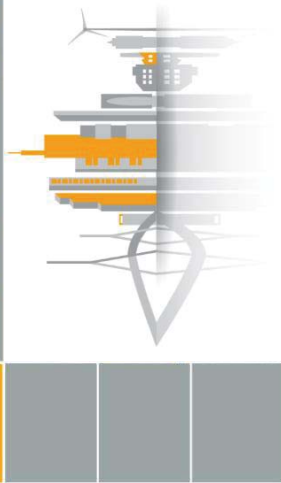




TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

Le Mans - Tél. 02 43 87 53 64



KERNUM SAS

AMA19.0034 - Pièce n° 001

SAINT PIERRE LA COUR (53)
Merlon photovoltaïque carrière Lafarge
Étude géotechnique G1 PGC

Suivi des modifications et mises à jour

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur		Contrôleur	
				Nom, Visa		Nom, Visa	
	25/03/2019	60		J.BANNEVILLE		A.BRICHÉ	
A							
B							
C							

REV PAGE	REV PAGE			REV PAGE			REV PAGE		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	X						X		
2	X			X			X		
3	X			X			X		
4	X			X			X		
5	X			X			X		
6	X			X			X		
7	X			X			X		
8	X			X			X		
9	X			X			X		
10	X			X			X		
11	X			X			X		
12	X			X			X		
13	X			X			X		
14	X			X			X		
15	X			X			X		
16	X			X			X		
17	X			X			X		
18	X			X			X		
19	X			X			X		
20	X			X			X		
21	X			X			X		
22	X			X			X		
23	X			X			X		
24	X			X			X		
25	X			X			X		
26	X			X			X		
27	X			X			X		
28	X			X			X		
29	X			X			X		
30	X			X			X		
31	X			X			X		
32	X			X			X		
33	X			X			X		
34	X			X			X		
35	X			X			X		
36	X			X			X		
37	X			X			X		
38	X			X			X		
39	X			X			X		
40	X			X			X		

Présentation de notre mission	4
1 – Mission selon la norme NF P94-500 du 30 novembre 2013	4
2 – Programme des investigations géotechniques	5
3 – Documents à notre disposition pour cette étude.....	5
Descriptif général du site et approche documentaire	6
1 – Description du site : généralités, topographie	6
2 – Contexte géologique.....	8
3 – Enquête documentaire : Aléas reconnus - catastrophes naturelles	8
4 – Risque sismique – Eurocode 8	10
Résultats des investigations in situ	11
1 – Résultats des sondages et compacité des sols	11
2 – Arrivées d'eau en cours de sondages	13
3 – Essais en laboratoire	13
4 – Agressivité de l'eau de la nappe et des sols vis-à-vis du béton.....	13
Application au projet	14
1 – Description générale du projet.....	14
2 – Orientation sur le choix des fondations	14
3 – Sujétions de conception et d'exécution.....	15
Conditions Générales de Services	18
Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)	21
Annexes	23
Plan de situation	24
Plan d'implantation des sondages	28
Méthodes d'investigation	30
Coupes géotechniques	31
Photographies des sols & du terrain	50

Maitre d'Ouvrage : KERNUM SAS

Maitre d'Œuvre : IMPULSION

Devis : référencé AMA18.12.004-ind A daté du 06/02/2019

Commande : datée du 07/02/2019

I – Mission selon la norme NF P94-500 du 30 novembre 2013

Missions : G1 ES + G1 PGC

Objectifs définis dans notre devis :

- **Etude préliminaire du site** : Enquête bibliographique et visite du terrain,
- **Résultats des investigations** (plans d'implantation, coupes géologiques et diagrammes des essais in-situ),
- **Analyse et synthèse du contexte géologique et géomécanique du site** :
 - description de la géologie et établissement du modèle géologique préalable du site
 - analyse de la compacité des terrains,
 - niveaux de l'eau lors de nos investigations,
- **Principes généraux de construction des ouvrages** :
 - fourniture d'hypothèses géotechniques au stade de l'étude AFS,
 - indication de la zone d'influence géotechnique du projet,
 - identification d'un horizon géologique porteur et types de fondations envisageables.

2 – Programme des investigations géotechniques

Nous avons réalisé, du 25 février 2019 au 1^{er} mars 2019, les investigations géotechniques suivantes :

sondages	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	PR8	PR9	PR10
profondeurs (m)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0
nombre d'essais pressiométriques	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2
sondages	PDT11	PDT12	PDT13	PDT14	PDT15	PDT16	PDT17	PDT18	PDT19	PDT20
profondeurs (m)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
profondeurs des essais pénérométriques dynamiques / relâchés (m)	5.0	5.0	4.6	5.0	4.1	3.6	5.0	5.0	5.0	5.0

3 – Documents à notre disposition pour cette étude

Pour mener à bien cette étude, les documents suivants nous ont été fournis :

types de plans ou documents	échelle	date
1 plan de recollement du merlon : SPLC_merlon_LDM_recollement_Octobre2017.dxf	-	oct-17
1 plan topographique du merlon : TREC0L25.pdf	1/2500	29/11/2018

Nous avons également utilisé :

- la carte IGN du secteur,
- les données du BRGM,
- la carte géologique au 1/50 000,
- les vues aériennes du secteur (Google Earth).

Remarque : nos études ne concernent pas les projets géothermiques ; des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc.)

I – Description du site : généralités, topographie

Localisation : usine et carrière Lafarge à Saint Pierre La Cour

Superficie du terrain : # 25 à 30 ha

Occupation des sols lors de notre intervention : merlon avec chemins empierrés

Particularité : merlon composé des terrils de la carrière

Plan topographique : altitude minimale : 144 NGF ; altitude maximale 200 NGF ; différence : 56 m

Vue aérienne Google Earth (29/09/2018)



carrière



merlon nord (panoramique 1)



merlon sud (panoramique 10)

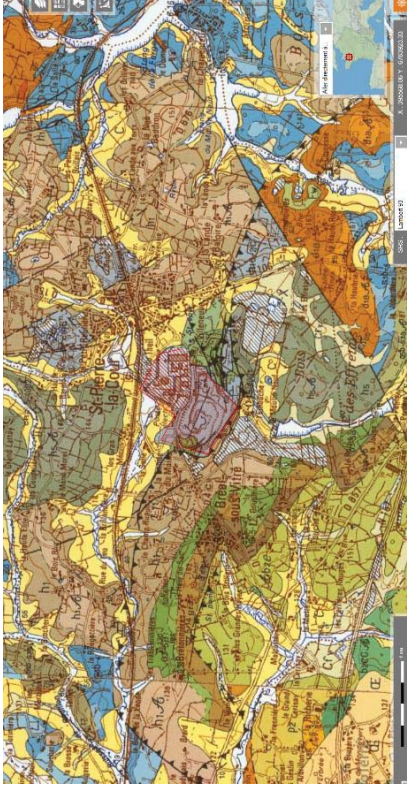


merlon sud (panoramique 9)



2 – Contexte géologique

Du point de vue géologique, les sols du site devraient être composés par les terrils de la carrière (Formation de Laval - Sablé (Tournaisien supérieur à Viséen supérieur du paléozoïque - Carbonifère) : calcaires bioclastiques à riche faune benthique et oolites ; calcaires à grain fin micritiques ; siltites pyriteuses à radiolaires) : limon, argile provenant de la décomposition des schistes, blocs rocheux...

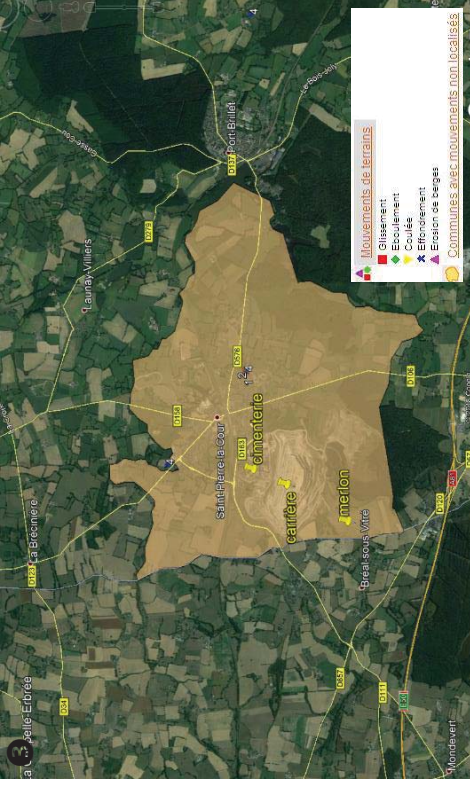


3 – Enquête documentaire : Aléas reconnus - catastrophes naturelles

Un seul arrêté de catastrophe naturelle a été déclaré sur la ville de Saint Pierre la Cour. Il concerne la tempête de décembre 1999.

Risque	Aléa / sensibilité
Retrait-gonflement (www.georisques.gouv.fr)	Aléa faible à nul
Inondations, remontées de nappe (www.georisques.gouv.fr) ①	Sensibilité très faible ou nulle sub affleurante, suivant les secteurs
Pollution	L'étude géotechnique ne constitue pas une étude environnementale
Cavités (www.georisques.gouv.fr) ②	3 cavités naturelles détectées dans les calcaires métamorphiques
Glissement de terrain (www.georisques.gouv.fr) ③	2 effondrements et 1 glissement répertoriés
Risque sismique	Zone de sismicité 2

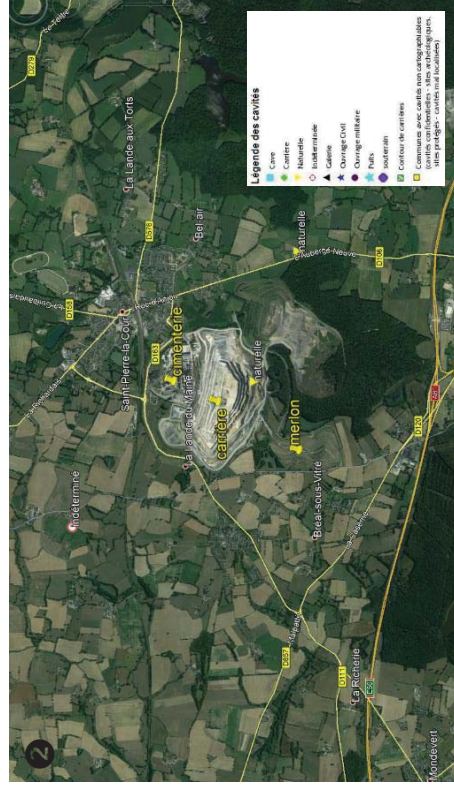
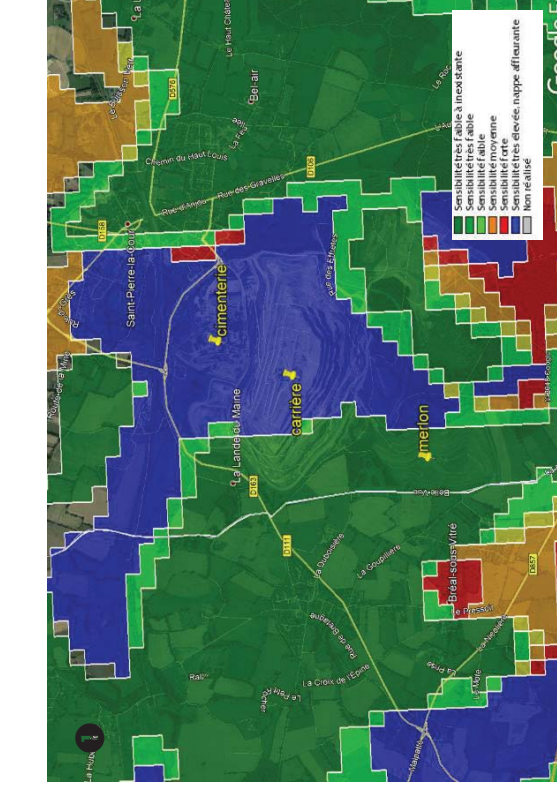
Le concepteur du projet devra s'assurer qu'il n'est pas concerné par ces arrêtés.



4 – Risque sismique – Eurocode 8

Depuis le 1^{er} mai 2011, la ville se situe en zone de sismicité 2.

L'Eurocode 8 ne s'applique pas pour ce type de projet.



I – Résultats des sondages et compacité des sols

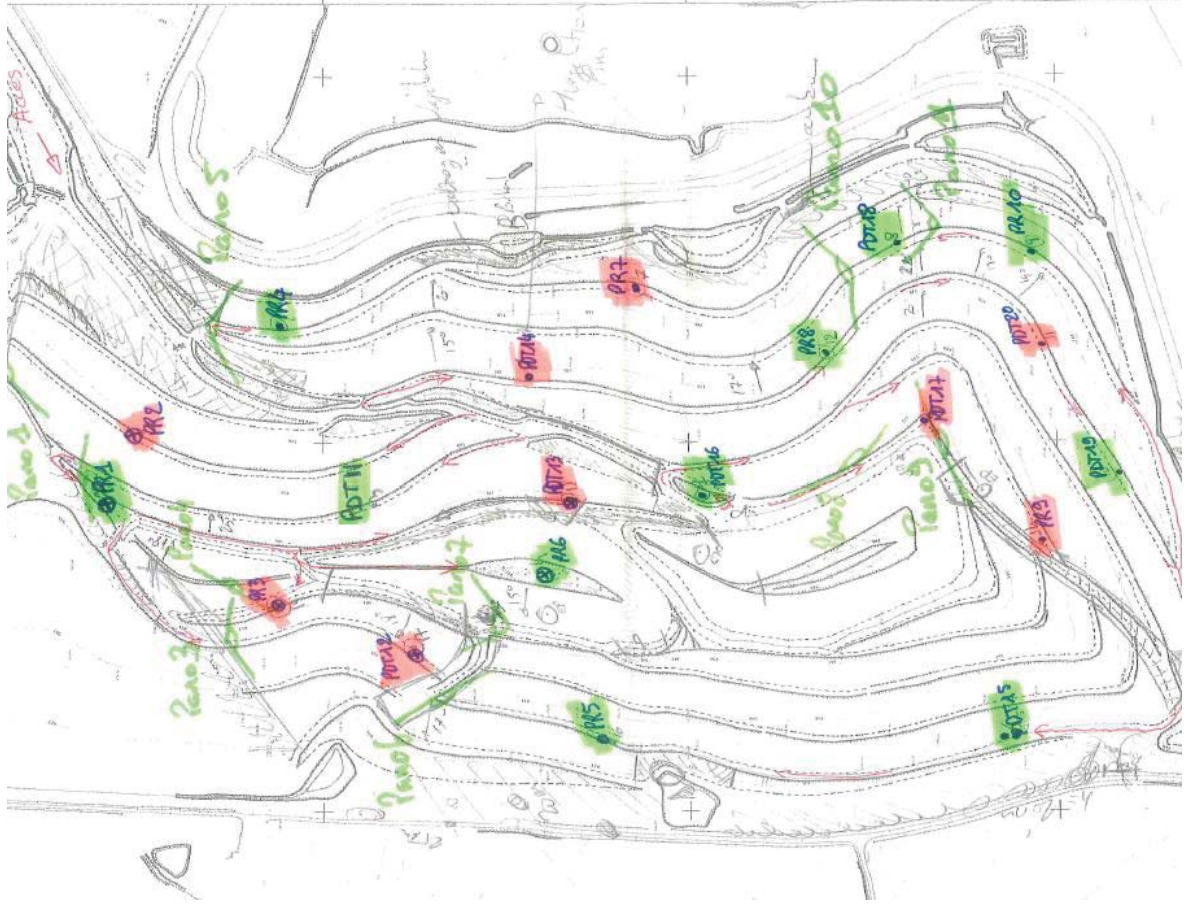
Les sondages mettent en évidence des remblais dont les horizons à dominante limoneuse ou argileuse (schiste décomposé) souvent de compacité faible et des argiles graveleuses ou des schistes altérés de compacité moyenne à bonne.

Synthèse géologique et géomécanique

sondages	sol n°1			sol n°2			sol n°2		
	de	à	e	de	à	e	de	à	e
PR1	0,0	0,7	0,7	0,7	2,0	1,3	2,0	5,0	3,0
PR2	0,0	2,7	2,7	2,7	5,0	2,3	-	-	-
PR3	0,0	5,0	5,0	-	-	-	0,3	1,3	1,0
PR4	2,0	5,0	3,0	-	-	-	0,0	1,3	1,3
PR5	0,5	1,0	0,5	2,0	3,0	1,0	1,0	2,0	1,0
PR6	0,0	1,5	1,5	-	-	-	1,5	5,0	3,5
PR7	1,0	5,0	4,0	-	-	-	0,0	1,0	1,0
PR8	-	-	-	-	-	-	0,0	5,0	5,0
PR9	0,0	3,3	3,3	3,3	5,0	1,7	-	-	-
PR10	-	-	-	0,0	2,0	2,0	-	-	-
PDT11	-	-	-	2,8	5,0	2,2	0,0	2,8	2,8
PDT12	0,6	2,0	1,4	3,0	4,0	1,0	0,0	0,6	0,6
PDT13	1,0	4,4	3,4	0,0	1,0	1,0	2,2	3,0	0,8
PDT14	0,0	4,6	4,6	-	-	-	4,0	5,0	1,0
PDT15	-	-	-	-	-	-	4,4	5,0	0,6
PDT16	-	-	-	-	1,8	3,5	4,6	5,0	0,4
PDT17	0,0	1,5	1,5	-	-	-	0,0	5,0	5,0
PDT18	2,5	5,0	2,5	-	-	-	3,5	5,0	1,5
PDT19	0,7	1,3	0,6	3,8	5,0	1,2	1,5	2,5	1,0
PDT20	2,2	3,4	3,4	0,8	2,2	1,4	0,0	0,8	0,8
				3,4	5,0	1,6			

Des photographies des sols remaniés prélevés à la tarière sont présentées en annexe

Plan de synthèse géomécanique présentant les sondages dont les sols sont plutôt de faible compacité (rouge) et plutôt de bonne compacité (vert).



2 – Arrivées d'eau en cours de sondages

Lors de notre intervention, en février 2019, nous avons noté des arrivées d'eau en cours de forage entre 2,8 m et 4,2 m de profondeur uniquement dans 3 des 20 sondages.

Sondages	PR3	PDT11	PDT14
Profondeur des arrivées d'eau	4,2	2,8	4,2

Les autres sondages sont restés secs en cours de forage.

L'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée ne lui permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes pour apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Pour obtenir des indications plus précises, la pose de piézomètre et son suivi régulier, ainsi qu'une étude hydrogéologique pourront nous être confiés.

3 – Essais en laboratoire

Aucun essai en laboratoire n'a été effectué.

4 – Agressivité de l'eau de la nappe et des sols vis-à-vis du béton

Aucun essai en laboratoire n'a été effectué.

1 – Description générale du projet

Le projet consiste en la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques sur le versant du merlon.

Aucun autre élément ne nous est connu.

2 – Orientation sur le choix des fondations

Nous attirons l'attention sur le caractère indicatif des conclusions qui suivent.

Une étude géotechnique d'avant-projet, propre à chaque construction, devra être réalisée d'autant plus que les sondages ont mis en évidence une hétérogénéité importante de la nature et de la compacité des terrains.

Compte tenu de la nature et de la compacité des remblais rencontrés, plutôt faible en général et des caractéristiques connues du projet, une solution de micropieux forés ou vissés peut être retenue. Les micropieux battus seront à éviter à cause des nombreux blocs présents dans les remblais.

Une solution de fondation superficielle de type massif est aussi envisageable mais avec une faible contrainte au sol (à titre indicatif : dans les sondages « rouges » : $q_{ELS} \leq 0,1 \text{ MPa}$ et sols d'assise n°1 ; dans les sondages « verts » : $0,1 \leq q_{ELS} \leq 0,2 \text{ MPa}$ et sols d'assise n°2 et 3).

Des précisions concernant le mode de fondation, les contraintes de calcul à retenir et les tassements prévisibles pourront être apportées dans le cadre d'une étude géotechnique d'avant-projet (mission G2-AVP).

Dans tous les cas, on respectera au minimum les conditions hors-gel et les règles relatives aux fondations posées à des niveaux différents.

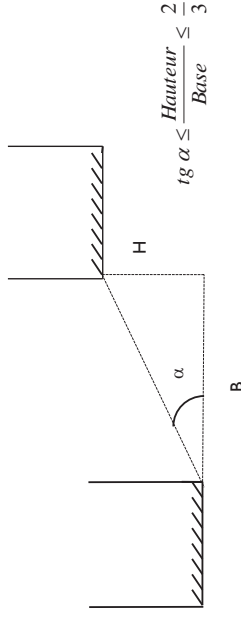
Dans tous les cas, l'ancrage des fondations devront être suffisants afin d'assurer la stabilité des panneaux solaires vis-à-vis des efforts aux vents et vis-à-vis de la stabilité générale du merlon.

3 – Sujétions de conception et d'exécution

3.1 – Conception pour les fondations superficielles

Le cas échéant, les règles relatives aux fondations posées à des niveaux différents devront être respectées, notamment entre les différentes fondations du projet.

massifs



3.2 – Conception pour les fondations profondes : micropieux

La technique d'exécution retenue devra permettre d'atteindre les fiches et niveaux d'assise demandés en tenant compte de la résistance des terrains observés mais aussi de la présence et de la nature des remblais éventuelles sur le site.

L'entreprise en charge de l'exécution de ces travaux veillera à ce que les moyens et matériels mis en œuvre soient en bonne adéquation avec les conditions de sol reconnues. L'utilisation de système **de tubage à l'avancement de type Odex ou marteau fond de trou + tubage sera nécessaire**. Les micropieux à la tarière ou au trépan seront proscrits.

Compte tenu de la proximité d'ouvrages existants, l'entreprise de micropieux vérifiera impérativement que les procédés utilisés ne provoquent aucune vibration à ces ouvrages.

Compte-tenu de la nature des sols en place, ces micropieux devront être calculés au flambement (méthode de MANDEL par exemple).

Les micropieux seront équipés d'une armature tubulaire qui comportera des renforts d'adhérence. Le dimensionnement de ces armatures devra être justifié par une note de calcul spécifique, ils ne seront soumis qu'à des efforts axiaux.

On veillera à une implantation précise et à une bonne verticalité des micropieux.

Ils seront bétonnés à l'aide d'un béton non délavable. En cas de présence d'eau, il conviendra de vérifier la compatibilité des bétons utilisés vis-à-vis de l'agressivité des sols et des eaux.

Les micropieux ne seront soumis qu'à des efforts axiaux. Si des efforts horizontaux devaient s'exercer sur les micropieux, il faudrait prévoir :

- soit des micropieux inclinés,
- soit des renforts d'inertie,
- prévoir un renforcement à l'aide d'un tube de forte inertie ancré dans le substratum (conditions de flambement à vérifier).

On veillera à ne pas circuler avec les engins à proximité des pieux fraîchement bétonnés afin d'éviter l'apparition d'efforts horizontaux venant cisailer les fondations.

Les réseaux enterrés devront être conçus de manière à pouvoir s'adapter aux tassements différentiels qui se produiront entre l'ouvrage et ses abords.

Dans le cas où les micropieux **seraient descendus au-delà de 6 m de profondeur**, leur dimensionnement définitif nécessitera la réalisation d'un sondage complémentaire afin de valider les hypothèses prises en compte dans notre présente étude. Dans tous les cas, l'entreprise exécuteurice des micropieux devra justifier leur dimensionnement au moyen d'une note de calcul spécifique.

La norme NF P 94-262 impose la réalisation d'un essai de contrôle sur micropieu (il s'agit d'un essai non destructif sur un micropieu de l'ouvrage). On pourra également envisager la réalisation d'un essai préalable (sur un micropieu perdu) pour optimiser le prédimensionnement fourni ici.

3.3 – Exécution

3.2.1 Homogénéité et sensibilité à l'eau

L'homogénéité des fonds de fouilles sera soigneusement vérifiée et les éventuels points faibles, zone remaniée mis à jour seront purgés de manière à respecter les conditions d'ancrage et remplacés par du gros béton.

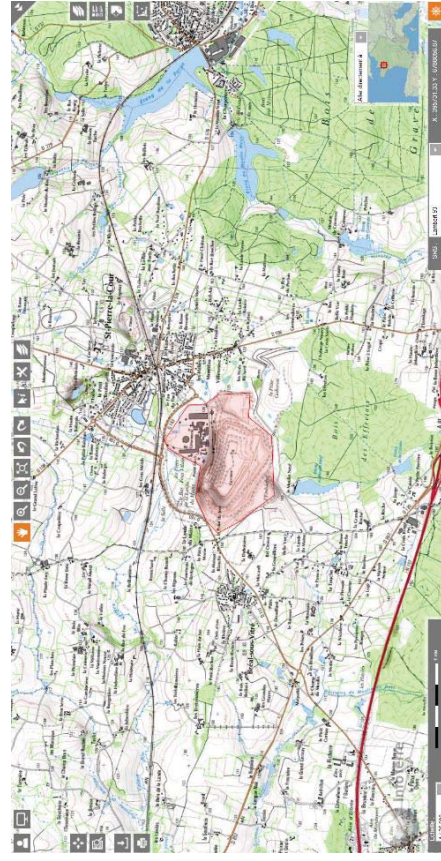
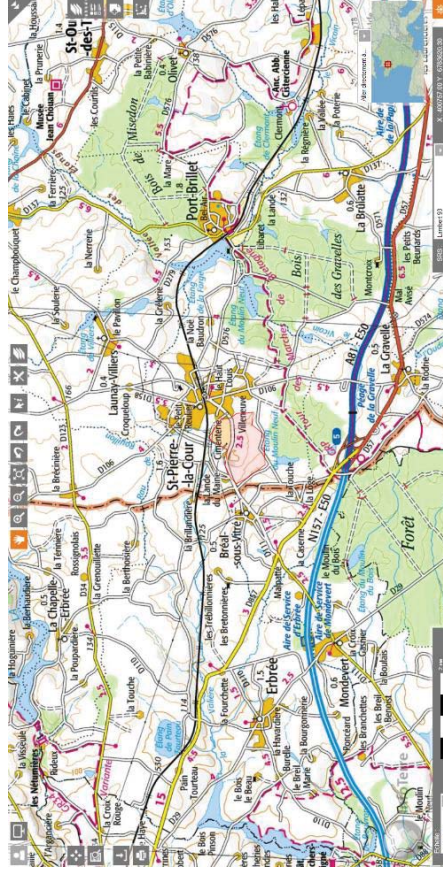
Les sols d'assise sont très sensibles à l'eau, ainsi les fonds de fouilles seront rapidement bétonnés et les formes protégées des intempéries. Dans le cas contraire, il conviendra de curer le fond de fouille imbibé.

3.2.2 Arrivée d'eau dans les fouilles de fondations

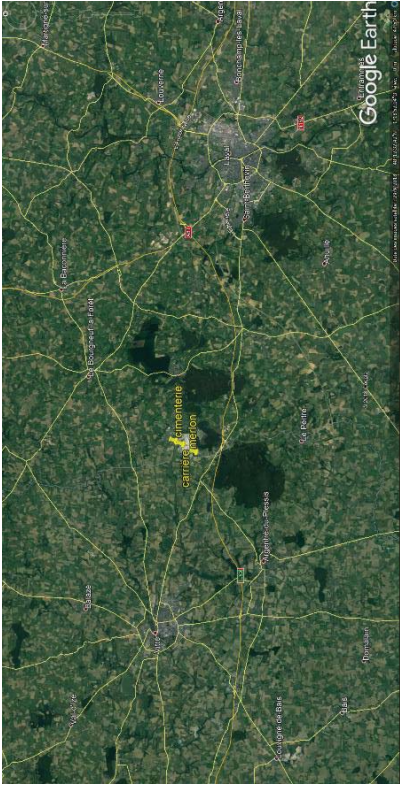
Des venues d'eau en fond de fouilles peuvent survenir, bien que nous n'en ayons pas observées en cours de sondages ; le cas échéant, cela pourrait nécessiter un pompage préalable au bétonnage.



Extrait de la carte IGN au 1/100 000 et 1/25 000



Photographies aériennes Google Earth



2018



2006



2014



2015



avril 2016



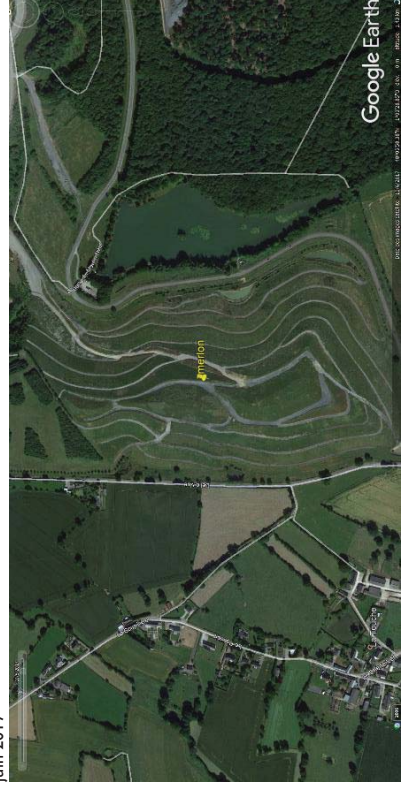
Google Earth

octobre 2016

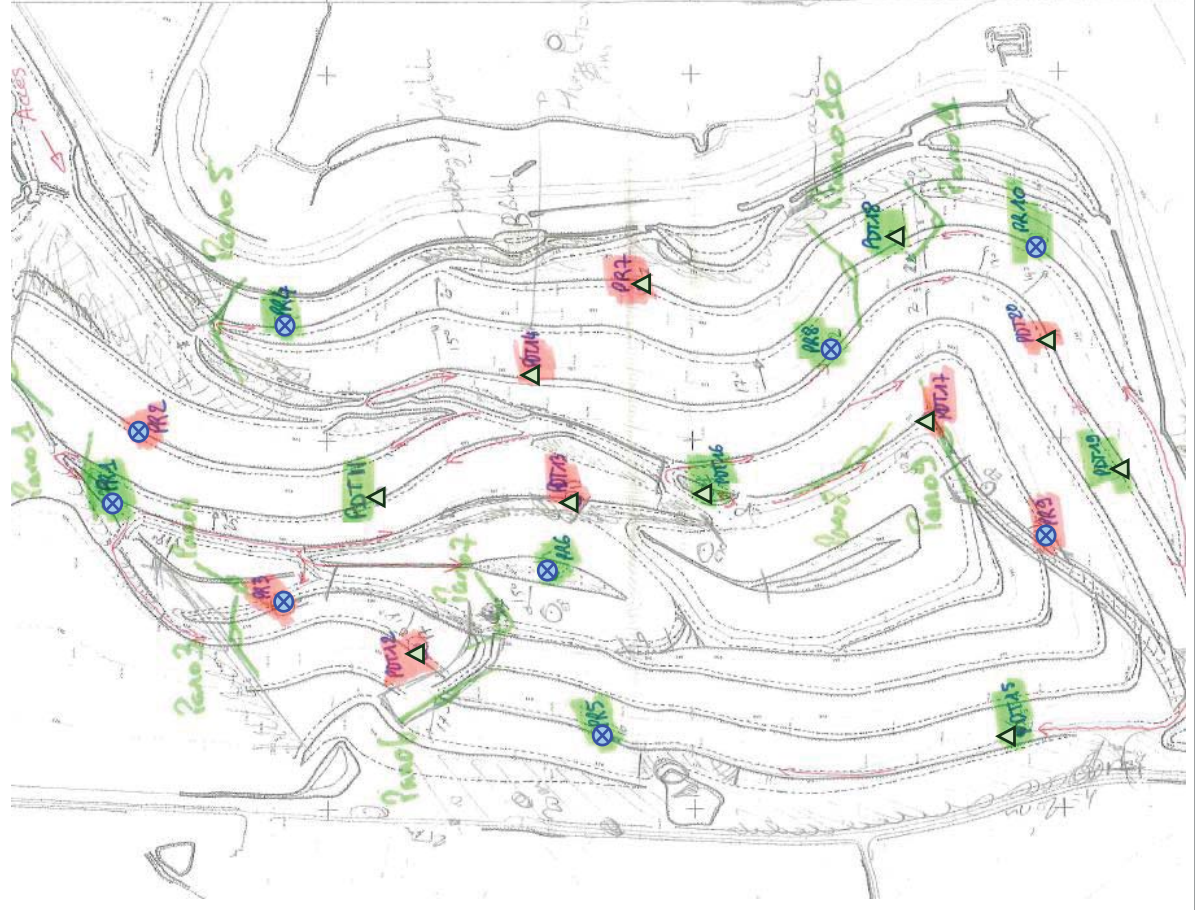


Google Earth

juin 2017



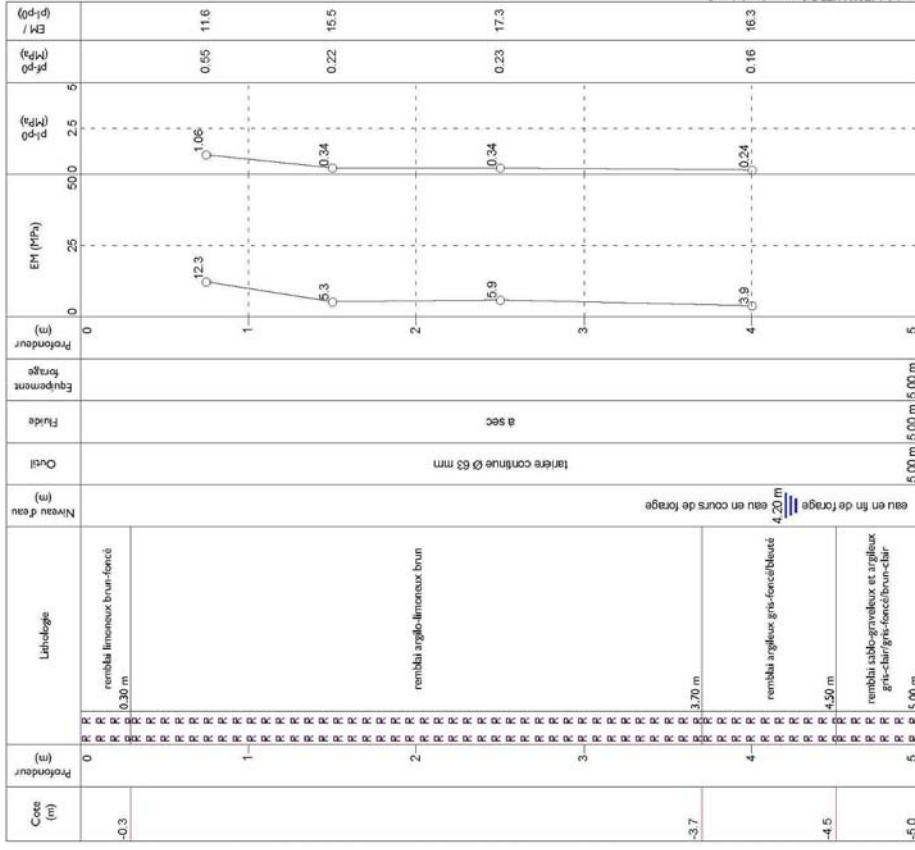
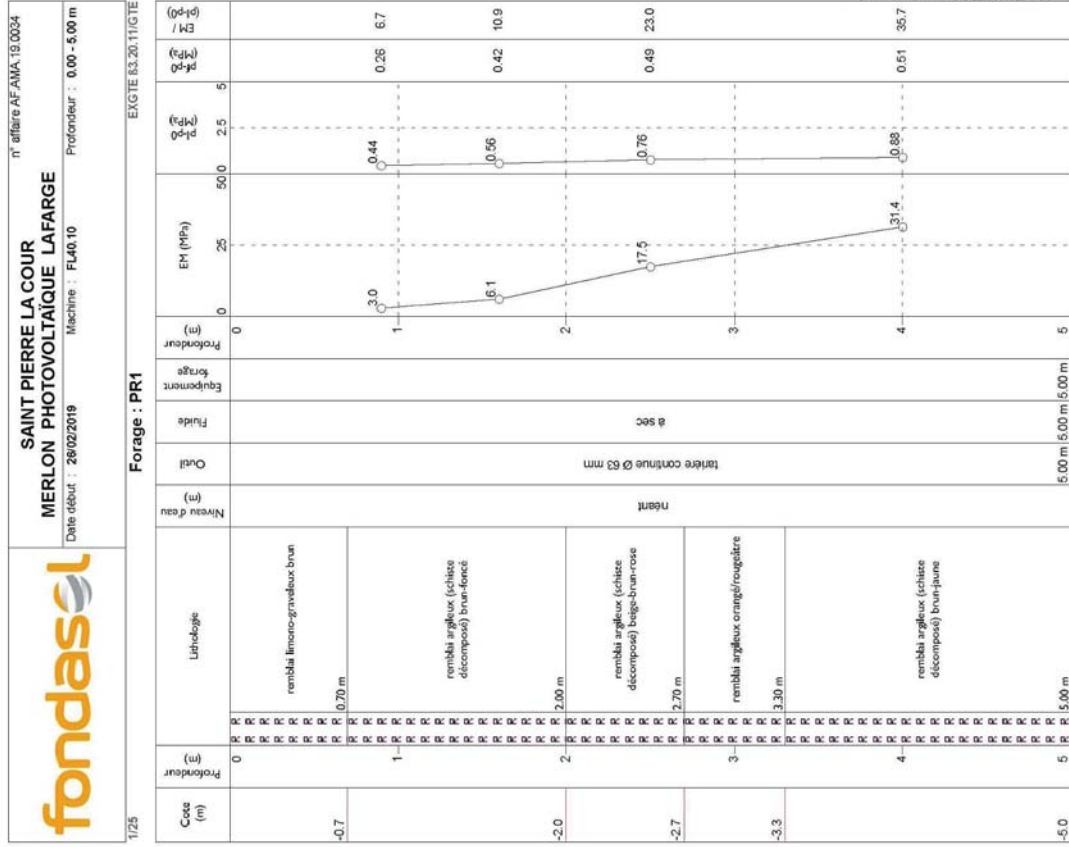
Google Earth



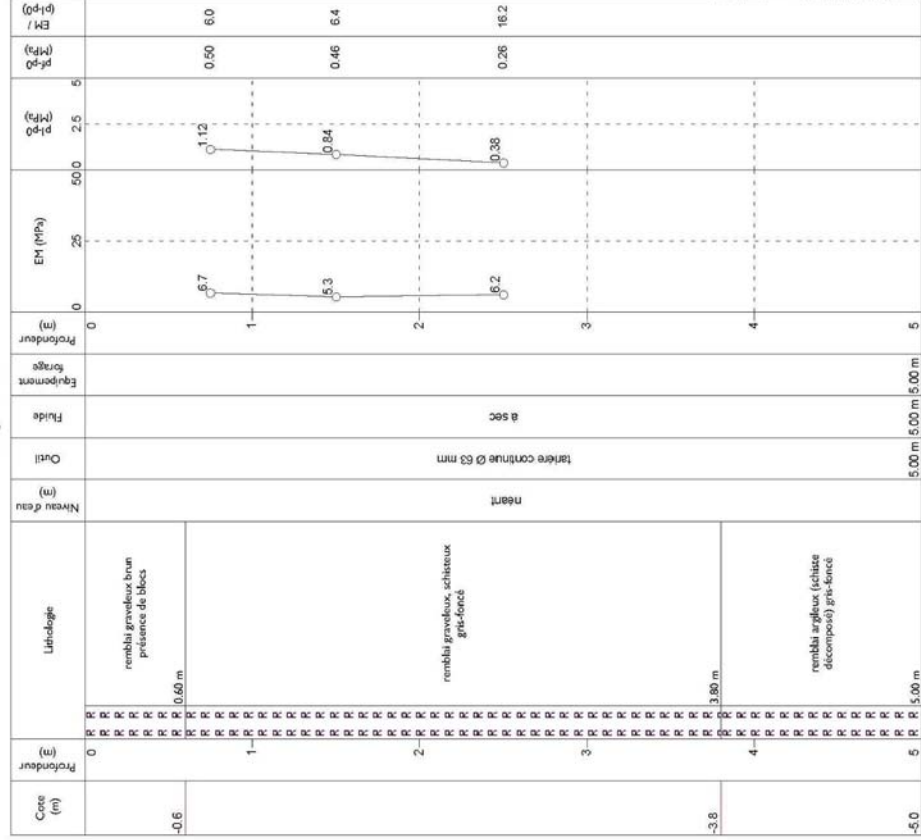
- ⊗ sondage destructif de reconnaissance géologique avec essais pressiométriques
- △ essai de pénétration dynamique couplé à un sondage destructif de reconnaissance géologique

RECONNAISSANCE GÉOLOGIQUE

Les sondages ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse hydraulique **SMRI-FONDASOL FL 40 de 40 cv**, à la tarière de 63 mm de diamètre ou au taillant de 64 mm avec tubage diam. 68/83 des sols meubles en surface ou utilisation de boue à base de bentonite. Dans ces sondages, nous avons mis en oeuvre des essais pressiométriques pour mesurer les caractéristiques mécaniques des sols.

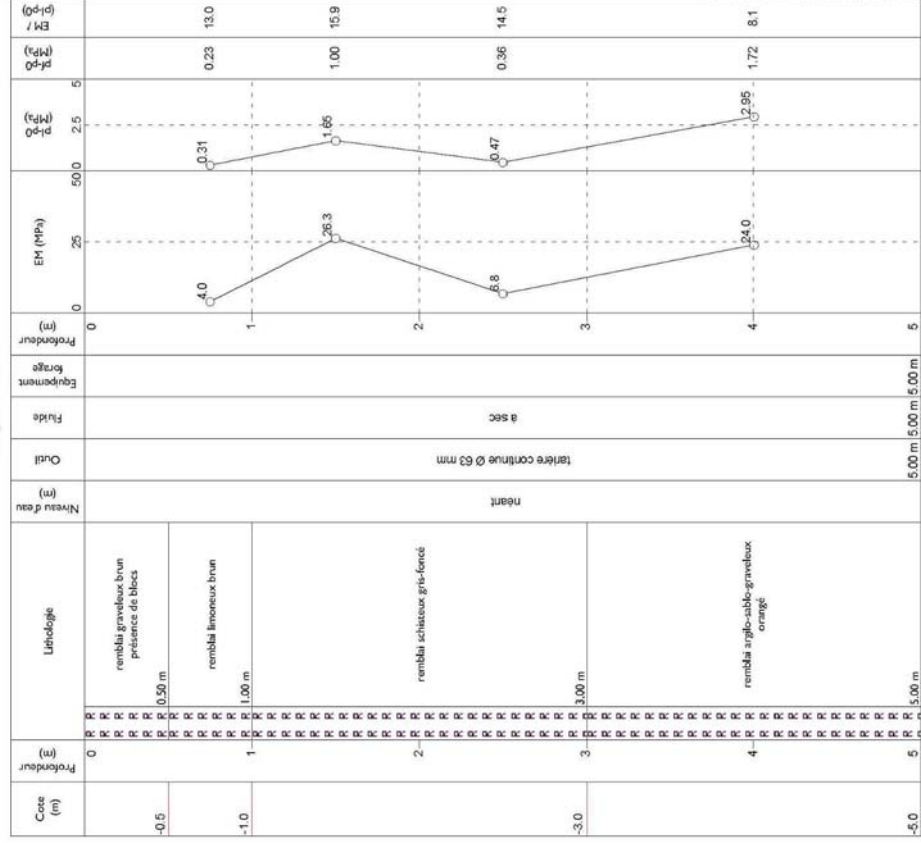


1/25
 EXGTE B3.20.11/GTE
Forage : PR4



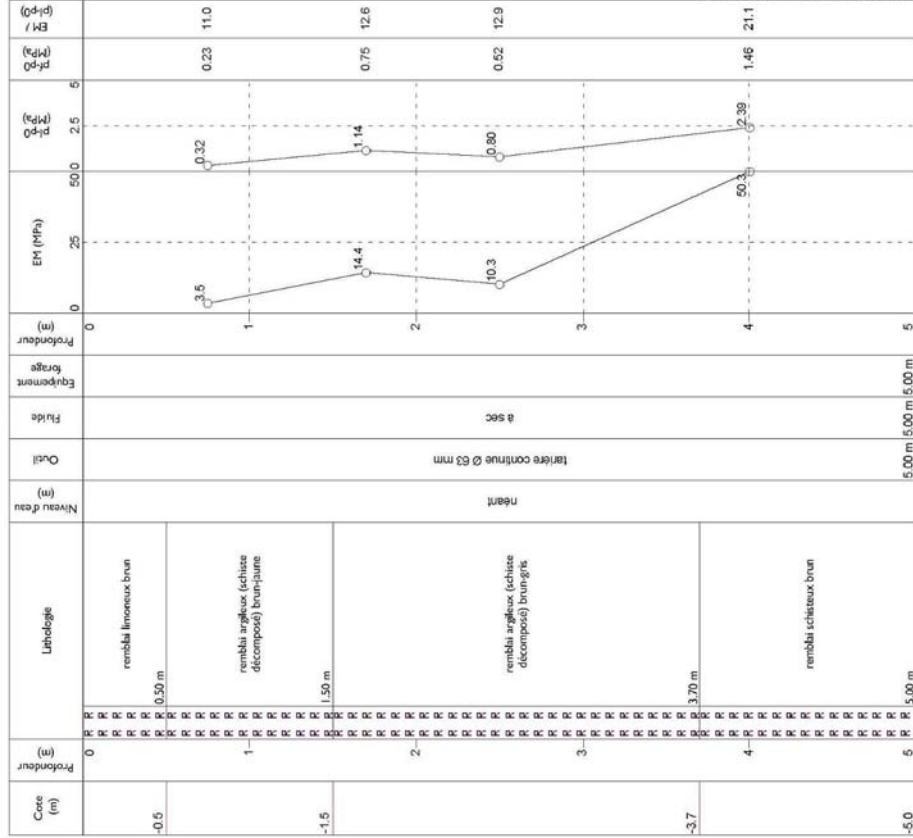
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutz.fr

1/25
 EXGTE B3.20.11/GTE
Forage : PR5



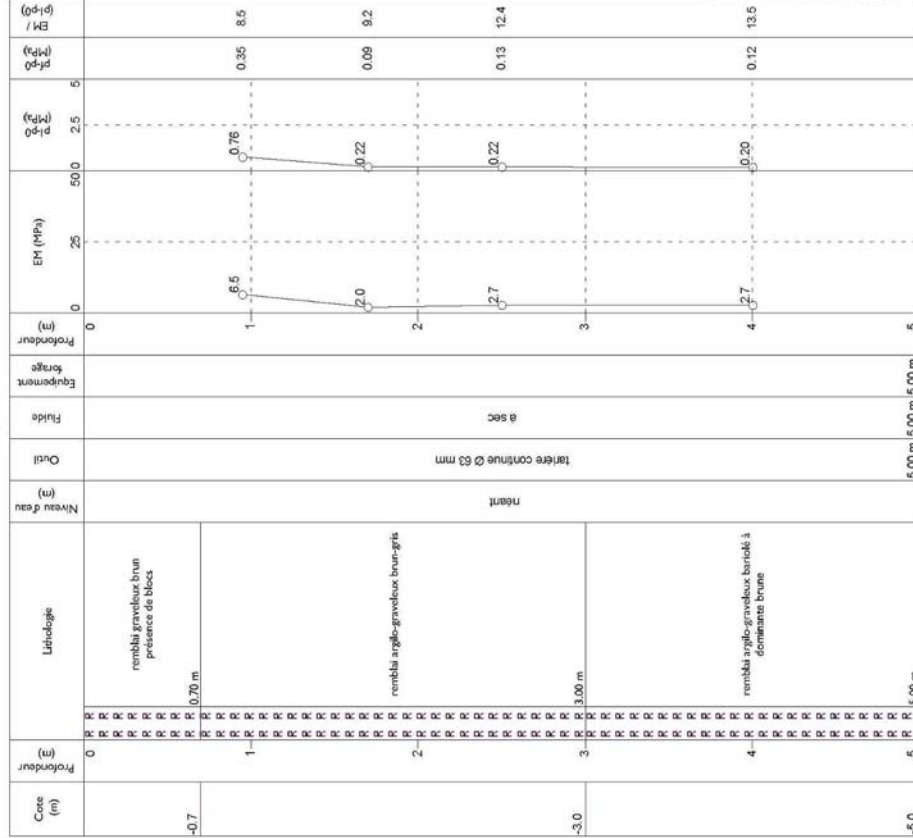
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutz.fr

1/25 EXGTE 63.20.11GTE Forage : PR6



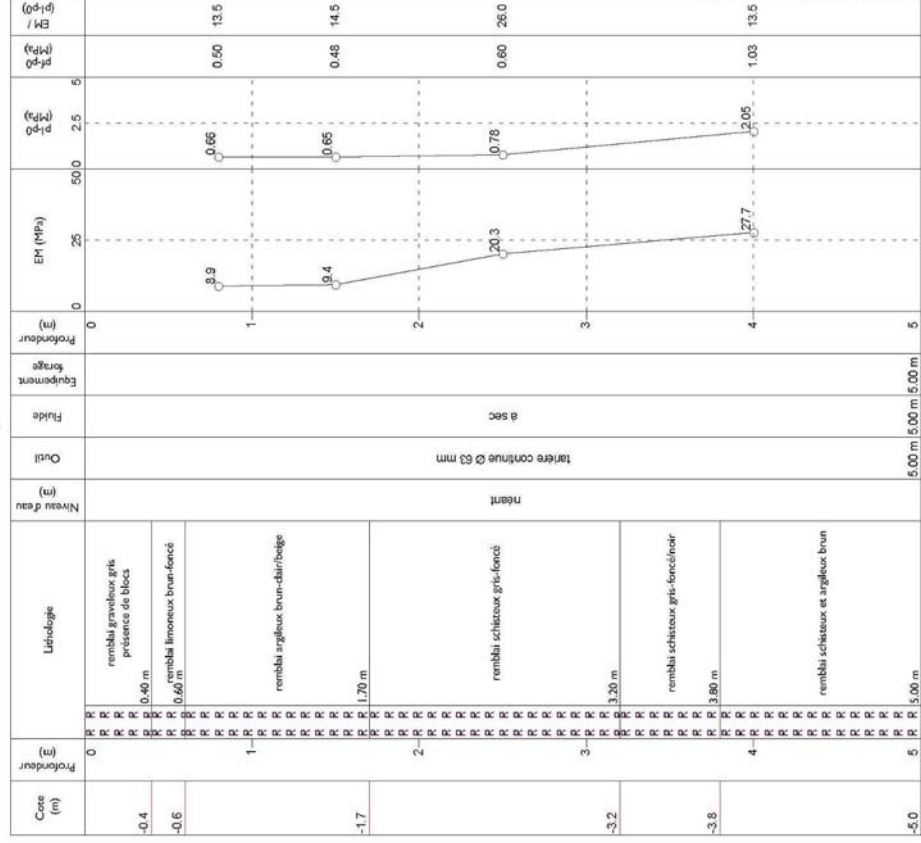
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantlutz.fr

1/25 EXGTE 63.20.11GTE Forage : PR7



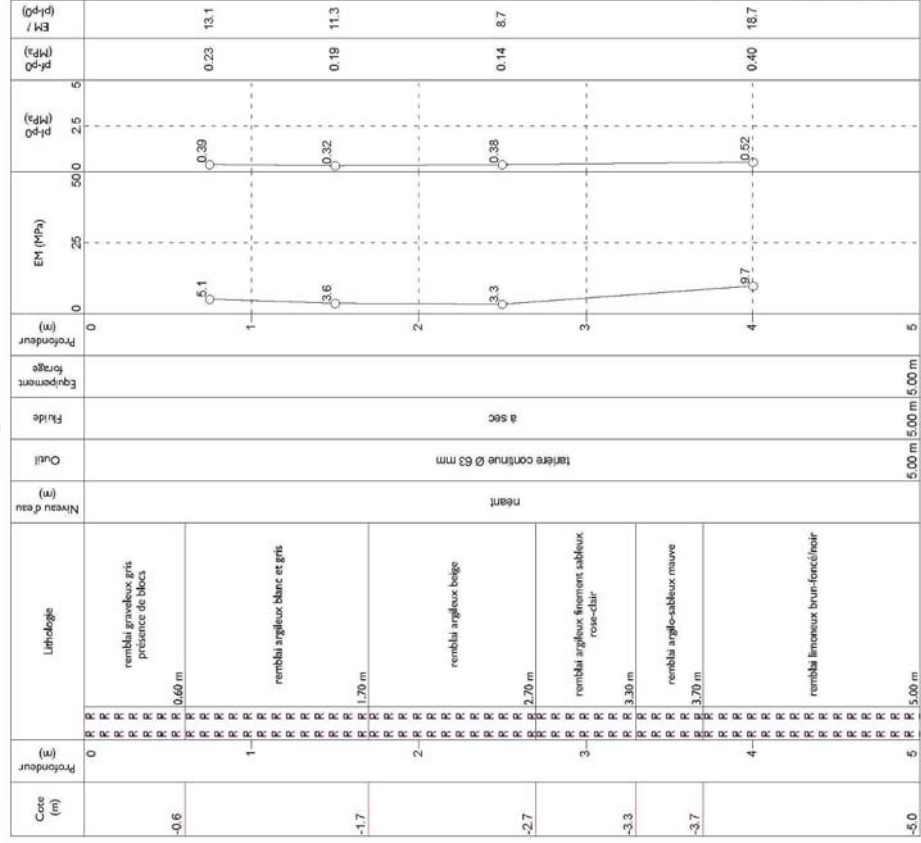
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantlutz.fr

1/25 EXGTE 83.20.11GTE Forage : PR8



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantlutz.fr

1/25 EXGTE 83.20.11GTE Forage : PR9



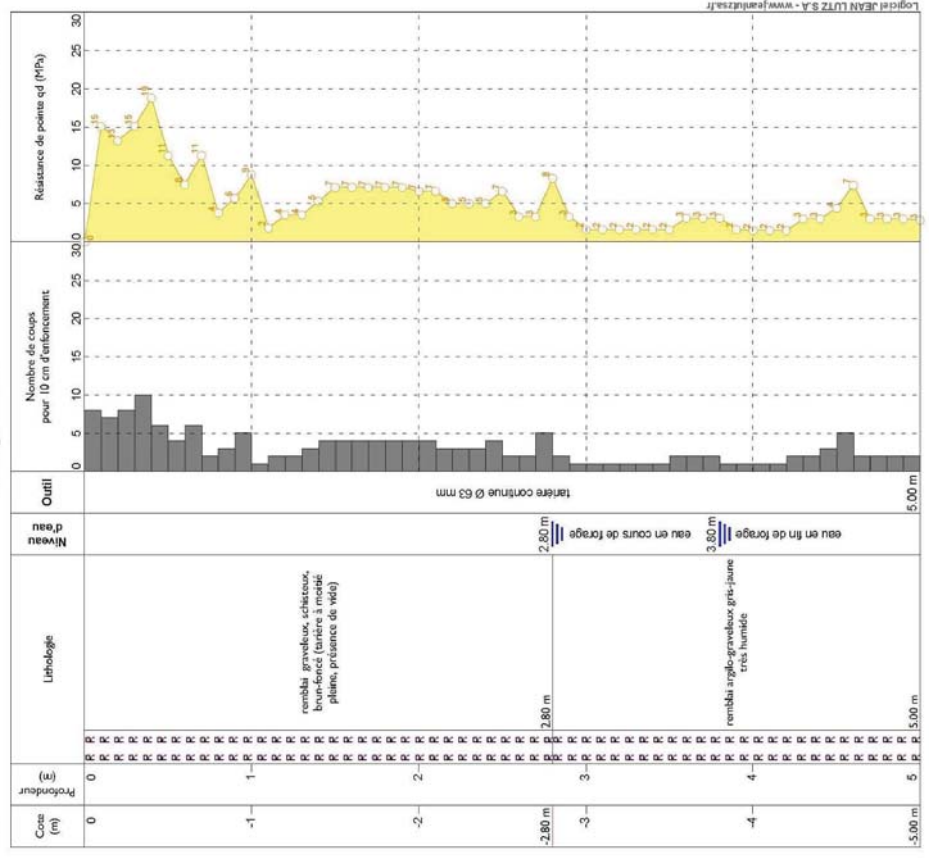
Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantlutz.fr

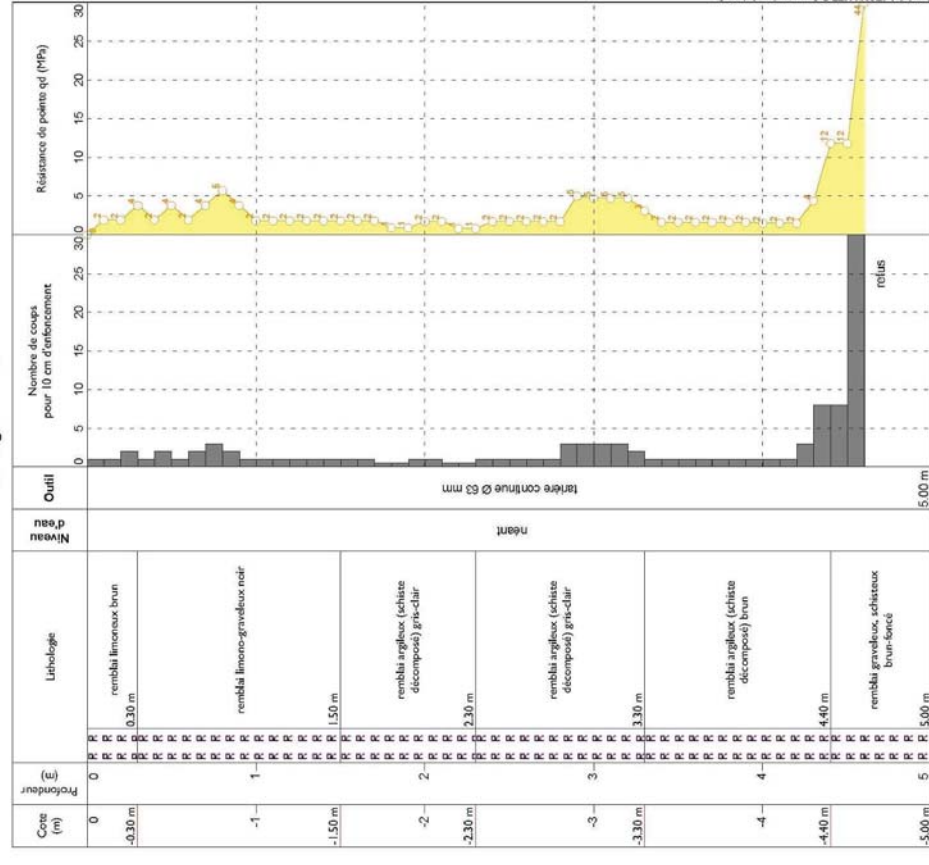
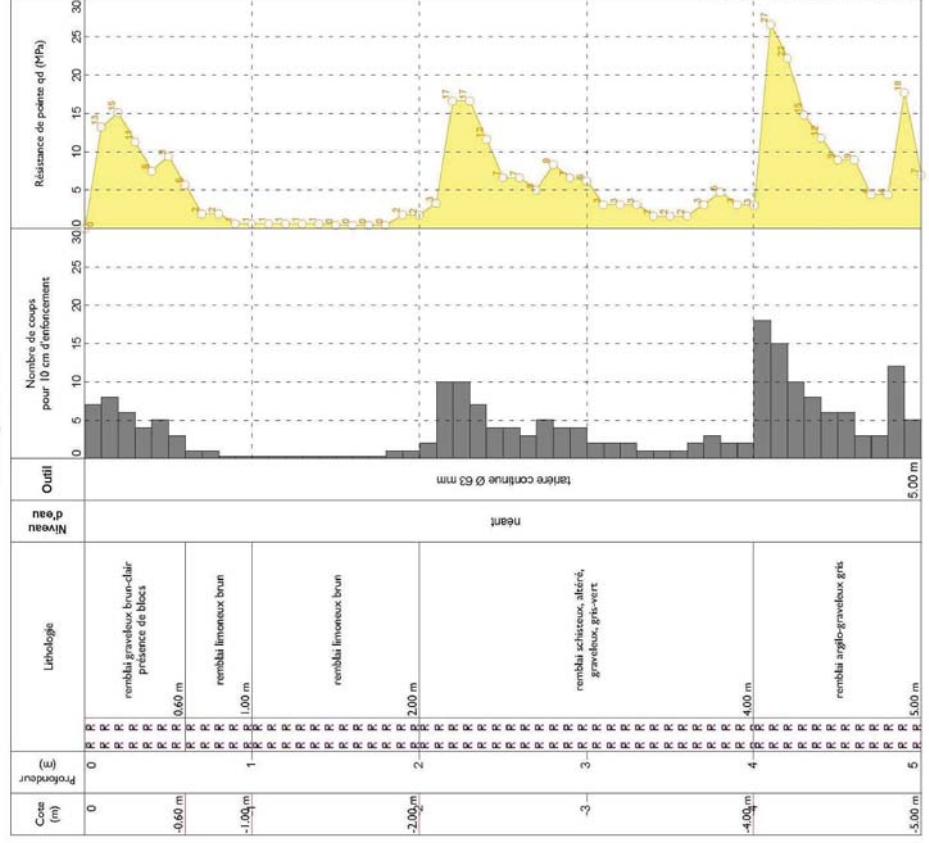
1/25

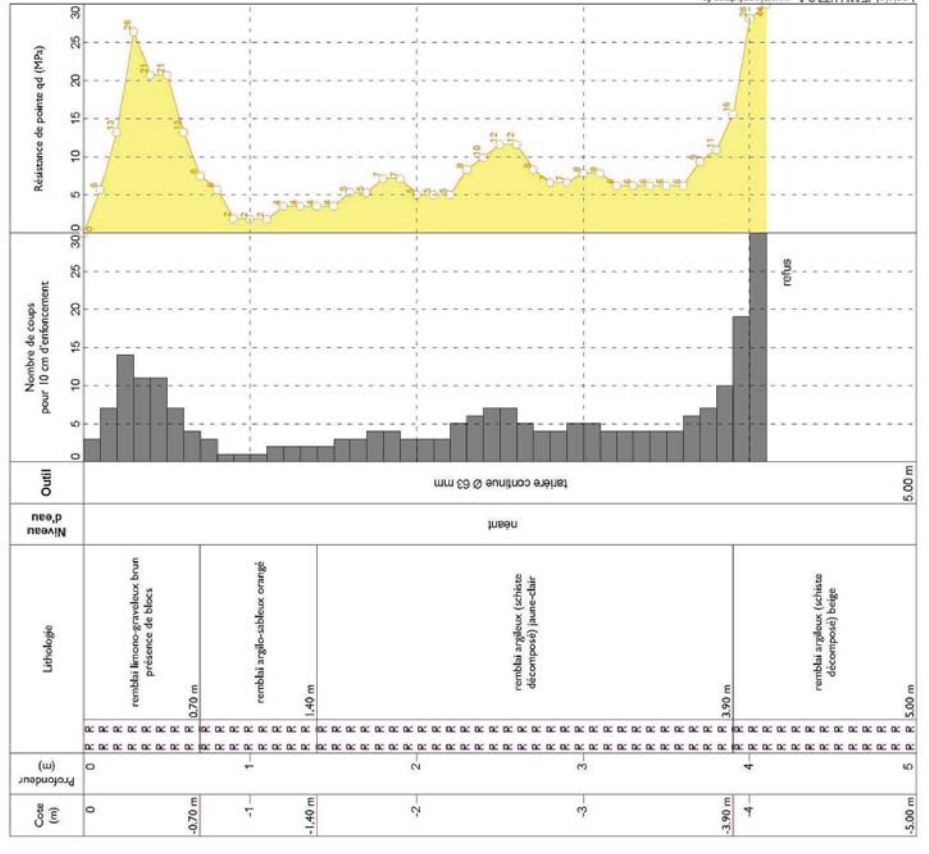
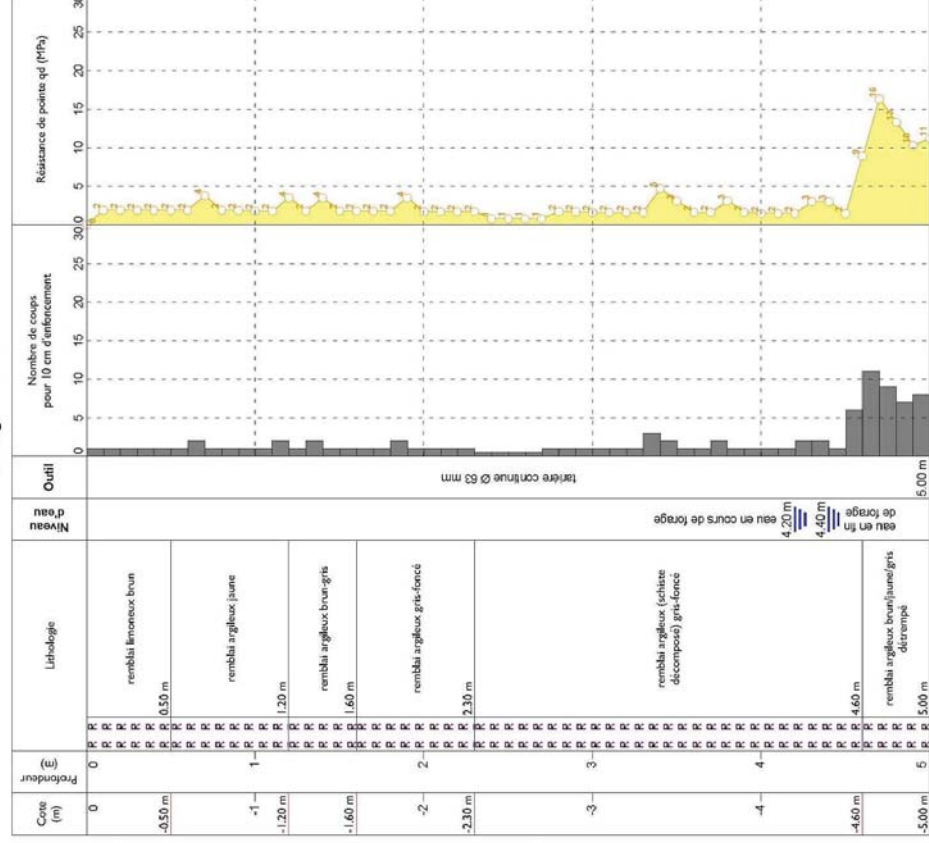
Forage : PR10

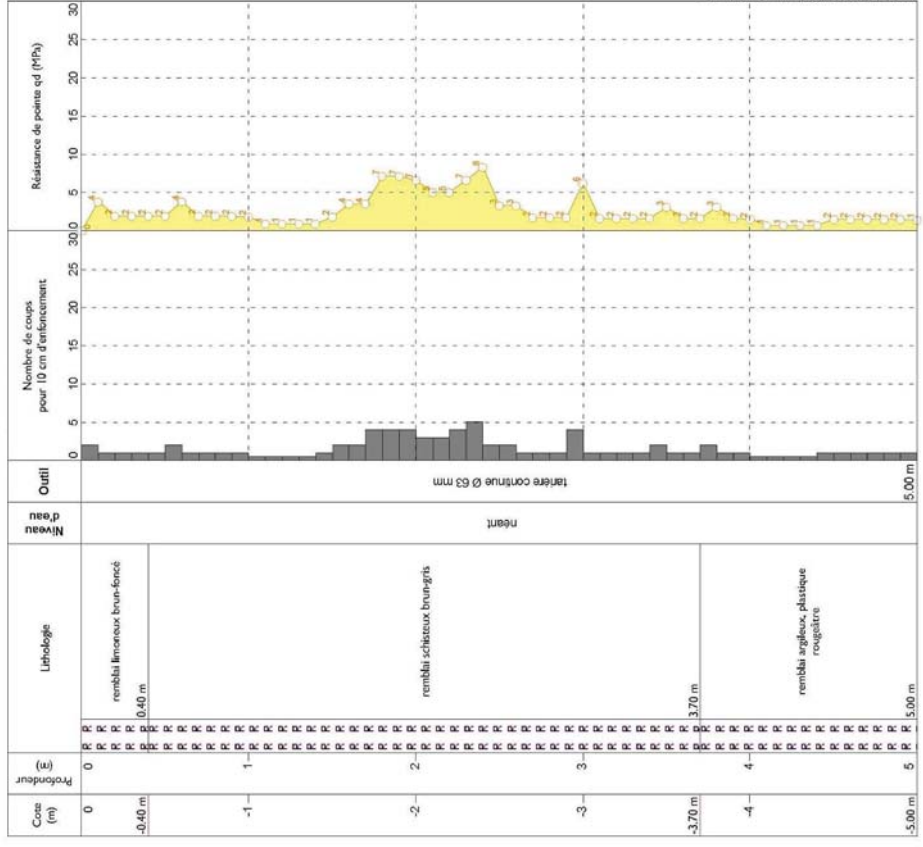
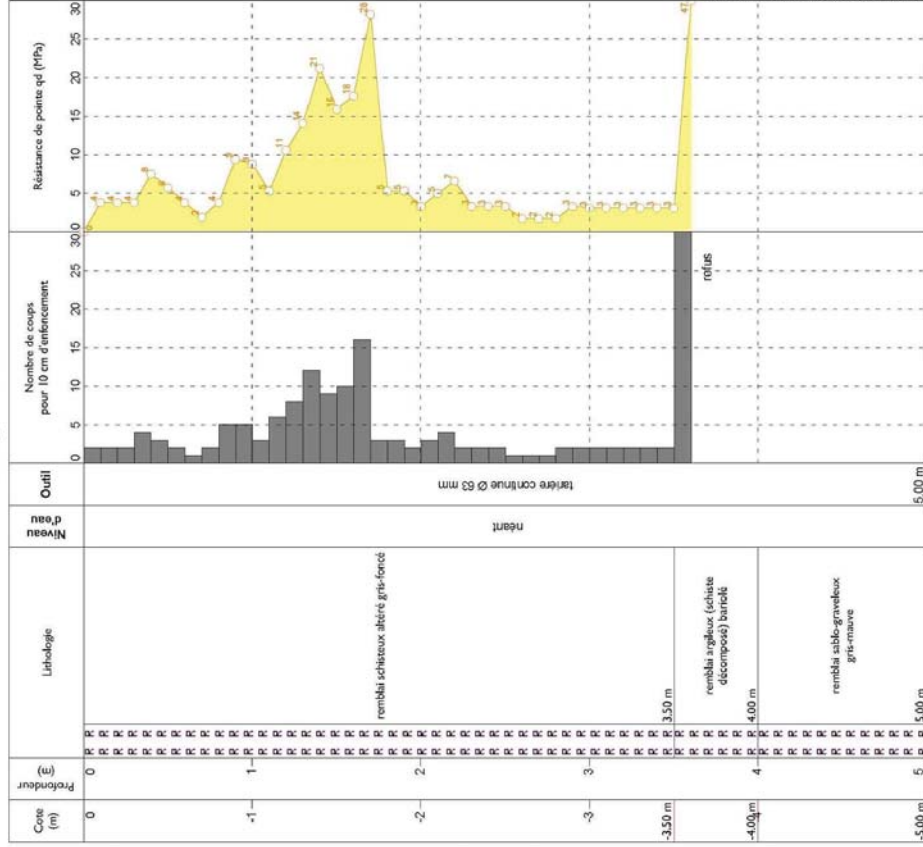
Cote (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau	Outil	Fluide	Equipement forage	Profondeur (m)	EM (Mpa)	p-p ₀ (Mpa)	p-p ₀ (Mpa)	EM / (p-p ₀)	
-0,3	0	remblai graveleux brun présence de blocs 0,30 m	néant	tarère continue Ø 63 mm	à sec		0					
	1								15,1	0,78	0,42	19,3
-2,0	2						remblai limoneux brun refus tarière continue à 2,00 m sur bloc	2,00 m / 2,00 m	5,1	0,51	0,33	10,0

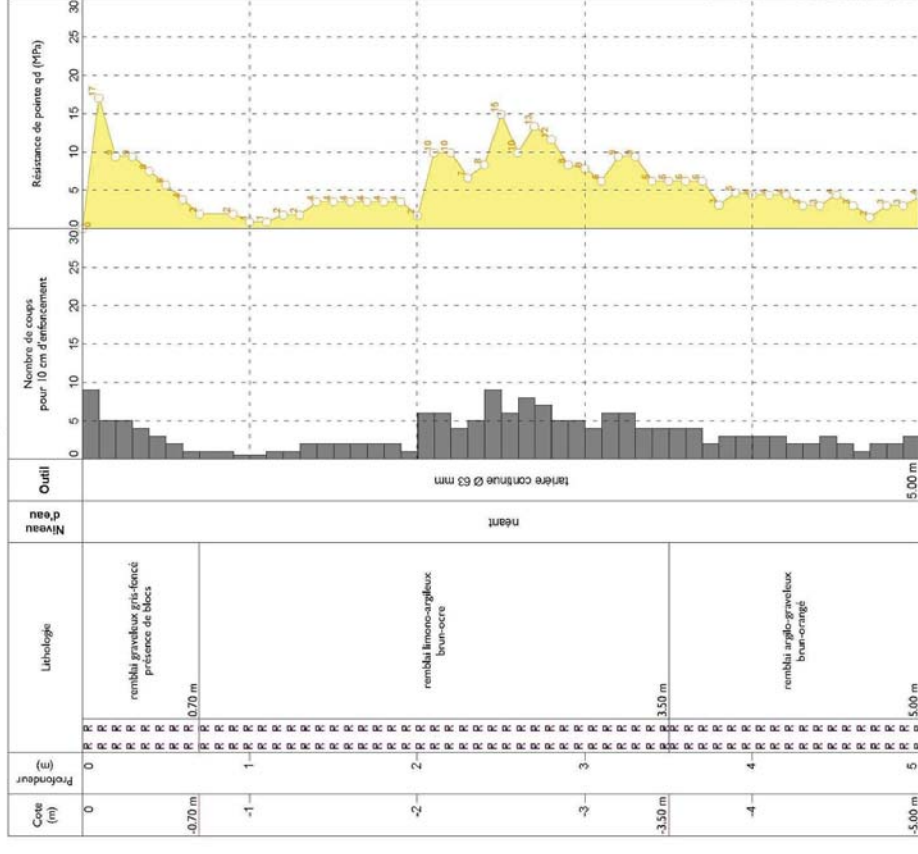
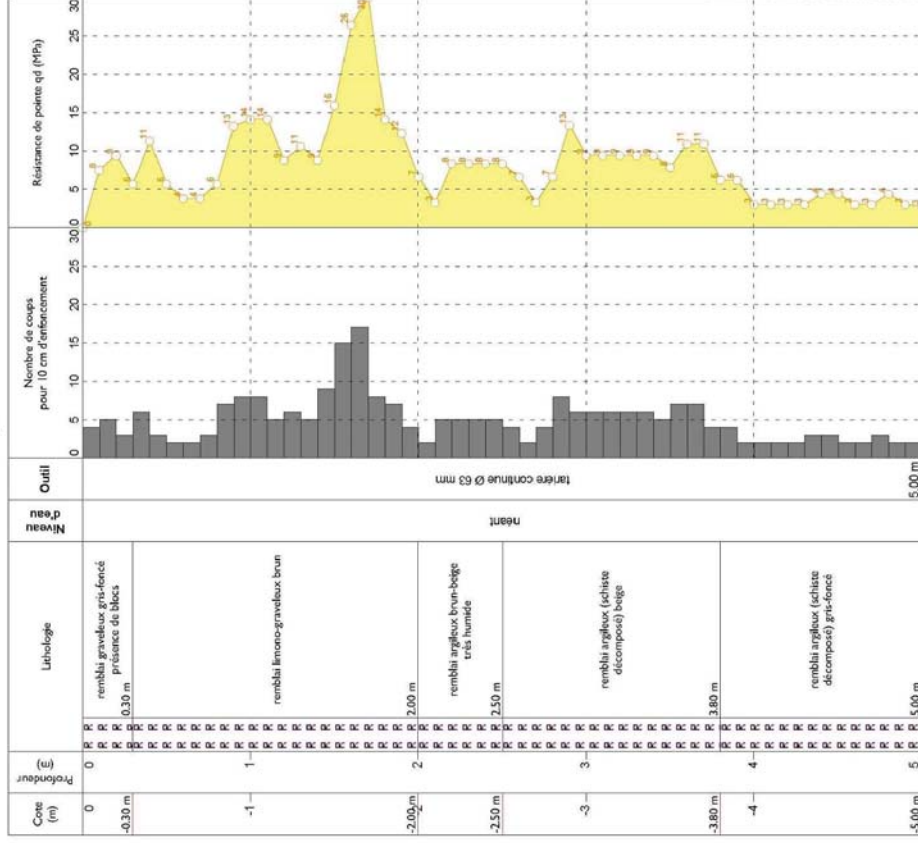
Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantlutz.fr

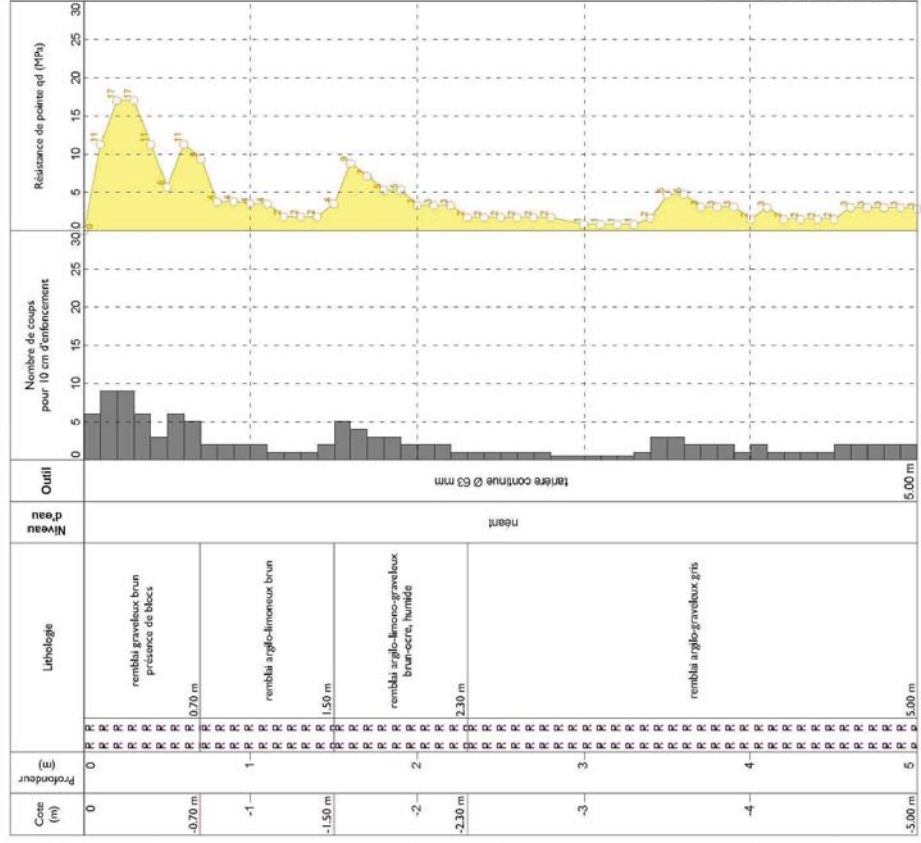






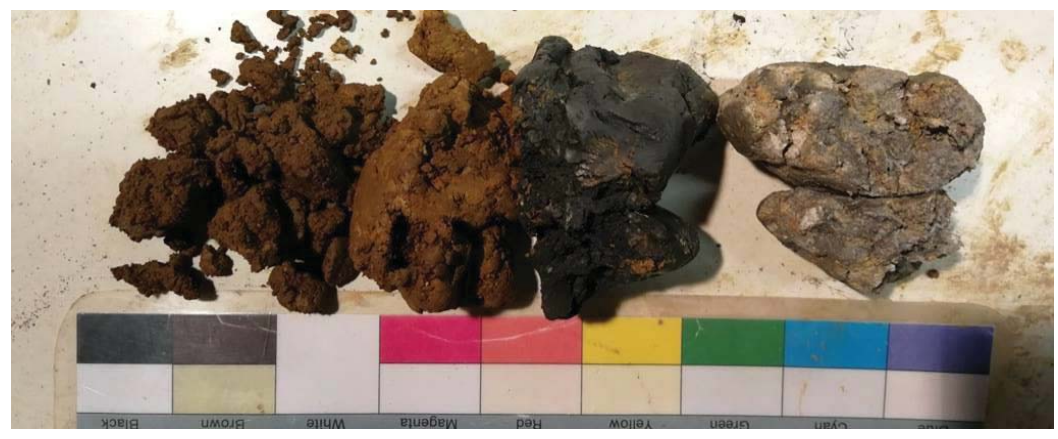






Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantlutzsarl

Photographie des sols remaniés (sans flash, avec projecteur)
 PR3



PR9



PR8



PDT13



PDT15



PDT19



PDT17





Photographies panoramiques de la zone d'étude



fondasol

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

✉ ZAC du Vivier 2
rue Newton
72700 ALLONNES
☎ 02 43 87 53 64 – 📠 02 43 87 53 84
📧 lemans@fondasol.fr
🌐 www.fondasol.fr

www.fondasol.fr



AM19_0034 – pièce 001 – Etude géotechnique G1-FGC
SAINT PIERRE LA COUR (53) – Merton photovoltaïque Latarge