Emmanuel AUBERT	
13/05/2020	Technicien chargé des essais		Responsable secteur géotechnique	
PAGE :	Rédigé par	Visa	Vérifier par	Visa
2/3				



Saint Saturnin "Les Morinières"		ESQ		Ind.		Ech: 1/1000	
Esquisse 3		ESQ		Ind.		Ech: 1/1000	
Maitre d'ouvrage:		SOFIAL		1, rue Charles Fabry		72013 LE MANS Cedex 2	
Ind.	Date	Des.	Verif.	Modifications plan de travail			
A	23/03/2020	SRU					

DATE :	Nicolas LESQUIN		Emmanuel AUBERT	
13/05/2020	Technicien chargé des essais		Responsable secteur géotechnique	
PAGE :	Rédigé par	Visa	Vérifier par	Visa
3/3				

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 49 sur 56

Annexe 5 : Analyses GTR + granulométriques

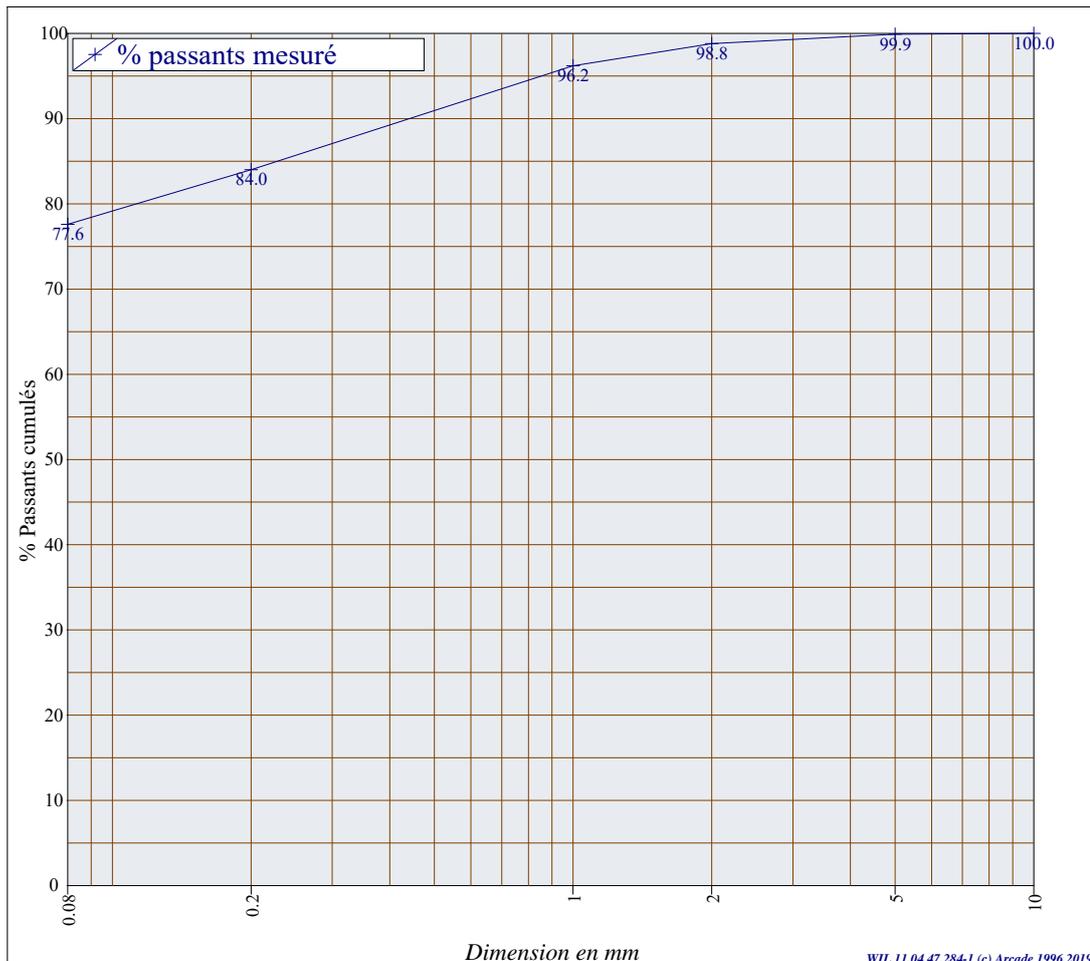
*Client : SOFIL
1 rue Charles Fabry
72013 Le Mans Cedex 2*

Dossier 2020-0372 : Lotissement Les Morinières - Saint Saturnin (72)

Prélèvement n° C0132021	<i>prélevés le 06/05/2020</i>
Origine	<i>Chantier</i>
Mode	<i>Sondage</i>
Fait par	<i>S.FROGERAIS</i>
Observations internes	<i>Limon argileux marron - TA 10</i>

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A1	
Etat hydrique	h	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	3.6	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	2.41	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	17.2 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
10.000	100
5.000	100
2.000	99
1.000	96
0.200	84
0.080	77.6



le 29/05/2020

Technicienne E. Boutrouelle

Responsable de secteur E. Aubert

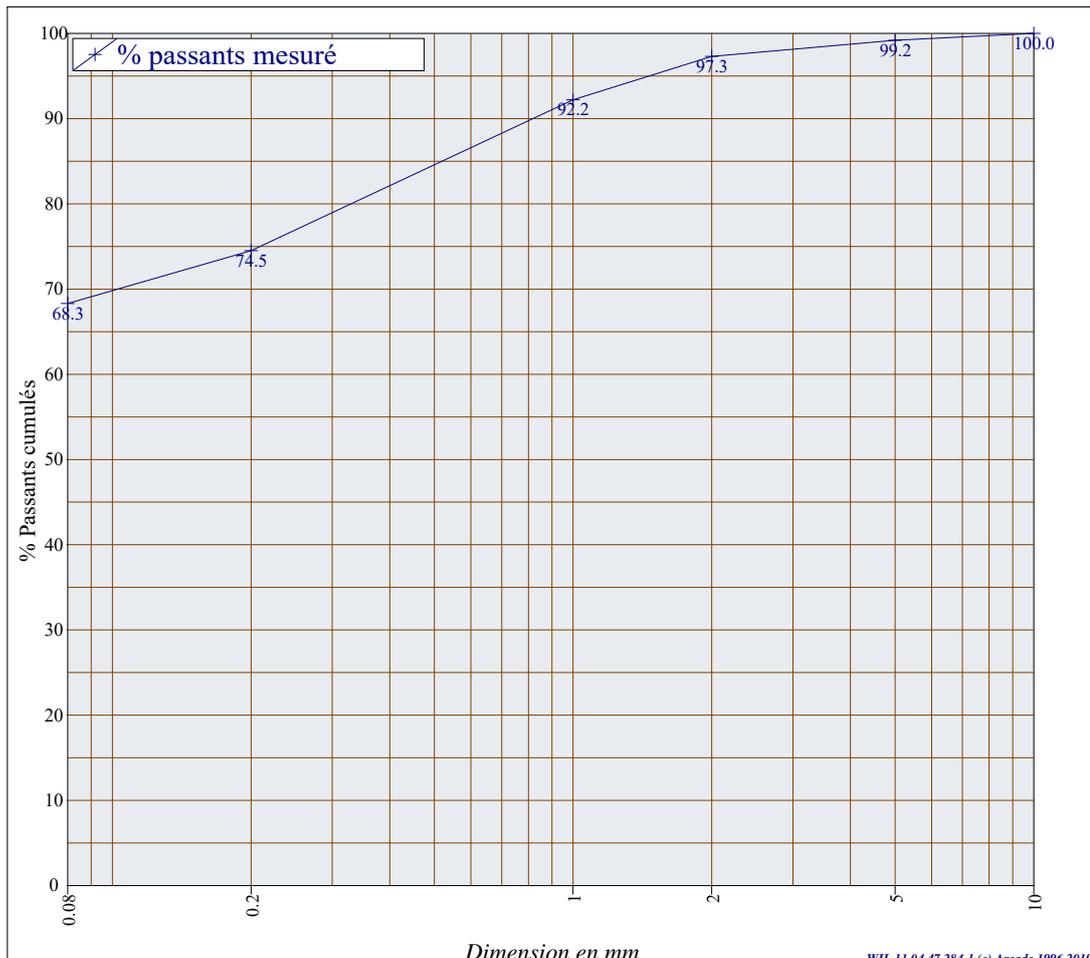
Client : SOFIL
 1 rue Charles Fabry
 72013 Le Mans Cedex 2

Dossier 2020-0372 : Lotissement Les Morinières - Saint Saturnin (72)

Prélèvement n° C0140011	<i>prélevés le 18/05/2020</i>
Origine	<i>Chantier</i>
Mode	<i>Sondage</i>
Fait par	<i>S.FROGERAIS</i>
Observations internes	<i>Limon marron - TA1 (0.20 m - 4.50 m)</i>

ESSAIS	Valeur	Norme
Classification GTR (GTR)		GTR
Classification	A2	
Etat hydrique	h	
Analyse granulométrique par tamisage à sec (Gr)		NF P 94-056
Indice Portant Immédiat (IPI)	3.9	NF P 94-078
Valeur de Bleu d'un Sol (VBS)	2.56	NF P 94-068
Teneur en eau (W)	20.2 %	NF P 94-050

Analyse granulométrique	
Tamis	%tamisat
10.000	100
5.000	99
2.000	97
1.000	92
0.200	75
0.080	68.3



le 29/05/2020

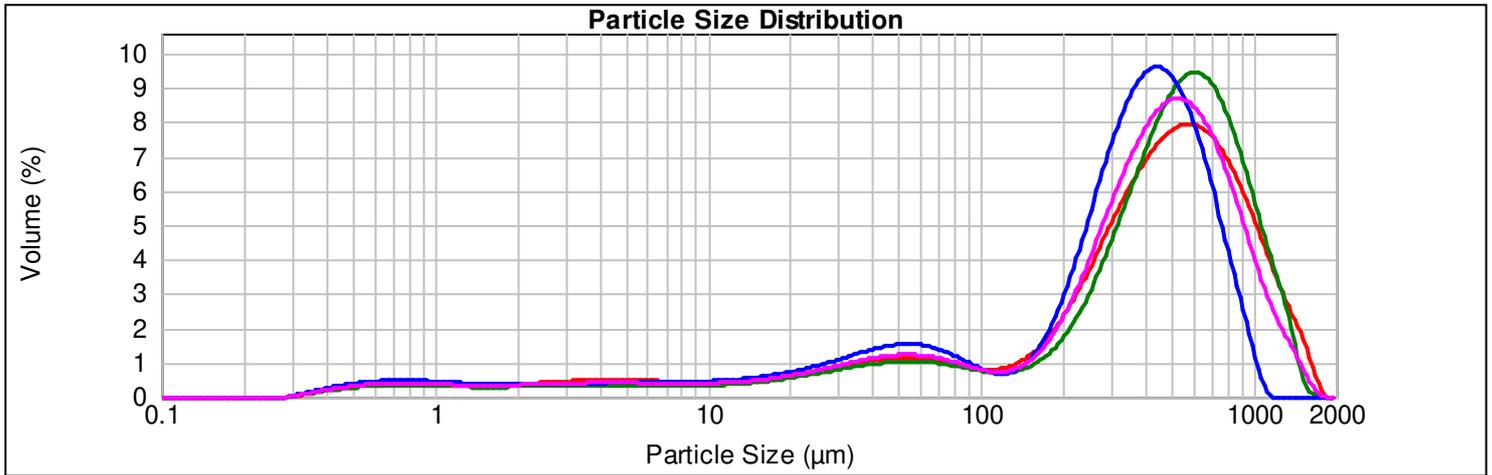
Technicienne E. Boutrouelle

Responsable de secteur E. Aubert

SOP Name:	Measured by: utilisateur	Measured: mardi 12 mai 2020 13:22:49
Sample Source & type: Supplier	Result Source: Averaged	Analysed: mardi 12 mai 2020 13:22:51
Sample bulk lot ref: 2		

Particle Name: terre végétale	Accessory Name: Hydro 2000SM (A)	Analysis model: General purpose	Sensitivity: Normal
Particle RI: 1.450	Absorption: 0.1	Size range: 0.020 to 2000.000 um	Obscuration: 7.73 %
Dispersant Name: Water	Dispersant RI: 1.330	Weighted Residual: 1.428 %	Result Emulation: Off

Concentration: 0.0272	Span : 2.135	Uniformity: 0.644	Result units: Volume
Specific Surface Area: m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,2]: 15.142	Vol. Weighted Mean D[4,3]: 441.912 um	
d(0.1): 19.317 um	d(0.5): 408.254 um	d(0.9): 890.834 um	



- C0132021-saint saturnin-limon argileux marron-DA 2020 0372-TA10, mardi 12 mai 2020 13:22:49
- C0132021-saint saturnin-limon argileux marron-DA 2020 0372-TA10, mardi 12 mai 2020 13:23:27
- C0132021-saint saturnin-limon argileux marron-DA 2020 0372-TA10, mardi 12 mai 2020 13:24:05
- C0132021-saint saturnin-limon argileux marron-DA 2020 0372-TA10 - Average, mardi 12 mai 2020 13:22:49

Size (µm)	Volume In %										
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	0.27	7.096	0.30	50.238	0.93	355.656	5.61
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	0.26	7.962	0.30	56.368	0.91	399.052	6.13
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	0.25	8.934	0.30	63.246	0.87	447.744	6.45
0.028	0.00	0.200	0.00	1.416	0.25	10.024	0.30	70.963	0.81	502.377	6.54
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	0.25	11.247	0.30	79.621	0.72	563.677	6.38
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	0.25	12.619	0.32	89.337	0.63	632.456	5.96
0.040	0.00	0.283	0.01	2.000	0.26	14.159	0.36	100.237	0.57	709.627	5.31
0.045	0.00	0.317	0.07	2.244	0.27	15.887	0.40	112.468	0.55	796.214	4.50
0.050	0.00	0.356	0.12	2.518	0.29	17.825	0.44	126.191	0.61	893.367	3.54
0.056	0.00	0.399	0.18	2.825	0.30	20.000	0.49	141.589	0.78	1002.374	2.59
0.063	0.00	0.448	0.22	3.170	0.30	22.440	0.55	158.866	1.07	1124.683	1.81
0.071	0.00	0.502	0.25	3.557	0.31	25.179	0.62	178.250	1.50	1261.915	1.23
0.080	0.00	0.564	0.28	3.991	0.31	28.251	0.69	200.000	2.05	1415.892	0.63
0.089	0.00	0.632	0.29	4.477	0.31	31.698	0.76	224.404	2.72	1588.656	0.11
0.100	0.00	0.710	0.30	5.024	0.31	35.566	0.82	251.785	3.46	1782.502	0.00
0.112	0.00	0.796	0.30	5.637	0.30	39.905	0.87	282.508	4.22	2000.000	
0.126	0.00	0.893	0.29	6.325	0.30	44.774	0.91	316.979	4.97		
0.142	0.00	1.002		7.096		50.238		355.656			

SOP Name:

Measured by:
utilisateur

Measured:
mardi 12 mai 2020 13:22:49

Sample Source & type:
Supplier

Result Source:
Averaged

Analysed:
mardi 12 mai 2020 13:22:51

Sample bulk lot ref:
2

Particle Name:
terre végétale

Accessory Name:
Hydro 2000SM (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.450

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
7.73 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.428 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.0272

Span :
2.135

Uniformity:
0.644

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
m²/g

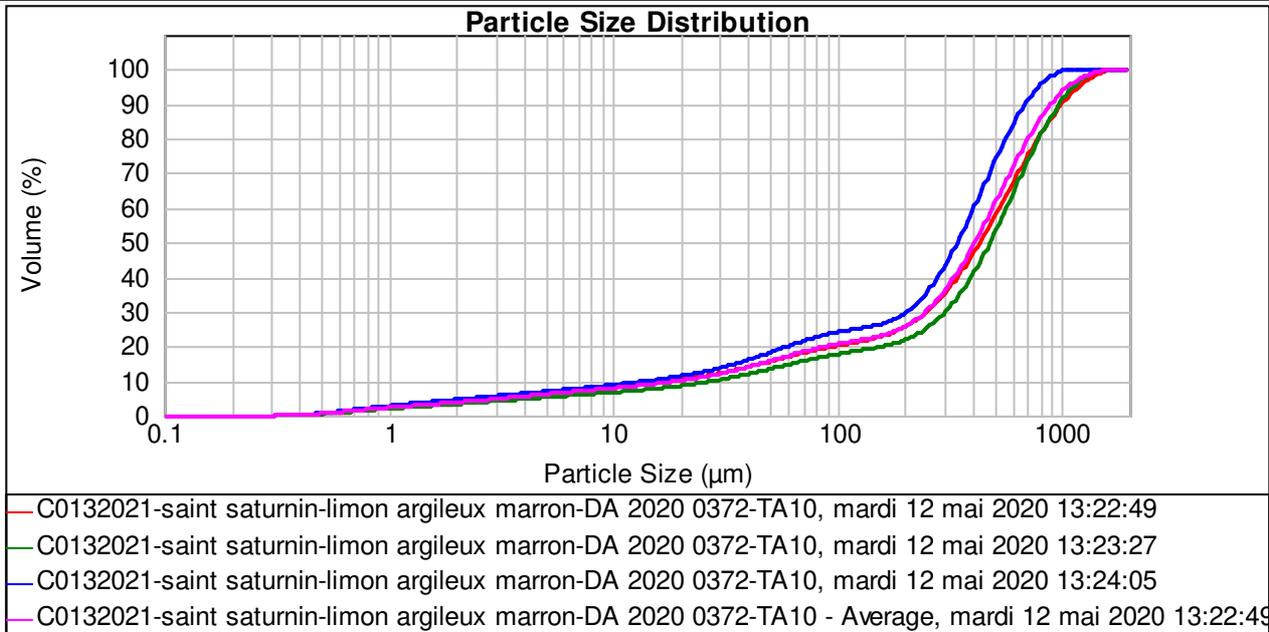
Surface Weighted Mean D[3,2]:
15.142

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
441.912 um

d(0.1): 19.317 um

d(0.5): 408.254 um

d(0.9): 890.834 um



Size (µm)	Vol Under %										
0.020	0.00	0.142	0.00	1.002	2.31	7.096	7.10	50.238	15.85	355.656	43.21
0.022	0.00	0.159	0.00	1.125	2.58	7.962	7.39	56.368	16.78	399.052	48.82
0.025	0.00	0.178	0.00	1.262	2.84	8.934	7.69	63.246	17.69	447.744	54.95
0.028	0.00	0.200	0.00	1.416	3.09	10.024	7.99	70.963	18.57	502.377	61.40
0.032	0.00	0.224	0.00	1.589	3.33	11.247	8.29	79.621	19.37	563.677	67.94
0.036	0.00	0.252	0.00	1.783	3.58	12.619	8.60	89.337	20.09	632.456	74.32
0.040	0.00	0.283	0.00	2.000	3.83	14.159	8.94	100.237	20.73	709.627	80.28
0.045	0.00	0.317	0.01	2.244	4.10	15.887	9.30	112.468	21.29	796.214	85.60
0.050	0.00	0.356	0.08	2.518	4.37	17.825	9.70	126.191	21.84	893.367	90.10
0.056	0.00	0.399	0.21	2.825	4.66	20.000	10.14	141.589	22.45	1002.374	93.64
0.063	0.00	0.448	0.39	3.170	4.95	22.440	10.63	158.866	23.23	1124.683	96.22
0.071	0.00	0.502	0.60	3.557	5.26	25.179	11.19	178.250	24.30	1261.915	98.03
0.080	0.00	0.564	0.86	3.991	5.57	28.251	11.80	200.000	25.80	1415.892	99.26
0.089	0.00	0.632	1.13	4.477	5.88	31.698	12.49	224.404	27.85	1588.656	99.89
0.100	0.00	0.710	1.43	5.024	6.19	35.566	13.25	251.785	30.57	1782.502	100.00
0.112	0.00	0.796	1.73	5.637	6.49	39.905	14.07	282.508	34.02	2000.000	100.00
0.126	0.00	0.893	2.02	6.325	6.80	44.774	14.94	316.979	38.24		

	RAPPORT D'ETUDES	Indice A
	MISSION GEOTECHNIQUE	05/06/2020
	Aménagement de lotissement LES MORINIÈRES, SAINT-SATURNIN (72)	Page 54 sur 56

Annexe 6 : Notes de calcul Alizé

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :

- données Structure : saisie écran
- origine fichier C:\...\2020-0372 (aménagement de lotissement - Saint Saturnin 72 - MECASOL)\structure.dat
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :

**tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et
compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale**

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
----- <i>surface (z=0.000)</i> -----					
h= 0,050 m	0,000m	-90,2	0,763	-235,0	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-521,2	-5,024	502,5	0,284
----- <i>collé (z=0,050m)</i> -----					
h= 0,150 m	0,050m	-521,2	0,037	1895,2	0,284
E= 125,0 MPa					
nu= 0,350	0,200m	-1052,9	-0,106	1450,1	0,121
----- <i>collé (z=0,200m)</i> -----					
h infini	0,200m	-1052,9	-0,003	2353,5	0,121
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =154,8 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =48,3 m (entre-jumelage)

Calcul de Valeur admissible - matériau : gnt et sols

données de trafic :

MJA = 1 pl/j/sens/voie
accroissth. = 0,00%
période de calcul = 10,0 années
trafic cumulé NPL = 3 650 PL

données déduites :

accroissth. géom. = 0,00%
trafic cumulé équivalent NE :
coefficient CAM = 0,40
trafic cumulé NE = 1 460 essieux standard

données sur le matériau :

coefficient A = 16000
exposant = -0,2220

EpsilonZ admissible = 3174,2 $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra - Vérification au gel-dégel

Signalement du calcul

titre de l'étude : sans titre
 fichier Structure : C:\...\2020-0372 (aménagement de lotissement - Saint Saturnin 72 - MECASOL)\ge conditions aux limites : cf. Méthode Lcpc-Setra

Données : structure de chaussée

Zsup (m)	Zinf (m)	H (m)	Gamma (Kg/m3)	Weau (%)	LbdaNg (W/m°C)	LbdaG (W/m°C)	Matériau type
0,000	0,050	0,050	2350,0	1,0	2,00	2,10	bb
0,050	0,200	0,150	2200,0	4,0	1,80	2,00	gnt
0,200	1,200	1,000	1300,0	32,0	1,10	1,80	solA
1,200	40,200	39,000	1300,0	32,0	1,10	1,80	solA

niveau de la plate-forme Zpf = 0,200 m

Données pour le calcul de la quantité de gel Qpf admissible par la plate-forme

- Configuration de la plate-forme : SGn/SGt
- matériau non gélif : An= 12,0 et Epaisseur Hn= 0,400 m
 - (de type GNT et mat. non traités insensibles à l'eau avec passant $80\mu < \text{ou} = \text{à } 3\%$)
 - d'où quantité de gel Qng = 3,84 racine(°Cxjours)
 - matériaux très gélifs : pente p = 5,000 mm/racine(°Cxh)
 - d'où quantité de gel Qg = 0,00 racine(°Cxjours)
- Quantité de gel Qm reliée à la pénétration autorisée du gel dans les matériaux gélifs
- chaussée peu épaisse (matériaux liés < 20 cm)
 - d'où quantité de gel Qm = 0
- Qpf admissible = Qng + Qg + Qm = 3,8 racine(°Cxjours)

Résultat du calcul : indice de gel atmosphérique admissible par la chaussée

latmosphérique admissible = 80,5 °Cxjours
 La chaussée est vérifiée vis à vis du gel-dégel si l'indice de gel atmosphérique du site est inférieur ou égal à 80,5 °Cxjours

Courbes latmosphérique et Isurface = f(Qpf) (unités: °C, jour et associées)

