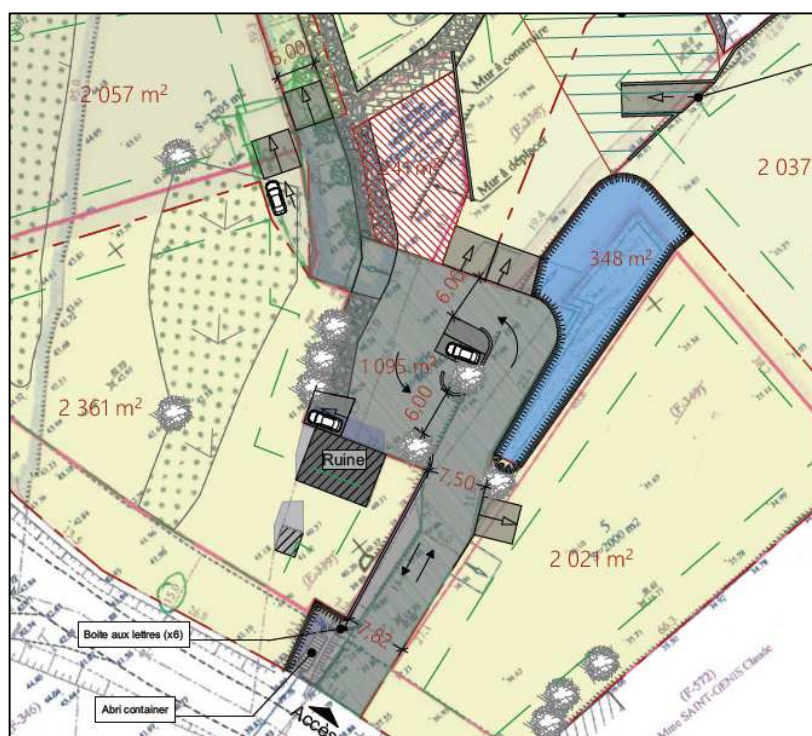




Rapport d'étude de sol – Mission G2AVP

Etude géotechnique de conception

Phase Avant-Projet



Maitre d'ouvrage :

M. DURAND
26130 SAINT RESTITUT

Opération :

Aménagement d'un lotissement :
création de murs de soutènement et
de voirie

Table des matières

.....	1
I. Contenu de notre mission.....	4
I.1 Cadre de la mission.....	4
I.2 Documents mis à disposition.....	4
I.3 Investigations	5
I.4 Présentation du projet.....	5
II. Contexte du site	6
II.1 Contexte géologique.....	6
II.2 Contexte hydrogéologique et hydrologique	6
II.3 Risques naturels et aléas.....	8
III. Résultats et interprétations des sondages	12
III.1 Résultats des investigations	12
III.1.1 Sondages lithologiques	12
III.1.2 Essais pénétrométriques	22
III.1.3 Essais laboratoires	23
III.2 Modèle géologique retenu	24
IV. Etude géotechnique.....	25
IV.1 Pré dimensionnement de la voirie.....	25
IV.1.1 Présentation	25
IV.1.2 Partie supérieure des terrassements et classe d'arase.....	26
IV.1.3 Couche de forme	27
IV.1.4 Exemple de prédimensionnement	27
IV.1.5 Réemploie des matériaux in situ	27
IV.1.6 Suggestions d'exécution.....	28
IV.2 Solutions géotechniques pour le soutènement	28
IV.2.1 Type de soutènement	28
IV.2.2 Valeurs caractéristiques	28
IV.2.3 Sismicité et liquéfaction	30
IV.3 Suggestion de conception et d'exécution	31
IV.3.1 Ouvrage de soutènement.....	31
IV.3.3 Terrassements	33

Annexe 1 : Implantation des sondages

Annexe 2 : Sondages pénétrométriques et lithologiques

Annexe 3 : Conditions d'utilisation du rapport et rappel des missions

GLOSSAIRE

Abréviation	Définition
T.A.	Fait référence au niveau de la surface de Terrain Actuel lors de notre intervention
T.N.	Fait référence au niveau de la surface du Terrain Naturel (non remanié par l'Homme)
T.V.	Terre végétale
RdC	Rez de chaussée
R+1	Rez de chaussée avec 1 étage (+2, +3 selon le nombre d'étages)
St	Sondage à la tarière
EP	Sondage au pénétromètre dynamique
V.S.	Vide sanitaire
N.C.	Non connu
Qd	Résistance dynamique unitaire
Q_{ELU}	Contrainte admissible à l'état limite ultime (déformation irréversible, rupture)
Q_{ELS}	Contrainte admissible à l'état limite de service (déformation élastique)
N.R.	Non Renseigné

I. Contenu de notre mission

I.1 Cadre de la mission

A la demande de ECOARCHI SAS et pour le compte de commune de M. DURAND, l'objet de ce rapport est l'étude d'un projet d'aménagement de lotissement sur la commune de SAINT-RESTITUT (26). La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude AGESOL et fait suite à la validation du devis N°0312 daté du 22/08/2019.

Il s'agit ici d'une mission de type G2AVP selon la norme NF P 94-500 (Mission d'ingénierie géotechnique, révisée en Novembre 2013)

Ce rapport contient :

- Une étude documentaire du site,
- Le résultat des investigations In Situ,
- L'analyse et la synthèse du contexte géologique,
- Les hypothèses géotechniques retenues,
- Les recommandations particulières pour la réalisation des travaux.

I.2 Documents mis à disposition

Pour l'établissement du rapport nous avons à disposition :

Nature du document	Emetteur	Date de réception
Plan de Masse du projet	ECOARCHI	01/08/2019

Figure 1: Documents mis à disposition par le client

Nous avons également consulté les documents suivants :

Nature	Source
Cartes IGN et vues aériennes	www.geoportail.gouv.fr
Cartes géologiques au 1/50 000	www.infoterre.brgm.fr
Inventaire des reconnaissances de catastrophes naturelles	www.georisques.gouv.fr
Zonage du risque sismique	www.georisques.gouv.fr
Zonage retrait gonflement des argiles	www.infoterre.brgm.fr
Risque d'inondation par remontées de nappes	www.infoterre.brgm.fr

Figure 2: Documents consultés pour l'étude

I.3 Investigations

Les sondages ont été réalisés le 12/09/2019, avec :

- ⇒ **10 sondages lithologiques** à la minipelle jusqu'à une profondeur maximale de -1,15 m/TA. Les sondages sont nommés F1 à F9 auxquels ont été ajoutés les sondages de la mission d'étude hydraulique appelés FA à FC.
- ⇒ **6 essais au pénétromètre dynamique lourd** (conforme à la norme NF EN ISO 22476-2 et à la norme NF P 94-115) afin de mesurer les caractéristiques géomécaniques des horizons rencontrés. Ces essais ont été descendus à jusqu'à -1,20m/TA maximum et sont nommés EP1 à EP6.

I.4 Présentation du projet

Le présent rapport est réalisé pour le compte de M. DURAND dans le cadre d'un projet d'aménagement d'un lotissement. A ce stade du projet, il concerne simplement l'aménagement avec la mise en place de voiries et de soutènements afin de pallier aux diverses restanques présentes sur le site.

La définition du niveau fini, le positionnement de la voirie ainsi que le positionnement des soutènements ne sont pas encore arrêtés.

Le projet de lotissement se dessine sur 3 niveaux topographiquement visibles. Des murs en pierres sèches (restanques) partiellement éboulés délimitent ces changements de niveaux.

Caractéristiques du projet en fonction des éléments fournis :

Type de projet	Aménagement d'un lotissement : création de murs de soutènement et voiries
Soutènements	Oui environ 90 mètres linéaires
Charges transmises par la structure	Non connues à ce stade de l'étude

II. Contexte du site

II.1 Contexte géologique



Figure 3 : Extrait de la carte géologique de VALREAS (n°890) (source : Géoportail)

D'après nos recherches, le projet est situé dans les molasses du Rouvergue et de Saint Restitut datant du Miocène (notées m2R). Ces molasses correspondent à des grès calcaireux plus ou moins grossiers et friables à stratification entrecroisée et débris coquilliers. La puissance de cet horizon est d'environ 60 m.

II.2 Contexte hydrogéologique et hydrologique

⇒ Contexte hydrologique

Les eaux de pluies semblent ruisseler et s'infiltrer en suivant la ligne de plus grande pente orientée vers le Sud/Sud est. Elles peuvent localement stagner et s'infiltrer sur les restanques lorsque la pente est insuffisante.

⇒ Contexte hydrogéologique

D'après le site Infoterre du BRGM, 1 ouvrage est référencé à proximité du site (à l'Est). Il est situé plus en aval du site d'étude, à proximité directe du village. Ce dernier est immatriculé BSS002BPMC et correspond à un forage de 300 m de profondeur. Il s'agirait d'un forage d'eau. Une nappe serait présente à une profondeur de 106.91 m/sol. Aucune information complémentaire n'est disponible.

Un ancien puit est présent sur le site du projet. D'après les mesures réalisées, il ferait 11,20m/margelle. Celui-ci était partiellement éboulé. Il était maçonné sur 3,60 m et le substratum était apparent au-delà. Il se peut qu'une auréole de sol remanié soit présente autour de la margelle sur cette hauteur.

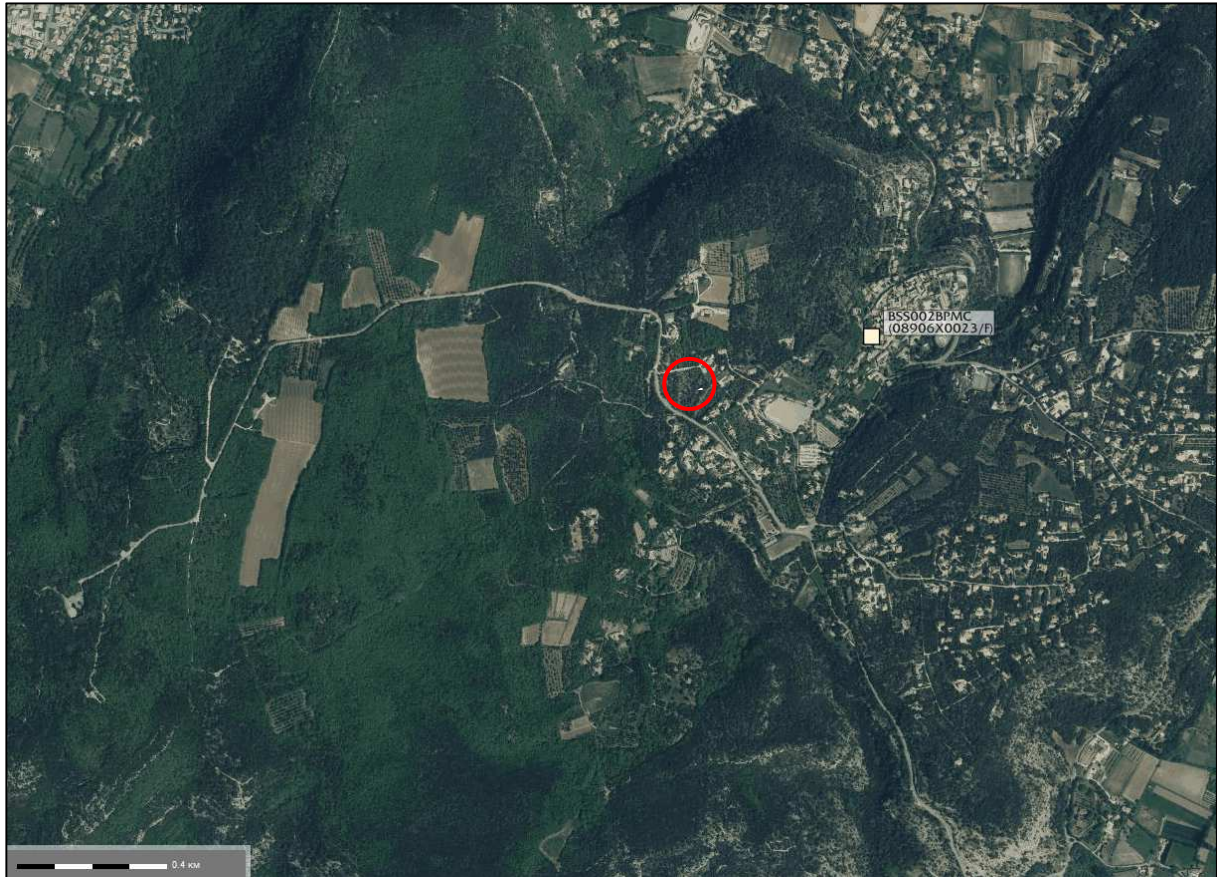


Figure 4 : Position des ouvrages répertoriés par la BSS à proximité du projet (source : infoterre), site du projet en rouge

Ces informations sont données à titre informatif et ne constituent en aucun cas une étude hydrologique et hydrogéologique du site. Une étude réalisée par un bureau d'étude spécialisé dans ce domaine pourra donner des informations complémentaires.

II.3 Risques naturels et aléas

Risque	Niveau
Retrait gonflement des argiles	<i>A priori</i> Nul*
Risque Sismique	Zone 3 – Modéré*

* D'après le site infoterre.brgm.fr

La commune de SAINT RESTITUT a fait l'objet de 7 arrêtés de catastrophes naturelles :

Inondations et coulées de boue : 5

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
26PREF19930203	30/09/1993	01/10/1993	11/10/1993	12/10/1993
26PREF20020014	10/06/2001	10/07/2001	23/01/2002	09/02/2002
26PREF20020026	08/09/2002	09/09/2002	19/09/2002	20/09/2002
26PREF20030174	01/12/2003	04/12/2003	12/12/2003	13/12/2003
26PREF20190014	09/08/2018	09/08/2018	04/10/2018	03/11/2018

Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
26PREF20180007	01/07/2017	30/09/2017	24/07/2018	12/08/2018

Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
26PREF19820315	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982

Figure 5 : Extrait des arrêtés de catastrophe naturelles sur la commune (source : geoportail.fr)

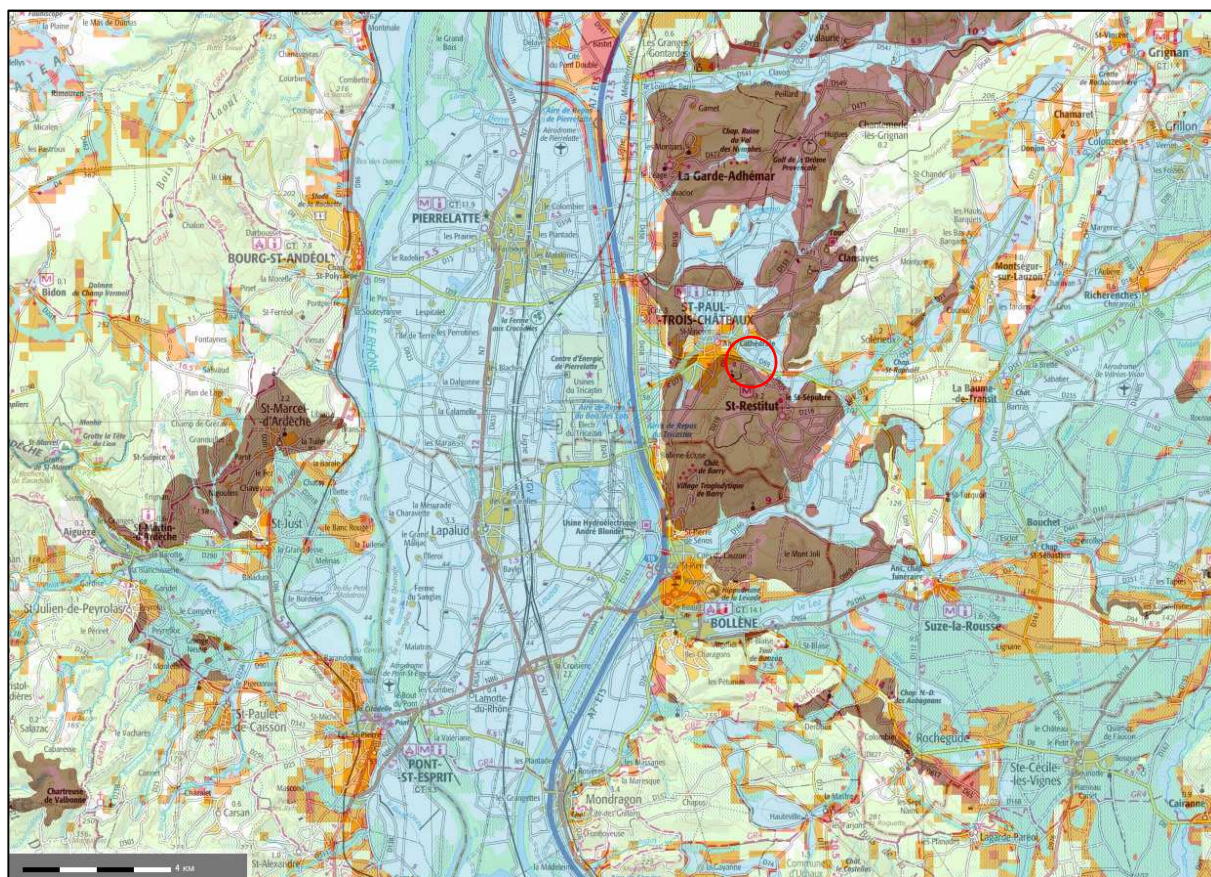


Figure 6 : Extrait de la carte des zones sensibles aux remontées de nappes (infoterre.brgm.fr)

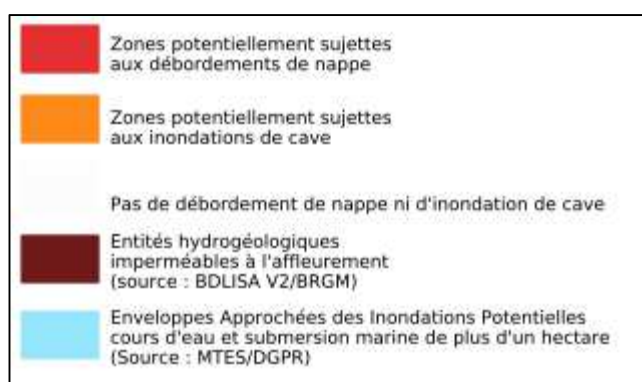


Figure 7 : Légende - Zones sensibles aux remontées de nappes

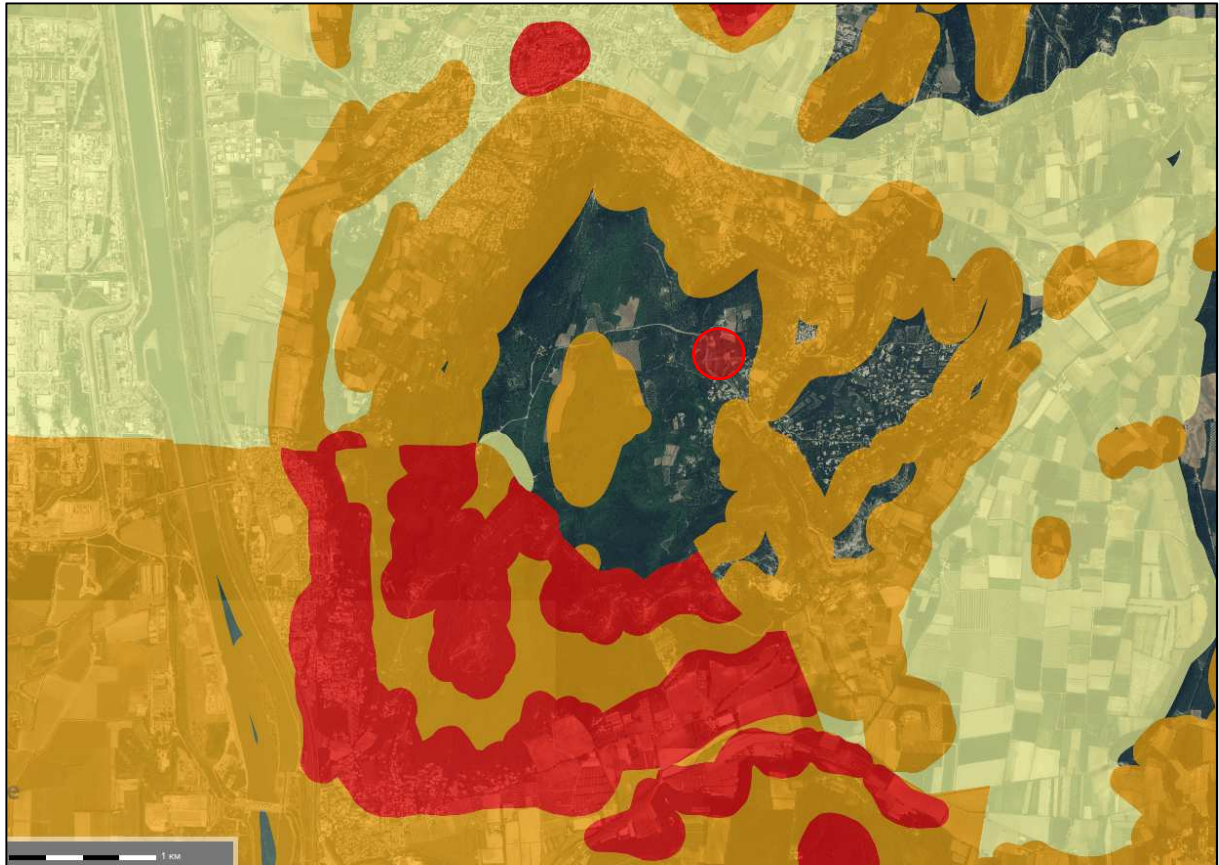


Figure 8 : Extrait de la carte d'aléa retrait gonflement des argiles



Figure 9 : Légende - Aléa retrait gonflement des argiles

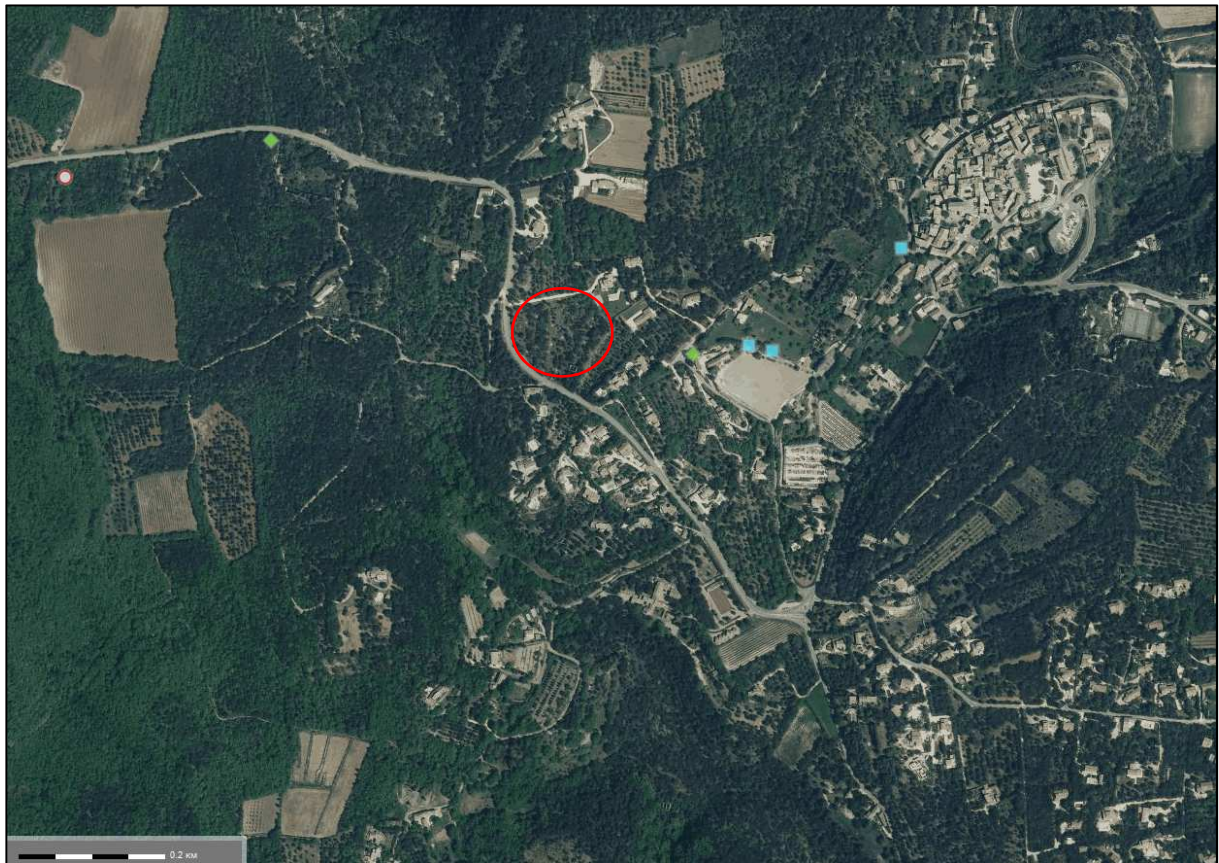


Figure 10 : Extrait de la carte des cavités et ouvrages souterrains et de la carte des mouvements de terrains répertoriés (infoterre.brgm.fr)



Figure 11 : Légende -
Cavités et ouvrages
souterrains



Figure 12 : Légende -
Mouvement de terrains
répertoriés

III. Résultats et interprétations des sondages

III.1 Résultats des investigations

III.1.1 Sondages lithologiques

Les sondages ont été réalisés à la minipelle.

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F1	0,00 – 0,12	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,12 – 0,45	Sable limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines	
	0,45 – 0,60	Substratum molassique	
Refus à 0,60 m /TA sur substratum molassique			



Figure 14 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F2	0,00 – 0,10	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,10 – 0,42	Sable limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines	
	0,42 – 0,65	Substratum molassique	

Refus à 0,65 m /TA sur substratum molassique



Figure 15 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F3	0,00 – 0,20	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,20 – 0,40	Sable limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines	
	0,40 – 0,65	Substratum molassique	
	Refus à 0,65 m /TA sur substratum molassique		



Figure 16 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F4	0,00 – 0,20	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,20 – 0,90	Sable limoneux à graviers et nombreux cailloux et blocs + nombreuses racines (remblais ?)	
	0,90 – 1,15	Substratum molassique	

Refus à 1,15 m /TA sur substratum molassique



Figure 17 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F5	0,00 – 0,17	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,17 – 0,40	Sable limoneux à graviers et nombreuses racines	
	0,40 – 0,45	Substratum molassique	
Refus à 0,45 m /TA sur substratum molassique			



Figure 18 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F6	0,00 – 0,35	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,35 – 1,10	Sable limoneux à nombreux graviers et racines	
	1,10	Substratum molassique	
	Refus à 1,10 m /TA sur substratum molassique		



Figure 19 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F7	0,00 – 0,15	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,15 – 0,35	Sable limoneux à graviers et très nombreuses racines (remblais ?)	
	0,35 – 0,40	Substratum molassique	

Refus à 0,40 m /TA sur substratum molassique



Figure 20 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F8	0,00 – 0,15	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,15 – 0,65	Sable limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines	
	0,65 – 0,70	Substratum molassique	
	Refus à 0,70 m /TA sur substratum molassique		



Figure 21 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F9	0,00 – 0,15	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,15 – 0,45	Sable limoneux à graviers et très nombreuses racines	
	0,45 – 0,65	Substratum molassique	
	Refus à 0,65 m /TA sur substratum molassique		



Figure 22 : Photo du sondage

	Profondeur (en m/T.A.)	Lithologie	Niveau d'eau rencontré (en m/TA)
F10	0,00 – 0,10	Terre végétale humifère marron foncé/noir	Néant
	0,10 – 0,26	Sable limoneux à graviers et nombreuses racines	
	0,26 – 0,30	Substratum molassique	
Refus à 0,30 m /TA sur substratum molassique			



Figure 23 : Photo du sondage

III.1.2 Essais pénétrométriques

Les essais pénétrométriques sont des sondages « aveugles », c'est-à-dire qu'ils ne permettent pas de connaître la lithologie traversée. Nous corrélons les résultats entre les résistances dynamiques q_d et les lithologies rencontrées avec les sondages à la pelle.

EP1	Profondeur (en m/T.A.)	Q_d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
	0,00 – 1,00	2,1 – 5,5	Faibles à moyennes	TV sur sable limoneux à graviers et blocs avec racines
	1,10 – 1,40	11,9 – 14,2	Bonnes	Substratum altéré
	1,40 – 1,60	39,6	Excellentes	Substratum sain
Refus à -1,60 m/TA				

EP2	Profondeur (en m/T.A.)	Q_d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
	0,00 – 0,40	5,5 - 16,1	Faibles à bonnes	TV sur sable limoneux à graviers et racines
	0,40 – 0,60	42,5	Excellentes	Substratum molassique
Refus à -0,60 m/TA				

EP3	Profondeur (en m/T.A.)	Q_d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
	0,00 – 0,40	6,4 – 9,3	Moyennes	TV sur sable limoneux à graviers et racines
	0,40 – 0,80	11,9 – 19,5	Bonnes	Sables limoneux à nombreux cailloutis
	0,80 – 1,00	42,5	Excellentes	Cailloutis et blocs sur substratum sain
Refus à -1,00 m/TA				

EP4	Profondeur (en m/T.A.)	Q_d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
	0,00 – 0,20	9,1	Moyennes	TV sur sable limoneux à graviers et racines
	0,20 – 0,60	17,0 – 20,4	Bonnes à très bonnes	Substratum altéré ou sable limoneux à nombreux graviers et blocs (remblais ?)
	0,60 – 0,80	42,5	Excellentes	Substratum sain
Refus à -0,80 m/TA				

	Profondeur (en m/T.A.)	Q _d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
EP5	0,00 – 0,40	2,7 – 5,9	Moyennes	TV sur sable limoneux à graviers et racines
	0,40 – 1,00	21,2 – 30,6	Très bonnes à excellentes	Substratum altéré
	1,00 – 1,20	42,5	Excellentes	Substratum sain
Refus à -1,20 m/TA				

	Profondeur (en m/T.A.)	Q _d (en MPa)	Caractéristiques géomécaniques	Lithologie associée
EP6	0,00 – 0,20	8,6	Moyennes	TV sur sable limoneux à graviers et racines
	0,20 – 0,60	38,2 – 42,5	Très bonnes à excellentes	Substratum altéré puis sain
Refus à -0,60 m/TA				

III.1.3 Essais de laboratoire

Il a été réalisé 2 essais de laboratoire sur l'échantillon E1 prélevé dans le sondage F2 à une profondeur d'environ -0,30 m/TA et sur l'échantillon E2 prélevé au droit de F4 à une profondeur d'environ -0,50 m/TA.

Dénomination	Profondeur (En m/T.A.)	Nature de l'horizon	Classe de sol (Selon le GTR92)
E1 (F2)	Environ -0,30 m	Sables limoneux à quelques graviers et racines	B ₅
E2 (F4)	Environ -0,50 m	Sables limoneux à nombreux graviers (et blocs) + racines	B ₅ voire C ₁ B ₅ /C ₂ B ₅

Les essais réalisés ont mis en évidence des sols de classe B₅ selon le GTR 92.

Les sols B₅ sont des sols sablo-graveleux avec fines (sables et graves très silteuses...), généralement de faible plasticité, et pouvant changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction aux variations hydriques est relativement court.

Notons qu'il sera possible de rencontrer des sols de classe C₁B₅ ou C₂B₅ (sols comportant des fines et des gros éléments) quand les éléments constituant le sol sont > 50 mm de diamètre (au droit de F4 par exemple).

Les P.V d'analyse laboratoire sont en Annexe 3.

III.2 Modèle géologique retenu

Le contexte géologique du site reste hétérogène mais simple, au droit de nos sondages.

Nos investigations ont permis de mettre en évidence 3 horizons principaux.

- **Horizons superficiels : terre végétale**

La terre végétale semble présente sur l'ensemble des sondages. Elle présente des épaisseurs variables comprises entre 0,10 m et 0,35 m.

Les caractéristiques géomécaniques de cet horizon sont très variables et ne sont pas représentatives.

- **Sables limoneux marron à graviers, cailloutis, cailloux et très nombreuses racines :**

Cet horizon correspond à l'altération lente du substratum et au lessivage de la terre végétale superficielle. Il présente des sables limoneux marrons à nombreuses racines et pouvant être de taille importante (le site d'étude est occupé par de nombreux chênes verts).

La proportion de cailloutis, graviers et blocs est très variables allant de seulement quelques cailloutis, à de nombreux cailloutis (au droit de F6 en particulier), voire de nombreux cailloux / blocs (au droit de F4).

Ces derniers sont probablement issus de l'altération du substratum.

Notons qu'au niveau des murs des restanques actuelles, les sols ont certainement été remaniés par l'Homme dans le but de combler l'arrière des murs et ainsi pallier à la topographie générale du site. Ces remblais semblent présenter un nombre de blocs plus importants (Cf sondage F4). Les blocs sont grésocalcaires, c'est-à-dire de même nature que le substratum.

Cet horizon est présent jusqu'à des profondeurs comprises entre -0,26 m/TA et -1,10 m/TA.

Les caractéristiques géomécaniques de cet horizon sont moyennes à très bonnes. Nous rappelons cependant que ces mesures ont été réalisées en période sèche, la matrice (principalement sableuse) de ces sols est connue comme étant très sensible aux variations hydriques. Il est donc fortement probable qu'en période humide ces caractéristiques soient amenées à chuter fortement.

- **Substratum molassique :**

Le substratum a été rencontré au droit de l'ensemble de nos sondages. C'est une molasse grésocalcaire blanche plus ou moins tendre et plus ou moins altérée en tête. Il est d'ailleurs peu aisé de poser une limite stricte de cet horizon au niveau des essais pénétrométriques étant donné des mesures relativement similaires à l'horizon sus-jacent.

Sondages	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Profondeur approximative du substratum molassique (en m/TA)	-0,45	-0,42	-0,40	-0,90	-0,40	-1,10	-0,65	-0,45	-0,26

Les caractéristiques géomécaniques de cet horizon sont très bonnes à excellentes.

IV. Etude géotechnique

IV.1 Pré dimensionnement de la voirie

IV.1.1 Présentation

Le projet consiste en la création d'une voirie de desserte de lotissement.

Cette dernière est agencée sur 3 niveaux afin de pallier aux différences topographiques du terrain aménagé en restanques.

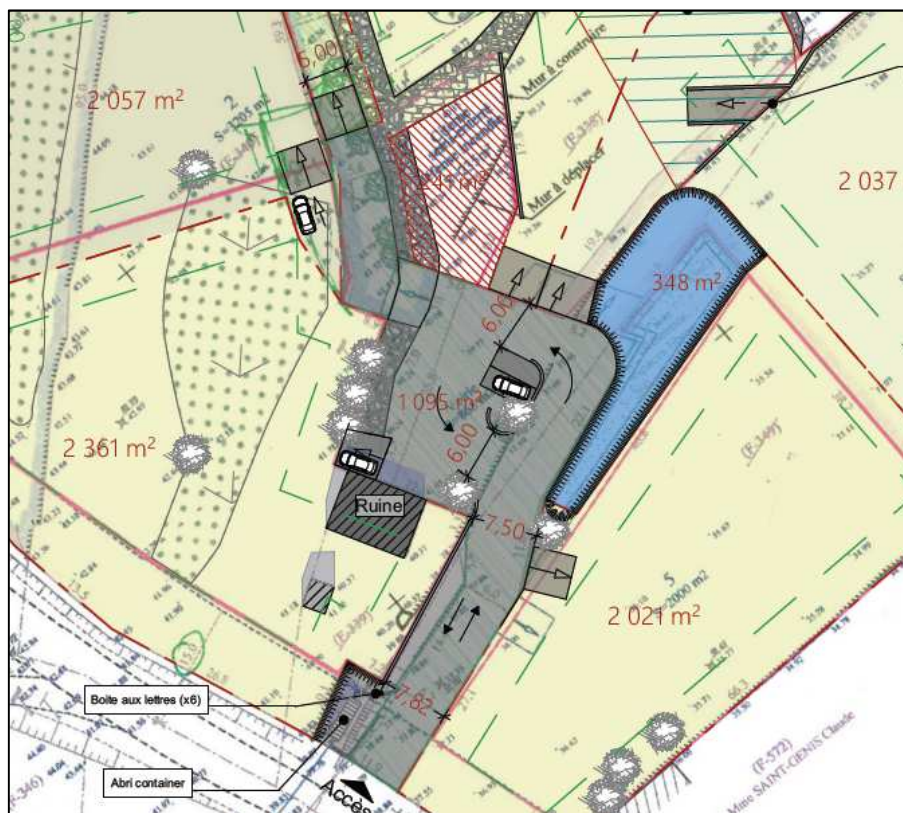


Figure 24 : Plan prévisionnel du projet de voirie.

La voirie débutera de la plateforme la plus basse (située à l'Est), une aire de stationnement / retournement sera créée sur la plateforme intermédiaire en mitoyenneté avec la ruine actuelle, et enfin une rampe d'accès permettra d'accéder à la plateforme du haut.

Notons qu'une seconde rampe d'accès est également prévue depuis le fond de la parcelle du bas. Cette dernière est moins importante que le reste du projet et servira uniquement à l'accès à la plateforme du dessus.

Afin de pallier aux différences de niveau, des murs de soutènement seront érigés.

Le calage altimétrique de la voirie ne nous a pas été communiqué, l'implantation précise des murs de soutènement et de la voirie ne l'étant pas non plus au moment de notre intervention.

Pour ce pré dimensionnement il a été retenu comme classe de trafic TCO_{20} .

IV.1.2 Partie supérieure des terrassements et classe d'arase

Les sondages ont mis en évidence une géologie particulière pour la voirie :

- L'horizon superficiel est composé principalement de sables limoneux à cailloutis, blocs, cailloux dans des proportions variables et surtout **présentant de nombreuses racines provenant des arbres actuels.**

- Le substratum molassique (molasse gréseuse plus ou moins altérée), horizon très compétent ayant entraîné des refus au droit de tous nos sondages.

Du fait de la nature du substratum molassique (horizon dur), les arbres présents sur site n'ont pas pu étendre leurs racines en profondeur, ces dernières se sont alors propagées horizontalement dans les horizons superficiels de moindre compétence.

La présence de ces éléments végétaux ne permet pas d'utiliser les sables limoneux à cailloutis, cailloux et blocs comme arase de terrassement. Le risque d'évolution (putréfaction des éléments organiques) étant trop important.

De plus, la présence de remblai (hétérogène par nature) à proximité des murs des restanques actuelles impose également une purge, et les terrassements réalisés pour les rampes d'accès vont certainement impacter le substratum molassique

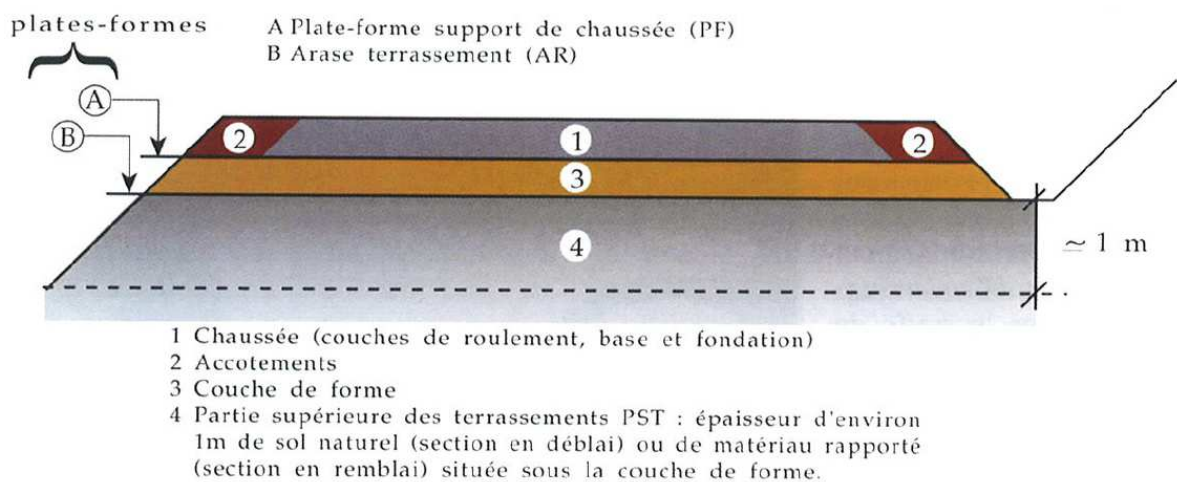


Figure 25 : Définition des différents termes composant la voirie (extrait de l'ouvrage "réalisation des remblais et des couches de formes")

Nous conseillons donc de purger la totalité des sols superficiels (sables limoneux à cailloutis, cailloux, terre végétale et remblais) de manière à obtenir une arase de terrassement au niveau du substratum molassique.

En fonction du niveau fini de la voirie, de la structure de chaussée et du positionnement des soutènements, il sera nécessaire d'utiliser des matériaux de substitution insensible à l'eau, drainant, et ayant une granulométrie permettant une mise en œuvre, un compactage suffisant et correctement mis en œuvre selon les règles de l'Art.

IV.1.3 Couche de forme

Dans le cas d'une purge minutieuse jusqu'au substratum molassique, la fond de forme pourra être considéré comme un matériau de classe **GTR R** (la résistance à l'abrasion et au gel de cette roche nécessite la réalisation d'essai LA et MDE, les prélèvements nécessitent l'emploi d'un BRH). Cette hypothèse correspond à une **PST n°6 et une AR3** (si $EV2 > 120$ MPa et $EV2/EV1 < 2$) ou **AR4** (si $EV2 > 200$ MPa et $EV2/EV1 < 2$).

Sondages	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Profondeur approximative du substratum molassique (en m/TA)	-0,45	-0,42	-0,40	-0,90	-0,40	-1,10	-0,65	-0,45	-0,26

Notons que cette PST peut poser des problèmes de réglage ou de traficabilité en phase travaux.

Avec une gestion des eaux extrêmement minutieuse (afin d'éviter une altération du substratum) la couche de forme généralement préconisée se réduit à une couche de fin réglage ou à une protection de surface pour tenir les exigences de nivellement et résoudre les problèmes de traficabilité. En fonction du niveau fini de voirie et de la hauteur de purge, il sera possible de mettre en place une couche de forme en utilisant des matériaux de classe D2 ou D3 correctement mise en œuvre selon le GTR.

Dans le cas où le **substratum molassique serait altéré** et en considérant un **état hydrique moyen** (cette hypothèse pourra être déterminée au moment de travaux par le biais d'essais complémentaires), nous pourrions partir sur une **PST n°2 et une AR1**. Pour obtenir une plateforme PF2, et avec l'utilisation de matériaux de classe D2 ou D3, il sera alors nécessaire de prévoir une épaisseur de couche de forme de 0,50 m (0,40 m si intercalation d'un géotextile à l'interface PST / Couche de forme).

IV.1.4 Exemple de prédimensionnement

Nous considérons un trafic TCO_{20} et une plateforme PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa)

Structure GNT / GNT

- couche de surface (BBM) : 6 cm
- couche de base GNT : 11 cm
- couche de fondation GNT : 25 cm

Structure GB3 / GB3

- couche de surface (BBM) : 6 cm
- couche de base GB3 : 8 cm

Cette structure est un exemple, des variantes pourront être proposées par les entreprises spécialisée. Dépendant du choix final, la structure de chaussée devra être vérifiée au gel.

IV.1.5 Réemploi des matériaux in situ

Les essais laboratoires ont mis en évidence des sols de type B_5 selon le GTR. Au vu des variations de granulométrie, il est possible de rencontrer des sols de type C_1B_5 / C_2B_5 . Malheureusement la présence de débris végétaux dans l'horizon ne permet pas de réutiliser ces matériaux en couche de forme.

IV.1.6 Suggestions d'exécution

Les terrassements pourront nécessiter l'utilisation d'un BRH ou d'une dent de déroctage.

Les entreprises spécialisées devront prévoir des planches d'essais afin de déterminer les conditions hydriques au moment des travaux et ainsi ajuster précisément l'épaisseur de couche de forme et les conditions optimales de compactage.

En cas de venues d'eau, ces dernières devront être captées et dirigées vers un exutoire adapté et ne mettant pas en péril les avoisinants.

Il sera nécessaire de prévoir un décapage minutieux des horizons superficiels présentant des débris végétaux, des remblais éventuels. Le dessouchage des arbres devra également être soigné et minutieux.

Nous conseillons fortement de réaliser les travaux en période favorable.

Le fond de forme ainsi que la couche de forme devront faire l'objet de contrôles dans les règles de l'Art (essais LCPC) avec pour la couche de forme :

- $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$
- Rapport de compactage $K = EV2/EV1 < 2$

Nous conseillons de réaliser une étude G2PRO et G4 afin de valider les éléments cités dans ce rapport et de superviser les travaux d'exécution.

IV.2 Solutions géotechniques pour le soutènement

IV.2.1 Type de soutènement

Compte tenu des caractéristiques du projet de reconstruction, il conviendra de réaliser un soutènement de type L ancré dans le substratum molassique.

Non n'avons aucune information ni coupe de principe des futurs soutènement.

IV.2.2 Valeurs caractéristiques

D'après nos sondages, le modèle géologique et la solution de fondation retenue, le tableau ci-dessous définit les valeurs caractéristiques quant au projet.

Caractéristiques

Nature de l'horizon d'ancrage	Substratum molassique
Profondeur de l'horizon d'ancrage	A adapter en fonction de la topographie
Garde hors gel (en m/au niveau fini coté)	-0,60 m / T ext. fini
Contrainte ultime de l'horizon d'ancrage q_u	32,9 MPa
q_{ELU}	2,7 MPa
q_{ELS}	1,8 MPa

Sondages	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Profondeur approximative du substratum molassique (en m/TA)	-0,45	-0,42	-0,40	-0,90	-0,40	-1,10	-0,65	-0,45	-0,26

En l'absence d'essais pressiométriques / œdométriques et des descentes de charges du bâtiment, le calcul des tassements théoriques absolus n'est pas réalisable. Il conviendra au BET Structure de déterminer la pertinence de la réalisation de ces essais.

Au stade G2AVP, nous effectuons une première approche des valeurs dimensionnantes pour les murs de soutènement. L'étude plus précise du soutènement est réalisée en G2PRO conjointement avec le BET structure et la maîtrise d'œuvre sur les choix techniques et la justification des calculs.

Au stade de la première approche, nous utiliserons ici la théorie de Rankine. Ce modèle est valable dans le cas d'un sol isotrope dont le mur ne modifie pas les contraintes verticales. Ce modèle semble le plus adapté compte tenu du contexte du site : mur vertical, sol superficiel à très faible cohésion (nous la considérerons nulle dans le cas présent). Le modèle est considéré sans nappe aquifère.

Le mur sera drainé, ainsi, les pressions hydrostatiques seront considérées comme nulles.

De plus, nous considérerons un modèle de soutènement sans talus amont et sans surcharge. Concernant la voirie, les surcharges seront ponctuelles et limitées à des camions de chantier. Elles ne peuvent être évaluées précisément à ce stade de l'étude.

Nous retiendrons donc la formule suivante :

$$K_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

K_a coefficient de Poussée

ϕ : angle de frottement du sol considéré

$$K_p = 1/K_a$$

K_p coefficient de Butée

Concernant l'angle de frottement ϕ , nous prenons un angle de frottement théorique de 26°. Cette valeur semble proche d'un angle de frottement correspondant aux remblais se trouvant actuellement derrière les restanques. Nous rappelons que ces valeurs sont théoriques et qu'elles doivent être considérées comme telles. Seuls des essais triaxiaux ou de cisaillement sur des prélèvements intacts (carottage) permettraient de connaître l'angle de frottement réels du sol.

Ainsi :

$$K_a = 0,38$$

$$K_p = 2,63$$

IV.2.3 Sismicité et liquéfaction

o Sismicité

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF-EN 1998 (Eurocode 8), les données parasismiques à prendre en compte dans le cadre du projet sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Zone Sismique	3 (modérée)
A_{gr} (m/s ²)	1,1
Classe de sol	A
Coefficient de sol	1

o Liquéfaction des sols

La liquéfaction d'un sol saturé et lâche constitue la situation ultime de son comportement mécanique. Elle se produit dans des sols fins (constitués majoritaires de sables, limons et argiles). Cependant tous les sols ne sont pas liquéfiables.

Le substratum molassique n'est pas sujet aux phénomènes de liquéfaction. Nous rappelons cependant que les conditions de la liquéfaction font intervenir à la fois :

- Nature du sol (dominante sableuse)
- Etat du sol (saturé et de faible densité = sol lâche)
- Faible résistance (en présence d'eau),
- Puissance et la durée du séisme par rapport à la résistance du sol.

Pour un sol pulvérulent (sables, sables vasards, limons, ...) :

- W% proche de 100% où se situer sous le niveau de la nappe.
- Coefficient d'uniformité $C_u < 15$ (granulométrie peu étalée)
- $0,05 < D_{50} < 1,5\text{mm}$

Pour un sol argileux :

- Granulométrie doit être faible avec un $D_{15} < 5$ micromètres
- Limite de liquidité $WL < 35\%$
- Teneur en eau tel que $W\% > 0,9 WL$
- Point (WL/I_p) « au-dessus » de la ligne A du diagramme de plasticité de CASAGRANDE

IV.3 Suggestion de conception et d'exécution

IV.3.1 Ouvrage de soutènement

Les ouvrages de soutènement doivent être dimensionnés selon la norme NF P 94-281, Application de l'Eurocode 7 au Murs.

Les ouvrages de soutènement constituent, par leur nature, un ouvrage comparable à un barrage pour les circulations d'eau. Il convient alors de réaliser un système de drainage efficace afin de limiter voir supprimer les poussés hydrauliques. Les eaux ainsi collectées seront dirigées vers un exutoire ne mettant en péril aucun ouvrage avoisinant.

Il sera nécessaire que les eaux pluviales soient parfaitement maîtrisées afin de ne pas saturer les sols soutenus par le mur. De plus, on veillera à ce qu'aucune alimentation en eau ne soit faite au niveau de l'assise des fondations.

Compte tenu de la présence d'un sol parfois non imperméabilisé en tête de l'ouvrage, il est nécessaire d'équiper les murs de soutènement d'un système de barbacanes. Celles-ci devront régulièrement être entretenues afin de limiter au maximum leur colmatage. Attention, ce type de solution est souvent inesthétique car des coulures d'eau mélangées aux terres peuvent être présentes. Les eaux collectées par les barbacanes ne doivent en aucun cas stagner au pied du soutènement, elles doivent être collectées et dirigées vers un exutoire.

Au vu de la future voirie située en amont d'une partie des soutènements, il est impératif d'utiliser les matériaux insensibles à l'eau, drainant, non gélifs et permettant un compactage et un réglage dans les règles de l'Art selon le GTR. Si cette préconisation n'est pas respectée, des désordres seront à prévoir.

Les barbacanes permettent de supprimer une partie des suppressions hydrauliques mais ne sont réellement efficaces que si elles sont associées à un massif drainant avec un drain et une pente régulière qui sera aussi mis en place à l'angle entre le mur et le pied afin de compléter le drainage réalisé par les barbacanes.

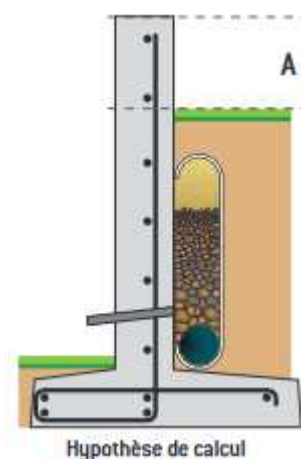


Figure 16 : Exemple de drainage d'un mur de soutènement (source : qualiteconstruction.com)

Tous les travaux devront être réalisés dans les règles de l'Art.

La nature du sol de fondation devra être homogène sous l'ensemble du projet (nous conseillons d'effectuer une mission G4 par un bureau d'étude spécialisé pour vérifier ce paramètre). On veillera à

apporter une attention particulière lors des terrassements afin de ne pas affouiller les fondations de l'ouvrage mitoyen existant (ruine en pierres).

Le plan de fondation sera conçu de façon à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

Il sera nécessaire de prendre des dispositions particulières vis-à-vis du puit présent dans la zone entre le futur emplacement poubelles et la ruine. Il sera nécessaire soit de reculer en arrière du puit pour disposer le mur ou alors d'avancer le mur de soutènement. En aucun cas la semelle ne sera disposée « à cheval » de part et d'autre de l'ouvrage enterré.

En l'absence de plan de projet sur ce point à ce stade de l'étude, il sera nécessaire de prendre en compte ces dispositions lorsque les plans seront définis. Ce point devra faire l'objet d'une mission géotechnique spécifique.

Tout élément constructif fournissant des descentes de charges différentes seront dissociés par des joints de rupture. Un joint de rupture doit être mis en place entre deux éléments d'ouvrages voisins lorsqu'ils subissent des différences de descente de charges (DTU 13.12). Ils doivent concerner toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations.

Tous les travaux devront être réalisés dans les règles de l'Art.

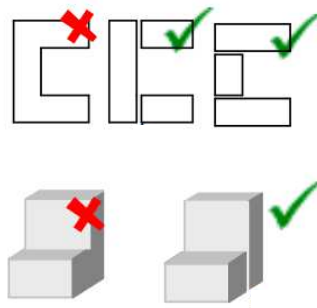


Figure17 : Schéma de principe de mise en œuvre de joints de rupture

Un BET structure devra dimensionner les fondations en fonction des descentes de charges et des contraintes et caractéristiques des sols en place.

Un joint de rupture doit être mis en place entre deux éléments d'ouvrages voisins lorsqu'ils subissent des différences de descente de charges (DTU 13.12). Ils doivent concerner toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations.

La nature du sol de fondation devra être homogène sous l'ensemble du projet, nous conseillons d'effectuer une mission G3 / G4 par un bureau d'étude spécialisé.

Les murs de soutènement seront correctement ferrailés avec des armatures ayant un diamètre minimal de 8 mm, et dimensionné par un BET structure.

Un ferrailage secondaire sera mis en place afin de tenir compte des autres dispositions constructives et des effets secondaires (gradient thermique, différence d'intensité des poussées des terres, tassements différentiels, action du vent...)

Afin de limiter les fissures par tassement différentiels, retrait du béton et variations thermiques, on veillera à disposer des joints de rupture.

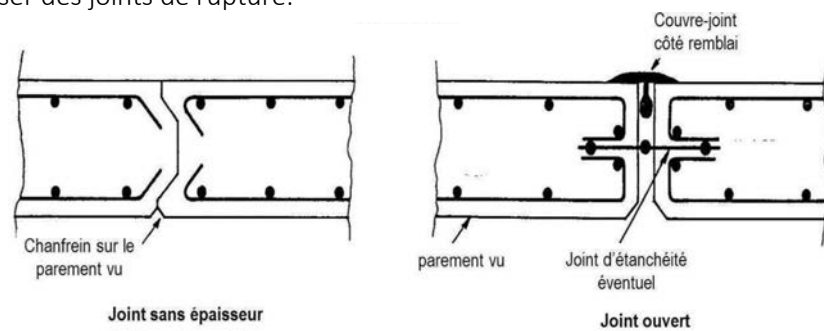


Figure 18 : exemple de mise en place de joint sur les murs de soutènement

IV.3.2 Terrassements

Nous conseillons de réaliser les travaux dans des périodes favorables (hors fortes pluies, sécheresse, ...) afin de limiter la détérioration des sols mais aussi de faciliter les travaux (traficabilité, mise en œuvre...).

D'après nos investigations, les sols en place pourront être terrassés à l'aide d'engins classiques de terrassements. Il conviendra de vérifier au moment des terrassements que le sol d'assise sera homogène sous l'ensemble des fondations. Toutes poches / lentilles de remblais, végétaux, ou sols de moindres consistances devront être purgées et remplacées par un gros béton coulé pleine fouille.

Dans le cas où il y aurait un délai entre l'ouverture des fouilles et le bétonnage, nous conseillons de limiter les terrassements à minimum 0,40 m au-dessus du fond de fouille afin de limiter sa dégradation durant la période d'attente.

Si des arrivées d'eau surviennent en fond de fouille, il conviendra de les évacuer de manière adaptée au contexte du site (pompage, drainage, écoulement gravitaire, rabattement...) tout en veillant à ne pas entraîner les fines.

Il sera possible de prévoir le talutage des fouilles (à titre informatif : l'inclinaison des parois de la fouille doivent être égal ou inférieure à l'angle de frottement du sol, 20° dans le cas le plus défavorable – sables fins saturés). Dans le cas où le talutage n'est pas réalisable (manque de place...) il conviendra de réaliser un blindage adapté au contexte du site (caissons, berlinoises...). De plus il conviendra de n'apporter aucune surcharge aux abords de fouilles (déblais de terrassement, engin de chantier, stockage de matériaux...).

Concernant la mise en œuvre du remblai derrière l'écran de soutènement, on veillera à compacter le matériau par couches successives de maximum 0,50 m d'épaisseur. Le matériau utilisé devra être drainant (absence de fines) afin de permettre le drainage efficace des eaux pouvant circuler dans le sous-sol.

La mise en place d'un géotextile (type bidim) entre le sol naturel et le massif de remblai permettra de limiter sa contamination.

Toute implantation d'arbres ou d'arbustes à proximité du projet est à proscrire : la distance minimale à respecter doit être supérieure à leur hauteur à maturité (pour des rideaux d'arbres ou d'arbustes cette distance sera portée à 1,5 fois). Dans le cas où cette distance serait inférieure, il sera nécessaire de mettre en place un écran anti-racines d'une profondeur minimale de 2,00 m/T.A.

Nous rappelons que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel (chenalisation, altérations locales...). En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage. De ce fait, des sur profondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

Nous rappelons que cette étude entre dans le cadre de la norme NF P 94-500 au stade G2AVP. Elle ne constitue pas une étude de dimensionnement.

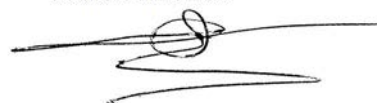
Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet et que, conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013, une étude de projet doit être envisagée en collaboration avec l'équipe de conception.

Nous restons à disposition pour toute information complémentaire.

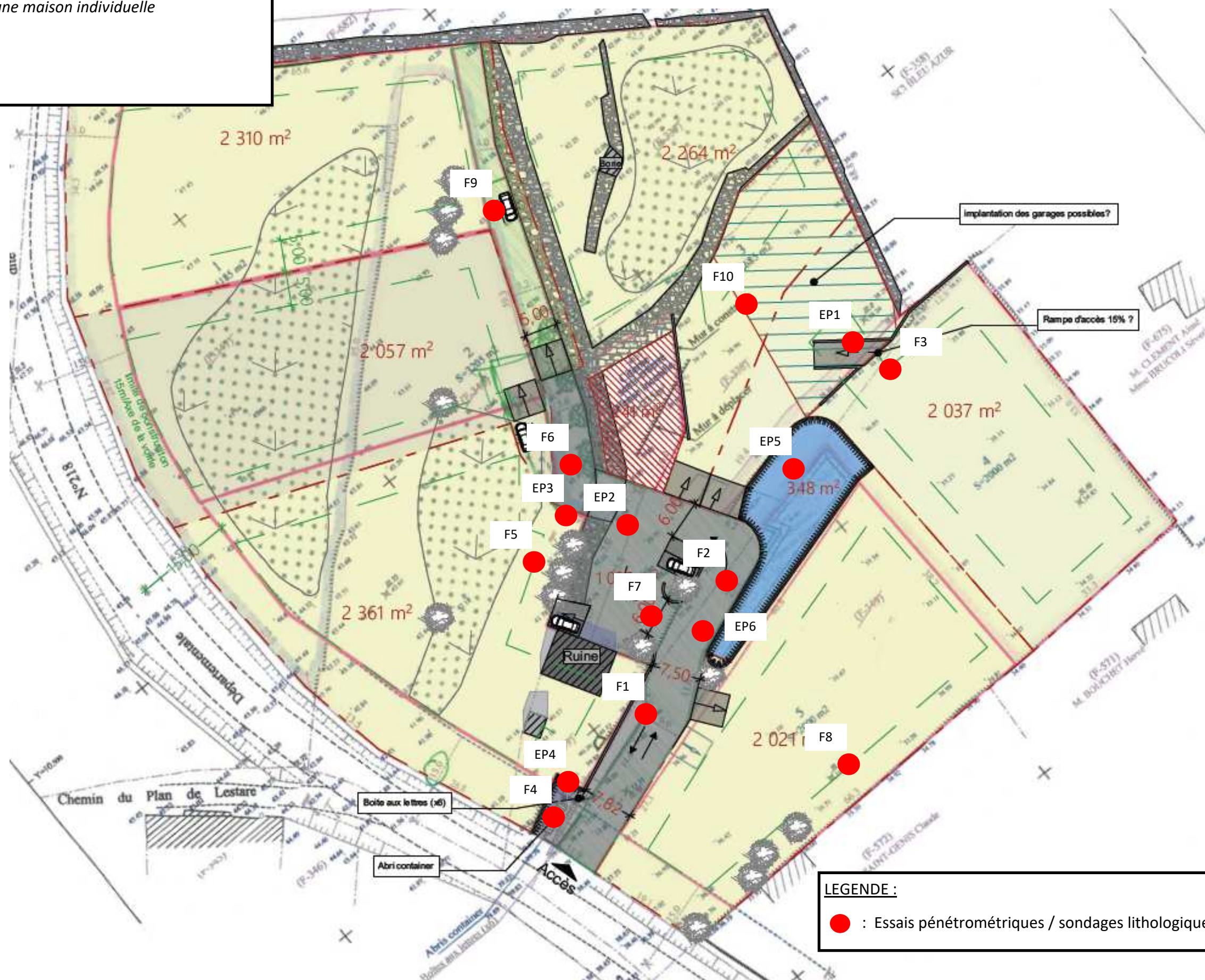
Rédacteur
Quentin HOTIER



Relecteur
Fabien NEVEUX



Annexe 1 : Implantation des sondages

Commune : *ST RESTITUT* (26)

Annexe 2 : Sondages pénétrométriques et lithologiques

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

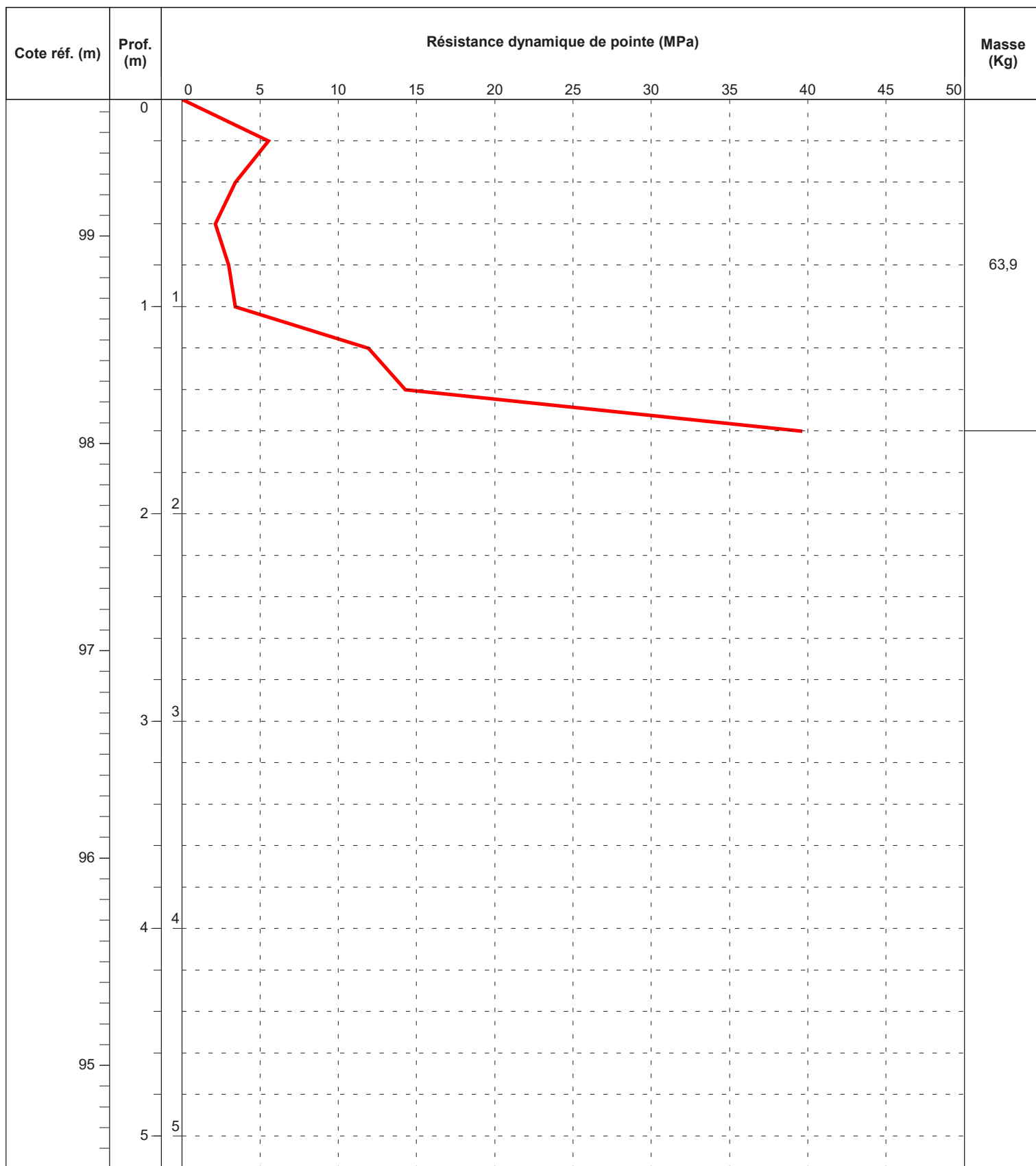
Profondeur : 0,00 - 2,60 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP1

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

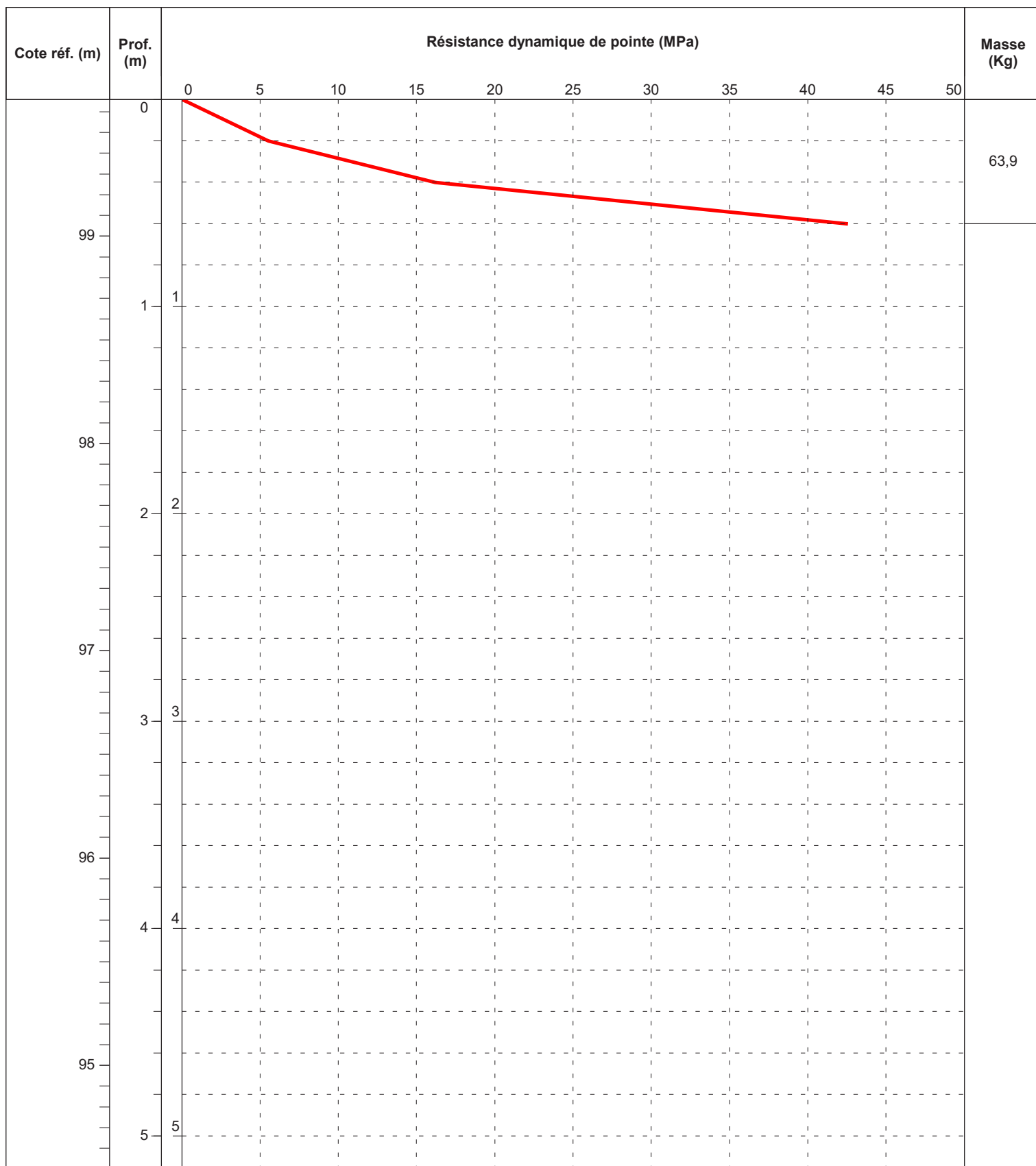
Profondeur : 0,00 - 0,60 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP2

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

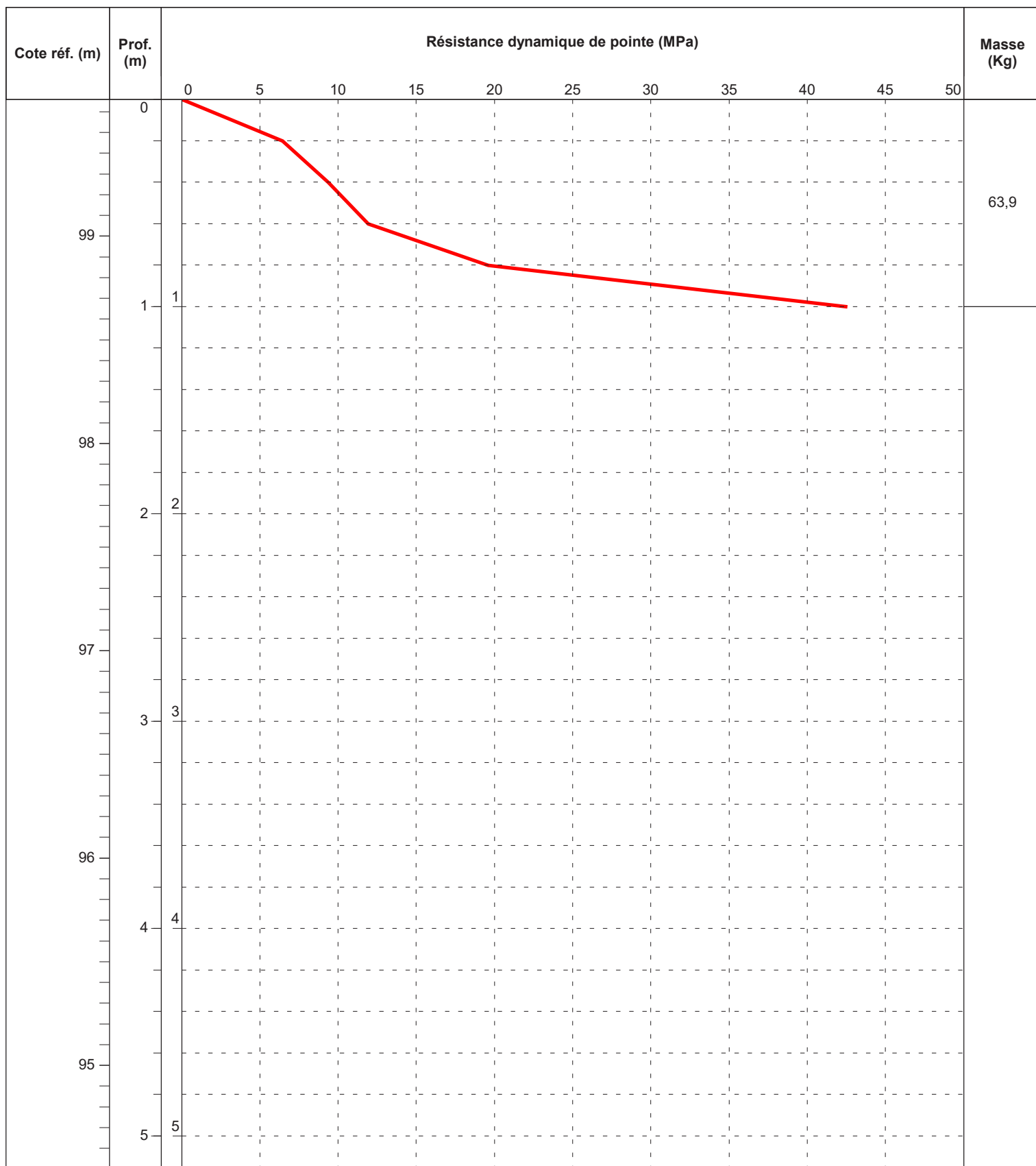
Profondeur : 0,00 - 1,00 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP3

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

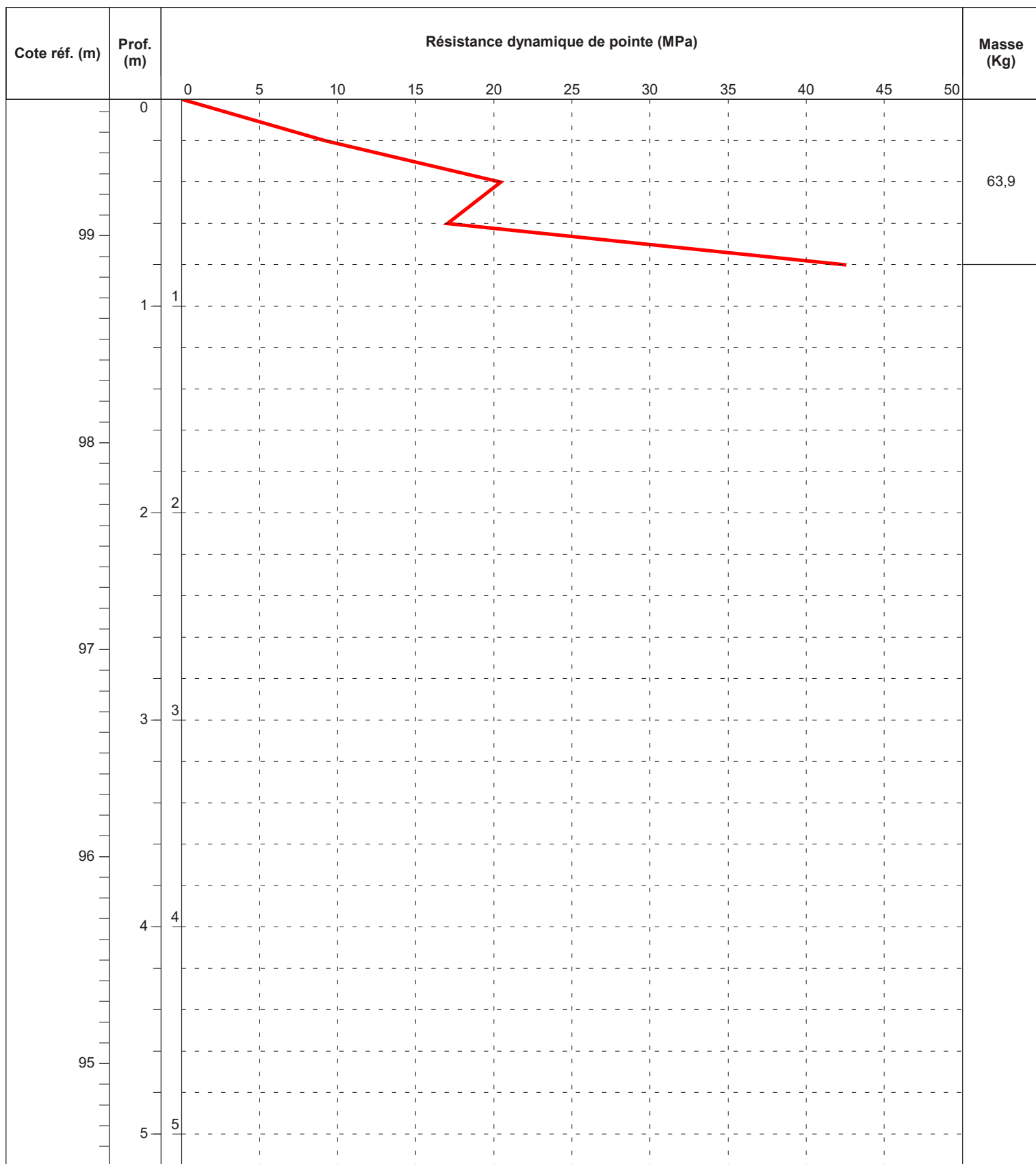
Profondeur : 0,00 - 0,80 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP4

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

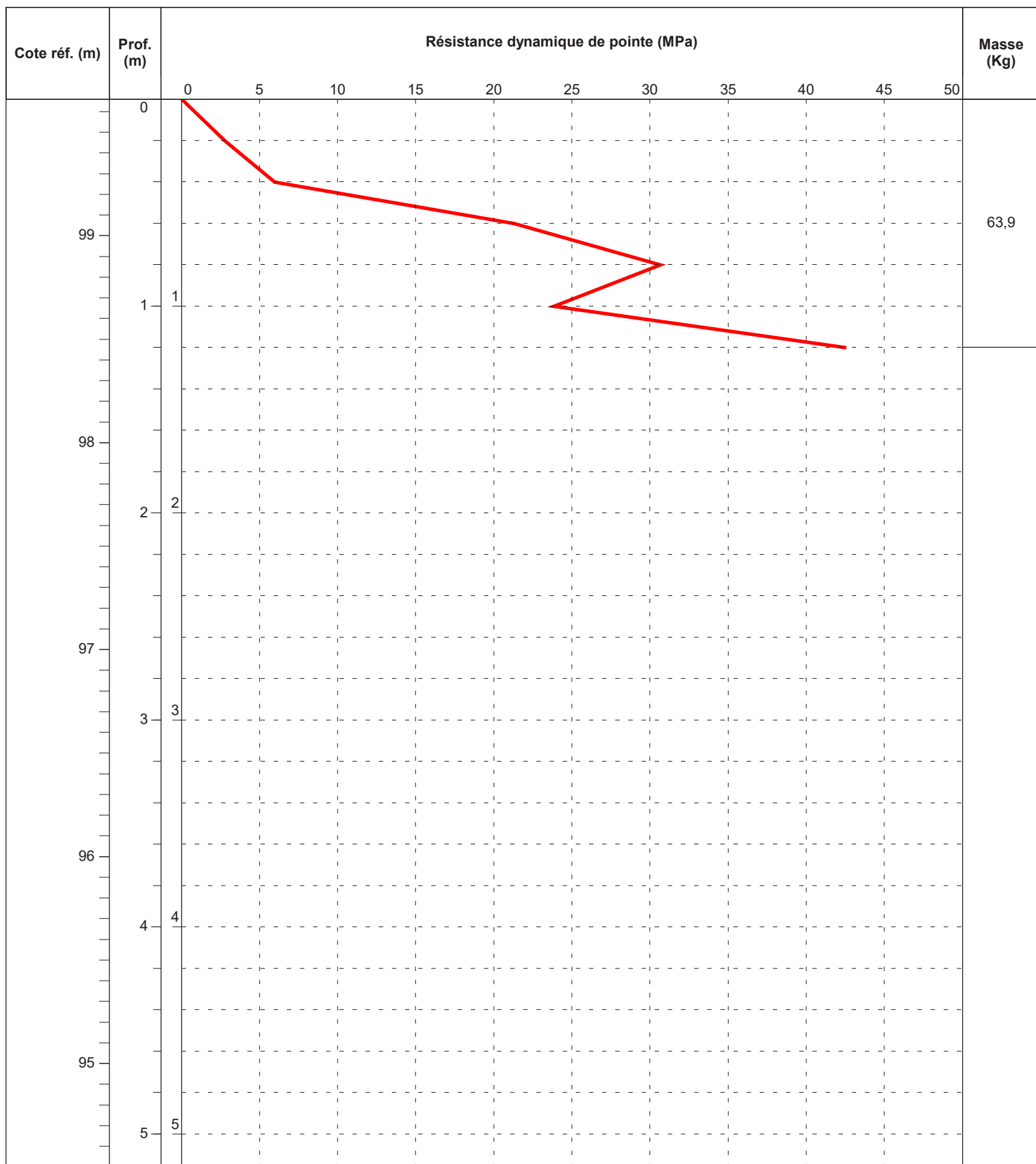
Profondeur : 0,00 - 1,20 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP5

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Machine : Socomafor 10

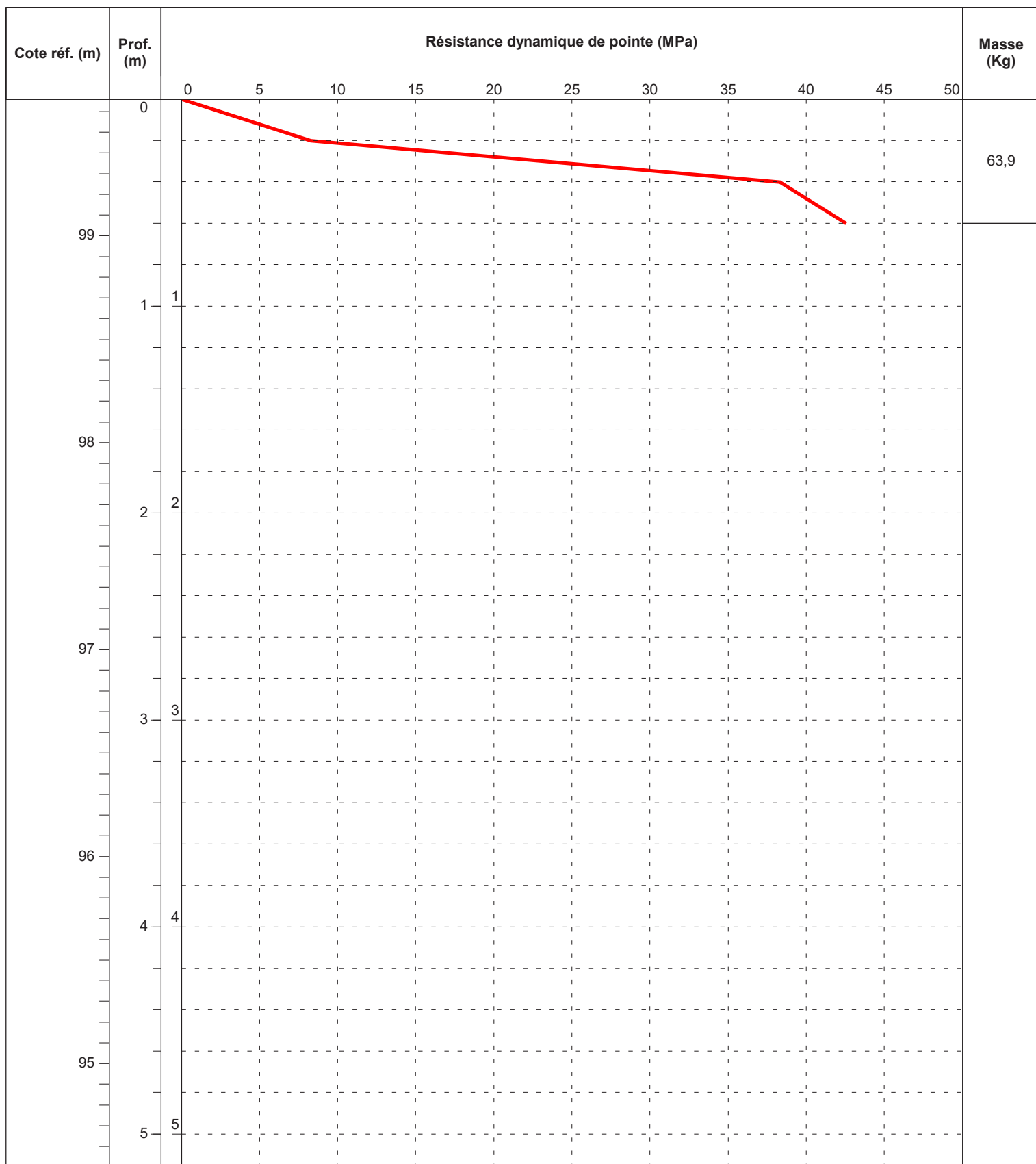
Profondeur : 0,00 - 0,60 m

Angle : 0°

1/25

Sondage : EP6

EXGTE 3.22/GTE



SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,65 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F1

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,54 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,21 m		Sables limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines		
99,01 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,65 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F2

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,56 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,24 m		Sables limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines		
99,01 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019 Cote réf. : 99,66 m réf. Profondeur : 0,00 - 0,65 m
Machine : Socomafor 10
Angle : 0°

1/25 **Sondage : F3** EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,46 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,26 m		Sables limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines		
99,01 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 1,15 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F4

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,46 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99		Sable limoneux à graviers et nombreux cailloux et blocs + nombreuses racines (remblais ?)		
98,76 m	1	Substratum molassique		
98,51 m				
98	2			
97	3			
96	4			
95	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,45 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F5

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,49 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,26 m		Sables limoneux à graviers et nombreuses racines		
99,21 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 1,12 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F6

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,31 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99		Sables limoneux à nombreux graviers et racines		
98,56 m	1	Substratum molassique		
98	2			
97	3			
96	4			
95	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,40 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F7

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,51 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,31 m		Sables limoneux à graviers et très nombreuses racines		
99,26 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,70 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F8

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,51 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
		Sables limoneux à quelques graviers et très nombreuses racines		
99,01 m 98,96 m	99	Substratum molassique		
	1			
98	2			
97	3			
96	4			
95	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019 Cote réf. : 99,66 m réf. Profondeur : 0,00 - 0,65 m
Machine : Socomafor 10
Angle : 0°

1/25 **Sondage : F9** EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,51 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipelle
99,21 m		Sables limoneux à graviers et très nombreuses racines		
99,01 m		Substratum molassique		
99				
	1			
98				
	2			
97				
	3			
96				
	4			
95				
	5			

SAINT RESTITUT - M. DURAND

Date : 12/09/2019

Cote réf. : 99,66 m réf.

Profondeur : 0,00 - 0,30 m

Machine : Socomafor 10

Angle : 0°

1/25

Sondage : F10

EXGTE 3.22/GTE

Cote NGF	Prof. (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m/TA)	Outil
99,56 m	0	Terre végétale humifère marron foncé/noir	NEANT	Minipell ^e
99,40 m		Sables limoneux à graviers et nombreuses racines		
99,36 m		Substratum molassique		
99	1			
98	2			
97	3			
96	4			
95	5			

ANNEXE 3 : ESSAIS DE LABORATOIRE

P.V. d'analyse laboratoire

ANALYSE GRANULOMETRIQUE CONFORME NF EN ISO 17892-4

Client ST RESTITUT - M. DURAND

Opérateur Q. HOTIER

Date de prélèvement

jeudi 12 septembre 2019

Nature de l'échantillon

Sables limoneux à quelques graviers

Sondage

F2

Echantillon n°

E1

Date de l'essai

mercredi 4 septembre 2019

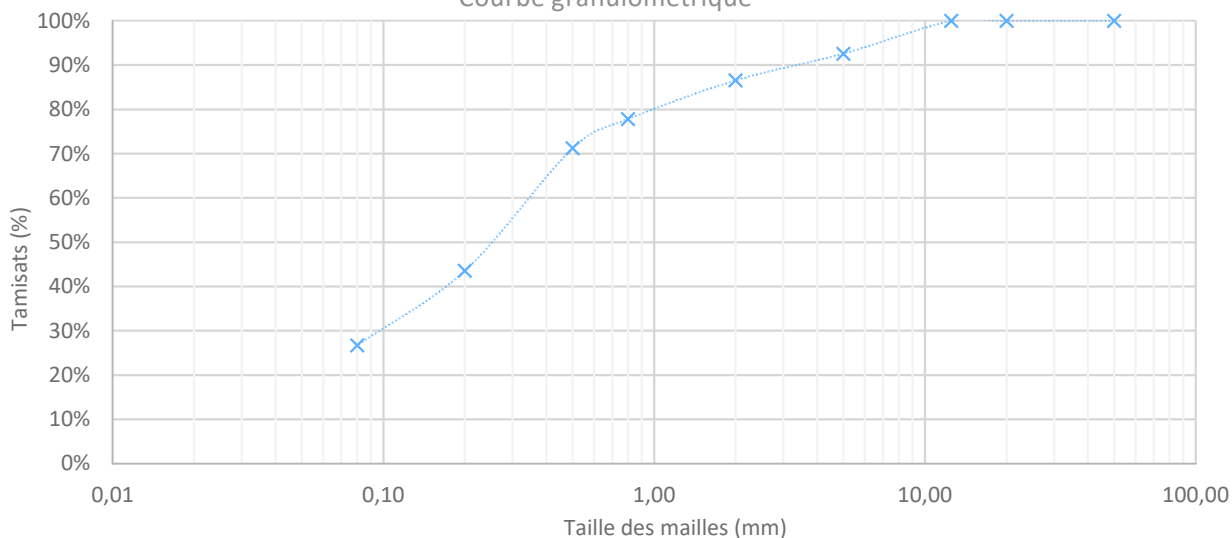
Prof. de prélèv. (m/T.A.)

0,3

Masse humide de l'échantillon (en g)	227,96
Masse sèche de l'échantillon (en g)	217,08
Teneur en eau (W%)	5,01

Tamis	retenu en cumulé (g)	tamisé ou passant %
50,00	0,00	100,00
20,00	0,00	100,00
12,50	0,00	100,00
5,00	16,10	92,58
2,00	29,20	86,55
0,80	48,21	77,79
0,50	62,40	71,25
0,20	122,55	43,55
0,08	159,16	26,68

Courbe granulométrique



AGESOL

ANALYSE GEOTECHNIQUE DES SOLS

AGESOL SARL

Cité du Végétal - 14C route de Grillon
84600 VALREAS

04 13 26 16 87

contact@agesol.fr

www.agesol.fr

P.V. d'analyse laboratoire

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol par essai à la tache (VBS)
NF P94-068

Client ST RESTITUT - M. DURAND

Opérateur Q. HOTIER

Date de prélèvement

jeudi 12 septembre 2019

Nature de l'échantillon

Sables limoneux à quelques graviers

Sondage

F2

Echantillon n°

E1

Date de l'essai

mercredi 4 septembre 2019

Prof. de prélèv. (m/T.A.)

0,3

Teneur en eau de l'échantillon

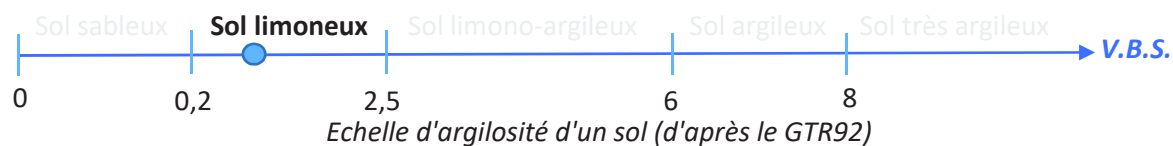
Masse humide de l'échantillon (en g)	45,80
Masse sèche de l'échantillon (en g)	43,61
Teneur en eau (W%)	5,01

Tamisé à 50mm	100 %
Tamisé à 2mm	87 %

Volume de bleu	20,00 cm³
-----------------------	-----------------------------

V.B.S.

V.B.S. en g/100g de sol	0,40
-----------------------------------	-------------



AGESOL

ANALYSE GEOTECHNIQUE DES SOLS

AGESOL SARL

Cité du Végétal - 14C route de Grillon
84600 VALREAS

04 13 26 16 87

contact@agesol.fr

www.agesol.fr

P.V. d'analyse laboratoire

ANALYSE GRANULOMETRIQUE CONFORME NF EN ISO 17892-4

Client ST RESTITUT - M. DURAND

Opérateur Q. HOTIER

Date de prélèvement

jeudi 12 septembre 2019

Nature de l'échantillon

Sables limoneux à nombreux graviers et blocs

Sondage

F4

Echantillon n°

E2

Date de l'essai

mercredi 4 septembre 2019

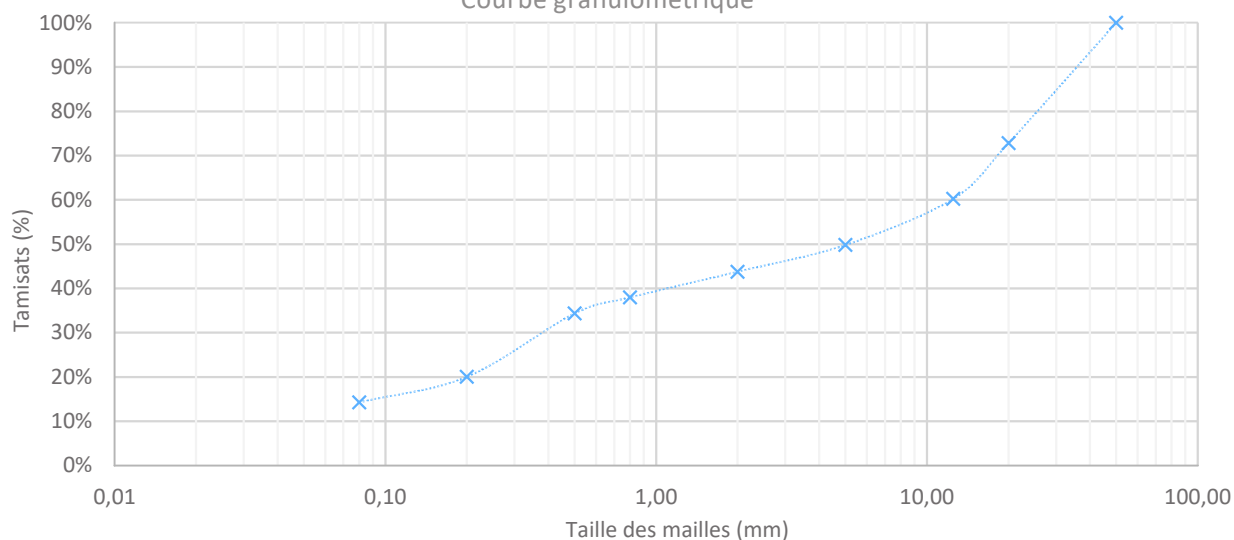
Prof. de prélèv. (m/T.A.)

0,5

Masse humide de l'échantillon (en g)	653,98
Masse sèche de l'échantillon (en g)	613,35
Teneur en eau (W%)	6,62

Tamis	retenu en cumulé (g)	tamisé ou passant %
50,00	0,00	100,00
20,00	166,82	72,80
12,50	243,82	60,25
5,00	307,79	49,82
2,00	344,81	43,78
0,80	380,55	37,96
0,50	402,61	34,36
0,20	490,52	20,03
0,08	525,76	14,28

Courbe granulométrique



AGESOL

ANALYSE GEOTECHNIQUE DES SOLS

AGESOL SARL

Cité du Végétal - 14C route de Grillon
84600 VALREAS

04 13 26 16 87
contact@agesol.fr
www.agesol.fr

P.V. d'analyse laboratoire

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol par essai à la tache (VBS)
NF P94-068

Client ST RESTITUT - M. DURAND

Opérateur Q. HOTIER

Date de prélèvement

jeudi 12 septembre 2019

Nature de l'échantillon

Sables limoneux à nombreux graviers et blocs

Sondage

F4

Echantillon n°

E2

Date de l'essai

mercredi 4 septembre 2019

Prof. de prélèv. (m/T.A.)

0,5

Teneur en eau de l'échantillon

Masse humide de l'échantillon (en g)	43,50
Masse sèche de l'échantillon (en g)	40,80
Teneur en eau (W%)	6,62

Tamisé à 50mm	100 %
Tamisé à 2mm	44 %

Volume de bleu	15,00 cm³
-----------------------	-----------------------------

V.B.S.

V.B.S. en g/100g de sol	0,16
-----------------------------------	-------------

Sol sableux

Sol limoneux

Sol limono-argileux

Sol argileux

Sol très argileux

→ V.B.S.

0

0,2

2,5

6

8

Echelle d'argilosité d'un sol (d'après le GTR92)



AGESOL

ANALYSE GEOTECHNIQUE DES SOLS

AGESOL SARL

Cité du Végétal - 14C route de Grillon
84600 VALREAS

04 13 26 16 87

contact@agesol.fr

www.agesol.fr

ANNEXE 4 : Conditions d'utilisation du rapport et rappel des missions

Conditions générales d'utilisation du rapport

Ce rapport d'étude ainsi que ses annexes constituent un ensemble indissociable.

1. Propriété intellectuelle

La structure, les textes, images et plans de sondages sont la propriété entière d'AGESOL. Toute représentation et/ou exploitation partielle ou totale par quelque procédé que ce soit, sans l'autorisation préalable d'AGESOL est strictement interdite. Elle serait susceptible de constituer une contrefaçon au regard de l'article L335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

2. Obligation de résultats

En aucun cas, AGESOL ne peut être tenu à une obligation de résultats. En effet, les prestations et les conseils d'ingénieries sur une étude sont réputées incertaines par nature, compte tenu du caractère ponctuel des sondages. Ainsi AGESOL n'est tenu qu'à une obligation de moyens.

3. Modification de projet

Toute modification du projet par rapport à celui fourni lors de la réalisation des sondages : localisation, dimension, nombre de niveaux, conception, ... devra être signalée à AGESOL. La nature de ces modifications pourrait alors rendre les conclusions ou certains éléments d'études caducs.

4. Plans

Les plans utilisés par AGESOL sont ceux remis par le Maître d'Œuvre ou Maître d'Ouvrage lors de l'implantation des sondages. Ainsi, en l'absence de plans précis quant à l'implantation du projet, il ne pourrait être reproché à AGESOL d'avoir pris en compte des hypothèses sur le projet.

5. Eléments nouveaux

Tout élément nouveau mis en évidence lors de reconnaissance complémentaires, terrassements, exécution des fouilles ou fondations n'ayant pu être rencontré lors de la campagne de reconnaissance peut rendre caduque les conclusions de ce rapport. Ces éléments peuvent être de quelque nature qu'ils soient (venues d'eau, lentilles de remblai, cavité, hétérogénéité...) Ainsi, il conviendra d'en informer le plus rapidement AGESOL afin de déterminer s'il est nécessaire de reconsidérer les conclusions du rapport d'étude. C'est pourquoi, l'utilisation de ce rapport pour chiffrer à forfait une partie ou la totalité des ouvrages ne saurait engager la responsabilité d'AGESOL.

6. Altitudes

Seules font foi les profondeurs mesurées depuis la tête de forage, c'est-à-dire par rapport au niveau du terrain lors de la campagne d'essais et sondages. En aucun cas AGESOL ne pourrait être tenu responsable de la précision des éventuelles altitudes énoncées dans le rapport. Nous rappelons que seul le relevé d'un Géomètre Expert permet de garantir les côtes altimétriques

7. Déroulement des missions géotechniques

Nous rappelons que conformément à la norme NF P 94-500, cette mission s'inscrit dans le cadre du déroulement des missions d'ingénierie géotechnique. Ainsi, nous recommandons au Maître d'œuvre ou Maître d'ouvrage ou l'entreprise mandatée par l'une de ces deux parties, de faire réaliser une visite de chantier lors de l'ouverture des fouilles (mission G4 de suivi d'exécution de travaux). AGESOL est à même de réaliser cette mission.

Tableau 1: NF P 94-500 - Tableau d'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	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	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	correctives pour les risques résiduels 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

Tableau 2: NF P 94-500 Classification des missions d'ingénierie

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 : <u>Phase Étude de Site (ES)</u> 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. <u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> 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 : <u>Phase Avant-projet (AVP)</u> 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. <u>Phase Projet (PRO)</u> 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. <u>Phase DCE / ACT</u> 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.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, 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'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).