

Création d'un village d'entreprises

CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES (13) - LA MEDE

34 RUE BARBAROUX

Rapport n° CAI2.H.883-15
Étude géotechnique préliminaire de site
Missions G1ES/PGC

11 juillet 2018



Agence d'Aix-en-Provence • 1030 rue JRGG de la Lauzière, Les Milles, 13290 AIX EN PROVENCE
Tél. 33 (0) 4 42 99 27 00 • Fax 33 (0) 4 42 99 27 35 • Email : cebtp.aix@groupeginger.com



Direction développement économique, affaires inter.
Les Docks - Atrium 10.7
10 Place de la Joliette
BP 48014
13 567 MARSEILLE cedex 02

CREATION D'UN VILLAGE D'ENTREPRISES
CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES (13) - LA MEDE

RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE – G1ES/PGC

Dossier : CAI2.H.883-15		Réf. rapport : CAI2.H.883-15/1			Contrat : CAI2.H.0442 Marché n°T16/100 N° d'engagement : 17D08383 Code opération : nc		
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	11/07/18	N. LESOUHAITIER		D. MOREAU		81 pages dont 41 d'annexes	
2							

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

Sommaire

1. Plans de situation	5
1.1. Extrait de carte IGN	5
1.2. Image aérienne	5
2. Contexte de l'étude.....	6
2.1. Données générales	6
2.1.1. Généralités	6
2.1.2. Intervenants	6
2.1.3. Documents communiqués	6
2.2. Mission Ginger CEBTP	6
2.3. Description du site	8
2.3.1. Topographie, occupation du site et avoisinants.....	8
2.3.2. Analyse des photographies aériennes.....	9
2.3.3. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique.....	13
2.4. Caractéristiques connues du projet	15
2.4.1. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas.....	15
2.4.2. Terrassements prévus	15
3. Investigations géotechniques.....	16
3.1. Préambule	16
3.2. Implantation et nivellement.....	16
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	16
3.3.1. Investigations in situ	16
3.3.2. Piézométrie	18
3.4. Essais en laboratoire.....	18
4. Synthèse des investigations	19
4.1. Modèle géologique général.....	19
4.1.1. Lithologie	19
4.1.2. Caractéristiques géo-mécaniques	21
4.1.3. Caractéristiques physiques des sols	21
4.2. Contexte hydrogéologique général	22
4.2.1. Piézométrie	22
4.2.2. Inondabilité	23
4.3. Risques naturels.....	23
4.3.1. Risque sismique – données parasismiques réglementaires	23
4.3.2. Liquéfaction.....	24

5. Principes généraux de construction en phase d'étude préliminaire du site. ...25

5.1.	Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	25
5.2.	Adaptations générales de l'avant-projet.....	27
5.2.1.	Réalisation des terrassements	27
5.2.2.	Soutènements.....	28
5.2.3.	Amélioration de sol.....	29
5.3.	Niveau-bas - dallage	30
5.4.	Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau	30
5.5.	Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique.....	31
5.6.	Préparation de la plateforme de chaussée.....	31
5.6.1.	Préambule	31
5.6.2.	Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase	32
5.6.3.	Couche de forme	33
5.6.4.	Structure type de chaussée	34
5.7.	Tranchées	34
5.7.1.	Remblai pour le réseau d'assainissement : réutilisation des matériaux	34
5.7.2.	Matériaux utilisables en remblai.....	36
5.7.3.	Conditions de réemploi des matériaux du site	39

6. Observations majeures 40

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

ANNEXE 3 – SONDAGES DESTRUCTIFS (SP)

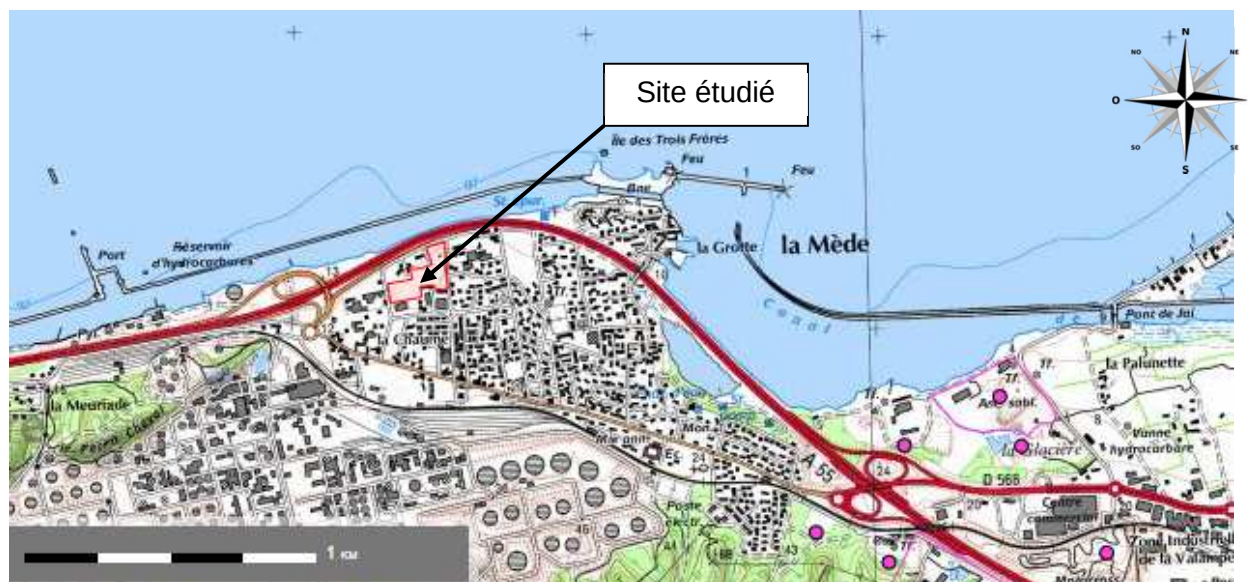
ANNEXE 4 – ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE (PD)

ANNEXE 5 – SONDAGES AU CAROTTIER BATTU

ANNEXE 6 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : www.infoterre.brgm.fr

1.2. Image aérienne



Source : www.infoterre.brgm.fr

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Création d'un village d'entreprises

Localisation / adresse : 34 rue Barbaroux

Commune : CHATEAUNEUF-LES-MARTIGUES (13) - LA MEDE

Code postal : 13220

Demandeur de la mission : Direction développement économique, affaires inter.

Cliant : METROPOLE AIX-MARSEILLE PROVENCE

2.1.2. Intervenants

Entreprise de sondage et de prélèvements in-situ : Fondasol

Diagnostic environnemental : GINGER BURGEAP

Etude géotechnique, ingénierie et laboratoire des sols : GINGER CEBTP

2.1.3. Documents communiqués

Seul un plan de délimitation parcellaire nous a été communiqué par MAMP au démarrage de notre mission.

Le rapport d'investigation géotechnique EMA.17.0162 nous a été transmis par la société Fondasol le 29/05/2018.

2.2. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat accepté n° CAI2.H.0442.

Il s'agit d'une ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique. Plus précisément, compte tenu du niveau d'avancement du projet, notre mission s'intègre dans la phase *Etude de Site* (G1 ES) / *Principe Généraux de Construction* (G1 PGC).

La mission comprend, conformément au contrat, les prestations suivantes :

- une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours,

- la définition d'un programme d'investigations géotechniques spécifique,
- le suivi technique de ces investigations,
- l'exploitation des résultats,
- l'élaboration d'un modèle géologique préliminaire précisant les principales caractéristiques géotechniques et listant les risques géotechniques majeurs.

Il convient de rappeler que notre mission géotechnique préalable phase Etude de Site / Principe Généraux de Construction (G1 ES / G1 PGC) s'inscrit dans le cadre défini par la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 qui précise que :

- la phase Etude de Site :
 - est réalisée avant l'étude préliminaire ou l'esquisse ou l'APS de l'ouvrage,
 - est réalisée pour un ouvrage futur pas encore étudié.
- la phase Principe Généraux de Construction :
 - contribue à la mise au point de l'étude préliminaire, ou de l'esquisse ou de l'APS de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques,
 - aboutie à une synthèse des données géotechniques à prendre en compte à ce stade du projet,
 - propose certains principes généraux de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques,
 - complète le modèle géologique et définit le contexte géotechnique,
 - elle ne comprend pas d'ébauche dimensionnelle.

Il convient de rappeler également que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- Les aménagements extérieurs (drainage, etc.) ;
- L'historique du site ;
- L'étude de la pollution ;
- L'étude de l'inondabilité du site ;
- Les anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise de la reconnaissance.

Elle a été précédée d'une mission d'investigations géotechniques et d'essais en laboratoire dont le détail est précisé au chapitre 3.

Note : l'étude environnementale fait l'objet d'un rapport spécifique de GINGER BURGEAP, référencé RSPSE07498-01 du 14/05/2018.

2.3. Description du site

2.3.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site est accessible depuis l'Ouest, par la rue Barbaroux et appartient à la société Total qui l'utilise partiellement comme parkings.



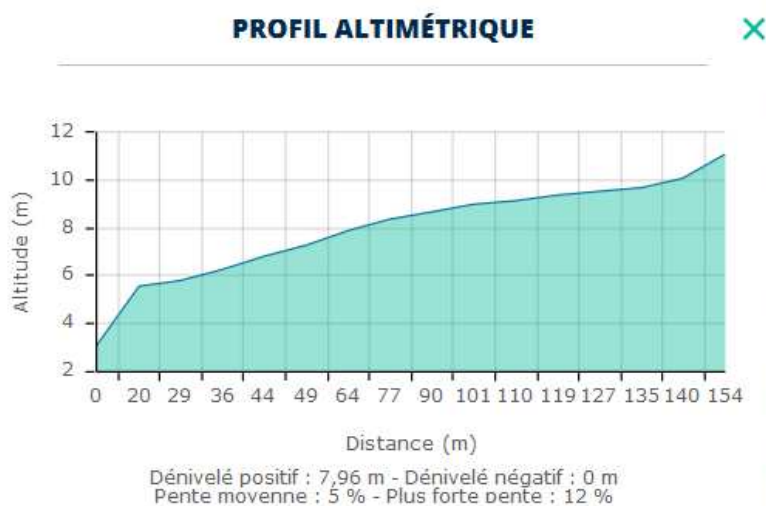
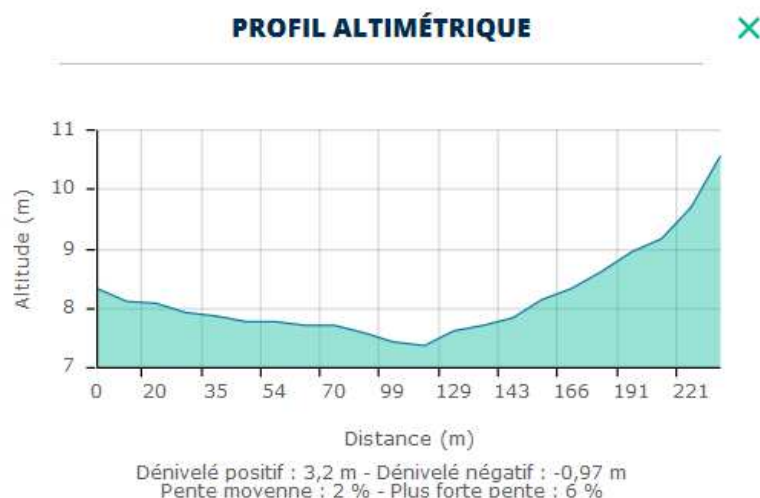
Il est délimité :

- au sud par des murs de clôtures et de bâtiments (abris) mitoyens,
- à l'ouest par la rue de Barbaroux,
- au nord-ouest par une zone pavillonnaire au-delà d'un fossé bétonné recueillant les eaux de ruissellement, et au nord-est par le contournement de la rue de Barbaroux,
- à l'Est par un merlon au-delà duquel il est longé par l'impasse Tavernier.

Il est relativement plat dans sa moitié ouest et présente des altitudes variant entre +6 NGF au nords ouest et +10.5 NGF au sud-est (sources geoportail.gouv.fr).

Les pentes s'accroissent depuis le merlon Est, en direction de l'Etang de Berre.

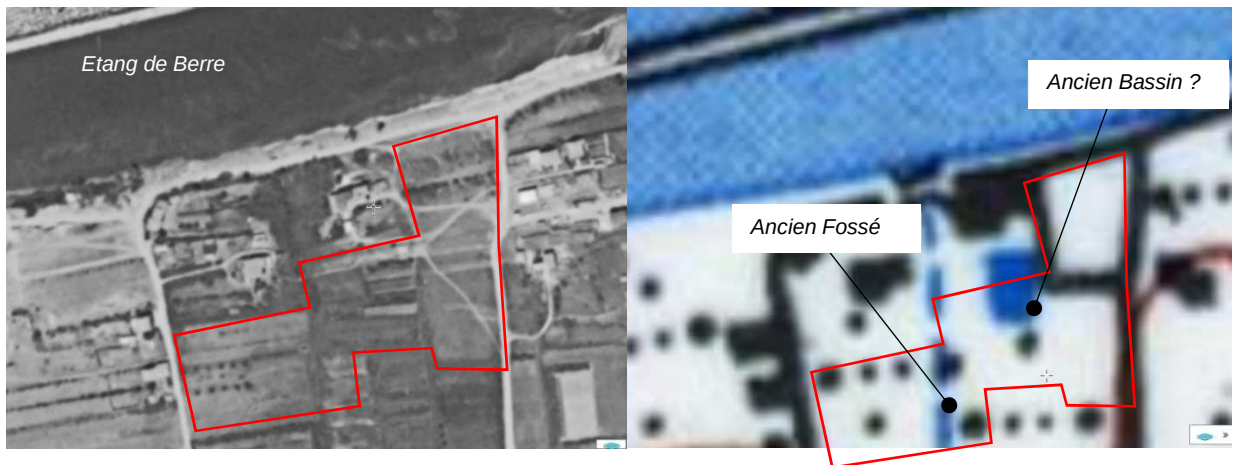
Une légère dépression est à noter au centre, pouvant concentrer des eaux de ruissellement.



Il est largement couvert à l'est d'une végétation rase et quelques arbres isolés, et à l'ouest par la zone de parking couverte de graves.

2.3.2. Analyse des photographies aériennes

Les anciennes cartes et photographies aériennes de l'IGN de 1950 (sources www.geoportail.gouv.fr) indiquent des zones potentielles de remblais pouvant correspondre à un ancien bassin (?) et à un fossé drainant :



1950

En 1964, la vue suggère la présence de 2 bâtiments (ou serres ?) dans le tiers central, et la présence d'un petit ouvrage circulaire (cuve, puits ?). Quelques pistes sont aménagées au nord-est.



Le reste du site est occupé par la prairie.

En 1974 puis 1981, on constate la construction de plusieurs bâtiments dans les tiers Ouest et Est, et l'aménagement de plateformes de stockages. La nature des activités n'est pas connue.



1974



1981

Ces bâtiments sont largement démantelés vers la fin des années 1980 :



Le secteur est défriché sur le cliché de 2008, et jusqu'à aujourd'hui où le tiers ouest reste à usage de parking :



2.3.3. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

- Géologie :**

D'après notre expérience locale et la carte géologique de MARTIGUES à l'échelle 1/50000^{ème}, le site serait constitué de colluvions d'origine würmienne, sous des remblais éventuels d'aménagement du parking existant, ou sous une faible épaisseur de terre végétale :



Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Martigues (éd. BRGM)

- Hydrogéologie :**

D'après les données issues du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière : www.inondationsnappes.fr ou <http://cartorisque.prim.net>), la parcelle présente une sensibilité « faible » aux risques d'inondations par remontée de la nappe.



Extrait de la carte d'aléa inondation par remontée de nappe (éd. BRGM)

Par ailleurs des circulations anarchiques / ponctuelles ne sont pas exclues au sein des formations superficielles. Les anciens fossés et zones remblayées constituent des passages privilégiés pour les eaux d'infiltrations.

On note la proximité quasi immédiate de l'Etang de Berre au Nord du site, au-delà de la rue de Barbaroux et de l'autoroute A55.

- **Aléa retrait-gonflement des argiles :**

La carte d'aléa retrait/gonflement des argiles indique un niveau faible dans ce secteur.



Extrait de la carte d'aléa retrait-gonflement des argiles (éd. BRGM)

- **Risques recensés sur la commune (www.georisques.gouv.fr):**

- Feu de forêt
- Inondation
- Inondation - Par submersion marine
- Mouvement de terrain - Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)
- Mouvement de terrain - Eboulement, chutes de pierres et de blocs
- Mouvement de terrain - Glissement de terrain
- Mouvement de terrain - Recul du trait de côte et de falaises
- Mouvement de terrain - Tassements différentiels
- Radon
- Risque industriel
- Risque industriel - Effet de surpression
- Risque industriel - Effet thermique
- Risque industriel - Effet toxique
- Transport de marchandises dangereuses

La ville de Châteauneuf-les-Martigues a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles :

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue : 4				
13PREF19930031	22/09/1993	24/09/1993	11/10/1993	12/10/1993
13PREF20030037	01/12/2003	02/12/2003	12/12/2003	13/12/2003
13PREF20050016	10/09/2005	10/09/2005	10/10/2005	14/10/2005
13PREF20150009	09/11/2014	09/11/2014	03/03/2015	04/03/2015
Tempête : 1				
PREF19820027	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982

Néanmoins, ces événements ne sont pas localisés géographiquement.

- **Sismicité :**

Pour les bâtiments à « risque normal » dont le permis de construire a été déposé après le 1^{er} mai 2011, le nouveau zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) est applicable. Le site étudié est classé en zone de sismicité 3 (modérée). L'application des règles parasismiques est obligatoire pour les ouvrages de catégorie 2 et plus, et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

L'analyse du potentiel de liquéfaction des sols sous séisme est obligatoire en zone sismique 3.

2.4. Caractéristiques connues du projet

Seule l'implantation de la parcelle nous a été communiquée ; l'implantation des bâtiments, voiries, ..., n'étant pas définie à ce stade.

Selon les informations communiquées par MAMP, le projet porte sur la construction d'un village d'entreprises sur un site de 2 ha environ.

Le gabarit des bâtiments sera de l'ordre du R+1 au R+2.

Des voiries, zones de parkings, réseaux enterrés seront mis en œuvre pour la viabilisation du site. Les trafics envisagés ne nous ont pas été communiqués.

2.4.1. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

Les sollicitations appliquées aux fondations ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques spécifiques à chaque ouvrage.

2.4.2. Terrassements prévus

L'ampleur des terrassements ne nous a pas été communiquée (terrassements généraux, niveaux de sous-sols éventuels pour les bâtiments, fosses techniques éventuelles...).

3. Investigations géotechniques

3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par Ginger CEBTP en accord avec le MAMP. A la demande du propriétaire, les fouilles initialement prévues par GINGER ont été remplacées par des sondages carottés, moins invasifs.

Ces investigations ont toutes été réalisées par l'entreprise FONDASOL dans le cadre du Marché à Bon de Commande.

3.2. Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie par Ginger CEBTP et réalisée par l'entreprise.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain naturel au moment des investigations. En l'absence de plan topographique, elles n'ont pas fait l'objet d'un récolement en altitude NGF.

3.3. Sondages, essais et mesures in situ

3.3.1. Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN	Arrêt/ Refus
Sondage destructif au taillant Ø64 mm	2	SP1pz	10	A
		SP2pz	10	A
Exécution d'essais pressiométriques tous les 1.5 mètres - Norme NF P94-110-1	14			
Sondage semi-destructif au carottier à percussion Ø 90 mm	10	F1	3.0	A
		F2	3.0	A
		F3	3.0	A
		F4	3.0	A
		F5	3.0	A
Sondage semi-destructif au carottier à percussion Ø 90 mm		F6	3.0	A
		F7	3.0	A
		F8	2.0	R
		F9	3.0	A
		F10	3.0	A

Type de sondage (suite)	Quantité	Noms	Prof. / TN	Arrêt/ Refus
Essai au pénétromètre dynamique type B Norme NF P94-115	14	PD1	0.4	R
		PD1bis	5.2	R
		PD2	6.1	R
		PD3	5.4	R
		PD4	5.6	R
		PD5	0.8	R
		PD5bis	1.0	R
		PD6	5.0	R
		PD7	3.1	R
		PD8	0.9	R
		PD8bis	1.2	R
		PD9	1.2	R
		PD9bis	1.3	R
		PD10	3.4	R

Les coupes des sondages et pénétrogrammes sont présentées en annexes 3 et 4, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages destructifs (notés SP) :**
 - coupe approximative des sols*,
 - équipement piézométrique,
 - **Essais pressiométriques :**
 - Module pressiométrique : E_M (MPa),
 - Pression limite nette : p_l^* (MPa),
 - Pression de fluage nette p_r^* (MPa),
 - Rapport E_M/p_l^* .
- **Sondages carottés (notés F) :**
 - coupe détaillée des sols,
 - pourcentage de carottage et RQD,
 - prélèvement de carottes intactes de sols mis dans des caisses en bois,
 - prélèvement d'échantillons intacts sous gaine PVC translucide.
- **Essais au pénétromètre dynamique type B :**
 - diagramme donnant la résistance dynamique qd en fonction de la profondeur et calculée selon la formule des Hollandais.

* l'interprétation des sols à partir des forages de type destructif est faite uniquement d'après l'examen des cuttings, des courbes de pénétration des sols et des diagraphies.

** l'interprétation des sols à partir des essais de pénétration dynamique est faite en fonction des courbes de pénétration et par extrapolation avec les autres investigations.

Nota : les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, les incidents de forage, etc... Par ailleurs, les forages de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau naturels ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés.

3.3.2. Piézométrie

Les équipements suivants ont été mis en place :

Equipement piézométrique	Sondage de référence	Prof. / TN
Piézomètre définitif de type fermé avec capot métallique Norme NF P94-157-2	SP1pz	10
	SP2pz	10

Les relevés des niveaux d'eau effectués ainsi que le détail des équipements mis en place sont indiqués sur les coupes de forage correspondantes.

Un suivi piézométrique mensuel est réalisé sur une durée de 6 mois jusqu'en novembre 2018.

3.4. Essais en laboratoire

Les essais suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	4	NF P94-050
Analyse granulométrique par tamisage	4	NF P94-056
Valeur au bleu du sol (VBS)	4	NF P94-068
Classification des sols (GTR)	4	NF P11-300

Nota : les prélèvements d'échantillons sont la propriété du client. Ils seront conservés pendant un mois à compter de l'envoi du rapport. S'il le souhaite, le client pourra donc soit récupérer ses prélèvements, soit demander à ce qu'ils soient conservés. A défaut de demande expresse, les prélèvements seront mis au rebus.

4. Synthèse des investigations

4.1. Modèle géologique général

Cette synthèse devra être confirmée dans les missions d'études géotechniques de conception G2 AVP et G2 PRO.

4.1.1. Lithologie

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel (TN) tel qu'il était au moment de la reconnaissance.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante au droit des sondages :

Horizon n°H1 : Terre végétale, remblais

Commentaire : graves sablo-limoneuse d'aménagement du parking ; terre végétalisée, limons sableux à graveleux remaniés. Compte-tenu de l'activité passée sur le site, des vestiges de fondations et des surépaisseurs de remblais sont à prévoir au droit des démolitions.

Epaisseur : 0,1 à 1,6 m au droit des sondages

Des surépaisseurs sont également à attendre au droit des anciens fossés, des démolitions, bassins éventuels remblayés, voire puits comblés, ...

Caractéristiques géotechniques moyennes et hétérogènes par définition (cf. §4.1.2).

Horizon n°H2 : Alluvions limoneuses à sablo-graveleuses

Commentaire : complexe alluvionnaire hétérogène disposé en dépôts imbriqués et discontinus de matériaux à dominante limoneuse (mous), et à dominante sablo-graveleuse (plus dense).

On distingue principalement les trois sous-horizons suivants, mais des dépôts lenticulaires intercalés sont à prévoir compte tenu du mode naturel de dépôts des alluvions (anciens chenaux par exemple, ...).

Profondeur : à partir de 0.1 à 1.6 m/TN, jusqu'à 1 à 8.8 m/TN,

Sous-horizon n°H2a : Alluvions limoneuses sablo-graveleuses « moyennement denses ».

Caractéristiques géotechniques moyennes.

Sous-horizon n°H2b : Alluvions limoneuses « molles » à graviers

Caractéristiques géotechniques faibles.

Sous-horizon n°H2c : Alluvions sablo-graveleuses « denses »

Caractéristiques géotechniques moyennes :

Horizon n°H3 : Substratum compact

Commentaire : horizon compact entraînant un refus rapide des pénétromètres, et matérialisé en SP1, SP2 par des marnes, et en F8 par un banc calcaire.

Profondeur : de 1 à 8.8 m/TN,

Caractéristiques géotechniques élevées à très élevées.

Les profondeurs du toit des différents horizons, au droit des sondages sont reportées dans le tableau suivant :

Sondages	Toit de l'Horizon H1	Toit de l'Horizon H2a	Toit de l'Horizon H2b	Toit de l'Horizon H2c	Toit de l'Horizon H3	Arrêt/refus des sondages
	Remblais/Terre végétale	Limon graveleux	Limons graveleux « mous »	Sables et graviers	Substratum dur	
	m/TN	m/TN	m/TN	m/TN	m/TN	
SP1	0	1.4	4.0	Abs	4.8	10 (A)
SP2	0	1.5	Abs	4.8	8.8	10 (A)
F1	0	0.5	Abs ou NA	Abs ou NA	NA	3.0 (A)
F2	0	1.0	Abs ou NA	Abs ou NA	NA	3.0 (A)
F3	0	1.0	Abs ou NA	Abs ou NA	NA	3.0 (A)
F4	0	1.0	Abs	Abs ou NA	NA	3.0 (A)
F5	0	1.0	Abs	2.0	NA	3.0 (A)
F6	0	Abs	0.5	1.8	NA	3.0 (A)
F7	0	0.5	1.1	1.6	NA	3.0 (A)
F8	0	Abs	0.3	Abs	1.4	2.0 (R)
F9	0	1.4	Abs ou NA	Abs ou NA	NA	3.0 (A)
F10	0	Abs	Abs	1.6	NA	3.0 (A)
PD1	0	Abs ou NA	Abs ou NA	Abs ou NA	NA	0.4 (R)
PD1bis	0	0.5	3.5	4.7	5.0	5.2 (R)
PD2	0	0.4	3.0	4.0	6.0	6.1 (R)
PD3	0	1.1	2.7	4.3	5.2	5.4 (R)
PD4	0	Abs	0.4	3.7	5.6	5.6 (R)
PD5	0 - Arrêt sur bloc ?	Abs ou NA	Abs ou NA	Abs ou NA	NA ?	0.8 - Arrêt sur bloc ?
PD5bis	0 - Arrêt sur bloc ?	Abs ou NA	Abs ou NA	Abs ou NA	NA ?	1.0 - Arrêt sur bloc ?
PD6	0	Abs	0.6 (+lentille de 3.2 à 3.5 m)	1.7	4.9	5.0 (R)
PD7	0	Abs	0.4	Abs	3.0	3.1 (R)
PD8	0	Abs	Abs	Abs	0.7 (blocs ?)	0.9 (R)
PD8bis	0	Abs	Abs	0.6	1.1	1.2 (R)
PD9	0	Abs	Abs	0.1	1.0	1.2 (R)
PD9bis	0	Abs	Abs	0.2	1.1	1.3 (R)
PD10	0	0.8	1.9	3.2	3.3	3.4 (R)

Remarques :

- nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu ;
- les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. **La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux et dans les missions géotechniques ultérieures.**

4.1.2. Caractéristiques géo-mécaniques

	Pressiomètre						Pénétromètre dynamique	
	PI* (MPa)			E _M (MPa)			α	qd (MPa)
Horizon / type de sol	Min	Max	VR	Min	Max	VR		
H1 – Remblais	2 valeurs			2 valeurs			0.5	1.5 à 30 MPa VR = 1.5 MPa
	0.46	0.77	-	5.7	13.1	-		
H2a / H2c - Alluvions graveleuses +/- denses	7 valeurs			7 valeurs			0.5	6 à plus de 30 MPa VR = 9 MPa
	0.9	3.4	1.15	9.5	76.5	20		
H2b - Alluvions limoneuses +/- sableuses « molles » (lentilles intercâlées)	1 valeur			1 valeur			0.5	1.5 à 4.5 MPa VR = 1.5 MPa
	-	-	0.48	-	-	6.3		
H3 – Substratum marneux à calcaire, raide	4 valeurs			4 valeurs			0.67	9 à ≥ 50 MPa VR = 15 MPa
	4.2	>4.8	4.2	64.9	326.2	65		

PI* = Pression limite nette E_M = module pressiométrique α = coefficient rhéologique VR : valeur retenue
qd = résistance en pointe du pénétromètre dynamique lourd, type B

4.1.3. Caractéristiques physiques des sols

Les procès-verbaux des essais en laboratoire sont insérés en annexe 5. Les résultats de ces essais sont synthétisés ci-après.

Formation / type de sol	Sondage/ Prof. (m/TN) échantillon	Wn (%)	VBS (g/100g)	Granulométrie				Classe G.T.R.
				Dmax mm	<5 mm	<2 mm	<80 µm	
H1 – limon finement sableux brun-vert	F9 1.3 m	22	2.86	10	100	99	44	A1
H2a – Sable argileux brun-beige	F1 1.0 – 2.0 m	8.4	0.51	20	72	57	16	B5
H2a – Argile marron	F4 1.0 – 2.0 m	14.8	1.83	20	87	82	39	A1
H2b – Limon finement sableux	F6 1.3 – 1.8 m	19.0	1.89	10	100	99	55	A1

Légende :

Wn : teneur en eau naturelle en % du poids total

VBS : Valeur au bleu de méthylène (mesure de l'argilosité) en g / 100 g de matériau

Dmax : Diamètre moyen des plus gros éléments

D5mm, D2mm, D80µm : passant à 5 mm / 2 mm / 80 µm en % de poids total

Les échantillons de sol testés correspondent à des sols à dominante de fines (particules D < 80µm) que l'on classe dans les catégories A1 et B5 de la NF P11-300. Ils sont sensibles à la présence d'eau (perte de portance lors de la saturation) et faiblement sensibles aux phénomènes de retrait gonflement des argiles.

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Piézométrie

Les niveaux d'eau relevés ont été rencontrés à une profondeur comprise entre 1.43 et 2.8 m/TN au moment des investigations (23/03 et 04/04/2018) et lors du relevé piézométrique du 15/06/18.

Les niveaux d'eau relevés s'établissent comme suit au droit des sondages :

Sondages0	Niveau d'eau le 04/04/18	Relevé piézométrique du 15/06/18
	m/TN	m/TN
SP1	(3.0 – non stabilisé)	1.43
SP2	(4.6 – non stabilisé)	2.26
F1	2.8	
F2	2.4	
F3	2.7	
F4	2.1	
F5/F6/F7/F8/F9/F10	Secs	

Les niveaux d'eau relevés correspondent au niveau de la nappe phréatique.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ces niveaux d'eau doivent donc être considérés à un instant donné.

Pour mieux préciser les variations de profondeur de la nappe, une première période de relevés piézométrique est réalisée de juin à novembre 2018 à la fréquence d'un relevé par mois par piézomètre (première période de 6 mois à renouveler).

Par ailleurs, il peut exister des circulations d'eau anarchiques / ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages, notamment en période pluvieuse.

La présence d'un ancien fossé Nord-Sud est suspectée dans la partie médiane du site pouvant concentrer les eaux infiltrées.

4.2.2. Inondabilité

D'après les données issues du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière : www.inondationsnappes.fr ou <http://cartorisque.prim.net>), la parcelle présente une sensibilité « faible » aux risques d'inondations par remontée de la nappe.

Par ailleurs des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

4.3. Risques naturels

4.3.1. Risque sismique – données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents, figurent dans le tableau ci-dessous :

Paramètre	Référence	Valeur
Zone de sismicité	Arrêté 22/10/10	3 (modérée)
Accélération maximale de référence au rocher agr		1,6
$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$	EC8	526

Classe de sol	Tableau 3.1 page 29 EC8- partie 1	B**
Paramètre de sol S	Arrêté 22/10/10	1,35
Paramètre	Référence	Valeur

(*) : la classe de sol a été déterminée en fonction d'une estimation de la V_{s30} (vitesse de propagation des ondes de cisaillement sur les 30 premiers mètres avec $V_{si} = 1,85 \text{ à } 2,1 \times \sqrt{E_{Mi}}$).

(**) les 30 premiers mètres de sols n'ayant pas été investigués (arrêt du sondage pressiométrique SP1 à 10 m), V_{s30} a été estimée avec la base de l'horizon H3 prise à 30 m/TN. Cette hypothèse est sécuritaire sachant que la formation susceptible d'être rencontrée possède un faciès ayant au minimum les mêmes caractéristiques mécaniques.

4.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 3, l'étude de la liquéfaction des alluvions (H2) sous nappe sera requise lors des études ultérieures de conception (missions G2) d'après l'EUROCODE 8.

Des essais de pénétration statiques à la pointe piézocône pourront être menés sur site dans cet objectif.

5. Principes généraux de construction en phase d'étude préliminaire du site.

5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

On retiendra à ce stade des investigations que la lithologie du site se caractérise par :

- Une grande variabilité d'épaisseurs et profondeurs des couches dites « molles » constituées des remblais H1 et des alluvions limoneuses « molles » H2b.
- Des surépaisseurs de remblais (H1) sont à prévoir au droit des démolitions réalisées et suite au réaménagement global en surface.
- L'étendue latérale et en profondeur des dépôts d'alluvions molles (H2b) est difficile à prévoir et aléatoire (sondages PD1/2/3/4/6/7/10, F8/+?, SP1).
- Le substratum marno-calcaire est globalement à une profondeur moyenne de 4.8 à 5.2 m/TN dans le tiers (voire la moitié Ouest) du site.
Son toit remonte ensuite vers l'Est jusqu'à 3.3 à 0.7 m/TN dans le secteur des sondages PD7/8/9/10 et F8.
Des surprofondeurs rapides sont à signaler au nord Est (-8.8 m/TN en SP2) et il reste non atteint en F1/2/3/4/5/6/7/9/10 arrêtés à 3 m/TN).
- Un environnement rural avec des murets en limite de parcelle. Des reconnaissances de fondations seront à prévoir si des ouvrages sont construits en mitoyenneté ou au voisinages de ceux-ci, pour éviter tous dommage en phase travaux et après travaux.
Il conviendra d'envisager leur reprise en sous-œuvre ou en contre œuvre,....
- une sensibilité au risque de retrait/gonflement des marnes H3 est à prévoir.

En première approche, et sur la base des essais pressiométriques et pénétrométrique, les contraintes admissibles suivantes sont estimées pour les différents horizons de sols H2 à H3 et les modes constructifs suivants. Les fondations dans les remblais sont proscrites.

Sous-horizon	Contrainte admissible (valeur sécuritaire)	Type d'Ouvrage	Conceptions envisageables sous réserves des descentes de charges
H1 - remblais	<u>Pas d'ancrage de fondations dans les remblais non contrôlés</u>		
H2a - Alluvions graveleuses denses	Rv ;d _{ELS} = 330 kPa* Rv ;d _{ELU} = 545 kPa*	Légers (RDC à R+1)	Fondation superficielles (semelles/radier) pour les ouvrages légers
H2b – Alluvions limoneuses molles	Rv ;d _{ELS} = 75 à 140 kPa Rv ;d _{ELU} = 110 à 228 kPa	Très légers (RDC)	semelles ou radier superficielles peu chargés

Sous-horizon (suite)	Contrainte admissible (valeur sécuritaire)	Type d'Ouvrage	Conceptions envisageables sous réserves des descentes de charges
H2c – Alluvions graveleuses denses	$R_v ; d_{ELS} = 330 \text{ kPa}^*$ $R_v ; d_{ELU} = 545 \text{ kPa}^*$	Ouvrage lourd, et/ou sur sous-sol	Semelles (ouvrages sur sous-sol) puits
H3- substratum marno-calcaire	$R_v ; d_{ELS} = 1200 \text{ kPa}$ $R_v ; d_{ELU} = 2000 \text{ kPa}$	Ouvrage lourd, à plusieurs niveaux et/ou sur sous-sol	Puits pour une profondeur inférieure à 3 m (secteur Est du site) Micropieux / pieux (ouest et centre du site) Semelles sur inclusions

* limitation possible jusqu'à $R_v ; d_{ELS} = 75 \text{ à } 140 \text{ kPa}$ et $R_v ; d_{ELU} = 110 \text{ à } 228 \text{ kPa}$, en fonction de la proximité avec l'horizon mou H2b.

Les modes de conception sont donnés à titre indicatif. Des études géotechniques de conception en phase Avant-projet (mission G2AVP de la norme NF P 94-500) seront obligatoires pour chaque projet pour préciser les adaptations aux sols des ouvrages, en fonction :

- de leurs gabarits et niveaux bas,
- de leurs descentes de charges,
- de la présence ou non de poches molles à faible profondeur pouvant justifier une limitation plus ou moins importante de la contrainte admissible des alluvions, ou une amélioration du sol par colonnes ballastées ou inclusions rigides.

La nappe est signalée entre 1,4 et 2,8 m/TN (nappe subaffleurante) de profondeur par rapport au niveau actuel du terrain et fait l'objet d'un premier suivi piézométrique sur 6 mois jusqu'en novembre 2018.

Compte-tenu du niveau de nappe et des surépaisseurs attendues de remblais, les niveaux bas non enterrés des locaux nobles seront portés par les fondations et mis sur vide sanitaire.

En cas de sous-sol enterré, une solution de radier général associé à un cuvelage pourra être étudié en missions G2.

Il serait préférable d'envisager un ouvrage sans sous-sol. Dans le cas contraire, des dispositions spécifiques seront à envisager tant en phase travaux (pompage, soutènement des fouilles,...) qu'en phase d'exploitation (cuvelage, pompe de relevage,...),

- en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage, à déterminer par le Maître d'Ouvrage, compte tenu du classement du site en zone de sismicité 3, et compte tenu de la présence de matériaux peu denses sous nappe ..., une étude du risque de liquéfaction, basée sur des investigations/essais spécifiques devra être envisagée.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.

5.2. Adaptations générales de l'avant-projet

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

Cette étude n'est pas prévue pour chiffrer un marché de terrassement.

5.2.1. Réalisation des terrassements

5.2.1.1. Traficabilité en phase chantier

Les 4 essais d'identification ont permis de classer les sols extraits comme suit selon le GTR :

- Formation n°H1 : classe A1
- Formation n°H2a : classes A1 et B5
- Formation n°H2b : classe A1

Les formations testées étant par expérience sensibles à l'eau, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

Les travaux préparatoires pourront être ceux qui seront à réaliser pour mettre en place correctement la couche de forme (cf. paragraphe : niveau bas – dallage).

5.2.1.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les alluvions (formation n°H2) et les remblais (H1) ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

La purge de vestiges d'ouvrages en béton (fondations, anciennes dalles éventuelles on purgées, ...) nécessiteront ponctuellement l'utilisation de matériels adaptés (BRH, ...).

5.2.1.3. Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec sur le premier mètre. Cependant, des venues d'eau peuvent apparaître exceptionnellement en cours de terrassement. Elles seront alors collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Au-delà, les terrassements en déblai recouperont plus ou moins rapidement la nappe phréatique nécessitant un rabattement préalable.

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

5.2.1.4. Talus

Hors mitoyenneté, hors nappe, et non surchargés en tête, les talus **provisoires** des fouilles pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 2 de hauteur, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane par exemple soigneusement fixées, des cunettes étanches en tête de talus.

Pour des hauteurs de talus supérieures à 1.5 m, sous nappe, ou pour des talus plus raides, un confortement est à prévoir. Son dimensionnement fera l'objet d'une étude particulière spécifique (palplanches, paroi moulée, ...)

Hors mitoyenneté et hors nappe, les talus **définitifs** pourront être dressés avec une pente de 3 de base pour 1 de hauteur. Une végétalisation rapide est nécessaire pour éviter les phénomènes de ravinement.

5.2.2. Soutènements

Les sous-sols éventuels impliqueront l'exécution de soutènements solidaires ou non à la structure, a priori sous nappe.

Les solutions envisageables dans ce cas pourront être de type :

- paroi en pieux sécants,
- palplanches,

- paroi moulée.
- tranchée blindée ou paroi berlinoise (hors nappe uniquement),

En l'absence d'essais spécifiques, on pourra retenir provisoirement les caractéristiques géo-mécaniques suivantes à titre indicatif uniquement :

Formation	Type de sol	γ (kN/m ³)	Court terme		Long terme	
			ϕ_u (°)	C_u (kPa)	ϕ' (°)	C' (kPa)
H2a/c	sableux à graveleux	19	30	0	30	0

Nota : la notion de court terme est imprécise et ne peut être utilisée que pour des phases de travaux très provisoires et non pour des ouvrages devant résister pendant la durée du chantier.

Ces valeurs devront impérativement être confirmées dans les phases d'études ultérieures du projet (phase G2 PRO).

La vérification de la condition de renard et de boulangerie devront être vérifiées.

L'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations mitoyennes (reconnaitances complémentaires des fondations, déport minimum de la machine, tonnage limité, etc...).

5.2.3. Amélioration de sol

Les techniques d'amélioration des sols permettent essentiellement la réduction de la déformabilité globale des sols et, conjointement, de diminuer l'amplitude des tassements prévisibles sous l'influence des charges induites par le projet.

Les techniques d'amélioration envisageables en fonction du projet et de la nature des sols rencontrés sont les suivantes :

- substitution des remblais H1 et poches molles pour des faibles épaisseurs et hors nappe,
- colonnes et plots ballastés,
- inclusions semi-rigides,
- inclusions rigides,

5.3. Niveau-bas - dallage

La réalisation de dallages sur terre-plein nécessite la purge obligatoire des remblais H1 (jusqu'à 1.6 m d'épaisseur au droit des sondages) et substitution par un remblai technique en matériaux nobles si les terrassements ne recoupent pas la nappe.

Si ces purges sont considérées comme trop contraignantes ou interfèrent avec le niveau de nappe, les niveaux bas des locaux nobles (bureaux, logements, ...) seront traités en planchers portés par les fondations et mis sur vide sanitaire.

Pour des surcharges importantes, le dallage pourra reposer sur un réseau de colonnes ballastées par l'intermédiaire d'un matelas de répartition (dimensionnement en mission G2PRO).

5.4. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents que le terrain n'est pas inondable.

Il a été dit précédemment que la nappe phréatique avait été repérée dans les sondages vers 1.4 et 2.8 m de profondeur.

Le risque d'inondation de niveaux enterrés par remontée intermittente de la nappe apparaît forte à ce stade de nos connaissances.

Plusieurs solutions sont envisageables pour se prémunir contre l'action de l'eau :

- un drainage périphérique réalisé selon les règles de l'Art (DTU 20.1) ;
- un tapis drainant mis en place sous le dallage qui sera défini avec soin, de façon à assurer son efficacité et sa pérennité (granulométrie de type d/D , pente suffisante, drains en épis si nécessaire, géotextile anti-contaminant, etc...) ;
- une étanchéité relative associée à des cunettes périphériques avec forme de pente et évacuation par pompage des eaux de suintement recueillies ;
- un cuvelage étanche jusqu'à m NGF au minimum (cf. la norme NF P11-221-1 (DTU 14.1) de mai 2000 – paragraphe 4.11 – Travaux de cuvelage).

Les drainages seront raccordés à une évacuation adaptée (gravitaire ou pompe de relevage), et rejetés dans les réseaux sous réserve de l'autorisation des services compétents concernés.

Dans tous les cas, un entretien régulier des ouvrages de drainage est nécessaire afin d'assurer la pérennité de son fonctionnement.

Pour préciser le niveau des niveaux d'eau, un suivi piézométrique est à réaliser.

Ces niveaux sont à prendre en compte pour l'évaluation des efforts dus au sous pressions correspondantes.

Dans l'hypothèse où le Maître d'Ouvrage accepte la possibilité d'une inondation du sous-sol, des dispositions spécifiques devront être étudiées.

Les eaux ne devront, en aucun cas, être infiltrées dans les terrains. Par ailleurs, les dispositifs d'évacuation et de collecte devront être imperméabilisés (bétonnage,...).

5.5. Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique

Disposition générales à respecter :

- système de fondation homogène sous un même corps de bâtiment, à moins de délimiter des parties par joints parasismiques ;
- éviter les fondations isolées ;
- ne pas fonder les constructions à cheval sur deux ou plusieurs types de sol de caractéristiques géotechniques très différentes, ou sur des discontinuités naturelles du sol : fractures, ressauts, brusque, changement de pente, etc... ;
- encastrer fortement les fondations dans les sols meubles ;
- veiller à ce que l'assise des fondations soit horizontale ;
- avoir un seul niveau de fondation et un niveau identique de fondation pour un même corps d'ouvrage ; en cas de niveaux enterrés, les prévoir sur toute l'emprise de la construction ou, à défaut, sur une partie séparée par un joint parasismique. Si la stratification des couches géologiques est inclinée, la totalité des fondations doit descendre dans un niveau de sol identique, éventuellement avec décrochement de niveaux bas, de préférence inférieur à 1.2 m ;
- ne pas fonder les ouvrages sur des sols liquéfiables (vérification à effectuer au cours des missions géotechniques G2)
- éviter impérativement toute accumulation d'eau de ruissellement autour des constructions (drainage périphérique efficace avec des regards de visite) ;
- prévoir tous éléments raidisseurs dans la structure, tels que chaînages, voiles, même courts en longueur, poteaux de même hauteur plutôt longs que courts, notion de couple poteaux forts / poutres faibles à respecter.
- les fondations et/ou longrines formeront un réseau bidirectionnel.

5.6. Préparation de la plateforme de chaussée

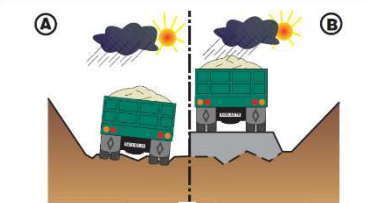
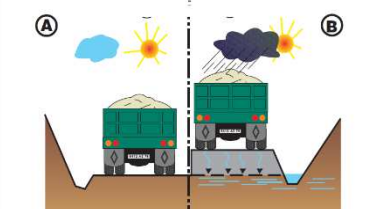
5.6.1. Préambule

L'étude de dimensionnement des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude en phase projet (G2 PRO).

5.6.2. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols fins de classe GTR A1 et B5 pour les échantillons testés.

Lorsque les terrassements en déblai / remblai sont exécutés, la PST peut être estimée, en fonction des sols en présence, pour le sol support sans drainage ni amélioration, entre PST n°1, AR1 et PST n°2, AR1.

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		Sols A, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , C ₁ se trouvant dans un état hydrique (th). Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		Sols Matériaux des classes A, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , C ₁ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₃₁ et certains matériaux C ₂ , R ₄₃ et R ₆₃ dans un état hydrique (h). Contexte. PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte - soit d'exécuter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on intercale un géotextile anticontaminant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		Sols Matériaux des classes A, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , C ₁ , R ₁₂ , R ₁₃ , R ₃₄ et certains matériaux C ₂ , R ₄₃ et R ₆₃ dans un état hydrique (m). Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.

(A) Comportement de la PST à la mise en œuvre de la couche de forme

(B) Situation pendant la "phase de construction" de la chaussée.

Cette classe peut évoluer en fonction des conditions météorologiques et chuter en PST n° 0 avec AR0 en cas de pluie ou de proximité avec la nappe.

Des travaux préparatoires (drainage, purge et substitution, cloutage, mise en place de géogrilles, etc...) pourront être nécessaires pour obtenir une portance PST n°2, AR1 minimum.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

Si, toutefois, les travaux sont réalisés en période défavorable, des sujétions seront à prévoir afin d'augmenter la portance avant la réalisation de la couche de forme (cloutage, substitutions, ...).

Il conviendra de s'assurer de la bonne collecte des eaux de ruissellement.

5.6.3. Couche de forme

Les caractéristiques de la couche de forme (matériaux utilisés et épaisseurs) sont fournies dans le fascicule II du GTR 92, en fonction des classes de PST et AR.

Pour obtenir une PF2 ($EV2 \geq 50$ MPa) à partir d'une PST n°1, AR 1, il est nécessaire d'appliquer les préconisations suivantes :

Etat hydrique de la PST	Classe PST / AR	Amélioration de la PST	Couche de forme
th	PST 0 / AR 0	Drainage latéral + traitement à la chaux sur 50 cm d'épaisseur Drainage latéral + matériaux d'apport type R21 sur 50 cm d'épaisseur	✓ 0.35 m de matériaux A2 traités au liant et éventuellement à la chaux ou ✓ 0.40 m de matériaux de type R21 (0/60 ou 0/100) au-dessus d'un géotextile
h	PST 1 / AR 1	Traitement à la chaux sur 50 cm d'épaisseur Matériaux d'apport type R21 sur 50 cm d'épaisseur	
m	PST 2 / AR 1	Pas nécessaire	
s	PST 3 / AR 1		
ts			

L'état hydrique de la PST devra être déterminée par la réalisation d'essais en laboratoire complémentaire (Indice de Portance Immédiat) en missions G2.

L'aptitude des matériaux au traitement (à la chaux par exemple) en vue de leur éventuelle réutilisation en remblais et/ou couches de formes, nécessite des essais spécifiques en laboratoire pouvant être réalisées par GINGER CEBTP.

5.6.4. Structure type de chaussée

L'étude de dimensionnement des voiries ne fait pas partie de la présente mission et devra faire l'objet d'une mission complémentaire dans le cadre d'une étude en phase projet (G2 PRO) en fonction des trafics envisagés.

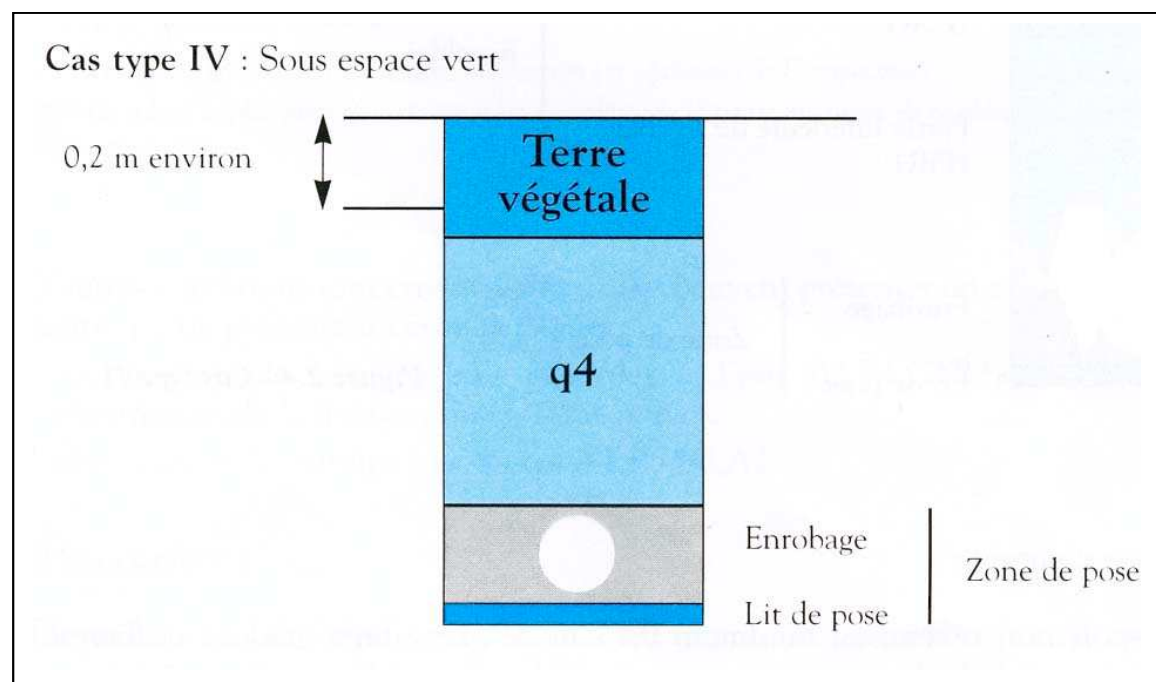
5.7. Tranchées

5.7.1. Remblai pour le réseau d'assainissement : réutilisation des matériaux

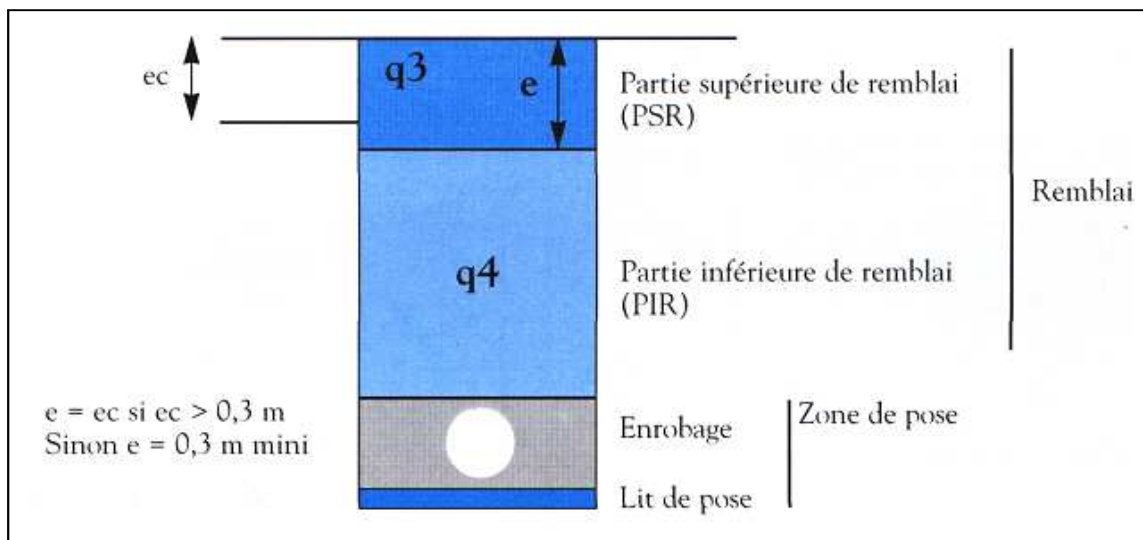
Les objectifs de densification et les croquis ci-dessous sont donnés à titre indicatif selon les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées (Guide LCPC-SETRA de mai 1994).

Quatre cas distincts peuvent se présenter sur le site :

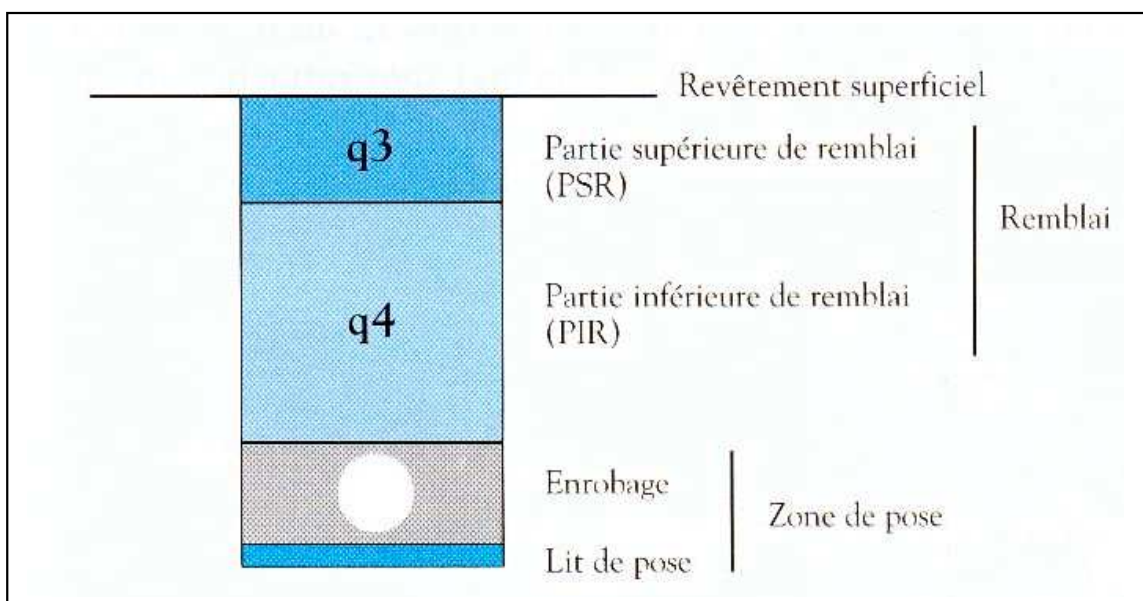
- **Canalisation sous espaces verts : une structure de type IV**, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



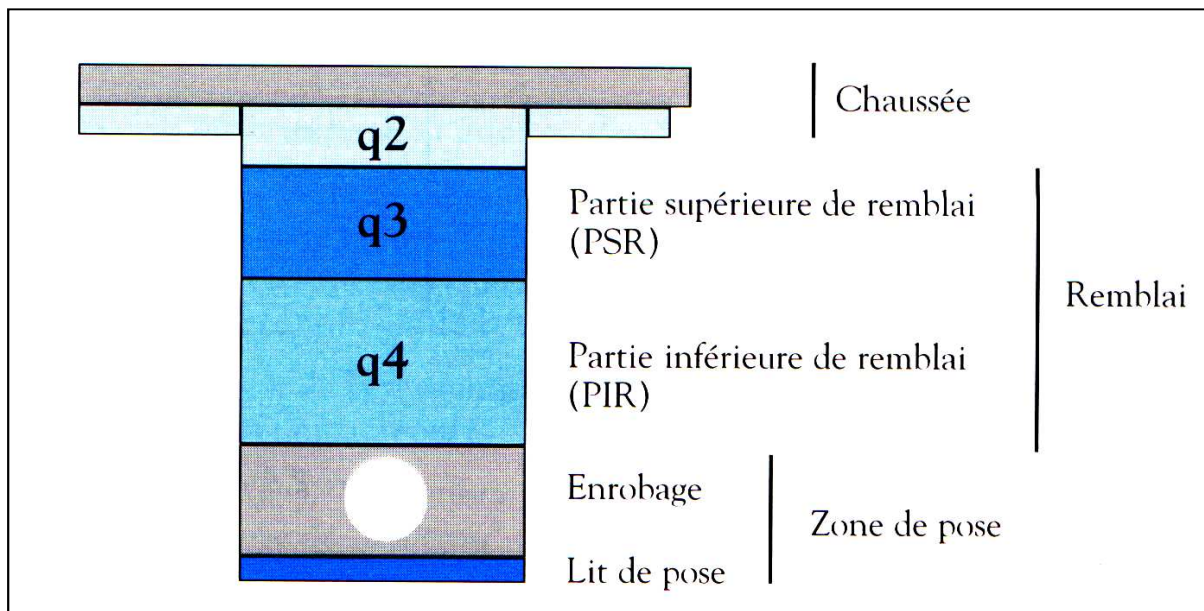
- **Canalisation sous accotements : une structure de type III**, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



- **Canalisation sous trottoir : une structure de type II**, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



- **canalisation sous chaussée : une structure de type I**, correspondant à la figure ci-dessous, sera retenue :



Dans tous les cas, on veillera à ce que les points suivants soient respectés :

- fond de tranchée compacté en deux passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée ;
- enrobage de la canalisation par des matériaux comportant peu d'éléments grossiers et non argileux de manière à ne pas offrir d'entraînement hydraulique en cas de remontée de la nappe ;
- recouvrement de la canalisation (matériau d'enrobage) sur une hauteur comprise entre 10 cm minimum et 30 cm maximum.

5.7.2. Matériaux utilisables en remblai

Le **niveau q4**, correspondant à la partie inférieure du remblai non sollicitée par des charges lourdes, pourra être constitué par les matériaux cités dans le tableau ci-dessous (après contrôle de leur état hydrique) :

Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai

Objectif de densification q4

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m ;	
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s B6h ; B6m ;	
Sols comportant des fines et des gros éléments	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11 ; R12h ; R12m ; R13h ; R13m	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22 ; R23	R22 et R23 assimilés à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ; R43	R42 assimilé à C2B4 R43 assimilé à C1B1
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ; R63 ;	R62 et R63 assimilés à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyer silico-alumineuses de centrales thermiques	F2h ; F2m ; F2s	F2 assimilé à A1
Schistes houillers	F31 ; F32 ;	F31 et F32 assimilés à D3
Schistes des mines de potasse	F41 ;	F41 assimilé à B5
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 ;	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71 ;	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8 ;	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q4 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 95\%$ pd_{OPN} ,
- densité sèche en fond de couche $\geq 92\%$ pd_{OPN} .

L'épaisseur du niveau q4 est fonction de la hauteur de la tranchée et des épaisseurs des niveaux q3 et q2. Dans la mesure où l'épaisseur du niveau q4 ne dépasserait pas 0.15 m, le remblai serait obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

Le **niveau q3** correspond à la partie supérieure du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic ou au revêtement de la chaussée en cas d'absence de charges lourdes.

Seuls les matériaux cités dans le tableau ci-dessous pourront entrer dans la constitution du niveau q3 :

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 ; B3	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 C2B1 ; C2B3 C1B4 ; C2B4 après élimination de la fraction, fine 0/d	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22	R22 assimilé à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ;	R42 assimilé à C2B4
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ;	R62 assimilé à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Schistes houillers	F31	F31 assimilé à D3
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q3 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- densité sèche moyenne de la couche $\geq 98.5\%$ pd_{OPN} ,
- densité sèche en fond de couche $\geq 96\%$ pd_{OPN} .

Des contrôles à la plaque ou à la dynaplaque permettront de vérifier qu'une portance de 50 MPa minimum est obtenue en surface du niveau q3.

Les matériaux utilisés en q3 ne devront pas présenter de « sensibilité à l'eau » que ce soit dans leur état naturel ou après leur avoir fait subir un traitement approprié.

L'épaisseur du niveau q3 à mettre en œuvre est fonction du trafic. Elle sera donc de 0.3 m minimum pour un trafic faible et de 0.6 m minimum pour un trafic fort.

Le **niveau q2** s'applique aux couches de chaussées.

Ce niveau correspondra à une réfection de voirie qui ne pourra être définie qu'en fonction de la classe de trafic retenue pour la voirie.

Pour les préconisations de remblayage des tranchées, l'entreprise se reportera au guide technique de remblayage des tranchées édité par le SETRA-LCPC.

5.7.3. Conditions de réemploi des matériaux du site

Les matériaux du site testés appartiennent aux classes GTR A1 et B5 et ne peuvent être réutilisés pour un niveau de densification q4 dans un état hydrique sec à humide (s, m, h).

Les matériaux très secs (ts) et saturés (th) seront mis en décharges ou réutilisés pour les modelés paysagers.

Niveau q3 et q2 :

Les matériaux du site n'entrant pas dans le tableau récapitulatif présenté précédemment, il conviendra donc d'utiliser des **matériaux d'apport**.

Ginger CEBTP se tient à la disposition du Maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- respect des épaisseurs préconisées,
- contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

NB : l'ensemble de ces préconisations est donné à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition, dans le cadre d'une étude de projet, pour en vérifier la définition et les possibilités.

6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre d'une étude préliminaire du site et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de conception de niveau avant-projet (G2AVP) puis projet (G2 PRO) doivent être envisagées (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- dimensionner les fondations en fonction des sollicitations transmises par la structure,
- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

Dans ces conditions, chaque ouvrage devra donc faire l'objet d'une étude spécifique dès la phase avant-projet (mission G2AVP) avec réalisation d'un programme géotechnique spécifique (sondages et essais complémentaires) pour préciser les adaptations au sol en phase avec sa conception.

Une campagne de sondages complémentaires (pénétromètres statiques, dynamique, reconnaissances complémentaires, essais pressiométriques, reconnaissances de fondation des murs mitoyens le cas échéant) sera indispensable au droit des futurs ouvrages pour vérifier la présence ou non de poches molles en profondeur, et/ou de points durs, sources de tassements différentiels en fonction des implantations retenues.

Un suivi piézométrique est en cours jusqu'en novembre 2018 et nécessitera d'être poursuivi sur une période minimale de un an.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

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 correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		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

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

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

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 avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

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

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

Phase DCE / ACT

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

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

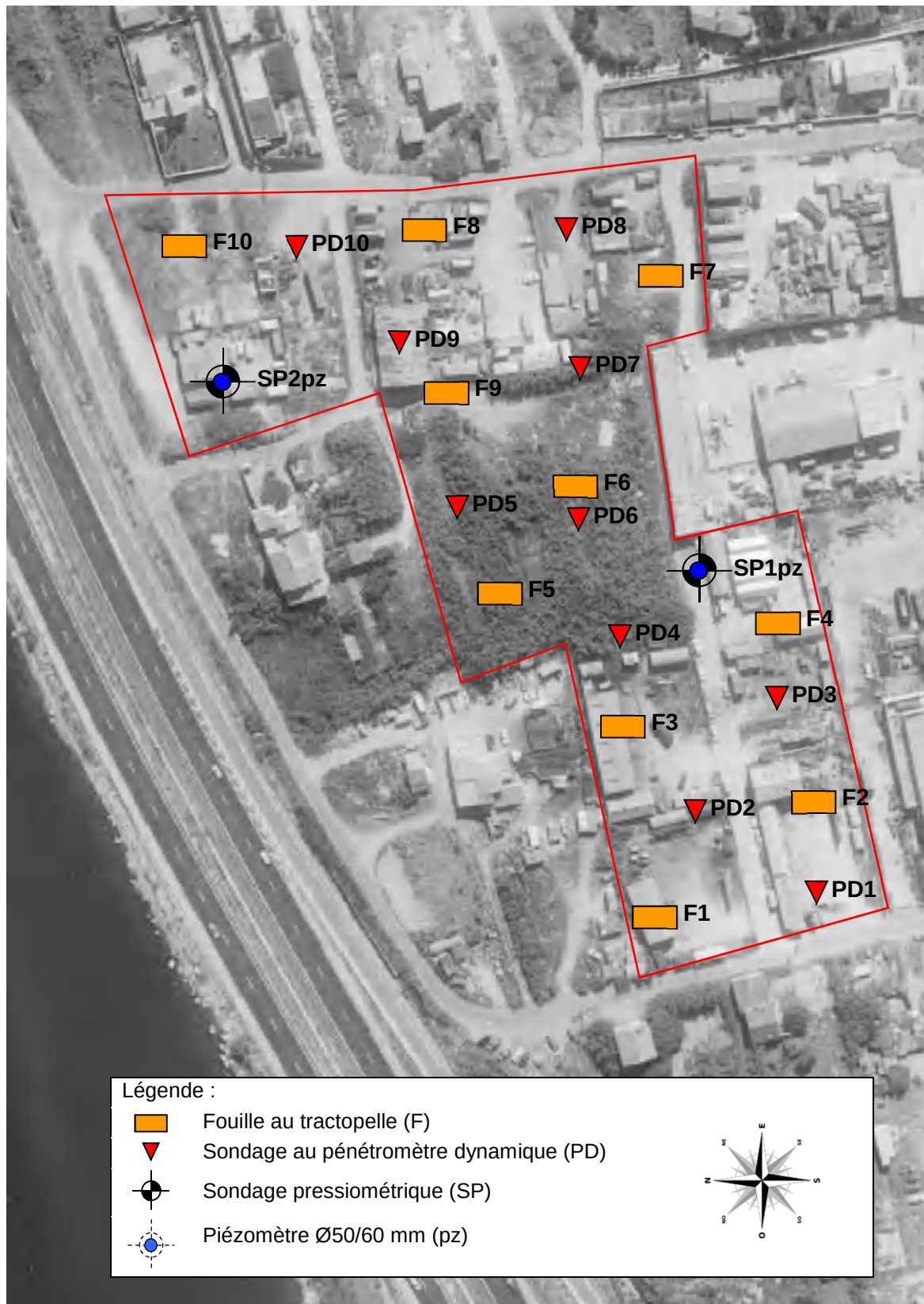
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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).

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES





Report des sondages sur le site de 1981

ANNEXE 3 – SONDAGES DESTRUCTIFS (SP)

- Coupes des sondages destructifs,
- Courbes pressiométriques (p_* et E_M)

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 23/03/2018	Profondeur : 0.00 - 10.00 m

1/100

Sondage : SP1

EXGTE B3.20.3/GTE

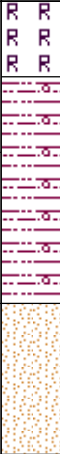
Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage	Equipement forage	Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
1.40 m	Graviers limono-sableux marron	3.0 m 	Taillant rotopercussion Ø 64mm	air	Roto-percussion Ø 68-83 mm	Equipé en piézomètre	0				
3.00 m	Limons gravelo-argileux marron clair						1	5.7	0.46	0.33	12.5
4.00 m	Sables gravelo-argileux marron clair						2	57.0	2.58	2.07	22.1
4.80 m	Limons gravelo-argileux gris foncé						3	20.0	1.67	> 1.67	< 12.0
4.80 m	Limons gravelo-argileux gris foncé						4				
10.00 m	Marne gris foncé				5.00 m		5	11.6	0.94	0.42	12.4
							6	221.4	> 4.83	> 4.83	< 45.8
							7				
							8	326.2	> 4.84	> 4.84	< 67.4
							9				
							10	325.5	> 4.87	> 4.87	< 66.8

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage	Equipement forage	Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
1.50 m	Graviers limoneux marron	4.6 m 	Taillant rotoperçussion Ø64 mm	air	Roto-perçussion Ø 68-83 mm	Equipé en piézomètre	0				
3.00 m	Sables gravelo-limoneux marron						1	13.1	0.77	0.37	17.0
4.80 m	Sables graveleux jaunâtres						2	17.3	1.15	0.90	15.0
							3	20.4	1.44	1.00	14.2
							4				
8.80 m	Sables + ou grésifiés jaunâtre				9.00 m		5	9.5	0.90	0.58	10.6
							6	76.5	3.40	2.44	22.5
							7				
							8	6.3	0.48	0.28	13.2
10.00 m	Marnes argileuses gris foncé						9				
							10	64.9	4.22	2.81	15.4

ANNEXE 4 – ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE (PD)

- Pénétrogrammes.

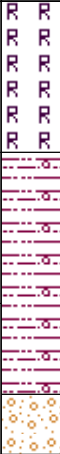
	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Remblais caillouteux marron	En cours de forage 	Carottier percussion Ø90 mm	A sec	Fforage rebouché	ER
1		Limons graveleux marron					ER
2		Sables marron					ER
3				3.00 m	3.00 m	3.00 m	

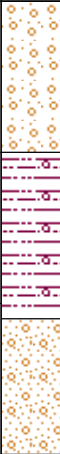
	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Limons graveleux marron foncé	En cours de forage  2.4 m	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		Limons graveleux marron clair					ER
2		Sables jaunâtres					ER
3				3.00 m	3.00 m	3.00 m	3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Remblais argilo-limoneux marron	En cours de forage  2.70 m	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		1.00 m					1.00 m
2		Limons graveleux marron					ER
2		2.60 m					2.00 m
3		3.00 m		3.00 m	3.00 m	3.00 m	ER
		Graviers sableux					3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Graviers sableux	En cours de forage  2.1 m	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		1.00 m					1.00 m
2		2.10 m					ER
3		Sables graveleux		3.00 m	3.00 m	3.00 m	ER
				3.00 m	3.00 m	3.00 m	3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Remblais gravelo-sableux	Non rencontré	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		Sables limono-graveleux					ER
2		Sables jauneâtres					ER
3				3.00 m	3.00 m	3.00 m	3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Limons graveleux marron	Non rencpntré	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		1.30 m					1.00 m
		Limons sableux marron					ER
		1.80 m					2.00 m
2		Sables jaunâtres					ER
3		3.00 m		3.00 m	3.00 m	3.00 m	3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Limons graveleux marron	Non rencontré	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		1.10 m					1.00 m
		1.60 m					ER
2		Sables graveleux marron clair					2.00 m
3				3.00 m	3.00 m	3.00 m	ER
		3.00 m					3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 2.00 m

1/50

Sondage : F8

EXGTE B3.20.3/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0	 Limons graveleux mou	Non rencontré	C P Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1			1.40 m	1.40 m		1.00 m
2	Calcaire blanc		T Ø64 mm 2.00 m	air 2.00 m		ER 2.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)		Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Limons graveleux marron	Non rencontré	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
1		1.40 m					1.00 m
2		Sables argileux verdâtres					ER
3		2.50 m					2.00 m
		Sables limoneux verdâtre		3.00 m	3.00 m	3.00 m	ER
		3.00 m					3.00 m

	MAMP TERRAIN TOTAL LA MEDE	n° affaire AF.EMA.17.0162
	Date : 11/04/2018	Profondeur : 0.00 - 3.00 m

Profondeur (m)	Lithologie		Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Equipement forage	Echantillons
0		Limons graveleux mous marrons	Non rencontré	carottier percussion Ø90 mm	A sec	forage rebouché	ER
		0.80 m					
I		Sables lâches marron					
		1.00 m					
		Sables graveleux lâches					ER
		1.60 m					
2		Sables jaunâtres					ER
3		3.00 m		3.00 m	3.00 m	3.00 m	

ANNEXE 5 – SONDAGES AU CAROTTIER BATTU (F)

- Coupes détaillée des sols



MAMP
TERRAIN TOTAL
LA MEDE

(Contrat AF.EMA.17.0162)

Date début : 04/04/2018

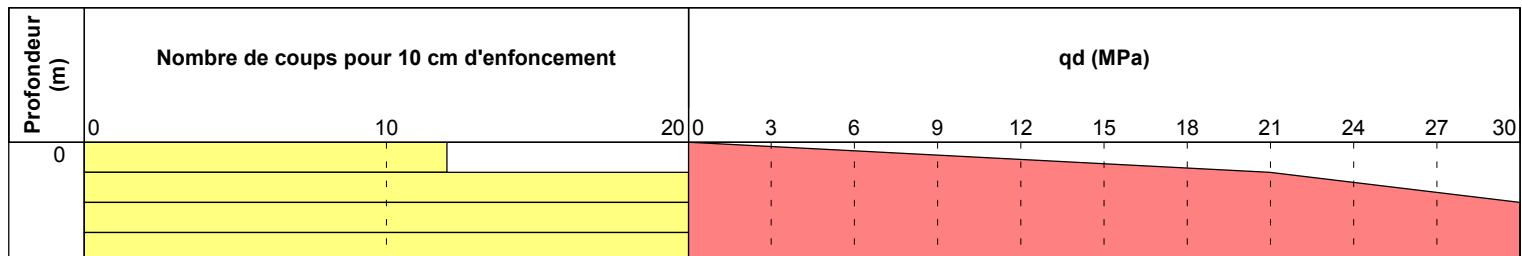
Machine : PDB7

Profondeur : 0.00 - 0.40 m

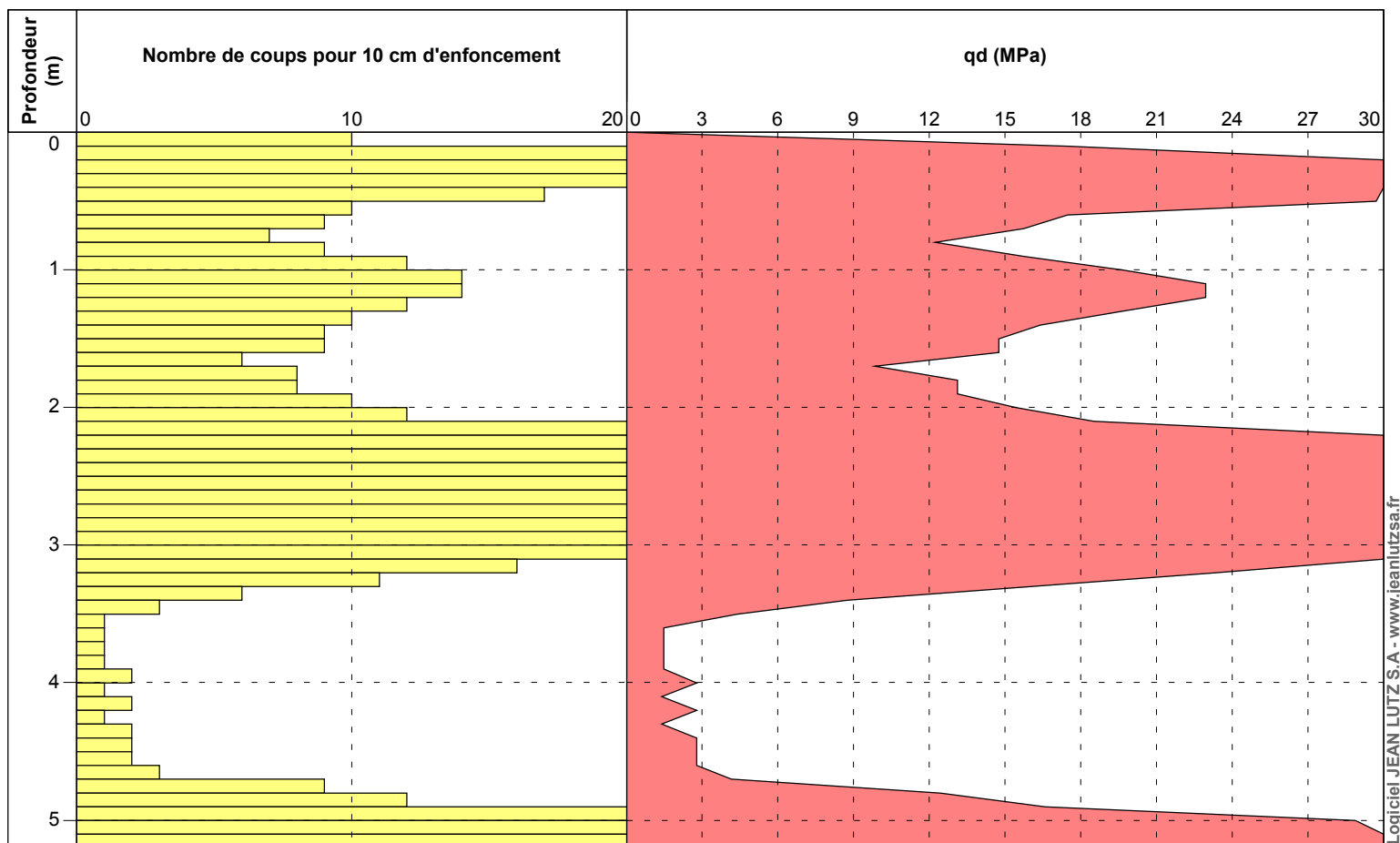
1/25

Forage : PDB1

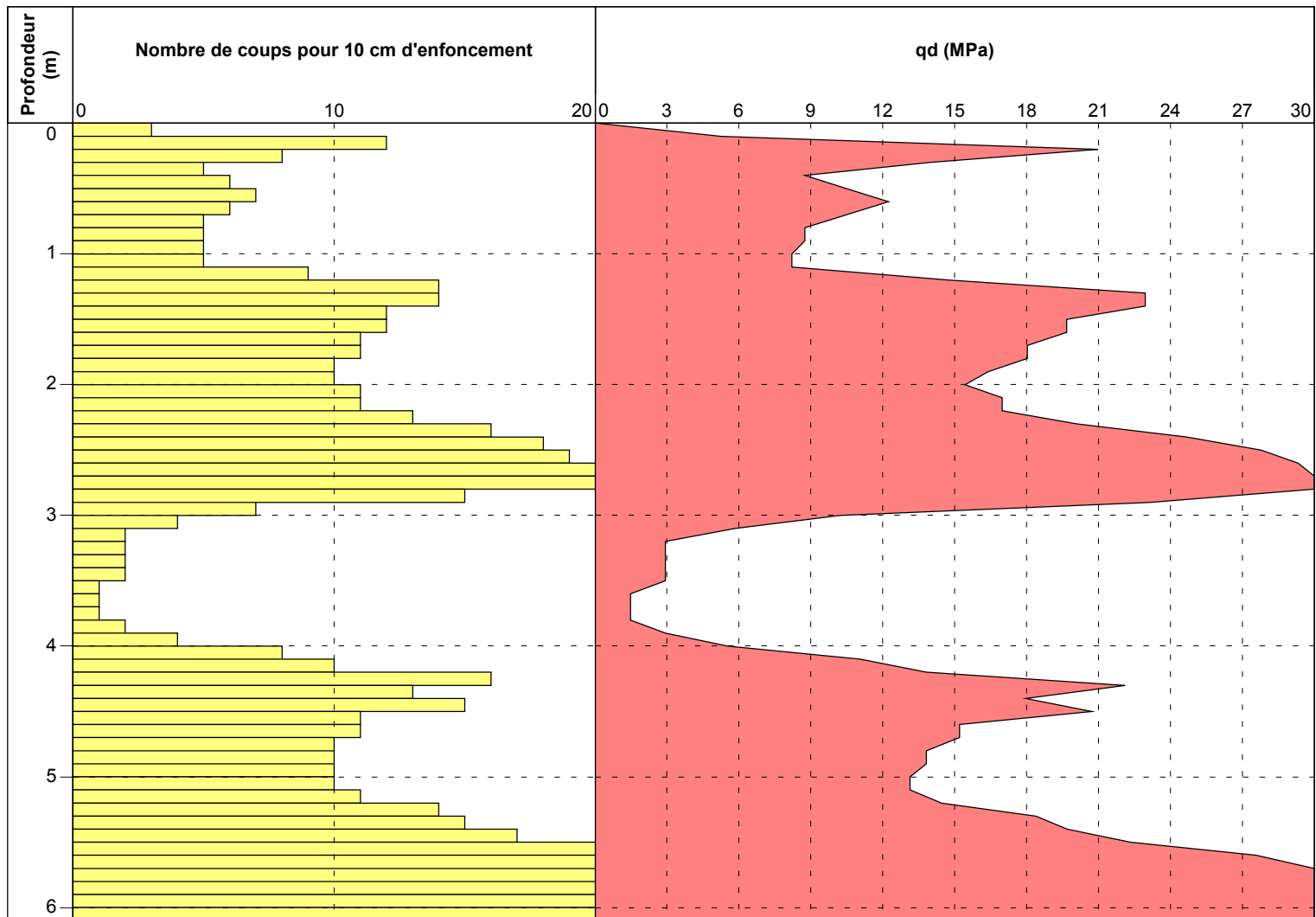
EXGTE B3.20.3/GTE



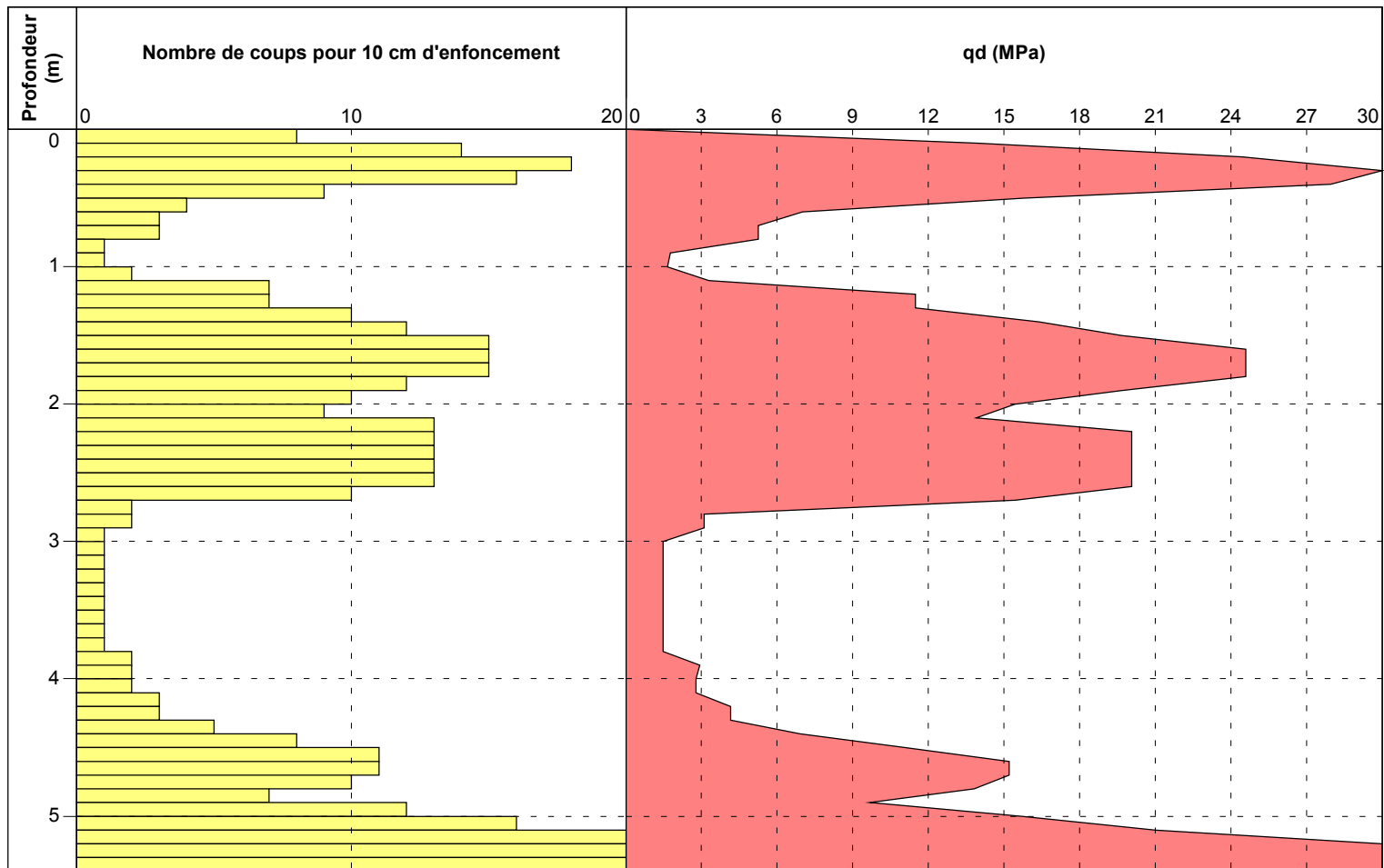
Refus du pénétromètre dynamique à 0,4 m de profondeur



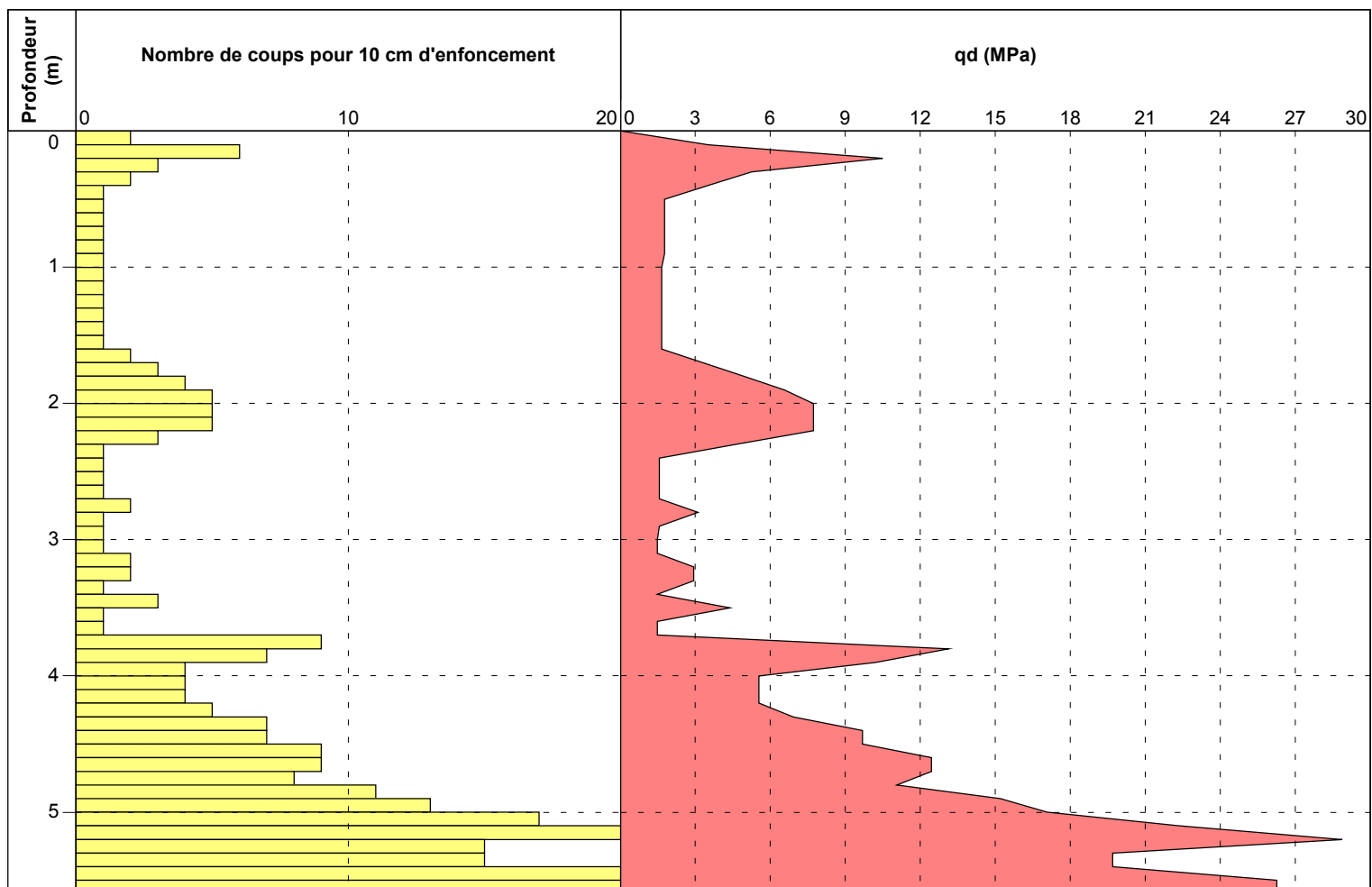
Refus du pénétromètre dynamique à 5,2 m de profondeur



Refus du pénétromètre dynamique à 6,1 m de profondeur



Refus du pénétromètre dynamique à 5,4 m de profondeur





MAMP
TERRAIN TOTAL
LA MEDE

(Contrat AF.EMA.17.0162)

Date début : 05/04/2018

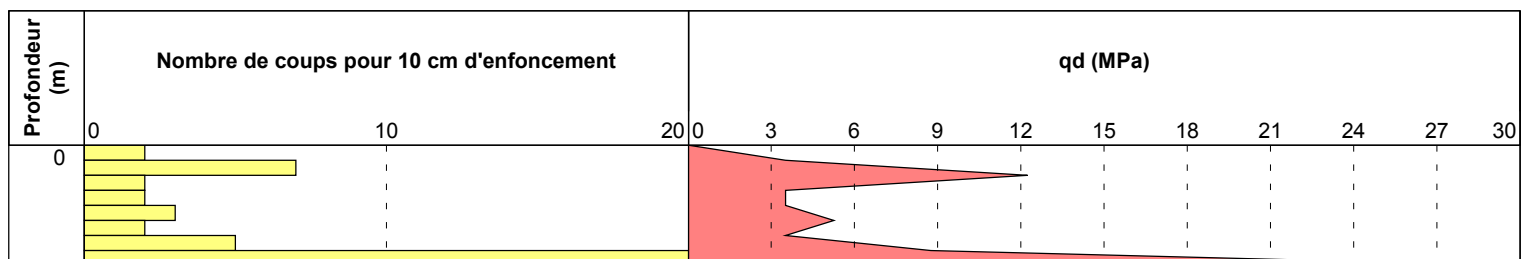
Machine : PDB7

Profondeur : 0.00 - 0.80 m

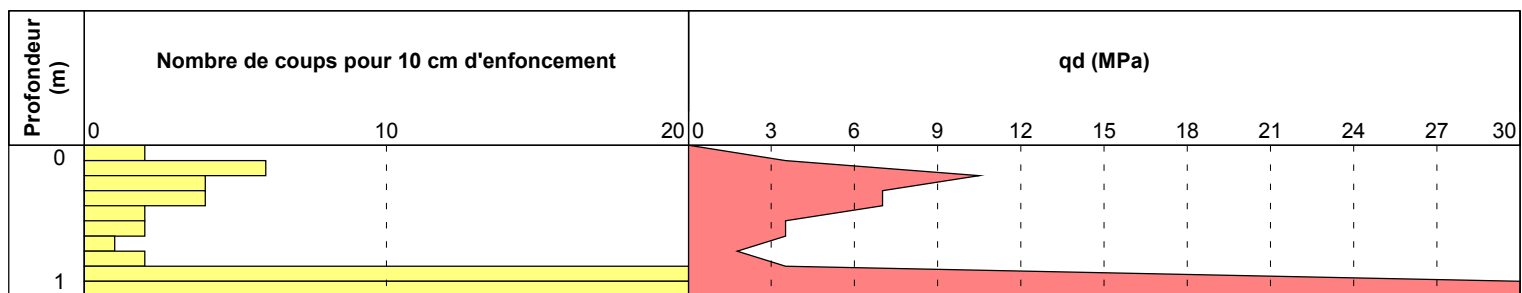
1/50

Forage : PDB5

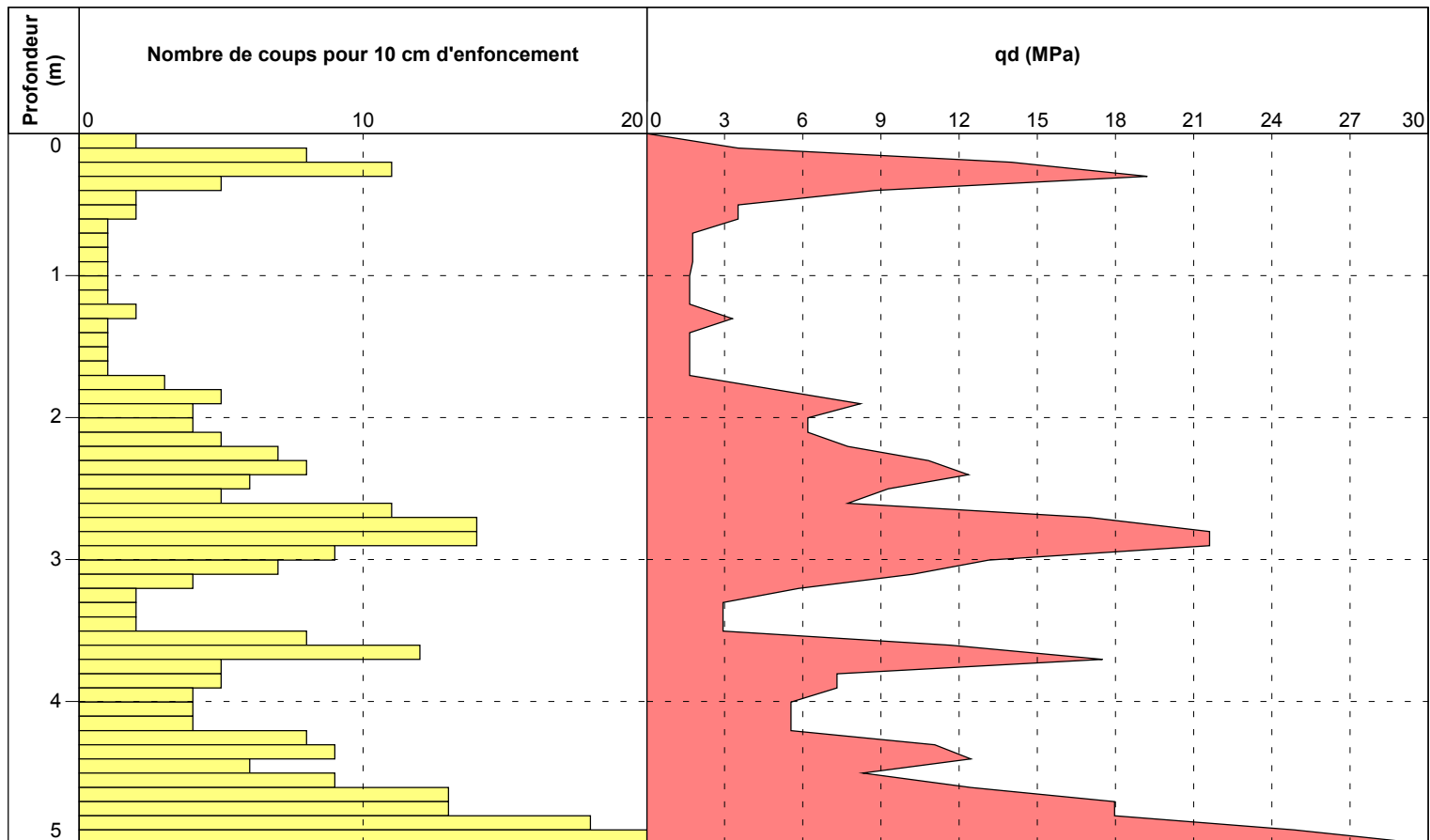
EXGTE B3.20.3/GTE



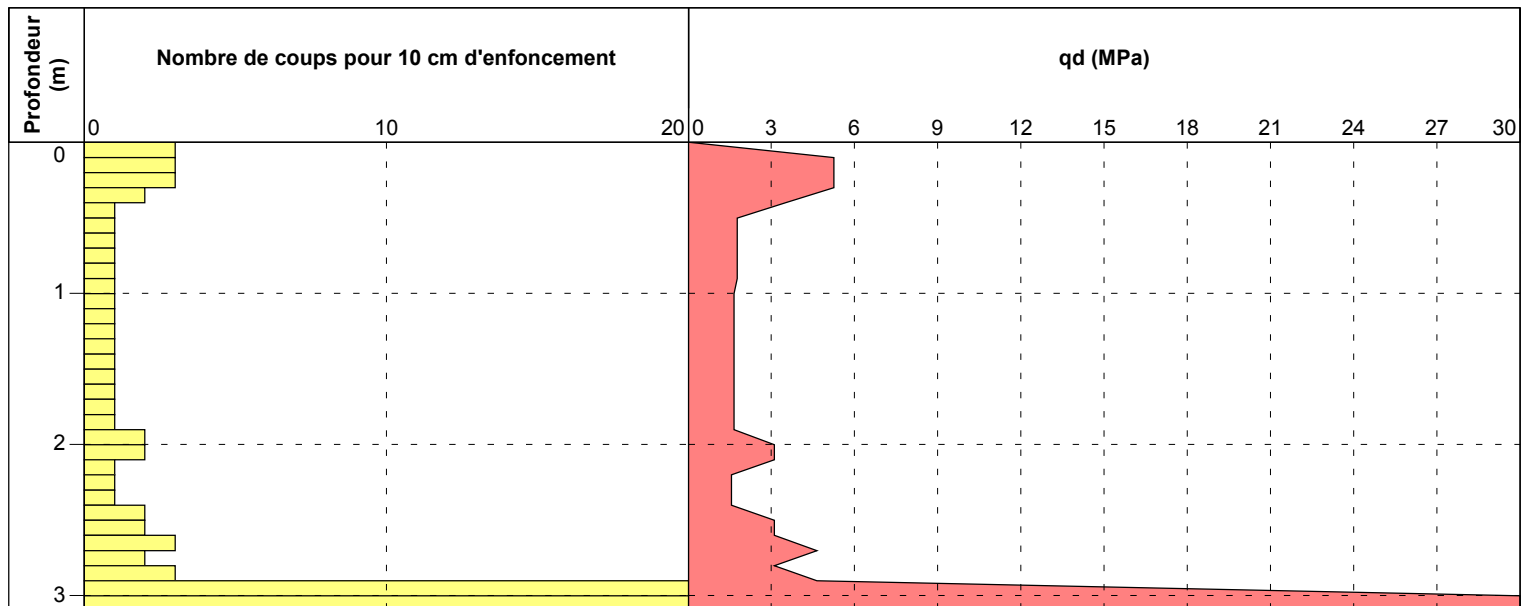
Refus du pénétromètre dynamique à 0,8 m de profondeur



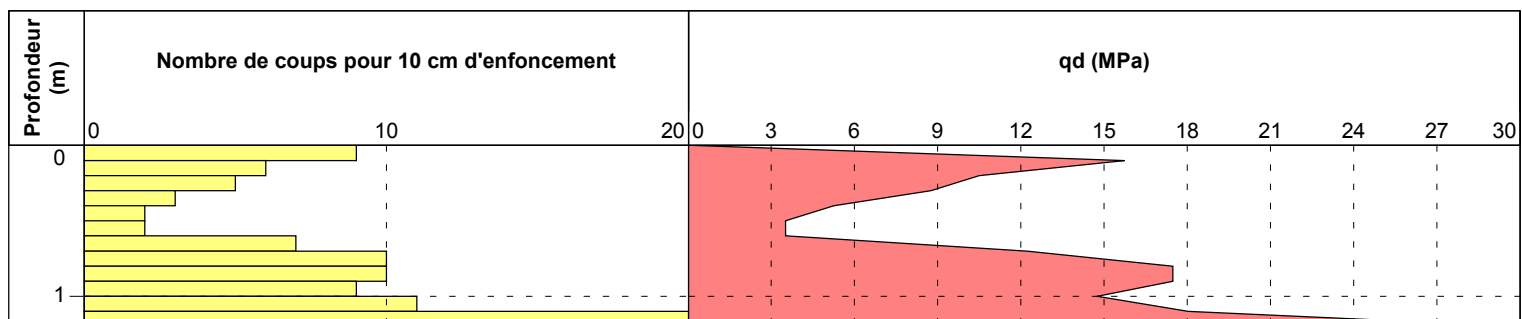
Refus du pénétromètre dynamique à 1,0 m de profondeur



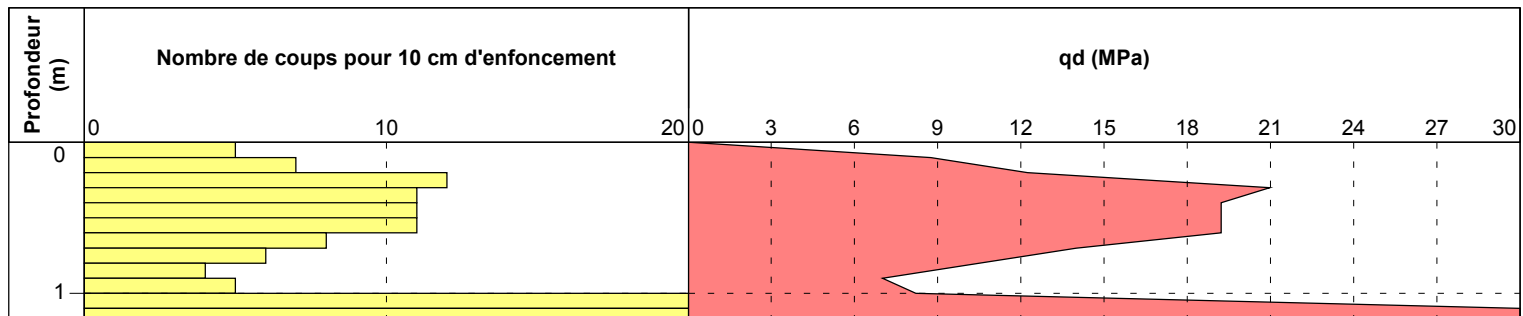
Refus du pénétromètre dynamique à 5,0 m de profondeur



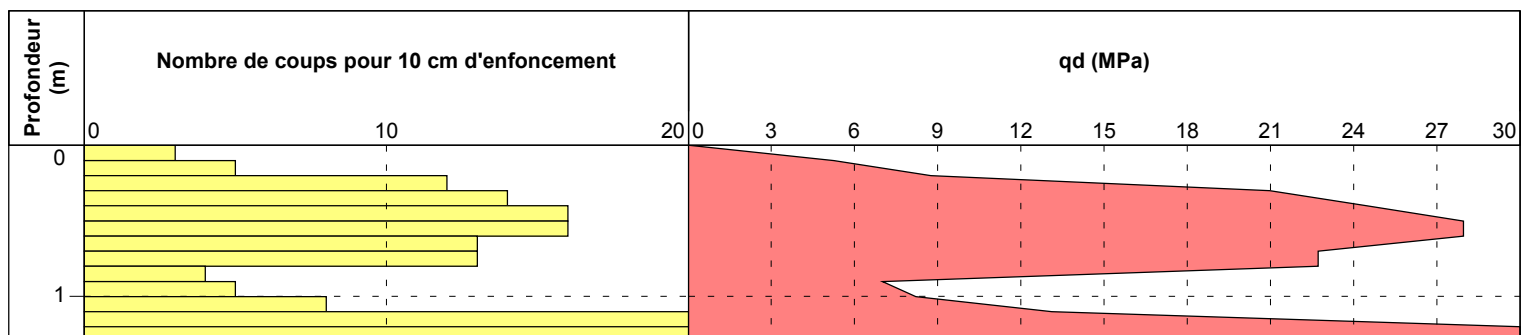
Refus du pénétromètre dynamique à 3,1 m de profondeur



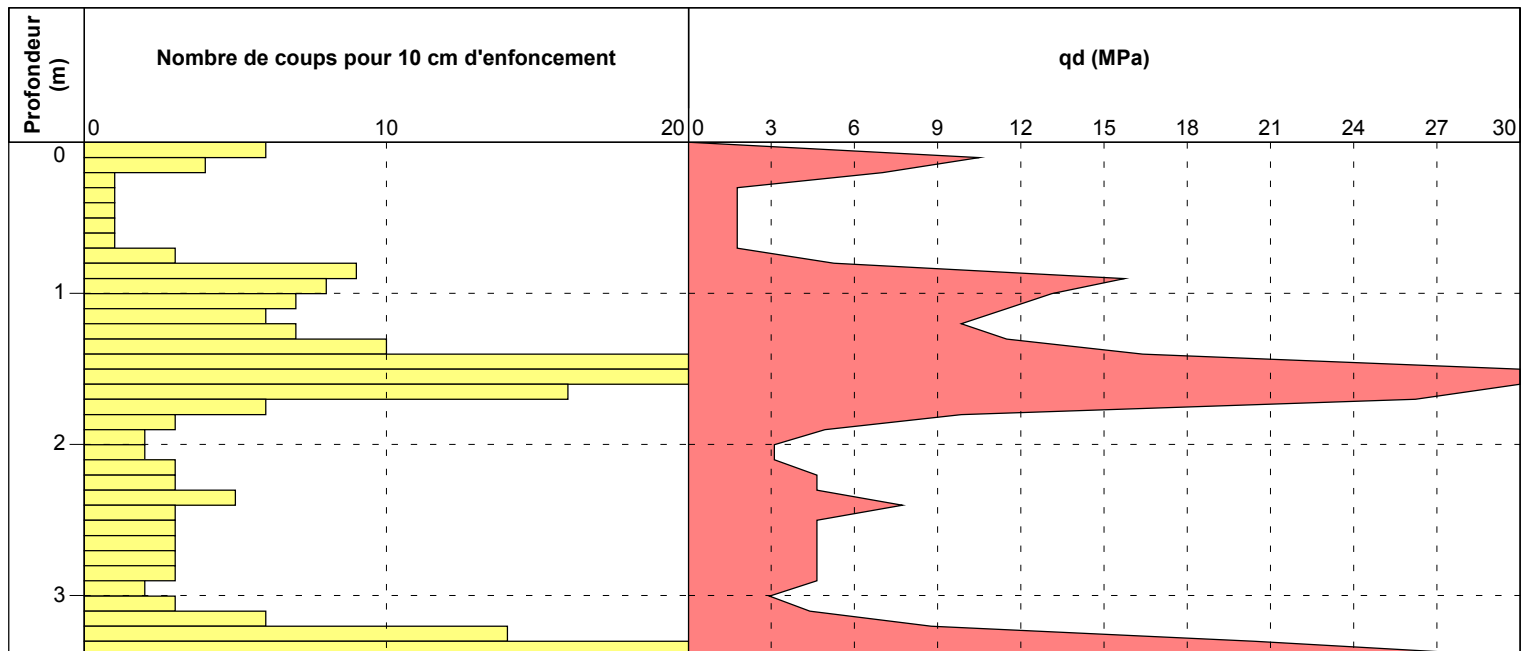
Refus du pénétromètre dynamique à 1,2 m de profondeur



Refus du pénétromètre dynamique à 1,2 m de profondeur



Refus du pénétromètre dynamique à 1,3 m de profondeur



Refus du pénétromètre dynamique à 3,4 m de profondeur

ANNEXE 6 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

- Identifications des sols

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suitant normes NF françaises

page 1/1
édité le 07/06/2018

Chantier : La Mede

Client : MAMP

Destinataire : CAI2.H.883-15

Adresse :

Dossier : CAI5.I.002

N° d'enregistrement : 18AIX0803

Nature du matériau : Sable Argileux brun beige

Repère ou sondage : F1

Profondeur : 1.00 à 2.00m

Mode prélèvement : Tarière

Date prélèvement : 11/04/2018

Prélevé par : GINGER CEBTP

Date des essais : 31/05/2018

D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 80µ			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068									NFP 11-300
20	8.4	0.51				72	57	16			

(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

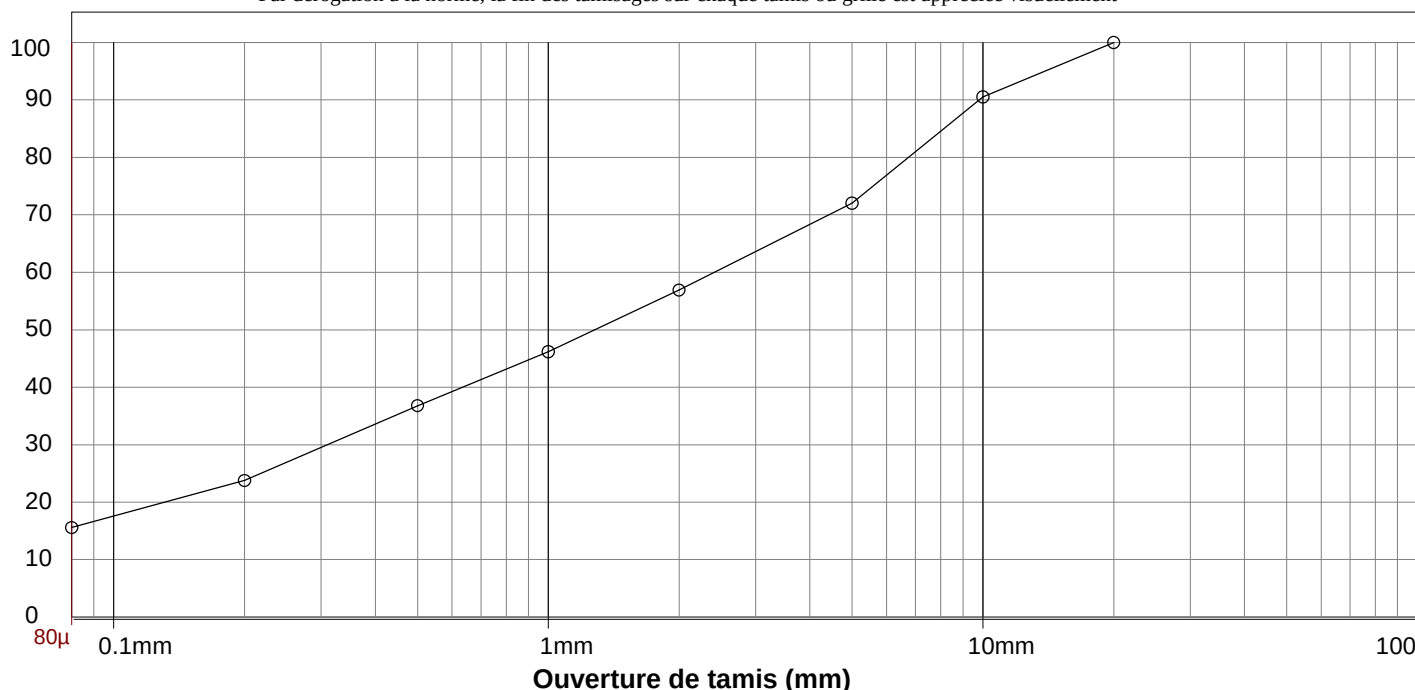
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamissage à sec après lavage

granulométrie: NFP 94 056

% passants

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement



Tamis en mm	0.08	0.2	0.5	1	2	5	10	20
Passants (%)	16%	24%	37%	46%	57%	72%	91%	100%

Responsable laboratoire

Louisa Pares

GRASOL32-S Version 6.0 -- [DQ. E151-02 - V.1 du 28/09/2016]

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suitant normes NF françaises

page 1/1
édité le 07/06/2018

Chantier : La Mede

Client : MAMP

Destinataire : CAI2.H.883-15

Adresse :

Dossier : CAI5.I.002

N° d'enregistrement : 18AIX0804

Nature du matériau : Argile marron

Repère ou sondage : F4

Profondeur : 1.00 à 2.00m

Mode prélèvement : Tarière

Date prélèvement : 11/04/2018

Prélevé par : GINGER CEBTP

Date des essais : 01/06/2018

D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 80µ			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068									NFP 11-300
20	14.8	1.83				87	82	39			A1

(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

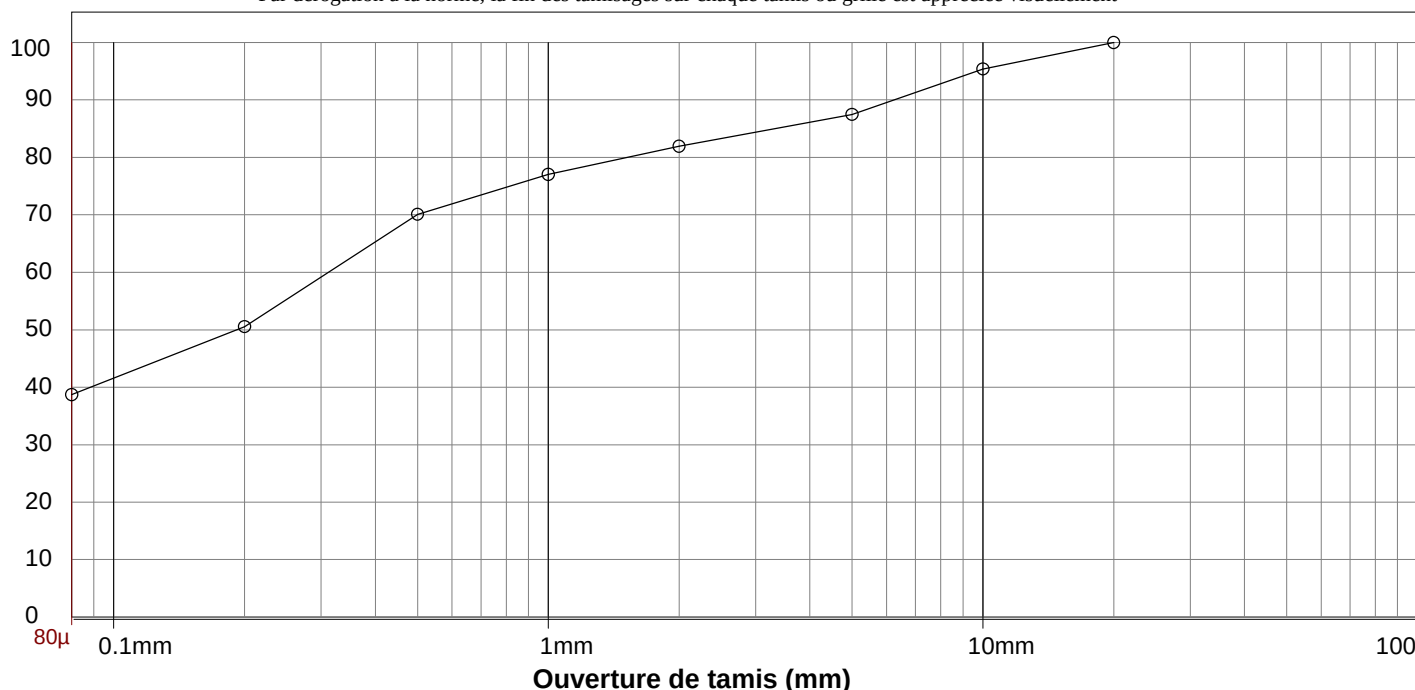
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamissage à sec après lavage

granulométrie: NFP 94 056

% passants

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement



Tamis en mm	0.08	0.2	0.5	1	2	5	10	20
Passants (%)	39%	51%	70%	77%	82%	87%	95%	100%

Responsable laboratoire

Louisa Pares

GRASOL32-S Version 6.0 -- [DQ. E151-02 - V.1 du 28/09/2016]

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suites normes NF françaises

page 1/1
édité le 07/06/2018

Chantier : La Mede

Client : MAMP

Destinataire : CAI2.H.883-15

Adresse :

Dossier : CAI5.I.002

N° d'enregistrement : 18AIX0805

Nature du matériau : Limon finement sableux

Repère ou sondage : F6

Profondeur : 1.30 à 1.80m

Mode prélèvement : Tarière

Date prélèvement : 11/04/2018

Prélevé par : GINGER CEBTP

Date des essais : 01/06/2018

D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 80µ			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068									NFP 11-300
10	19.0	1.89				100	99	55			A1

(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

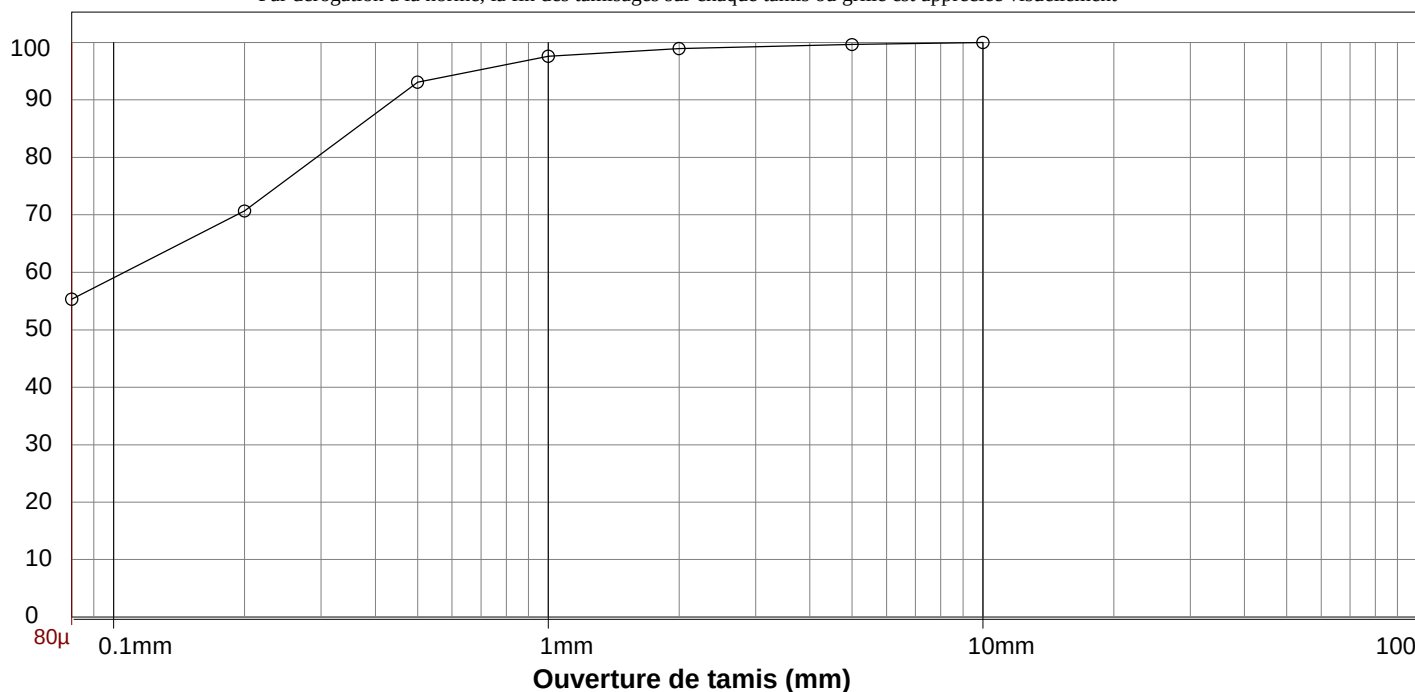
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamissage à sec après lavage

granulométrie: NFP 94 056

% passants

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement



Tamis en mm	0.08	0.2	0.5	1	2	5	10
Passants (%)	55%	71%	93%	98%	99%	100%	100%

Responsable laboratoire

Louisa Pares

GRASOL32-S Version 6.0 -- [DQ. E151-02 - V.1 du 28/09/2016]

RAPPORT D'ESSAIS SUR ECHANTILLON DE SOL

suites normes NF françaises

page 1/1
édité le 07/06/2018

Chantier : La Mede

Client : MAMP

Destinataire : CAI2.H.883-15

Adresse :

Dossier : CAI5.I.002

N° d'enregistrement : 18AIX0806

Nature du matériau : Limon finement sableux brun vert

Repère ou sondage : F9

Profondeur : 1.30

Mode prélèvement : Tarière

Date prélèvement : 11/04/2018

Prélevé par : GINGER CEBTP

Date des essais : 01/06/2018

D.max	Teneur en eau (*) W	Valeur au bleu VBS	Limite de liquidité WL	Limite de plasticité WP	Indice de plasticité IP	Passant à 5 mm	Passant à 2 mm	Passant à 80µ			Classification du sol
mm	%	g/100g	%	%	-	%	%	%			
	NFP 94-050	NFP 94-068									NFP 11-300
10	22.0	2.86				100	99	44			A2

(*) Par dérogation à la norme, la mesure de la teneur en eau est effectuée en laissant le matériau au moins 12 heures à l'étuve

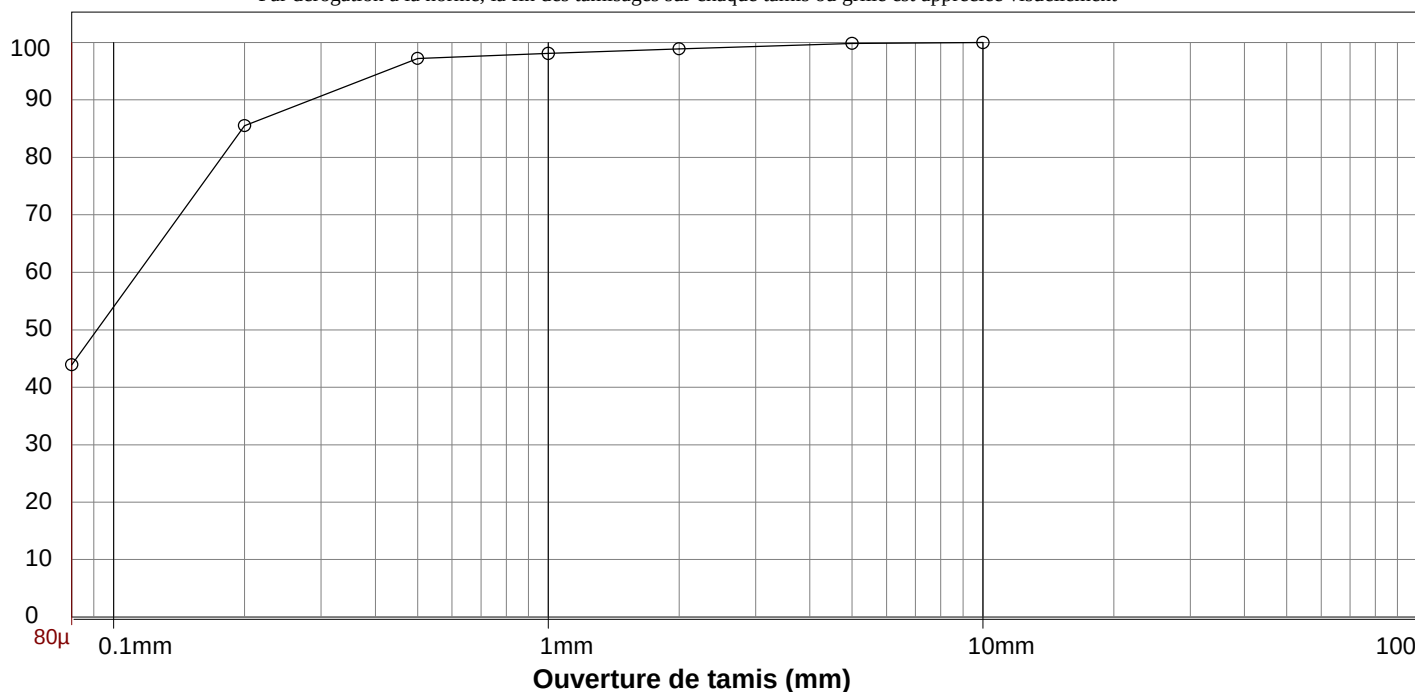
ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU MATERIAU

Tamissage à sec après lavage

granulométrie: NFP 94 056

% passants

Par dérogation à la norme, la fin des tamisages sur chaque tamis ou grille est appréciée visuellement



Tamis en mm	0.08	0.2	0.5	1	2	5	10
Passants (%)	44%	86%	97%	98%	99%	100%	100%

Responsable laboratoire

Louisa Pares

GRASOL32-S Version 6.0 -- [DQ. E151-02 - V.1 du 28/09/2016]

Le présent rapport d'essai comporte une page unique. Il ne concerne que les objets soumis aux essais.

Sauf autorisation préalable, il n'est utilisable à des fins commerciales ou publicitaires qu'en reproduction intégrale.

CONTACT

Agence d'Aix-en-Provence

1030 rue JRGG de la Lauzière, Les Milles
13290 AIX EN PROVENCE

Tél. 33 (0) 4 42 99 27 00

Fax 33 (0) 4 42 99 27 35

Email : cebtp.aix@groupeginger.com

www.groupe-cebtp.com