

N° d'affaire : S-2301-065 V3

CRÉATION D'UN LOTISSEMENT DE 13 LOTS ET DE SA VOIRIE ASSOCIÉE

MISSIONS G1/PGC (LOTS) + G2/AVP (VOIRIE)
LOTISSEMENT « PARK AVENUE »
LOTS 1 À 13
MONTBETON (82)

Maître d'ouvrage : Les Parc Aménageur
2 Boulevard d'Arcole
31000 TOULOUSE

4 agences à votre service dans le Sud-Ouest

Montauban Siège
350 avenue du Danemark
82000 Montauban
Tél 05 63 27 28 79
info@solingeo.com

Grand Toulouse
28 av. de la Mouyssaguère
31280 Dremil-Lafage
Tél 05 61 45 96 62
info31@solingeo.com

Lot
3 boulevard Carnot
46400 Saint-Céré
Tél 06 95 17 38 47
info46@solingeo.com

Aude
80 rue Jean Fourastié
11400 Castelnaudary
Tél 04 68 94 83 84
info11@solingeo.com

SARL au capital de 6000 €
N° SIRET 519 836 803 00048
RCS Montauban 2010 B 50
Code APE 7112B
N° TVA INTRA FR02519836803



N° d'Affaire	Date	Etabli par	Vérifié par	Version	Nb. Pages
S-2301-065	1 ^{er} mars 2023	B. MOUSSIROU	A. MONTEIL	1	34
S-2301-065	21 mars 2023	B. MOUSSIROU	A. MONTEIL	2	41
S-2301-065	21 avril 2023	B. MOUSSIROU	A. MONTEIL	3	41

Récapitulatif des modifications apportées à la première version

<u>N° d'affaire</u>	<u>Date</u>	<u>Version</u>	<u>Modifications apportées</u>
S-2301-065	1 ^{er} mars 2023	1	Rapport provisoire
S-2301-065	21 mars 2023	2	Rapport final avec ajout des essais de traitement
S-2301-065	21 avril 2023	3	Rapport final avec modification du plan de localisation des sondages

SOMMAIRE

1. GÉNÉRALITÉS	4
1.1. Cadre de l'étude.....	4
1.2. Missions.....	4
1.3. Moyens d'investigations	4
1.4. Documents remis.....	5
1.5. Caractéristiques du projet	5
2. CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL.....	6
2.1. Localisation et description du site	6
2.2. Risques majeurs naturels.....	7
a) Mouvements des sols – Retrait / Gonflement.....	7
b) Mouvements des sols – Glissement de terrain.....	7
c) Inondabilité.....	7
d) Inondation par remontée des nappes	7
e) Cavités.....	7
f) Sismicité.....	8
g) Radon.....	8
h) Amiante environnemental.....	8
2.3. Contextes géologique et hydrologique	8
2.4. Zone d'Influence Géotechnique	9
2.5. Usage historique du site	9
3. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS	9
3.1. Repérage et nivellement des sondages	9
3.2. Lithologie et caractéristiques mécaniques des sols.....	10
3.3. Classification des matériaux	11
a) Classification des matériaux	11
b) Essai Proctor	12
c) Aptitude d'un sol au traitement à la chaux seule	12
d) Évaluation du traitement à la chaux.....	13
3.4. Régime hydrogéologique	14
4. GÉOTECHNIQUE – Principes Généraux de Construction	14
4.1. Principes de fondation.....	14
4.2. Principe de niveau bas.....	15
4.3. Terrassements et fouilles	15
4.4. Gestion des eaux.....	16
a) Phase provisoire	16
b) Phase définitive	16
4.5. Retrait/gonflement des argiles	16
5. VOIRIES	17
5.1. Couche de forme	17
5.2. Ébauche dimensionnelle de voirie.....	18
5.3. Remarques importantes	19
6. ANNEXES.....	20

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. Cadre de l'étude

En vue du projet de réalisation d'un lotissement et de sa voirie associée sur la commune de MONTBETON (82), nous avons procédé à une reconnaissance ponctuelle des sols au droit de la parcelle et à une étude bibliographique des risques naturels.

Cette étude résulte de l'acceptation de notre devis n° DEV08326 en date du 23/12/2022, pour lequel nous avons reçu mandat le 24/01/2023.

1.2. Missions

Conformément à notre offre, selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 (cf. classification et enchaînement des missions d'ingénierie géotechniques présentés en annexes), ce rapport correspond à :

- une mission d'étude géotechnique préalable, de type G1/PGC, pour les lots à bâtir ;
- une mission d'étude géotechnique de conception, de type G2/AVP, pour les voiries.

Cette étude a pour objectifs :

- de faire un état des risques naturels à prendre en compte sur le secteur ;
- de reconnaître ponctuellement la lithologie superficielle au droit de la parcelle ;
- d'évaluer ponctuellement la résistance des sols rencontrés ;
- de détecter la présence éventuelle de niveaux d'eau dans le sol au cours des sondages ;
- de fournir une approche sur les principes de fondation et niveau bas envisageables ;
- de donner une ébauche de dimensionnement de la voirie du lotissement ;
- de préciser les éventuelles contraintes géotechniques liées au site.

Nous rappelons ici que la norme NF P 94-500 définit l'enchaînement des missions géotechniques destinées à suivre les différentes phases d'élaboration et de réalisation d'un projet.

À ce titre, SOLINGEO reste à la disposition des intervenants pour la réalisation d'éventuelles études géotechniques complémentaires présentées dans la Norme.

Enfin, cette étude et les annexes qui s'y rapportent, forment un tout indissociable dont l'exploitation et l'utilisation doivent respecter les « Conditions d'exploitation du rapport » portées en annexe.

1.3. Moyens d'investigations

Afin de mener à bien nos missions, nous avons procédé à la réalisation des investigations suivantes :

- **4 sondages à la pelle mécanique (PM1 à PM4)**, permettant la reconnaissance visuelle de la nature des couches de terrains au droit du projet et la détection d'éventuelles venues d'eau. Ces sondages ont été réalisés jusqu'à 2,4 / 2,5 m de profondeur/TA (profondeur d'arrêt) ;
- **8 essais pénétrométriques (PD1 à PD8)**, destinés à mesurer la résistance mécanique en continu des terrains traversés et distinguer les différents horizons constituant le sous-sol ;
- **1 identification GTR en laboratoire**, permettant de déterminer la nature des sols et d'évaluer leur sensibilité vis-à-vis des variations hydriques ;
- **1 mesure de la portance IPI** sur sol traité à la chaux afin de définir les modalités d'amélioration de la portance des sols en place ;
- **1 poinçonnement CBR immédiat ou à 4 jours d'immersion** afin de définir le comportement des sols traités à long terme.

1.4. Documents remis

Les documents suivants nous ont été transmis afin de procéder à cette étude :

Documents	Emetteur	Date	Echelle
Plan de situation	Transmis par M. Jérôme GASTALDI LES PARCS AMÉNAGEUR	Décembre 2022	
Photo aérienne			1/5000
Extrait de plan cadastral			1/1500
Plan état des lieu			
Plan de composition			1/500

1.5. Caractéristiques du projet

Le projet consiste en la création d'un lotissement de 13 lots à bâtir. La composition du lotissement est synthétisée dans le tableau suivant :

N° Lot	Superficie
Lot 1	1040 m ²
Lot 2	890 m ²
Lot 3	835 m ²
Lot 4	850 m ²
Lot 5	880 m ²
Lot 6	605 m ²
Lot 7	615 m ²
Lot 8	925 m ²
Lot 9	1205 m ²
Lot 10	670 m ²
Lot 11	1100 m ²
Lot 12	1065 m ²
Lot 13	605 m ²

Au stade actuel du projet, l'implantation et les caractéristiques des futures constructions ne sont pas connues. Nous retiendrons comme hypothèses des maisons de type RDC ou R+1 sans niveau de sous-sol.

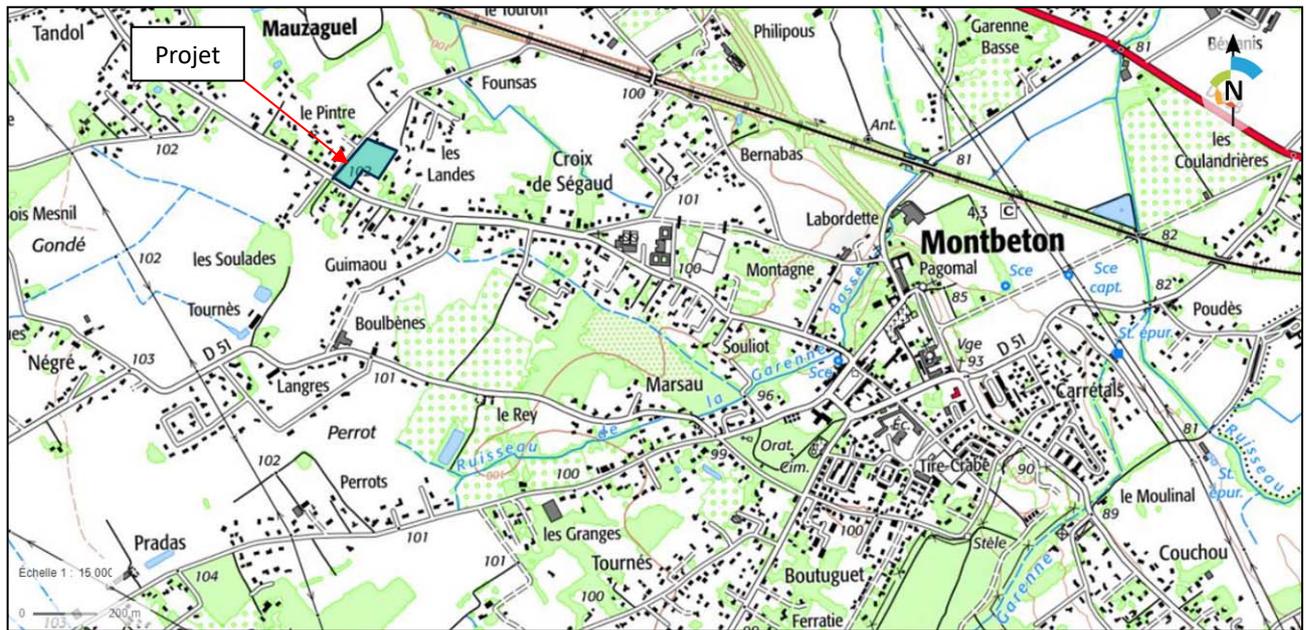
Enfin, il est prévu la création d'une voirie au sein du lotissement. Nous retiendrons les hypothèses suivantes :

- trafic de classe T₅ : t = 5 PL/jour/sens ;
- taux de croissance annuel : 0 % ;
- durée de vie : 10 ans ;
- CAM = 0,4 ;
- profil rasant.

2. CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

2.1. Localisation et description du site

La zone étudiée est située au Nord-Ouest du cœur de la commune de MONTBETON (82), en bordure du chemin de la Montagne. Elle est localisée dans une zone pavillonnaire en développement. Les parcelles concernées par le projet sont inscrites sur le plan cadastral sous la section A, n° 1046 et 1049 et présentent une superficie totale de l'ordre de 13 994m² qui sera à diviser en 13 lots à bâtir, et un ensemble de terrains réservés à un usage collectif. Le terrain est actuellement exempt de toute construction.



D'un point de vue topographique, le terrain concerné par le projet est relativement plat et horizontal. D'après la carte IGN, son altitude est de l'ordre de + 102 NGF. Son assiette est recouverte d'herbe rase et ne comporte pas de végétation arbustive significative.

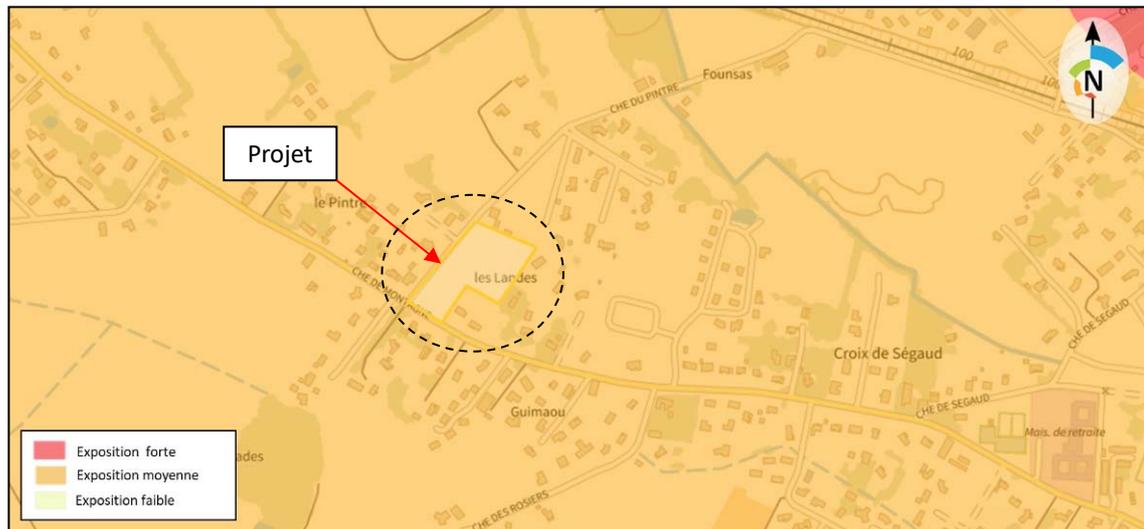


L'accès à la zone d'étude s'est fait sans difficulté. Lors de nos investigations, nous n'avons détecté aucun réseau enterré au droit des sondages réalisés.

2.2. Risques majeurs naturels

a) Mouvements des sols – Retrait / Gonflement

D'après la carte du risque de « retrait/gonflement des argiles » sur la commune de MONTBETON (82), éditée par le BRGM, la parcelle étudiée se situe dans une **zone d'aléa moyen**.



Carte d'aléa retrait/gonflement des argiles (carte sans échelle) – Source BRGM

Aussi, à la date d'élaboration de cette étude, la commune de MONTBETON (82) a fait l'objet de **8 arrêtés de catastrophes naturelles** relatifs aux mouvements de terrains consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Par ailleurs, un PPR relatif aux mouvements de terrain par tassements différentiels est en vigueur sur la commune depuis le 25/04/2005.

b) Mouvements des sols – Glissement de terrain

Aucun PPRN relatif à l'aléa glissement de terrain n'a été élaboré sur la commune étudiée.

À ce stade, au vu de la topographie, la parcelle ne se situe pas à risque vis-à-vis de l'aléa glissement de terrain. De plus **aucun mouvement** de sol n'est répertorié à moins de 500 m du site.

c) Inondabilité

Selon les cartes présentées sur le site du BRGM, **le site n'est pas classé en zone inondable**.

Le PPRN relatif à l'aléa inondation est en vigueur sur la commune depuis le 21/12/1999.

d) Inondation par remontée des nappes

Les terrains s'inscrivent en limite d'une zone potentiellement sujette aux débordements de cave (aléa faible).

e) Cavités

Les terrains **ne sont pas situés sur un secteur spécifiquement concerné** par le risque de présence de cavités souterraines naturelles. Aucune cavité naturelle n'est répertoriée dans un rayon de 500 m autour du site.

f) Sismicité

Le zonage sismique édité par la Délégation aux risques majeurs du Ministère de l'Environnement, insère la parcelle dans une **zone 1**, caractérisée par une « **sismicité très faible** ». Les prescriptions parasismiques ne sont donc pas obligatoires.

g) Radon

Le radon est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches. Il s'agit d'un gaz inodore et incolore. Au vu du risque sanitaire associé à l'inhalation de ce gaz, des dispositions sont à prendre en compte lorsque le projet est localisé sur une commune à risque.

D'après la cartographie établie par l'IRSN, le terrain objet de notre étude présente un potentiel radon de catégorie **1 (faible)**.

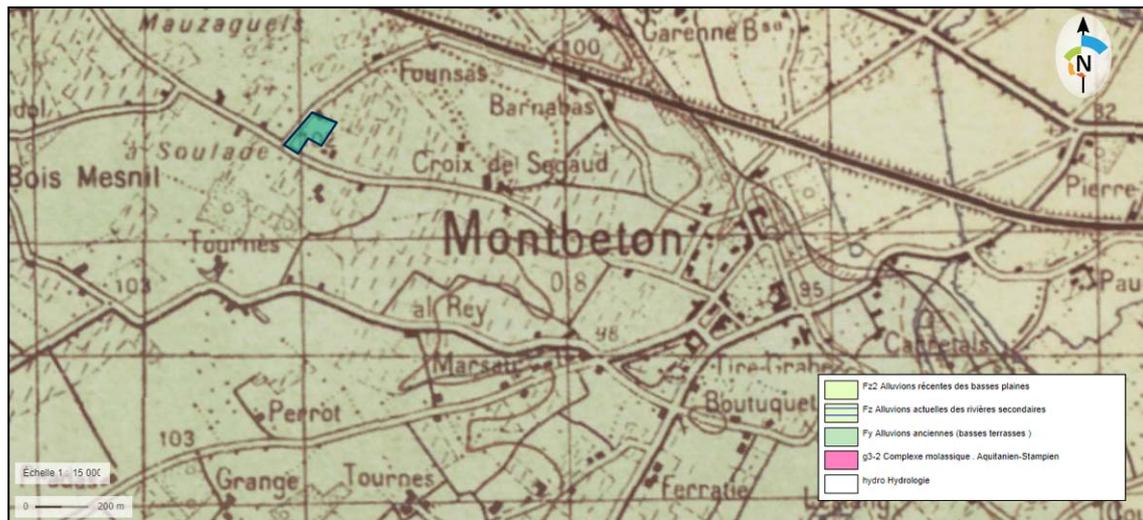
h) Amiante environnemental

D'après la carte présentée sur le site du BRGM, la parcelle est située en zone non concernée ou non analysée pour la susceptibilité amiante environnemental.

2.3. Contextes géologique et hydrologique

Les informations portées sur la carte géologique N°930 au 1/50.000^{ème} feuille de MONTAUBAN, indiquent que le terrain est géologiquement inclus au sein des alluvions des basses terrasses, notées Fy, surmontant le substratum molassique de l'Aquitainien/Stampien, noté g₃₋₂. Le complexe alluvionnaire est généralement constitué d'horizons supérieurs limono-argileux plus ou moins sableux, et d'un soubassement plus grossier (graves, graviers et sable, plus ou moins argileux).

D'un point de vue hydrogéologique, les terrasses alluviales sont généralement pourvues d'une nappe irrégulièrement établie dans leur soubassement caillouteux. Le niveau de cette nappe est susceptible de varier de manière notable au cours des saisons et en fonction des évènements climatiques.



Carte géologique (échelle graphique) – source BRGM

Enfin, au vu de la nature des couches en présence, une saturation des sols superficiels ou l'apparition de circulations d'eau anarchiques sont possibles en période climatique défavorable.

2.4. Zone d'Influence Géotechnique

Au vu de la topographie du secteur et sous réserve que les terrassements liés au projet soient négligeables, la zone d'influence géotechnique sera limitée aux parcelles et à leurs abords immédiats.

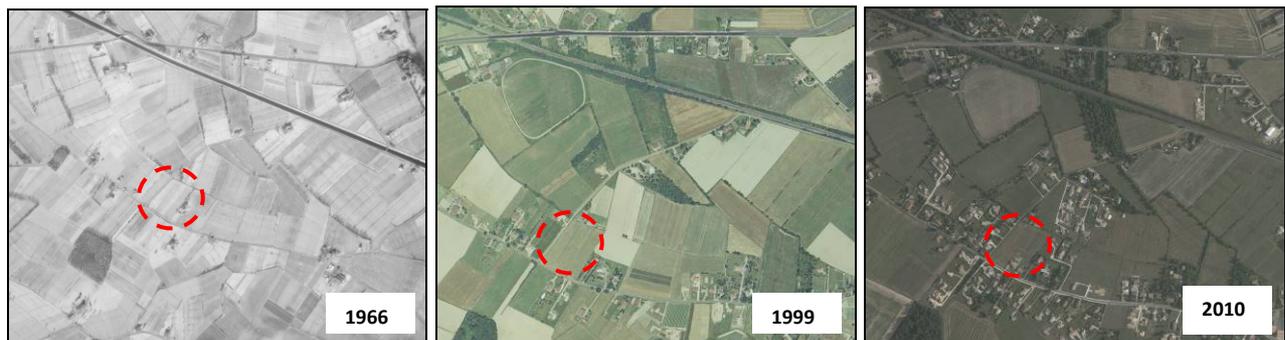
En cas de fouilles au droit ou à proximité des limites de propriété, la Zone d'Influence Géotechnique est susceptible de concerner les parcelles voisines. En ce sens, il conviendra de s'assurer de la stabilité des sols et des éventuels ouvrages sur les parcelles voisines.

Si des terrassements significatifs sont réalisés lors de l'aménagement du site, il conviendra de s'assurer de la stabilité des sols et des éventuels ouvrages existants sur les parcelles voisines (bâtiments, voiries, murets, réseaux etc.). Une gestion adaptée des eaux de pluies devra être assurée.

2.5. Usage historique du site

Au vu des photographies aériennes disponibles sur le site <https://remonterletemps.ign.fr>, il semble que, depuis les environs des années 60, le site ait toujours été vierge de construction.

Ceci n'exclut pas l'existence d'ouvrages enterrés ou la présence de bâtiments avant ou entre ces prises de vue.



Extrait de photographies aériennes disponibles – Source IGN

Par ailleurs compte tenu du développement continue du secteur depuis les années 90 (création de nombreux lotissements), la présence locale de remblais ou de sols remaniés ne peut être exclue.

3. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

3.1. Repérage et nivellement des sondages

Les sondages ont été implantés en partie centrale de la parcelle. Leur position respective est repérée sur le plan de localisation porté en annexe.

Nous rappelons qu'au stade actuel, la position de la future construction n'est pas connue.

Par ailleurs, nous avons recalé l'altitude relative du terrain actuel au droit de chaque sondage, par rapport à un point local particulier pris comme référence. Comme indiqué sur le plan de localisation des sondages, ce point de référence correspond au poteau électrique situé vers l'angle Sud-Ouest du lotissement.

Nous obtenons le nivellement suivant :

Sondages	Cote relative (m/référence)
Référence : Poteau électrique	100,00
PM1	99,75
PM2	99,40
PM3	99,25
PM4	99,05
PD1	99,70
PD2	99,70
PD3	99,35
PD4	99,45
PD5	99,85
PD6	99,35
PD7	99,15
PD8	99,25

Enfin, avant le début des travaux, nous conseillons d'assurer une correspondance des cotes du projet avec celles mentionnées ci-dessus.

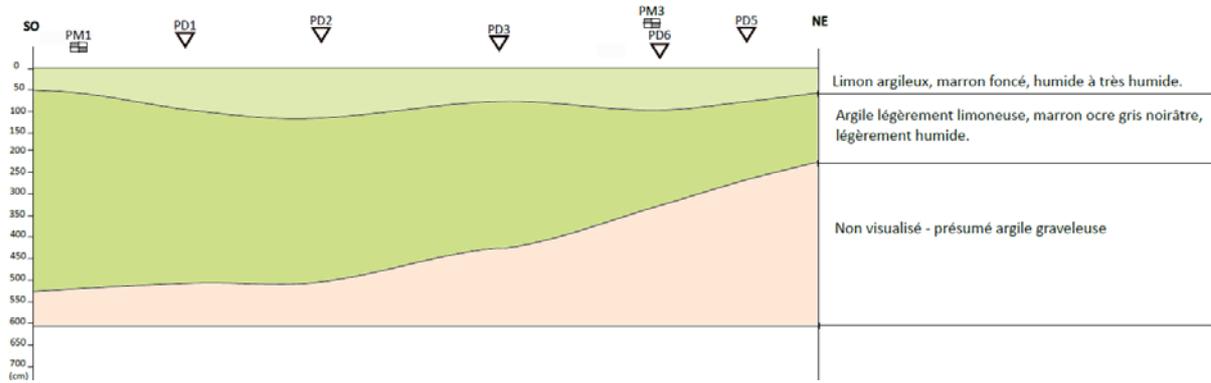
3.2. Lithologie et caractéristiques mécaniques des sols

La coupe géologique représentative du sous-sol au droit du projet a été établie à partir des observations recueillies dans le sondage semi-destructif SD1 descendu jusqu'à 3,00 m de profondeur / TA (Terrain Actuel). À ces résultats, nous avons couplé les informations obtenues par l'essai pénétrométrique PD1. Cette synthèse géologique est présentée dans le tableau ci-dessous sous 0,10 m de terre végétale :

Coupe géologique	Lithologie	Profondeur (m/TA)	q _d (MPa)	Etat de consistance
Recouvrement	<i>Limon argileux, marron foncé, humide à très humide.</i>	De 0,10 à 0,50 / 1,20	< 2	<i>Mou</i>
Alluvions fines	<i>Argile légèrement limoneuse, marron ocre gris noirâtre, légèrement humide.</i>	De 0,50 / 1,20 à 2,90 / 5,20	3,2 à 14,1	<i>Ferme à dur</i>
Alluvions moyennes à grossières	<i>Non visualisée (présumée argile graveleuse)</i>	Au-delà de 2,90 / 5,20	4,0 au refus	<i>Lâche à très dense</i>

Les sondages ont mis en évidence la présence d'une couche limoneuse à limono-argileuse de 0,50 m à 1,20 m d'épaisseur, recouvrant des alluvions fines fermes à dures (possible dessiccation ou passages caillouteux). Le tout surmontant des alluvions moyennes à grossières moyennement denses à très denses dont le toit a été recoupé entre 2,90 m et 5,20 m de profondeur.

Nous notons un approfondissement du toit de ces formations vers le Sud-Ouest comme on peut le voir sur le profil stratigraphique réalisé le long d'une ligne SO-NE recoupant les sondages PD1, PD2, PD3, PD5 et PD6. **Nous rappelons que cette coupe est purement interprétative et qu'au droit du terrain des hétérogénéités plus ou moins importantes restent possibles.**



Coupe stratigraphique interprétative coupe SO-NE - Coupe sans échelle horizontale

Compte tenu du caractère ponctuel de nos sondages et essais, des variations horizontales et verticales des différents faciès sont à attendre.

3.3. Classification des matériaux

a) Classification des matériaux

Des échantillons ont été prélevés au droit des différents sondages afin de réaliser des analyses en laboratoire. Les résultats de ces essais, dont les procès-verbaux sont fournis en annexe, sont présentés dans le tableau suivant :

Référence sondage	PM1 + PM4	
Profondeur d'échantillonnage (m)	0,50 à 1,00	
Nature	Argile légèrement limoneuse	
Teneur en eau - Wn	100,0 %	
Granulométrie % de passant à	50 mm	100,0 %
	20 mm	100,0 %
	10 mm	100,0 %
	5 mm	100,0 %
	2 mm	99,8 %
	1 mm	98,5 %
	0,4 mm	93,4 %
	0,2 mm	89,1 %
	80 µm	85,7 %
VBS sur la fraction 0/50 mm	3,03	
Type de sol selon la classification AFNOR-GTR	A2	

Les sols analysés correspondent à des sols de **classe A2** selon la classification GTR.

Ces sols sont sensibles aux variations hydriques. Leur portance peut chuter progressivement en cas d'hydratation excessive. Ils présentent par ailleurs une forte sensibilité vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement.

b) Essai Proctor

Nous avons réalisé un essai Proctor à teneur en eau naturelle, les résultats sont repris ci-dessous sur le mélange des échantillons ci-dessus :

Référence sondage		PM1 + PM4
Nature		Argile légèrement limoneuse
Profondeur d'échantillonnage (m)		0,50 – 1,00
Teneur en eau - Wn		17,4%
Essai Proctor	W _{OPN} (%)	16,3
	ρ _{OPN} (t/m ³)	1,76
Type de sol selon la classification AFNOR-GTR		A2

Compte tenu de la teneur en eau à l'optimum Proctor, nous pouvons définir les classes hydriques ci-après pour les sols testés :

Type de sol	Etat hydrique	Faciès argileux PM1 + PM4
Argile légèrement limoneuse	Très sec	W < 12,7 %
	Sec	W : De 12,7 % à 16,4 %
	Moyen	W : De 16,4 % à 20,0 %
	Humide	W : De 20,0 % à 23,7 %
	Très humide	W : > 23,7 %

Vu la teneur en eau naturelle, leur état hydrique peut être qualifié de :

- **Moyen « m »** pour les échantillons prélevés, correspondant à des argiles légèrement limoneuses.

c) Aptitude d'un sol au traitement à la chaux seule

Selon la norme NFP 94-100 relative aux matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques, l'aptitude au traitement peut s'interpréter conformément aux recommandations définies ci-après :

Type de traitement	Aptitude du matériau au traitement	Paramètres considérés	
		Gonflement volumique Gv 7 j %	Résistance en compression diamétrale Rtb (MPa)
Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux	Adapté	≤ 5	≥ 0,2
	Douteux	5 ≤ Gv 7 j ≤ 10	0,1 ≤ Rtb ≤ 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 ≤ Gv 7 j ≤ 10	
	Inadapté	≥ 10	

Le gonflement mesuré sur le matériau traité à 1,5 % de CaO sur l'échantillon en PM1 + PM4 de nature argileuse légèrement limoneuse est **de 0,31 %**.

Le traitement à 1,5 % de chaux peut être qualifié **d'adapté pour les échantillons testés**.

d) Évaluation du traitement à la chaux

Afin d'évaluer l'aptitude des sols au traitement à la chaux, nous avons procédé à la réalisation d'essais avec immersion d'un mélange de sol traité à 1,5 % de chaux. Les essais réalisés sont répertoriés dans les tableaux ci-après et sont réalisés sur la fraction 0/20 du matériau.

➤ Mesure d'IPI sur sol traité à 1,5 % de chaux :

Echantillons	<u>PM1+PM4</u>
Nature des sols	<u>Argile légèrement limoneuse</u>
Teneur en eau naturelle (%)	15,3
Densité sèche (kN/m ³)	1,75
Indice Portant immédiat (IPI)	25,7

➤ Mesure CBR à 4 jours d'immersion sur sols traités à 1,5 % de chaux (CaO) :

Echantillons	<u>PM1+PM4</u>
Nature des sols	<u>Argile légèrement limoneuse</u>
Densité sèche (kN/m ³)	<u>1,73</u>
Teneur en eau initiale (%)	16,1
Teneur en eau avant immersion (%)	16,0
Teneur en eau après immersion (%)	18,6
Indice CBR à 4 jours d'immersion (ICBR)	34,2
Gonflement en cours d'immersion	0,31 %

Pour une réutilisation en couche de forme d'après le guide technique de traitement des sols du LCPC/Setra de janvier 2000, le traitement doit permettre de satisfaire les critères suivants :

Premier critère :

$$I_{CBR} \geq 20$$

$$I_{CBR}/IPI \geq 1$$

Remarque importante 1 : le second critère qui est le suivant n'a pas été étudié et qui correspond à la date probable d'apparition du gel sur le chantier :

$$R_c \geq 2,5 \text{ MPa}$$

Pour l'utilisation en remblais, d'après le guide technique de traitement des sols du LCPC/Setra de janvier 2000, le traitement peut être envisagé dans le cas où l'IPI est inférieur à 5. Les performances à rechercher sont :

$$IPI \text{ sur le matériau traité} = 15$$

$$ICBR/IPI \geq 1$$

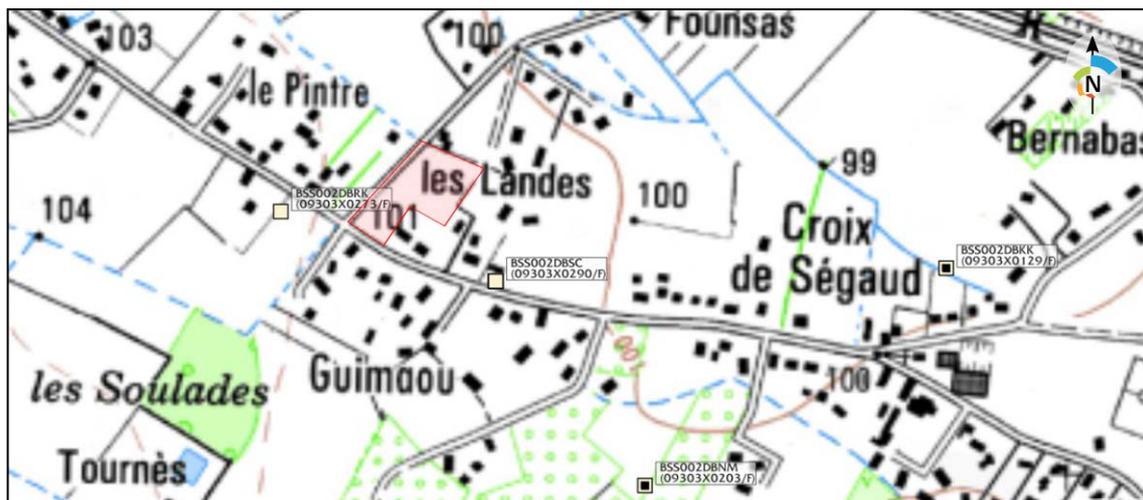
Le traitement à 1,5 % de CaO est efficace à moyen terme pour une utilisation des matériaux A₂ avec pour une teneur en eau située entre 14 % et 17 %.

Remarque importante 2 : le traitement peut être perturbé par des produits chimiques agricoles (nitrates, sulfates...) et par la présence de matière organique (anciennes racines et arbres environnants). Il conviendra de réaliser des analyses en laboratoire et de mesurer les teneurs en produits chimiques qui peuvent altérer l'efficacité du traitement.

3.4. Régime hydrogéologique

Lors de notre campagne d'investigations sur le terrain, nous n'avons pas observé de venues d'eau dans tous les sondages réalisés aux profondeurs investiguées. Néanmoins, des circulations anarchiques sont toujours possibles au sein des horizons superficiels, notamment en cas de précipitations importantes.

Compte tenu du contexte géologique, une nappe peut s'établir au sein des alluvions subissant les variations saisonnières. En effet des puits sont recensés à proximité du site sur la base de données du sous-sol du BRGM. Un niveau d'eau à 10,40 m de profondeur a été relevé au droit de l'ouvrage BSS002DBNM en novembre 1999. Ce qui corrobore la présence potentielle d'un niveau d'eau au sein des alluvions moyennes à grossières.



Carte des ouvrages recensés à proximité de la zone d'étude (carte sans échelle) – Source BRGM

4. GÉOTECHNIQUE – Principes Généraux de Construction

Avant de présenter notre approche sur les principes généraux de construction, nous précisons ici que la pérennité du futur ouvrage ne pourra être assurée qu'en considérant un horizon d'assise unique, homogène tant en nature qu'en compacité, suffisamment porteur pour reprendre les charges induites par le projet. La présente étude se base sur des relevés ponctuels qui devront impérativement être complétés par des investigations complémentaires, dans le cadre d'une étude géotechnique de conception (Mission G2). Nous rappelons que les principes définitifs de la construction dépendront également de ses caractéristiques (type de structure, nombre de niveaux, descentes de charges, etc...) et de sa configuration (cote de niveau bas, terrassements, aménagements du site, etc...).

4.1. Principes de fondation

Au vu du contexte géologique et des caractéristiques mécaniques des sols superficiels, il apparaît, sous réserve d'homogénéité des faciès d'assise sur toute l'emprise définitive du projet, que les principes de fondation suivants devraient être envisageables pour un projet de maison de type RDC ou R+1 sans sous-sol :

Au droit de l'ensemble des lots :

- **fondations superficielles par semelles filantes, ancrées dans les alluvions fines fermes à très fermes, reconnues à partir de 0,50 / 1,20 m/TA de profondeur au droit de nos sondages. La mise en œuvre de cette solution nécessitera le respect des dispositions constructives associées.**

En cas d'hétérogénéité ou d'anomalie au droit d'un projet (chute de compacités des faciès alluvionnaires fins...), la réalisation des solutions suivantes devra être envisagée au droit des différents lots :

Au droit des lots 1 à 3 :

- *fondations profondes de type pieu ancré dans le substratum local non détecté au droit de nos sondages et essais aux profondeurs investiguées. Nous rappelons que le dimensionnement de ces fondations nécessitera la réalisation d'un sondage pressiométrique.*

Au droit des lots 4 à 13 :

- *fondations semi-profondes de type puits ancrées dans les alluvions moyennes à grossières de compacité globalement denses à très denses dont le toit a été détecté à partir de 2,90 / 4,30 m de profondeur / terrain actuel au droit des différents sondages réalisés dans ces parties du terrain.*

Nous rappelons que la faisabilité d'une solution de fondations superficielles ou semi-profondes au droit de certains lots ne peut exclure la nécessité de fondations profondes par pieux en cas d'anomalie lors d'investigations complémentaires.

Dans tous les cas, les principes constructifs définitifs devront être étudiés dans le cadre d'une mission G2/AVP, permettant de s'assurer de l'homogénéité et des caractéristiques mécaniques des sols au droit de l'emprise réelle du projet.

4.2. Principe de niveau bas

Au vu de la nature et des caractéristiques mécaniques des sols superficiels, pour le niveau bas des surfaces habitables, il conviendra de s'orienter vers un principe de plancher porté sur vide sanitaire.

4.3. Terrassements et fouilles

L'amplitude des terrassements n'est pas connue au stade actuel.

Dans tous les cas, les terrassements devront être réalisés selon les règles de l'Art.

Ces terrassements pourront être réalisés à l'aide d'engins classiques de terrassement de type pelle mécanique ou tractopelle dans les limons et argiles.

Les fouilles de fondations superficielles dans les argiles limoneuses pourront être réalisées à l'aide d'engins classiques de terrassement de type pelle mécanique ou tractopelle.

Par ailleurs, dans le cas de fondations semi-profondes, les fouilles de fondations nécessiteront l'emploi d'une tarière puissante. ***La réalisation de ce type de solution pourra nécessiter le blindage des parois et le bétonnage des fouilles au tube plongeur.***

Enfin, les fouilles d'éventuelles fondations profondes nécessiteront l'intervention d'une entreprise spécialisée.

Il conviendra de tenir compte des probables problèmes de traficabilité des engins de chantier en période pluvieuse. Il est vivement recommandé de réaliser les travaux dans des conditions climatiques favorables.

Au regard de la nature des terrains rencontrés, les talus de faible hauteur (1,50 m maximum) secs et non surchargés en tête pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur en phase provisoire dans les limons et argiles +/- limoneuses. Des hétérogénéités peuvent entraîner des éboulements locaux. Dans tous les cas, il conviendra de protéger les talus des intempéries.

4.4. Gestion des eaux

Lors de notre intervention (février 2023), nous n'avons pas observé de niveaux d'eau dans les sondages.

Compte tenu du contexte géologique, une nappe peut s'établir au sein des alluvions subissant les variations saisonnières.

Seule une enquête hydrogéologique associée à un suivi piézométrique permettrait de déterminer les niveaux caractéristiques de la nappe.

a) Phase provisoire

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

En fonction de la cote du projet, de la date de réalisation des terrassements des arrivées d'eau sont possibles, un pompage provisoire sera nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la fouille des terrassements généraux.

b) Phase définitive

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

Le NPHE devra être défini précisément dans le cas où des parties enterrées seraient prévues au projet.

4.5. Retrait/gonflement des argiles

Compte tenu de la sensibilité des sols rencontrés vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement des argiles, il conviendra de respecter les dispositions suivantes :

Dans le cas de fondations superficielles :

- si des arbres sont plantés ou conservés, mise en place d'écrans anti-racines descendus à 2,5 m minimum entre les arbres et la construction ou respect d'une distance de 10 m et 1,5 fois la hauteur de l'arbre adulte entre celui-ci et le bâti ;
- mise en œuvre d'étanchements périphériques suffisamment larges (1,5 m), permettant de limiter les variations hydriques au droit du bâtiment ;
- coulage des fondations à pleine fouille, afin d'optimiser les frottements de la fondation et de limiter les circulations d'eau ;
- respect d'un encastrement minimal de 1,5 m par rapport au terrain extérieur fini.

Dans le cas de fondations semi-profondes ou profondes :

- protection des longrines vis-à-vis de la pression de gonflement (absence de contact direct entre le sol en place et la base de la longrine).

Dans tous les cas :

- mise en œuvre d'un principe de plancher porté ou de dalle portée sur vide sanitaire. Pour les parties peu sensibles (garages, ateliers...), un principe de dallage sur terre-plein reste possible, sous réserve de le désolidariser des structures porteuses et d'accepter des désordres potentiels (fissuration, pianotage, affaissement...);
- étanchéification des réseaux enterrés, en :
 - choisissant des matériaux souples susceptibles de subir des déformations sans rupture ;
 - s'assurant que les canalisations ne soient pas bloquées dans le gros œuvre ;
 - positionnant les entrées ou les sorties des canalisations perpendiculairement aux murs du bâtiment.

5. VOIRIES

Après décapage de la couverture végétale, le fond de forme sera soit constitué par des limons argileux, soit par des argiles légèrement limoneuses.

Les analyses en laboratoire ont montré que les sols supports seront de classe GTR A₂ et étaient dans un état hydrique moyen au moment des sondages en février 2023.

En période climatique défavorable, la portance des sols et l'état hydrique des matériaux conduit à classer la plateforme en PST1/AR1 ou PST0/AR0, on prévoira une couche de blocage par incorporation d'éléments 200/300mm sur 50 cm minimum, de manière à reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.

Pour la préparation du fond de forme, on procèdera de la façon suivante pour un sol support **autre que des remblais** :

- compactage du fond de forme ;
- *si nécessaire en fonction de l'état hydrique réalisation d'une couche de blocage.*

Pour la préparation du fond de forme, on procèdera de la façon suivante pour un sol support contenant **des remblais** :

- toute poche décompressée, de matériau évolutif ou de moindre consistance ou remblais rencontrés sera purgé sur 0,80 m d'épaisseur minimum ;
- élimination des éléments grossiers empêchant un réglage correct de la plateforme ;
- contrôle du fond de forme afin de définir d'éventuelles purges supplémentaires ;
- compactage du fond de forme ;
- si nécessaire, en fonction de l'état hydrique réalisation d'une couche de blocage ;
- pose d'un géotextile (assurant à la fois une fonction anti-contaminante et de renforcement) sur tout le fond de forme (après le cloutage éventuel).

5.1. Couche de forme

Nous considérons que la cote finie des voiries sera approximativement celle du terrain actuel (profil rasant). L'objectif est l'obtention d'une plate-forme PF2 (au sens du GTR 92).

Après décapage et purge de la terre végétale et/ou de sols remaniés superficiels, le sol support sera constitué de matériaux argilo-limoneux. Les analyses en laboratoire ont montré que ces sols sont de classe GTR A2 et qu'ils étaient dans un état hydrique moyen lors de notre intervention en février 2023.

Afin d'atteindre une portance suffisante à long terme, une couche de forme devra être mise en œuvre. Afin de contribuer à l'amélioration de la portance en évitant une contamination de la couche de forme, un géotextile pourra être disposé sur le fond de forme. Ce dernier facilitera l'exécution des travaux.

L'épaisseur de la couche de forme variera de la manière suivante, en fonction de la nature et de l'état de la PST :

Cas d'un sol support composé sols limoneux ou argileux autre que des remblais :

Portance initiale du fond de forme		PST1 / AR1	PST2 / AR1
Couche de forme	Epaisseur	≥ 0,75 m ou 0,60 m sur géotextile	≥ 0,50 m ou 0,40 m sur géotextile ou 0,35 m de matériaux traités*
	Nature	Matériaux insensibles à l'eau D₂ ou D₃	Matériaux insensibles à l'eau D₂ ou D₃ Ou matériaux argilo-limoneux traités à 1,5 % de CaO*

*Remarque importante :

- D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, il est prévu une couche de forme traitée seulement à la chaux. Les essais en laboratoire ont montré que le traitement à 1,5 % de CaO est efficace sur des matériaux A₂ pour une teneur en eau entre 14 % et 17 %. Par ailleurs ces essais laboratoires ne sont valables que le fond de forme. Dans le cas où la couche de forme serait traitée à la chaux, il sera impératif de réaliser ce traitement pour une teneur en eau entre 14 % et 17 % et de respecter les dispositions constructives associées (contrôle de la portance par des essais à la plaque etc...). **Par ailleurs, nous ne pouvons engager une pérennité de l'ouvrage dans le temps sur un traitement chaux seul avec ce type de matériaux ;**
- Seul un traitement chaux + liant permettrait de garantir cette pérennité sous condition que les résultats d'essais en laboratoire soient adaptés.

Cas d'un sol support composé de remblais :

- compte tenu des sols sous-jacents, cette couche aura une épaisseur de 0,60 m minimum ;
- le remblai sera constitué d'un matériau noble insensible à l'eau, non gélif, de type D2 ou D3 selon le GTR par exemple et comportant moins de 5 % de fines. Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien). Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR ;
- une couche de finition constituée par un matériau propre de granulométrie 0/20 sur une épaisseur minimale de 0,10 m soigneusement compactée (assise de voirie) sera ensuite mise en place ;
- des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,50 m d'élévation. La valeur minimale à obtenir est $EV2 \geq 50$ MPa sur la hauteur courante et au niveau de l'assise des voiries.

La portance du fond de forme après mise en œuvre de la couche de forme devra dans tous les cas être vérifiée à l'aide d'essais à la plaque. Les critères de réception à vérifier seront les suivants :

- **rapport $EV2/EV1 \leq 2,0$;**
- **module de réaction $EV2 > 50$ MPa.**

SOLINGEO se tient à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'œuvre pour assurer ce contrôle (mission complémentaire).

5.2. Ébauche dimensionnelle de voirie

Nous rappelons que l'objectif avant réalisation de la structure de voirie sera d'obtenir une plate-forme PF2 (au sens du GTR 92). La plateforme devra être validée à l'aide d'essais à la plaque, par l'obtention d'un module de réaction $EV2 > 50$ MPa, avec un rapport $EV2/EV1 \leq 2$.

Les structures de voirie ont été dimensionnées comme voie de desserte avec un trafic maximal de 5 PL/jour/sens. À partir du logiciel STRUCT-URB, nous avons modélisé une structure envisageable en prenant en compte les hypothèses suivantes :

- trafic : $t = 5$ PL/jour/sens ;
- durée de service : 10 ans ;
- taux de croissance annuel : 0 % ;
- coefficient d'agressivité du trafic : CAM = 0,40.

Si l'objectif de la PF2 est atteint, il pourra être mis en œuvre la structure suivante :

Classe de plate-forme support		PF2
Exemple de structure	Couche de fondation	0,15 m de Grave Non Traitée de classe 1
	Couche de base	
	Couche de roulement	0,04 m de BBSG de classe 2 ou 3

5.3. Remarques importantes

Le présent rapport ne saurait engager SOLINGEO sur une obligation de résultats en ce qui concerne les voiries. Trop de critères entrent en jeu et sont à maîtriser en phase chantier :

- suivi qualité des matériaux : homogénéité et état hydrique ;
- matériel de mise en œuvre et de compactage : nombre de passes, intensité de compactage ;
- conditions de mise en œuvre : épaisseur des couches, pentes ;
- conditions extérieures : météo, ... ;
- ...

En ce sens, ces exemples de prédimensionnements devront faire l'objet d'une validation par le titulaire du marché, au commencement des travaux. Afin d'obtenir les résultats escomptés, l'entreprise en charge du chantier procédera à un suivi rigoureux des travaux et s'assurera qu'ils sont réalisés selon les règles de l'Art (normes, guides techniques ...).

Nous rappelons que lorsque le sol support sous la couche de forme sera constitué par des remblais ces derniers pourront tasser dans le temps ce qui pourra nécessiter des rechargements de chaussée dans le temps.

Dans les zones de manœuvres, il serait préférable de mettre en œuvre du BBME afin de pouvoir reprendre les efforts tangentiels.

De même, dans le cas de poinçonnement statique (zone de stationnement), il conviendra de mettre en œuvre des matériaux capables de reprendre ces efforts en fonction des caractéristiques des camions (nombre d'essieux, charges par essieux...).

Un drainage soigné des accotements empêchant des infiltrations d'eaux météoriques sous la structure de voirie devra être assuré afin de garantir la pérennité de la structure. Dans ce cas, l'imperméabilisation pourra être effectuée sur une largeur minimale de 2,50 m.

Si les hypothèses retenues s'avéraient différentes de celles finalement retenues lors de la conception, il serait alors nécessaire de refaire le dimensionnement.

6. ANNEXES

- Plan de localisation des sondages
- Sondages à la pelle mécanique PM1 à PM4
- Essais pénétrométriques PD1 à PD8
- Identification GTR
- PV d'essais d'aptitude au traitement à la CaO (PROCTOR, IPI, CBRi)

ΛΥΛΥΛΥΛ

SOLINGEO reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Fait à MONTAUBAN le 21/04/2023

Rédigé par

Bérangé MOUSSIROU

SOLINGEO SARL
350 Avenue du Danemark
ZA Albasud
82000 MONTAUBAN
Tél. 05 63 27 28 79 / Fax 05 31 60 69 86
Siret 519 836 803 00048

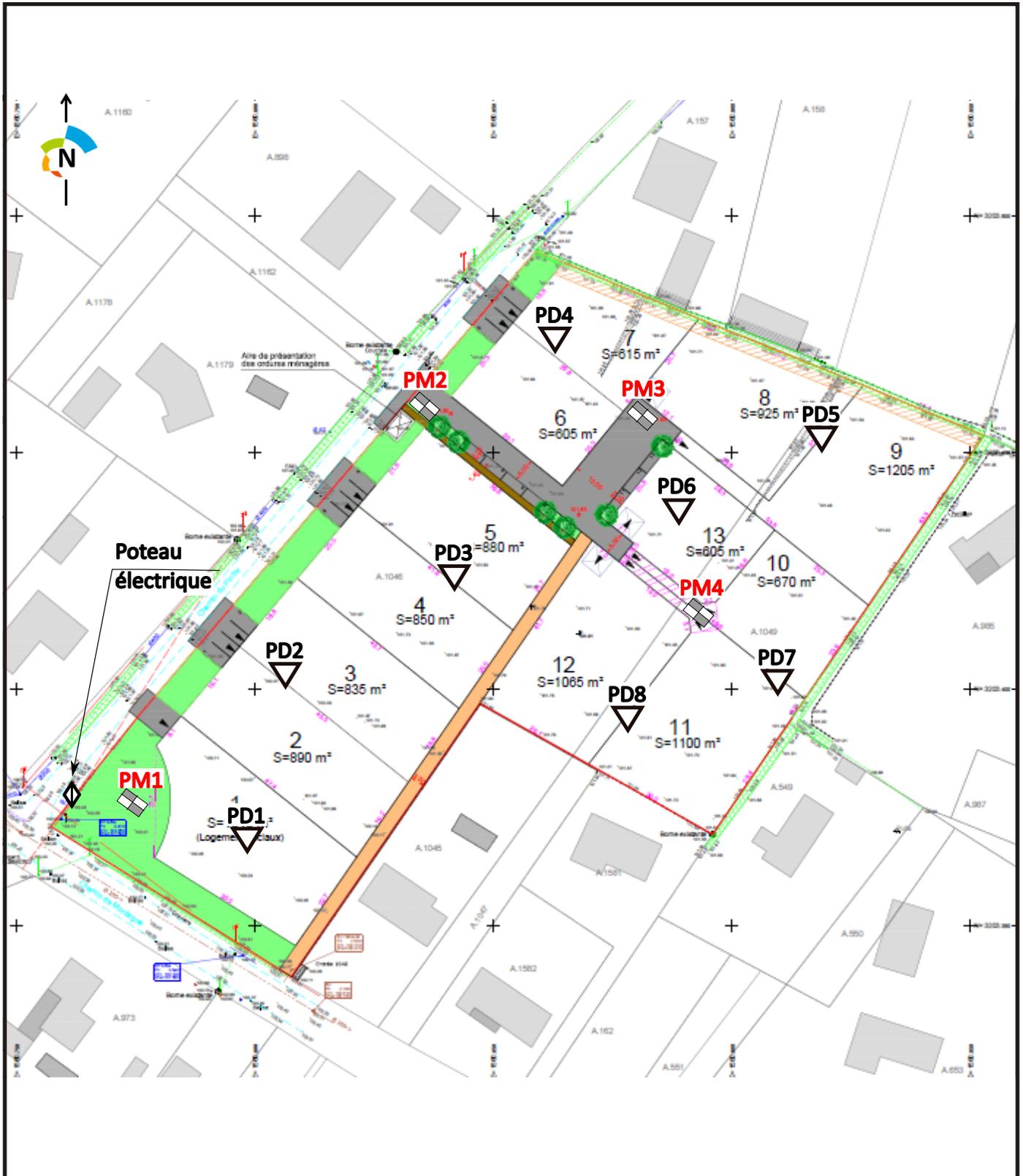
Vérfié par

Arnaud MONTEIL

SOLINGEO SARL
350 Avenue du Danemark
ZA Albasud
82000 MONTAUBAN
Tél. 05 63 27 28 79 / Fax 05 31 60 69 86
519 836 803

PLAN DE LOCALISATION DES SONDAGES

Adresse chantier : Lotissement "Park Avenue" - Chemin de Montagne
82290 MONTBETON
Maître d'Ouvrage : Les Parcs Aménageur
N° de dossier : S-2301-065

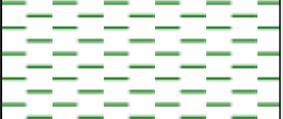
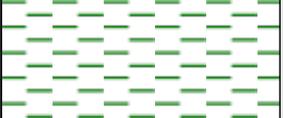


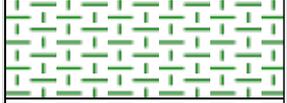
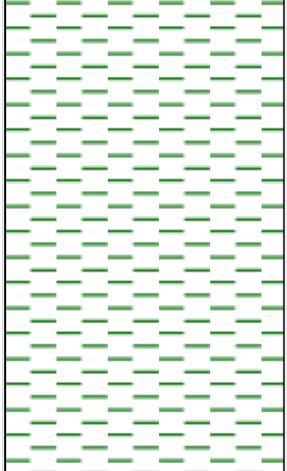
Légende :
(sans échelle)

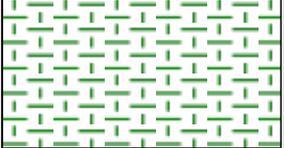
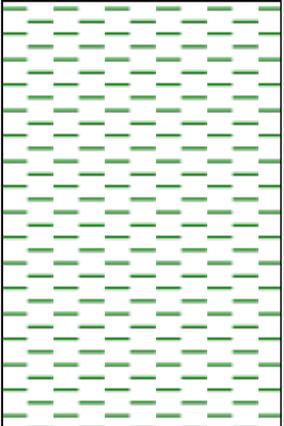
▽ Sondage pénétrométrique type B

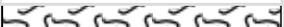
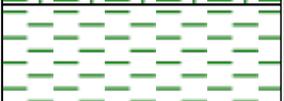
▣ Sondage à la pelle mécanique

◇ Référence nivellement

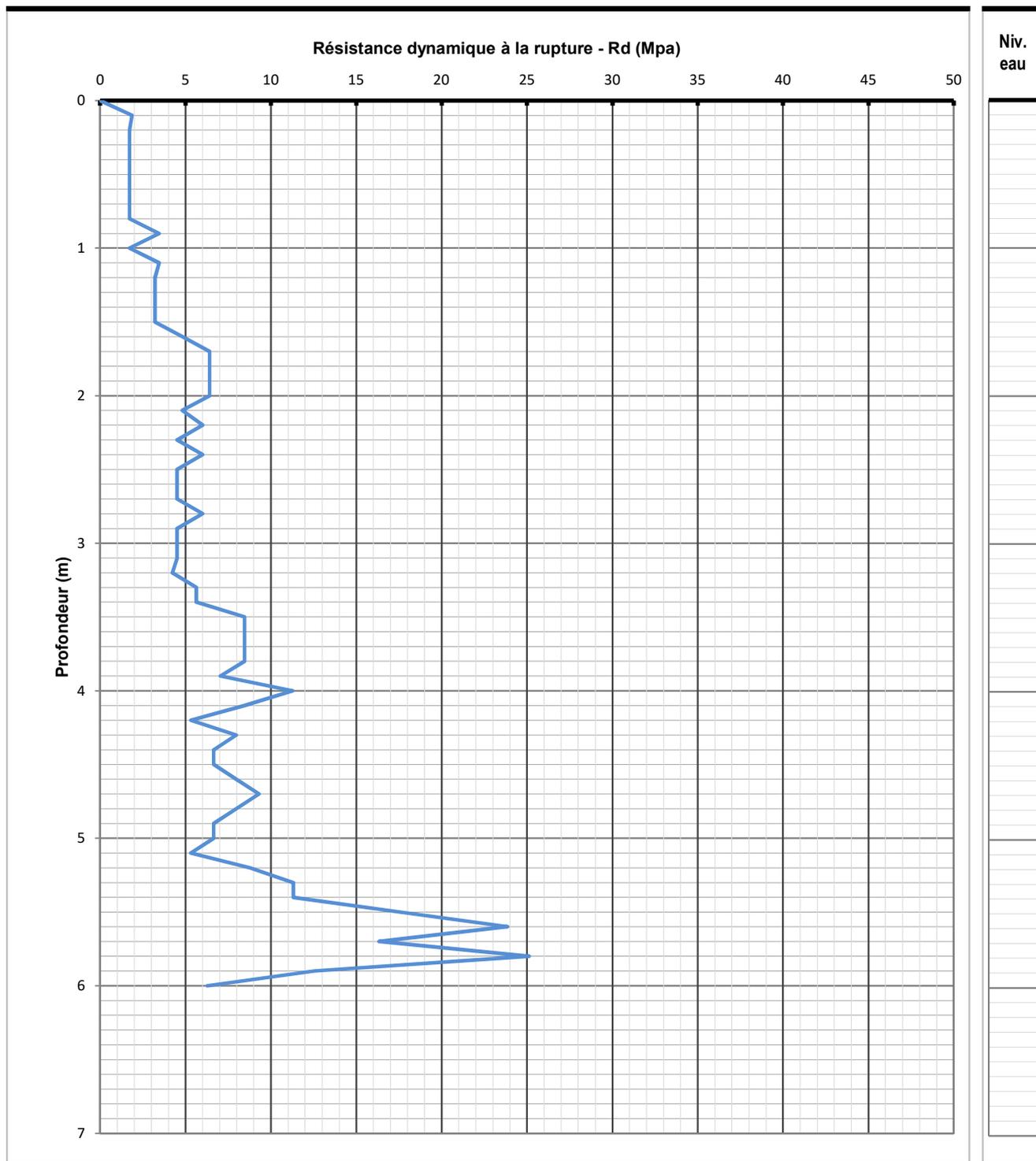
Prof. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Observations de forage	Outils de forage	Niveaux d'eau (m)	Numéro d'échant
0	0.1		Terre végétale.	Tenue des parois			
0.5	0.5		Limon argileux, marron foncé, humide à très humide.				
1							X
1.5			Argile légèrement limoneuse, marron ocre gris noirâtre, légèrement humide.	N.C	Godet		
2							
2.5	2.5						
3							
3.5							
4							
4.5							
5							
5.5							
6							
6.5							

Prof. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Observations de forage	Outils de forage	Niveaux d'eau (m)	Numéro d'échant
0	0.1		Terre végétale.	Tenue des parois			
0.5	0.5		Limon argileux, marron foncé, humide à très humide.				
1			Argile légèrement limoneuse, marron ocre gris noirâtre, légèrement humide.	N.C	Godet		
2.5	2.4						
3							
3.5							
4							
4.5							
5							
5.5							
6							
6.5							

Prof. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Observations de forage	Outils de forage	Niveaux d'eau (m)	Numéro d'échant
0	0.1		Terre végétale.	Tenue des parois			
0.5	0.7		Limon argileux, marron foncé, humide à très humide.				
1	2.4		Argile légèrement limoneuse, marron ocre gros noirâtre, légèrement humide.	N.C	Godet		
2.5							
3							
3.5							
4							
4.5							
5							
5.5							
6							
6.5							

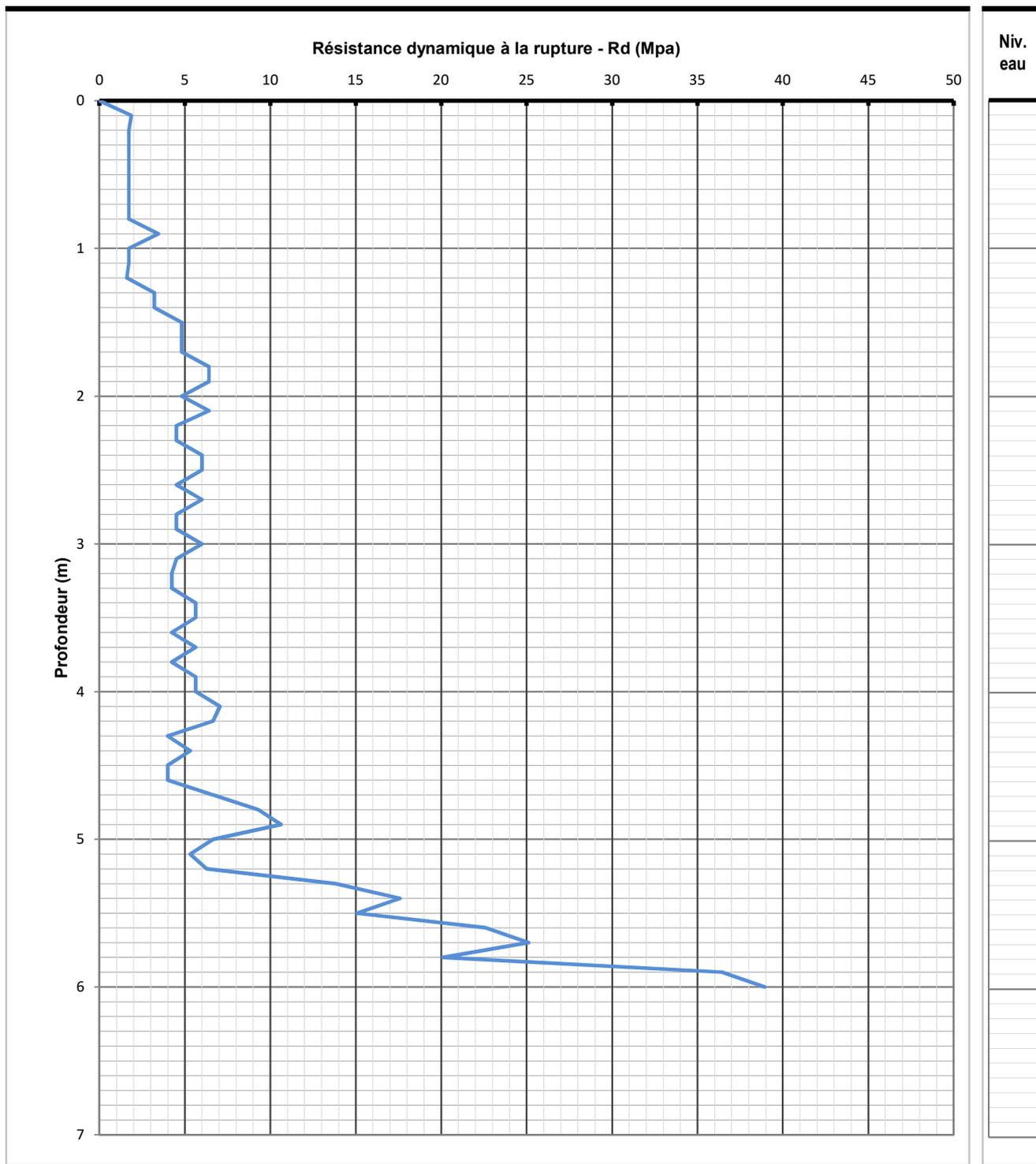
Prof. (m)	Prof. (m)	Figuré	Description	Observations de forage	Outils de forage	Niveaux d'eau (m)	Numéro d'échant
0	0.1		Terre végétale.	Tenue des parois			
0.5	0.6		Limon argileux, marron foncé, humide à très humide.				
1							X
1.5							
2							
2.5	2.5		Argile légèrement limoneuse, marron ocre gris noirâtre, légèrement humide.	N.C	Godet		
3							
3.5							
4							
4.5							
5							
5.5							
6							
6.5							

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



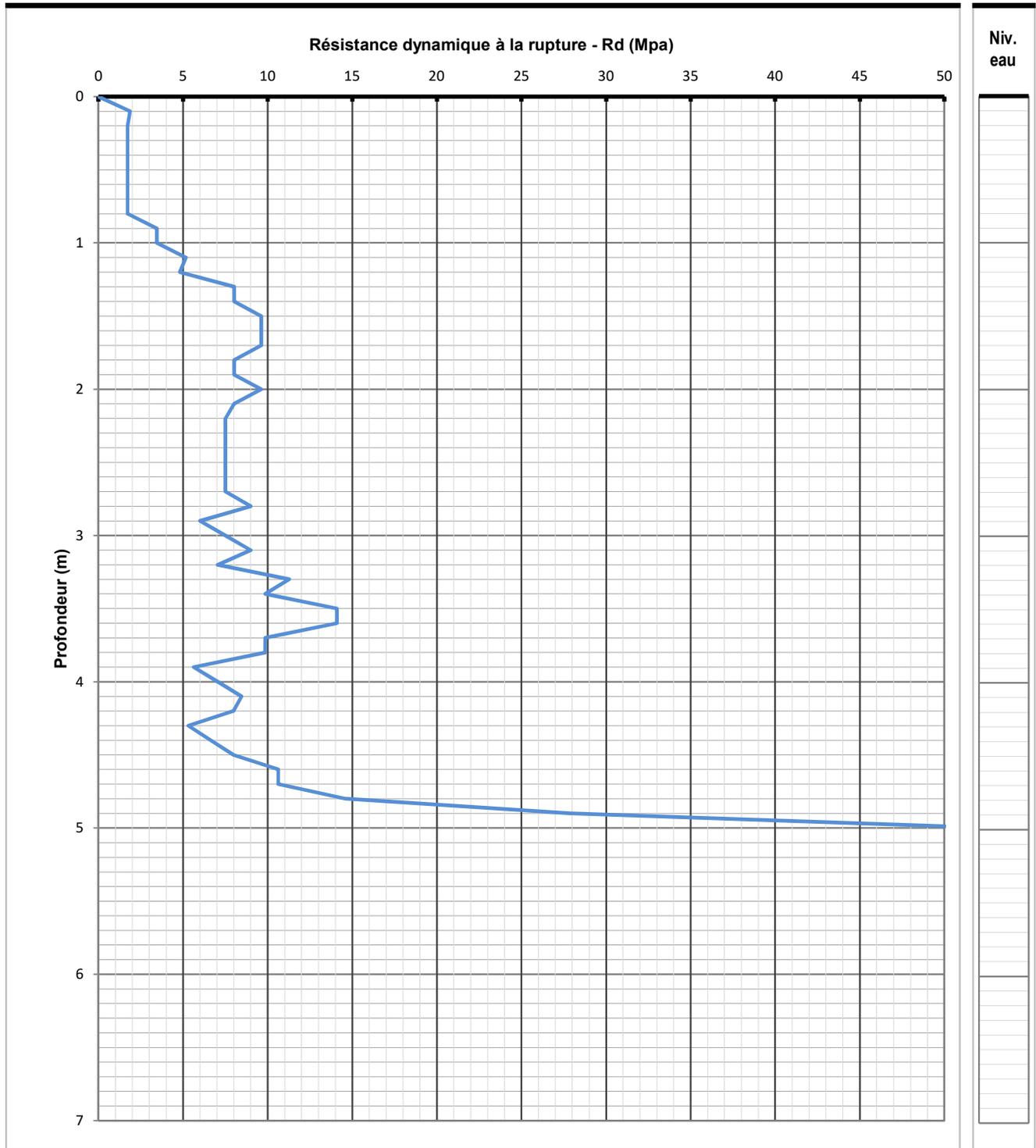
• Masse du mouton : 64kg • Hauteur de chute : 0,75m • Masse de la tige : 6,5kg •
• Masse de l'enclume : 9,9kg • Section pointe : 0,002m² • Masse de la pointe : 0,56kg •

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



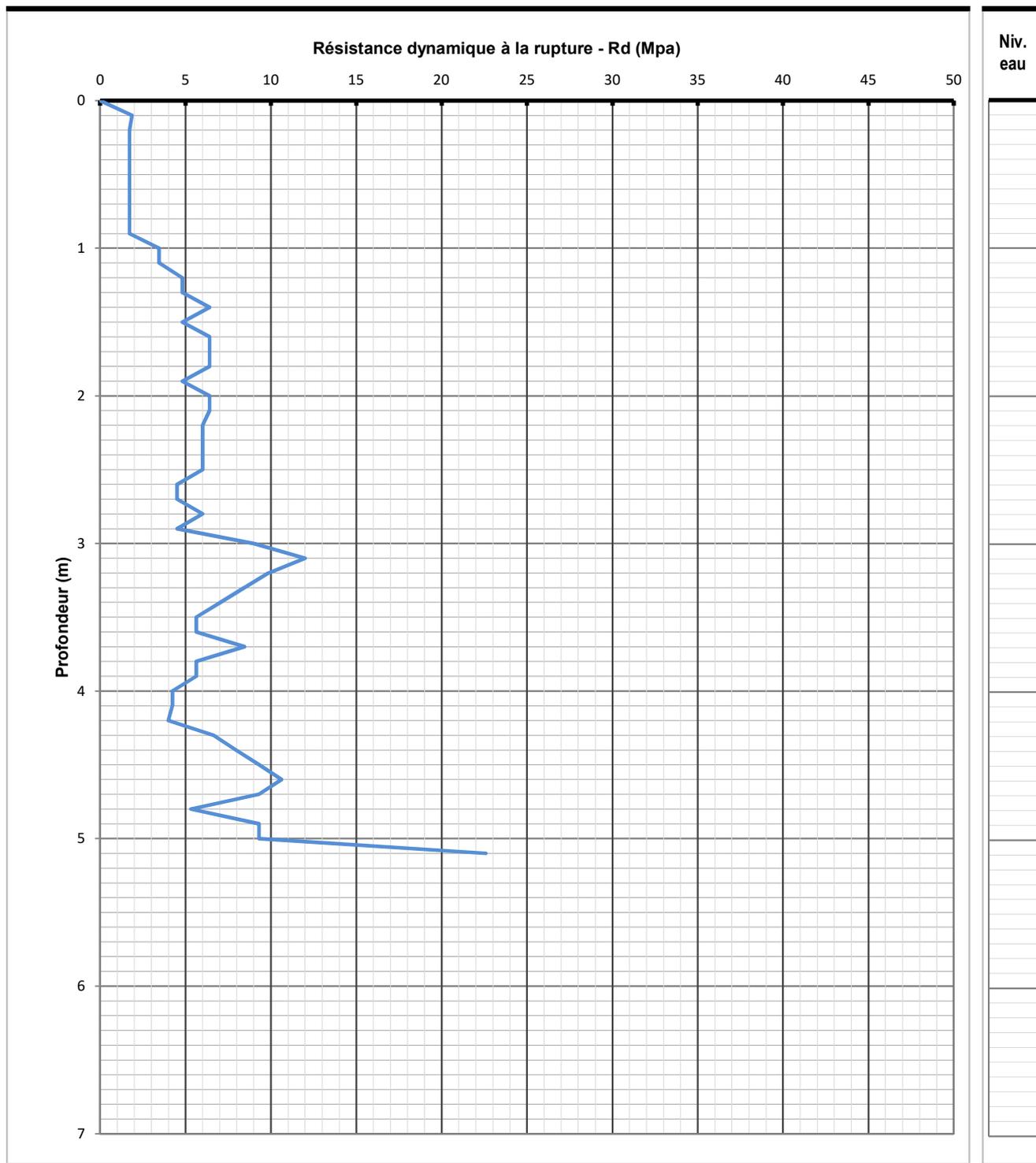
• Masse du mouton : 64kg • Hauteur de chute : 0,75m • Masse de la tige : 6,5kg •
• Masse de l'enclume : 9,9kg • Section pointe : 0,002m² • Masse de la pointe : 0,56kg •

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



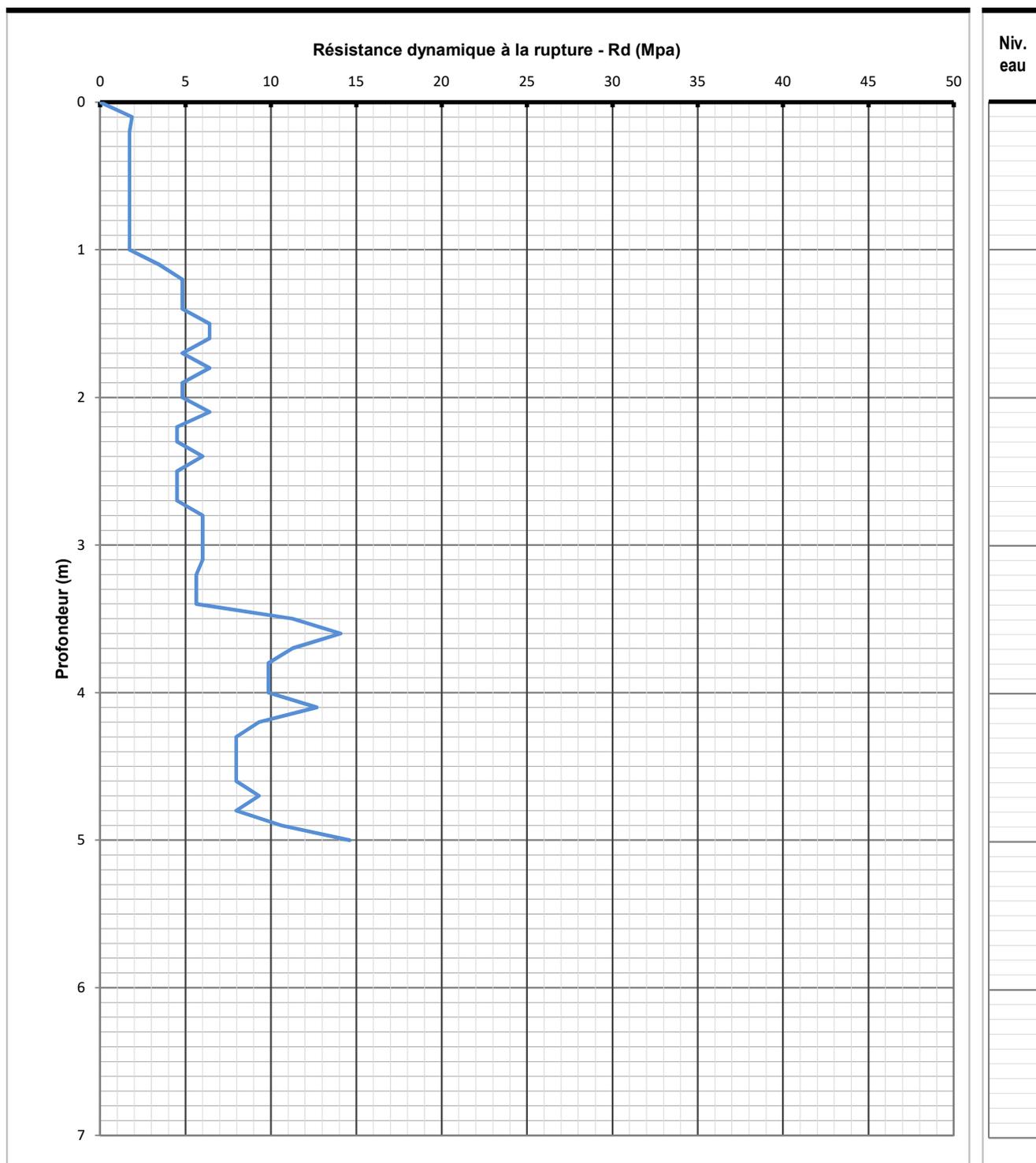
Niv.
eau

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



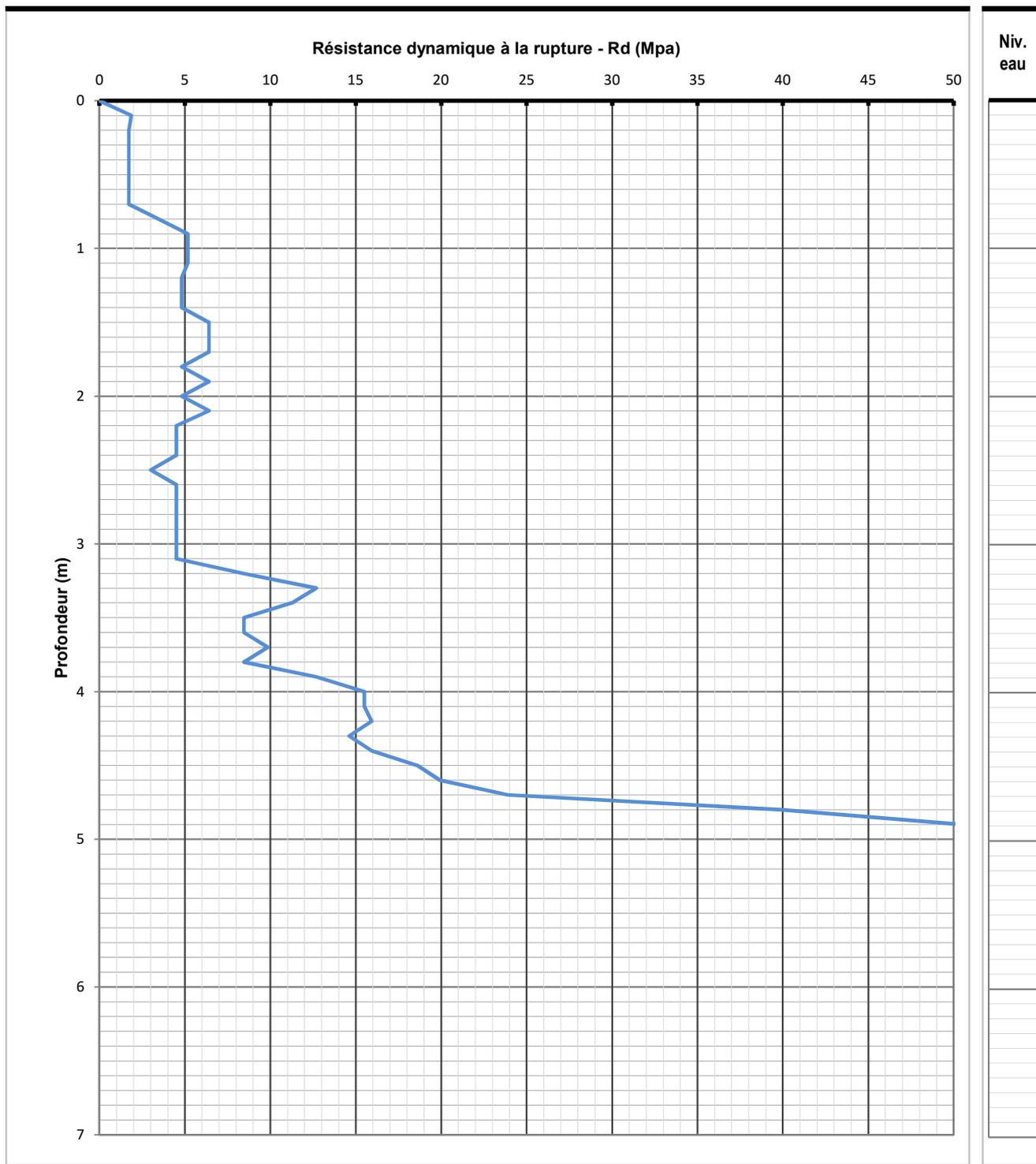
• Masse du mouton : 64kg • Hauteur de chute : 0,75m • Masse de la tige : 6,5kg •
• Masse de l'enclume : 9,9kg • Section pointe : 0,002m² • Masse de la pointe : 0,56kg •

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



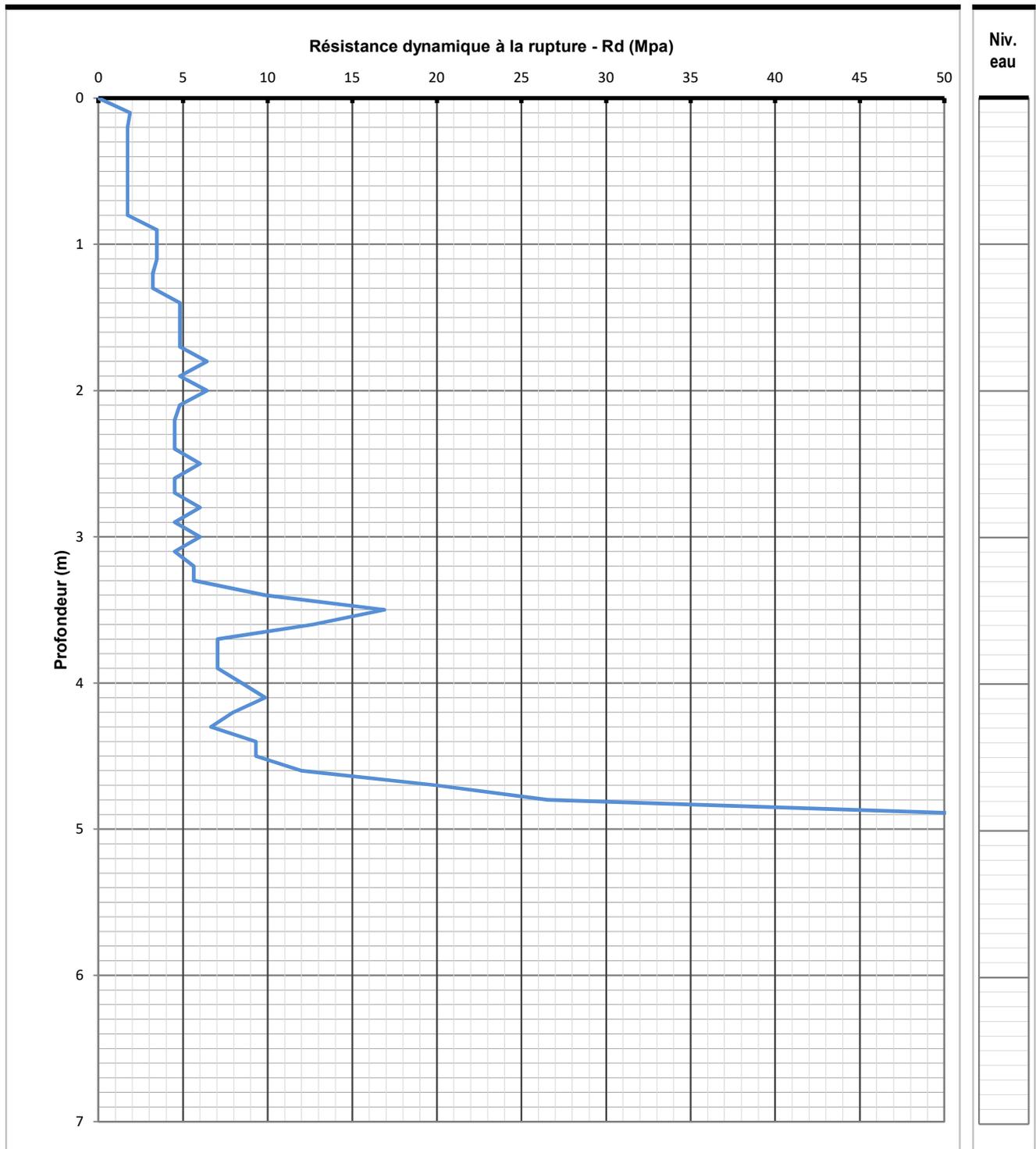
▪ Masse du mouton : 64kg ▪ Hauteur de chute : 0,75m ▪ Masse de la tige : 6,5kg ▪
▪ Masse de l'enclume : 9,9kg ▪ Section pointe : 0,002m² ▪ Masse de la pointe : 0,56kg ▪

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



• Masse du mouton : 64kg • Hauteur de chute : 0,75m • Masse de la tige : 6,5kg •
• Masse de l'enclume : 9,9kg • Section pointe : 0,002m² • Masse de la pointe : 0,56kg •

SONDAGE AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD
TYPE B - Norme NF P 94-115



▪ Masse du mouton : 64kg ▪ Hauteur de chute : 0,75m ▪ Masse de la tige : 6,5kg ▪
▪ Masse de l'enclume : 9,9kg ▪ Section pointe : 0,002m² ▪ Masse de la pointe : 0,56kg ▪

ANALYSE GRANULOMETRIQUE par tamisage à sec - NF P 94-056

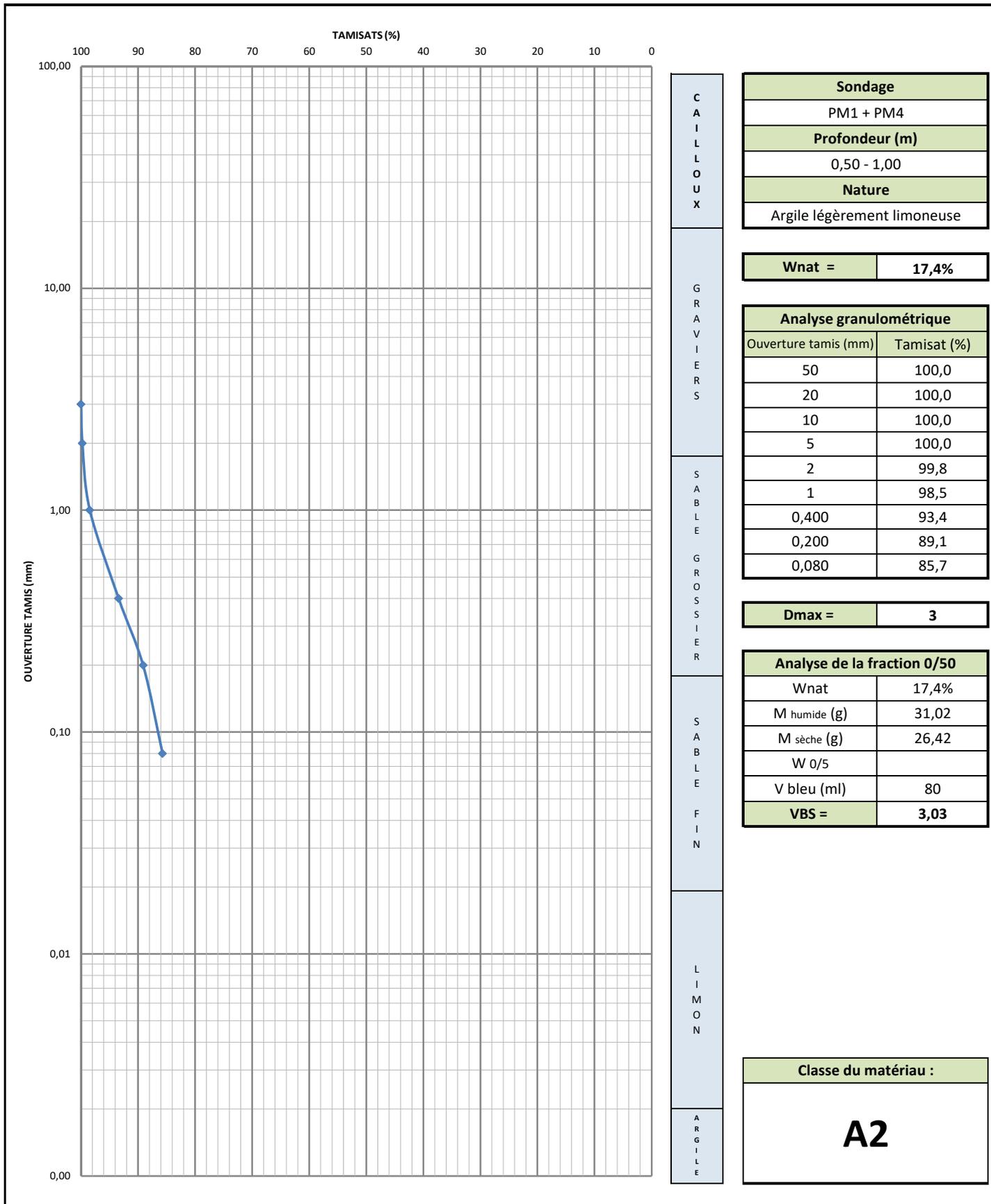
VALEUR AU BLEU DE METHYLENE - NF P 94-068

Adresse chantier : Lotissement "Park Avenue" - 82290 MONTBETON

Maître d'ouvrage : Les Parcs Aménageur

N° de dossier : S-2301-065

Date des essais : 28/02/2023



C
A
I
L
L
O
U
X

 G
R
A
V
I
E
R
S

 S
A
B
L
E

 G
R
O
S
S
I
E
R

 S
A
B
L
E

 F
I
N

 L
I
M
O
N

 A
R
G
I
L
E

Sondage	
PM1 + PM4	
Profondeur (m)	
0,50 - 1,00	
Nature	
Argile légèrement limoneuse	

Wnat =	17,4%
---------------	--------------

Analyse granulométrique	
Ouverture tamis (mm)	Tamisat (%)
50	100,0
20	100,0
10	100,0
5	100,0
2	99,8
1	98,5
0,400	93,4
0,200	89,1
0,080	85,7

Dmax =	3
---------------	----------

Analyse de la fraction 0/50	
Wnat	17,4%
M humide (g)	31,02
M sèche (g)	26,42
W 0/5	
V bleu (ml)	80
VBS =	3,03

Classe du matériau :	
A2	

ESSAI DE COMPACTAGE TYPE PROCTOR

Norme NF P 94-093

Adresse du projet : Lotissement "Park Avenue" - 82290 MONTBETON
Maître d'ouvrage : Les Parcs Aménageur
N° de dossier : S-2301-065
Date de l'essai : 02/03/2023

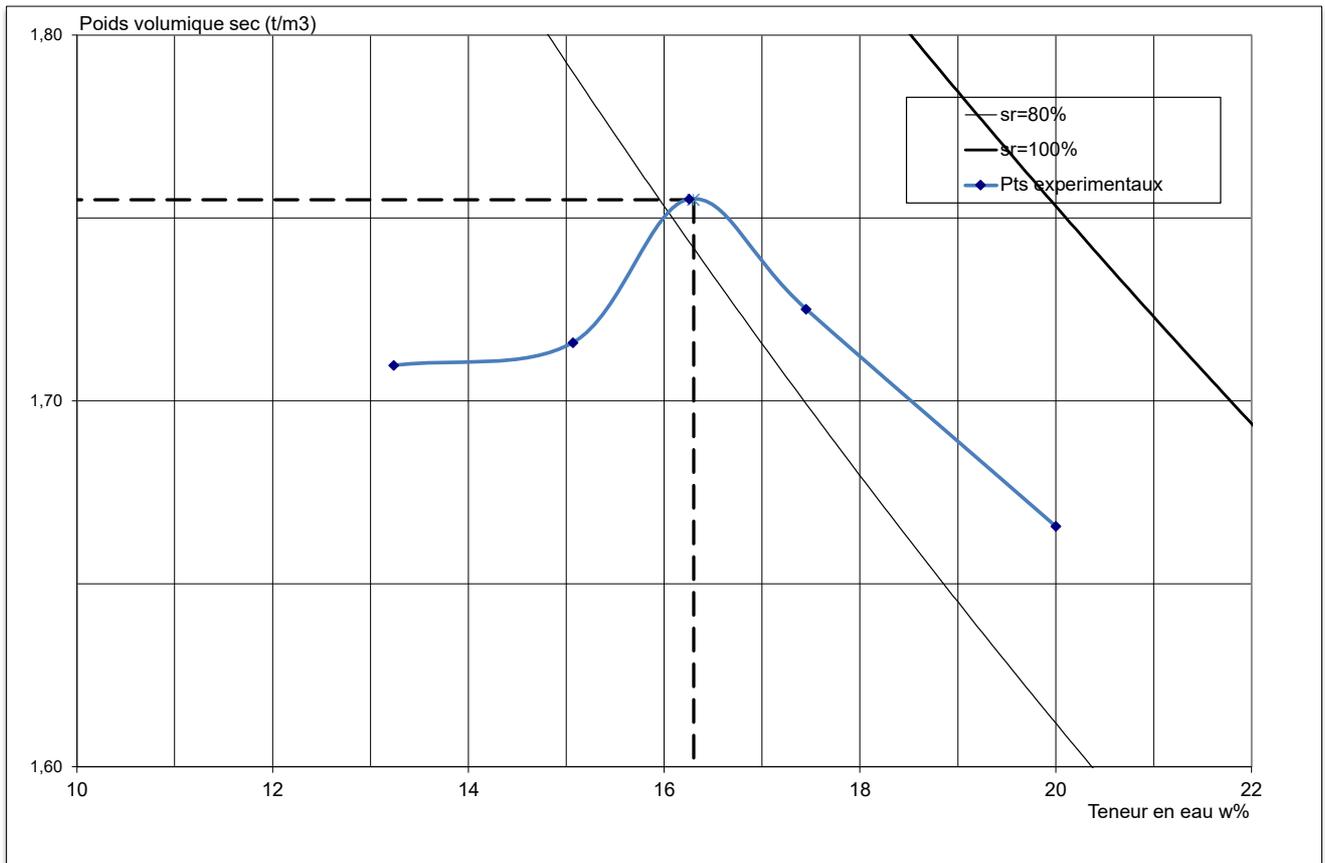


ENERGIE :
 Normal
 Modifié

MOULE :
 Proctor
 CBR

Masse volumique des particules de sol ρ_s : 2,70 t/m³ (estimée)
 Refus au tamis de 20 mm : 0%
 (Correction résultats Proctor si 0<20<D<30%)

Sondage
PM1 + PM4
Profondeur (m)
0,50 - 1,00
Nature
Argile légèrement limoneuse



Essai		
	Teneur en eau w%	Poids vol. sec ρ t/m ³
Point 1	13,24	1,71
Point 2	15,07	1,72
Point 3	16,26	1,76
Point 4	17,45	1,73
Point 5	20,00	1,67

Optimum Proctor		
	Teneur en eau w%	Poids vol. sec ρ t/m ³
Brut	16,3	1,76
Corrigé		

Wnat = 17,4%

Classification GTR A2

Indice Portant Immédiat

Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR

Norme NF P 94-078

Adresse du projet : Lotissement "Park Avenue" - 82290 MONTBETON

Maître d'ouvrage : Les Parcs Aménageur

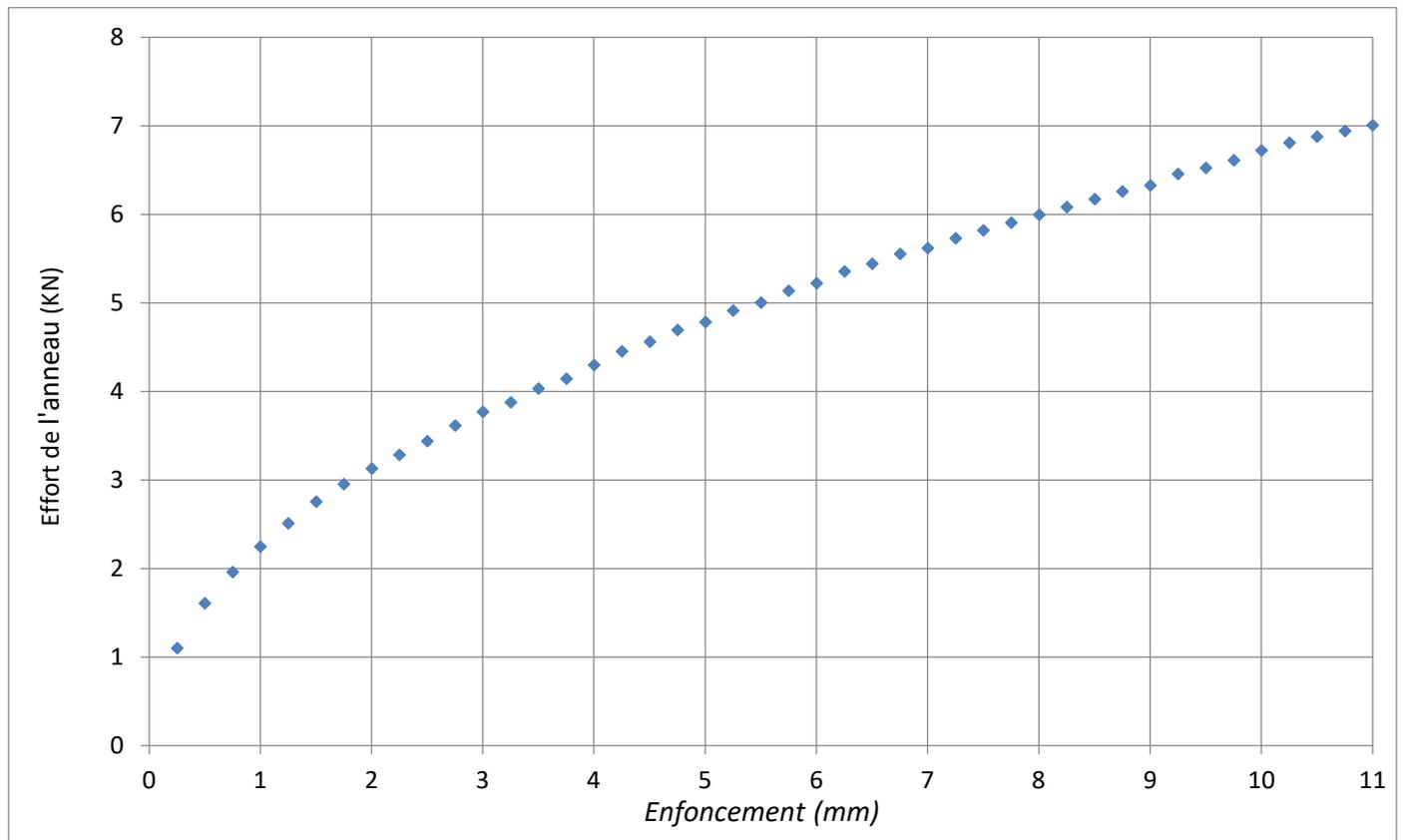
N° de dossier : S-2301-065

Date des essais : 03/03/2023



Sondage
PM1 + PM4
Profondeur (m)
0,50 - 1,00

Nature
Argile légèrement limoneuse
Traitement
1,5% CaO



Wnat :	15,3%
Masse volumique sèche :	1,75

(Selon la norme NF P 94-050)

IPI	25,7
-----	------

Indice CBR Immersion

Mesure sur échantillon compacté dans le moule CBR

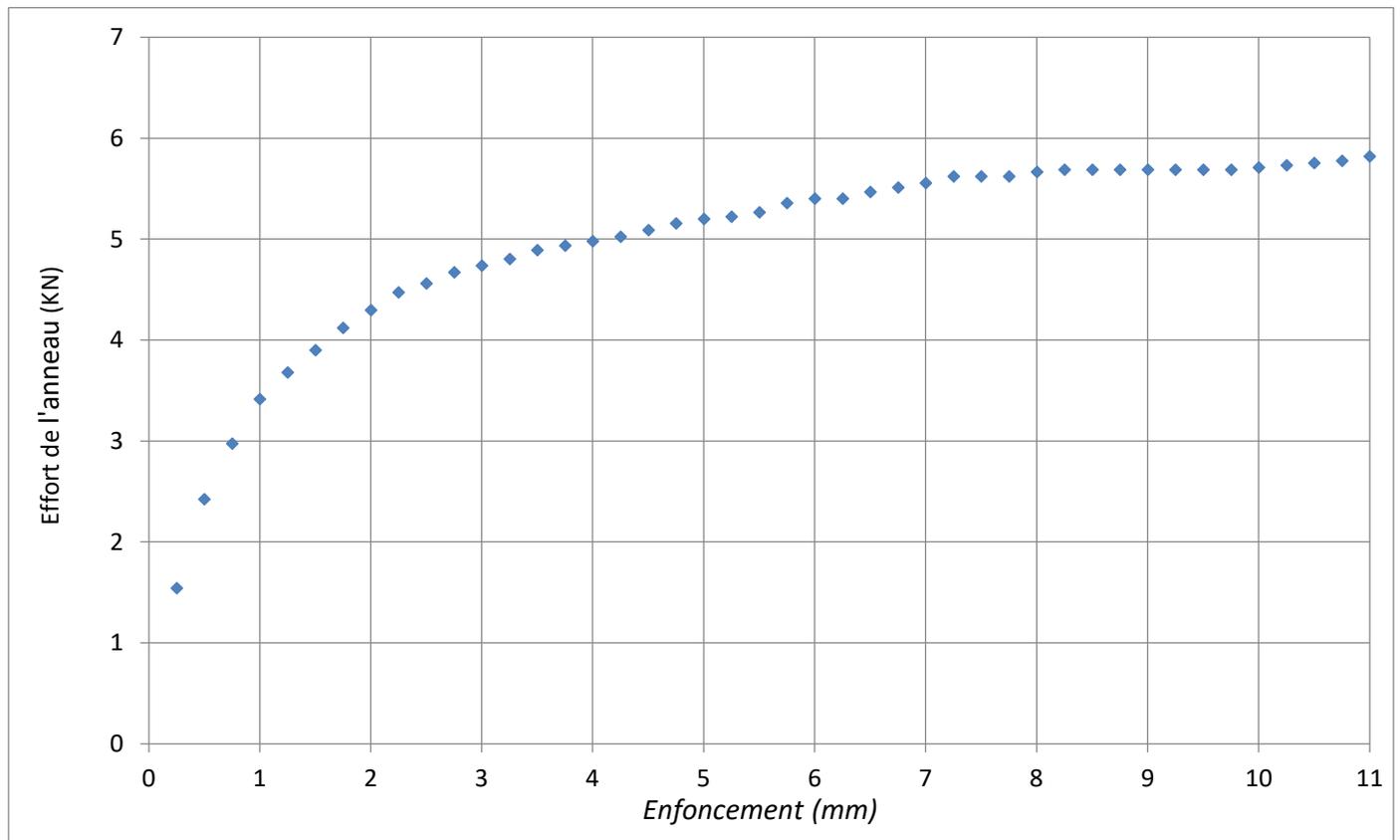
Norme NF P 94-078

Adresse du projet : Lotissement "Park Avenue" - 82290 MONTBETON
Maître d'ouvrage : Les Parcs Aménageur
N° de dossier : S-2301-065
Date des essais : 03/03/2023 au 07/03/2023



Sondage
PM1 + PM4
Profondeur (m)
0,50 - 1,00

Nature
Argile légèrement limoneuse
Traitement
1,5% CaO



Wnat :	16,1%
Masse volumique sèche :	1,73

(Selon la norme NF P 94-050)

W avant immersion	16,0%
W après immersion	18,6%
Gonflement	0,31%

CBRimmersion	34,2
---------------------	-------------

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique
Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

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	Étude 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	Fonction 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	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	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)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et 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'exécution (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	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique **Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

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.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (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'avoisnants 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).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Classification des missions d'ingénierie géotechnique Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES 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 GÉOTECHNIQUE 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 GÉOTECHNIQUE (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'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).

CONDITIONS D'EXPLOITATION DE CE RAPPORT D'ÉTUDE DE SOLS

La société Solingéo ne peut être en aucun cas tenu à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature, Solingéo n'est donc tenu qu'à une obligation de moyens.

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

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

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

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

Ainsi, tout élément nouveau mis en évidence lors de l'exécution des fondations ou de leurs travaux préparatoires et n'ayant pu être détecté lors de la reconnaissance des sols (exemple : failles, remblais anciens ou nouveaux, cavités, hétérogénéités localisées, venue d'eau, pollution, etc. ...) doit être signalé à la société Solingéo qui pourra reconsidérer tout ou partie du rapport. Pour ces raisons, et sauf stipulation contraire explicite de notre part, l'utilisation de nos résultats pour chiffrer à forfait le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager notre responsabilité. Une mission G2 minimum est nécessaire pour estimer des quantités, coûts et délais d'ouvrages géotechniques.

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

La société Solingéo ne saurait être rendue responsable des modifications apportées à son étude que dans le cas où elle aurait donné son accord écrit sur lesdites modifications.

Les altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cote de références rattachés à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un géomètre expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par Solingéo lorsqu'elle chargée d'une mission spécifique de type G4 de suivi de l'exécution des travaux de fondations. Le client est alors prié de prévenir Solingéo en temps utile.

Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon d'ancrage de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte rendu.

Le Maître d'Ouvrage devra informer Solingéo de la date réelle d'ouverture du chantier et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même, il est tenu d'informer Solingéo du montant de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.