



ETUDE GEOTECHNIQUE

Projet de lotissement de 53 lots
PHASE PRINCIPE GENERAUX DE
CONSTRUCTION (G1 PGC)

Voirie de desserte
PHASE AVANT-PROJET (G2 AVP)

Lotissement **« Carbonade »**

Fourquevaux (31)

Projet réalisé par
ARP FONCIER à Toulouse - 31



Référence / Indice	Intervention	Document	Etabli par	Contrôlé par
AQU18G097GA	28/08/18 au 30/08/18	24/09/2018	Vincent DOMEQ	Adeline HÉRAUT

Sommaire

1	Introduction	3
2	Mission.....	4
3	Description du projet soumis à l'étude	5
4	Enquête documentaire	7
4.1	Situation, relief, paysage et géologie	7
4.2	Vue aérienne.....	8
4.3	Risques naturels	8
5	Investigations Géotechniques	9
5.1	Prospection visuelle et enquête sur site.....	9
5.2	Sondages et prospections.....	11
5.3	Géophysique.....	12
5.4	Sondages.....	12
5.5	Essais d'infiltration	12
5.6	Prélèvements de sols.....	13
6	Synthèse	15
6.1	Projets de construction.....	15
6.2	Voirie.....	21
7	Conclusion	25
8	Annexes	26

1 INTRODUCTION

Intervenants

		Coordonnées	
Maître d'ouvrage	ARP FONCIER - 31		
Entreprise / Constructeur	ARP FONCIER - 31		
		Devis le	Commande
Client	ARP FONCIER - 31	31/07/2018	31/07/2018

Avertissement

Pour la bonne compréhension de ce rapport il est demandé de consulter les annexes.

Toute modification apportée au projet devra nous être signalée pour réexamen et éventuellement modification des conclusions. Il est conseillé de réaliser une étude béton armé pour une bonne exploitation de ce rapport.

Assurances

Fimurex a souscrit un contrat d'assurance professionnelle BTP Ingénierie, économie de la construction auprès de la SMA Courtage. N° souscripteur : C28101N ; n° contrat : 7356000 / 002 66408/26

Remarque

Les ingénieurs d'ARMASOL sont à la disposition du Maître d'ouvrage et des différents corps de métiers pour tous renseignements ou explications complémentaires sur le rapport ou ses conditions d'utilisation.

2 MISSION

Objectif

- Réalisation d'un lotissement avec étude de voiries et aménagements.

Documents et plans reçus

- pour le site : plan de situation, plan local ou cadastral.

Contenu (Norme NF P 94 500 novembre 2013)

Investigations

- Sondages et prospections conformes au devis.

G1 ES

G1 PGC pour les lots.

G2 AVP pour la voirie de desserte.

Exclu de l'étude :

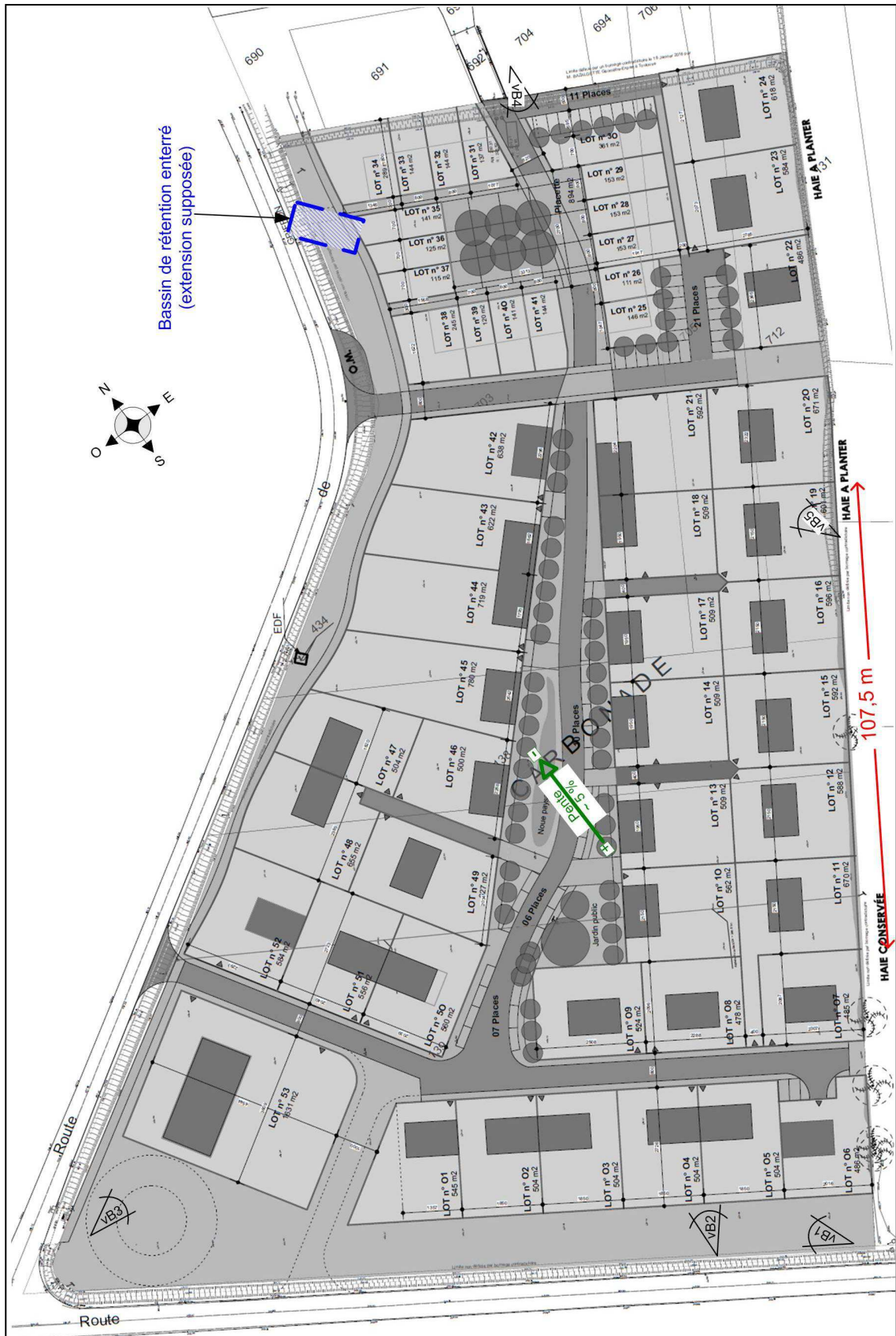
- diagnostic pollution du site.
- étude hydrogéologique (évolution de la présence d'eau, suivi des nappes...).
- toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques.

Voir les conditions d'utilisation du rapport ainsi que les limites et pertinence des informations concernant l'eau en annexes et chapitre 7 - paragraphe drainage.

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.

3 DESCRIPTION DU PROJET SOUMIS A L'ETUDE

Lotissement de 53 lots.



Commentaires ou hypothèses formulés sur la base des documents reçus

Projets de constructions sur les lots :

- **Type de constructions** : maisons individuelles à jumelées (RdC à R+1).
- **Cote(s)** : Altimétrie des projets non définie au stade actuel de l'étude.
- **Terrassements induits pour tout le projet (hors fondations)** : Compte tenu de la topographie du site et de la nature des projets, les terrassements devraient présenter une amplitude limitée ($h < 1,5$ m).
- **Assainissement envisagé (hors étude)** : les EP et EU seront raccordés aux réseaux collectifs du lotissement (à créer).

La voirie :

- **Type** : voirie de desserte à faible trafic (trafic compris entre 0 et 9 PL/jour/sens).
- **Terrassements induits pour réaliser les profils de voirie** : Compte tenu de la topographie du site, les terrassements seront limités à l'arase TN ($h < 1$ m).

4 ENQUETE DOCUMENTAIRE

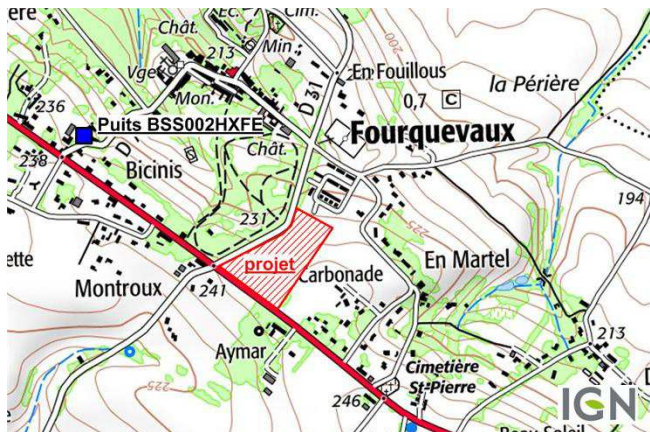
4.1 SITUATION, RELIEF, PAYSAGE ET GEOLOGIE

Situation

Adresse : Lieu Dit "Carbonade" - Route de Griffon - Fourquevaux (31)

Coordonnées GPS : Lat. = 43,502259 Long. = 1,619337

Altitude moyenne : **237 m NGF** (min : 230 NGF ; max : 240 NGF).



Contexte géologique (source BRGM)

Sol(s) présent(s) sur le site d'après la carte n° 1010 :

Formations de pente, éboulis et solifluxion, formation très hétérogène argilo-limoneuse de plusieurs mètres d'épaisseur (m-gRc).

- Age : Tertiaire et Quaternaire (-65 Ma à actuel)
- Retrait-gonflement : susceptibilité moyenne (dépt 31) et aléa moyen (dépt 31)

Formations résiduelles des plateaux, de 1 à 2 m d'épaisseur issue de la décomposition de la molasse sous-jacente (m-gRe).

- Age : miocène - Tertiaire sup. (néogène -23 à -1,8 Ma) - actuel - Quaternaire récent (moins de 10 000 ans)
- Retrait-gonflement : susceptibilité moyenne (dépt 31) et aléa moyen (dépt 31)

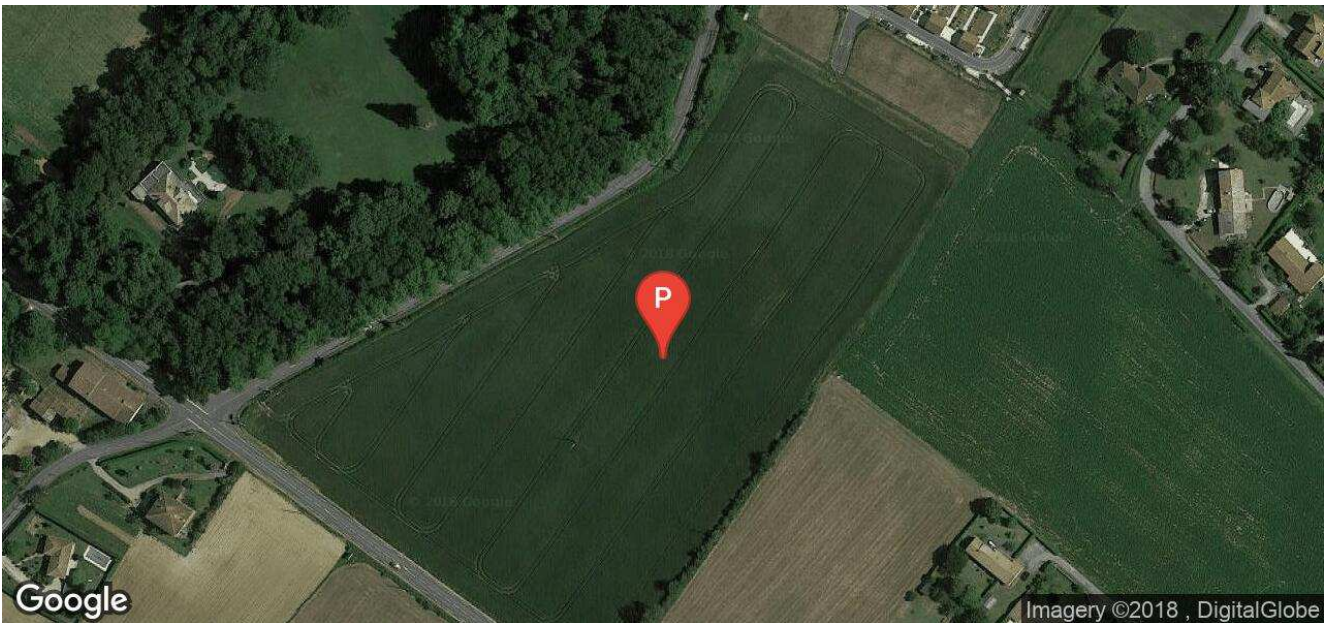
Sable et grès, à cimentation calcaire plus ou moins importante, rares bancs plus marneux parfois argileux. (g2c).

- Age : stampien (sens strict) - Tertiaire inf. (paléogène -65 à -23 Ma)
- Retrait-gonflement : susceptibilité a priori nulle (dépt.31) et aléa a priori nul (dépt.31).

Forage(s) : Un sondage pressiométrique (BSS002HXHT) situé à environ 30 m de l'angle sud-ouest du projet, à la cote +247 NGF, a montré la coupe géologique suivante :

- de 0,0 à 1,1 m/TN : terre végétale et limon argileux verdâtre,
- de 1,1 à 2,5 m/TN : limon finement sableux,
- de 2,5 à 4,5 m/TN : marne blanchâtre à jaunâtre avec blocs,
- de 4,5 à 10,0 m/TN : marne verdâtre avec petits blocs épars..

4.2 VUE AERIENNE



4.3 RISQUES NATURELS

Zone sismique : très faible (1)

Plans de prévention des risques naturels recensés sur la commune :

Type du plan :	Prescrit le	Mis à l'enquête le	Approuvé le
PPR Mouvement de terrain :			
• tassement différentiel	24/06/2004	-	01/10/2013
PPR Inondation :	22/12/2011	-	-

Arrêtés de catastrophe naturelle publiés pour l'ensemble de la commune depuis 1982 :

Type de risque (nombre) date du dernier événement pris en compte

- Tempête (1) 06/11/1982 au 10/11/1982
- Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (1) 25/12/1999 au 29/12/1999
- Inondations et coulées de boue (3) 24/01/2009 au 27/01/2009
- Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (3) 22/07/2012 au 31/12/2012

Aléa retrait-gonflement des argiles : moyen (formations mgRe, mgRc et g2c dans les niveaux marneux et argileux) à nul (formation g2c dans les niveaux sableux).

Données sur l'eau :

- Zone classée en aléa très faible d'inondation par remontée de nappe dans les sédiments (www.infoterre.brgm.fr).
- Présence d'un puits référence BRGM BSS002HXFE à 600 m au nord-ouest à la cote NGF +234 m, avec un niveau d'eau mesuré en mars 1969 à 2,6 m de profondeur soit à la cote NGF +231,4 m.

5 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

5.1 PROSPECTION VISUELLE ET ENQUETE SUR SITE

Le site

Pente :

- La pente est globalement orientée vers le nord de 5 % en moyenne, très faible côté amont au sud et sud-ouest puis augmentant vers l'aval. Une partie bombée en « dos de cuillère » a été observée sur la partie Est du lotissement, au niveau des lots n°19 et 20.

Remaniements et terrassements en déblai :

- Le site a été remanié en surface sur une épaisseur de 0,3 à 0,6 m par les travaux agricoles.

Végétation :

- Le terrain est une ancienne parcelle agricole. Une haie arbustive comportant quelques arbres de haute tige, est présente en limite sud-est sur environ 140 ml.

Ouvrages autour du site :

- Les villas jumelées récentes du lotissement situé au nord, en aval du projet, ne présentent pas de désordres apparents.

Données sur l'eau

Présence d'eau sur le site :

- Un niveau d'eau a été relevé localement dans le puits P5 à 2,7 m de profondeur au sein de la molasse sableuse. Des traces d'humidité ont également été relevées dans le puits P6 dans la molasse sableuse en fin de sondage.

Qu'est-ce qui apporte l'eau sur le site :

- Des circulations d'eau préférentielles au sein de la molasse sableuse. Des venues d'eau sont donc susceptibles de varier en quantité et en profondeur en fonction des saisons et des intempéries.

Ouvrages (pré)existants sur le site sans apport ni extraction d'eau :

- Présence d'un bassin de rétention enterré (griffon), construit en briques, dont les dimensions et l'extension ne sont pas connus précisément (ouvrage repéré approximativement sur le plan de masse).

Risques naturels (l'eau est à l'origine du risque) :

- Des fentes de dessiccation importantes (ouverture pluri-centimétrique) ont été observées en surface essentiellement sur la partie aval au nord.



vB1 : vue vers le nord-ouest



vB2 : vue vers le nord-est



vB3 : vue vers l'est



vB4 : vue vers le sud-ouest

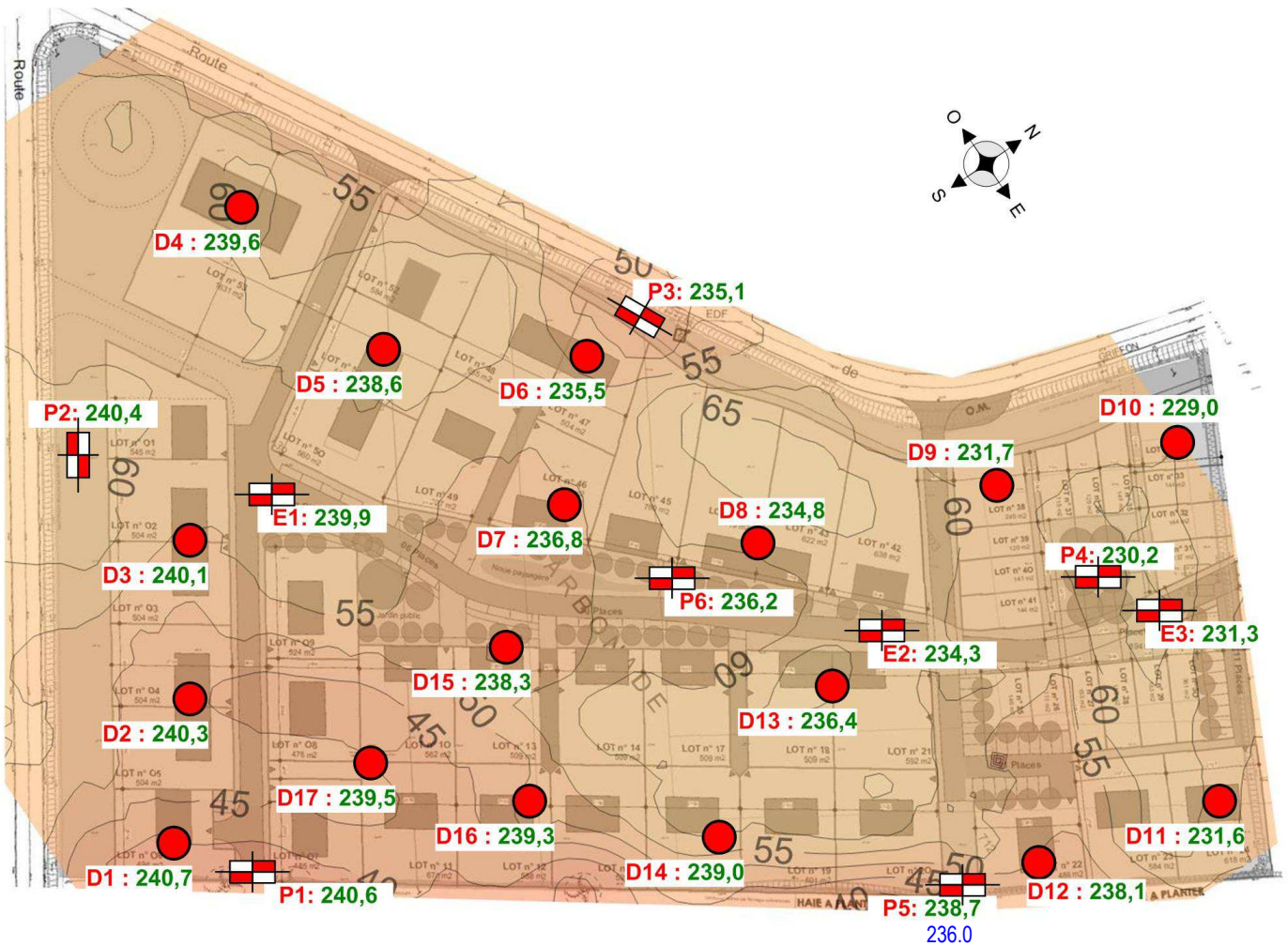


vB5 : vue vers le nord

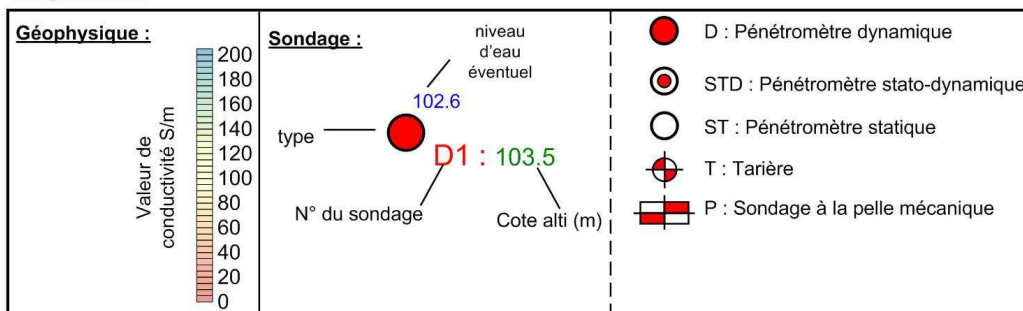


Fentes de dessiccation pluri-centimétrique dans les colluvions

5.2 SONDAGES ET PROSPECTIONS



Légende :



5.3 GEOPHYSIQUE

Conductivité électromagnétique :

Les valeurs mesurées sont relativement élevées : 34 à 73 mS/m.

L'intervalle entre les courbes de même conductivité est assez irrégulier. Une diminution des valeurs est observée à proximité de la haie arbustive en limite sud-est, liée probablement à la dessiccation des sols. Deux zones de plus fortes conductivités sont identifiées en forme de « 8 » à proximité des sondages D8 et D13, pouvant être assimilés aux zones de circulations d'eau préférentielles.

5.4 SONDAGES

Pénétrromètre dynamique :

Les valeurs mesurées sont faibles à très élevées.

Pour les colluvions et l'altération de la molasse (min : 1.8 MPa, max : 8 MPa).

Pour la molasse compacte marneuse ou sableuse (min : 8 MPa, max : 80 MPa).

Au droit de tous les essais exceptés D6 et D7, les diagrammes se ressemblent montrant des valeurs de résistances croissantes, passant de faibles à moyennes dans les colluvions et l'altération de la molasse, puis les valeurs deviennent élevées à très élevées en profondeur dans la molasse marneuse à sableuse.

Au droit des essais D6 et D7, l'allure des diagrammes est différente, caractérisée par des valeurs moyennes et relativement constantes en profondeur jusqu'à l'arrêt des sondages à 4.8 m/TN. Ces sondages n'ont pas atteint la molasse compacte.

5.5 ESSAIS D'INFILTRATION

Méthodologie :

Le coefficient K de perméabilité (en m/s ou mm/h) est déterminé en injectant un volume d'eau dans une excavation calibrée et préalablement saturée. Le volume d'eau infiltré est mesuré précisément pendant un temps déterminé de percolation. Le calcul de perméabilité est fonction du volume injecté et de la surface développée d'infiltration.

- **Essai à charge variable :** La mesure se fait à niveau d'eau variable dans l'excavation utilisée lors de l'investigation géologique.

Nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité en petit.

Résultats des essais :

Essai	Profondeur (m)	Perméabilité (mm/h)
P6 (puits au tractopelle)	2,5	7

Remarque : le client avait demandé sur site la réalisation d'un essai d'infiltration au droit du sondage P5 ayant montré des matériaux sableux. Cependant, les venues importantes observées en fond de puits à 2.7 m/TN n'ont pas permis de réaliser cet essai.

5.6 PRELEVEMENTS DE SOLS



Sol : colluvions : limon +/- argilo-sableux marron
bariolé beige/ocre
Puits de reconnaissance P3 entre 0.8 et 3.0 m/TN



Sol : colluvions : limon +/- argilo-sableux marron
bariolé beige/ocre
Puits de reconnaissance P4 entre 0.4 et 0.9 m/TN



Sol : molasse compacte gris-beige (faciès marneux)
Puits de reconnaissance P1 entre 1.6 et 2.4 m/TN






Sol : molasse grise (faciès sablo-argileux)
Puits de reconnaissance P5 entre 2.0 et 3.1 m/TN



Sol : niveau argilo-calcaire blanchâtre observé
localement dans la molasse sableuse
Puits de reconnaissance P5 entre 1.4 et 2.0 m/TN

Relevé des profils géologiques

Commentaire		sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique	sondage à la pelle mécanique		
Cote (m)	Eau (m) Date Heure	P1 28/08/2018	P2 28/08/2018	P5 28/08/2018	P6 28/08/2018	P3 28/08/2018	P4 28/08/2018		Niveaux
240,6		240,6	240,4	238,7	236,2	235,1	230,2		
240,1		0,5	0,4						
239,0		1,6							
238,6			1,8	2,0					
238,4									
238,2		2,4	refus limite engin						
237,9		refus limite engin		0,8					
237,3				1,4					
235,8					0,4				
235,6				3,1	arrêt volontaire				
234,5						0,6			
234,0					2,2				
233,7					2,5	arrêt volontaire			
232,1						3,0	arrêt volontaire		
229,8							0,4		
228,5							1,7		
227,4							2,8	arrêt volontaire	
Sols  terre végétale agricole  Colluvions : limon +/- argilo-sableux marron bariolé beige/ocre  Molasse à faciès marneux gris-beige ou sableux grise à beige/ocre et niveaux argilo-calcaires blanchâtres									

6 SYNTHÈSE

6.1 PROJETS DE CONSTRUCTION

6.1.1 SISMICITE

Le site étant classé en zone 1, la réglementation parasismique n'est pas applicable.

6.1.2 ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG)

La ZIG sera déterminée en mission G2. On notera toutefois dès maintenant les interférences possibles entre le griffon de source et les constructions sur les lots 34, 35 et 36.

6.1.3 TERRASSEMENT, SOUTÈNEMENT (PLEINE MASSE, PLATEFORME)

Ce qui est demandé :

- sans condition particulière en dehors des précautions d'usage de terrassement pour les sols fins (très dégradables par les engins en présence d'eau) : éviter la circulation d'engins au droit du projet en cas de précipitations, travail en rétro ...

6.1.4 HYDROGEOLOGIE ET DRAINAGE

L'étude réalisée est ponctuelle et d'une représentativité limitée par les informations portées à notre connaissance et à la période de réalisation. Elle ne permet pas de se prononcer avec précision sur la présence de l'eau (origine, position, débit, périodicité). Cet aspect s'il conditionne la conception du projet devra faire l'objet d'une étude spécifique.

La conception des drainages s'ils sont nécessaires, revient à la maîtrise d'œuvre et pourra faire l'objet d'une mission spécifique (G2 PRO). Dans tous les cas, ils seront réalisés conformément au DTU 20.1.

Contexte hydrogéologique : versant avec ruissellement et venues d'eau.

Ce contexte apparaît a priori favorable.




Présence d'eau sur le site :

- relevée localement dans le puits P5 à 2,7 m de profondeur au sein de la molasse sableuse. Des traces d'humidité ont également été relevées dans le puits P6 dans la molasse sableuse en fin de sondage.

Ordre de grandeur des perméabilités des sols rencontrés sur le site.

(Valeurs indicatives variables en fonction de la teneur en eau)

Ces données ne pourront pas être utilisées dans le cadre de la définition (type et dimensionnement) des dispositifs de traitement des eaux usées ou pluviales. Si nécessaire, prévoir une étude spécifique

Perméabilité (K)	mm/h	15	30	50	200	> 500
	m/s	$4,1.10^{-6}$	$8,3.10^{-6}$	$1,4.10^{-5}$	$5,5.10^{-5}$	$> 1,4.10^{-4}$
Sols types	argileux	limoneux	sablo-limoneux	sableux	graveleux	
Capacité de traitement Eaux Usées	nulle	faible	favorable	favorable	défavorable	
Capacité d'infiltration Eaux Pluviales	nulle	mauvaise	faible	favorable	très favorable	
terre végétale agricole						
colluvion : limon +/- argilo-sableuse bariolée						
molasse : sables, argiles et marnes						

Gestion des eaux demandée :

Collecte

- **Objectif** : protection des ouvrages (parties enterrées) et des sols de fondation contre la dégradation des caractéristiques mécaniques ou le gonflement.
- **Principe** : drainage et protection périphériques des ouvrages spécifiques aux sols argileux.

Evacuation des eaux

- Infiltration sur la parcelle : la réalisation et le dimensionnement des ouvrages d'infiltration (puisard, puits perdus, tranchées...) devront faire l'objet d'une étude spécifique. En aucun cas ceux-ci pourront avoir une influence sur les sols de fondation ou aggraver des risques (retrait gonflement ; glissement...).

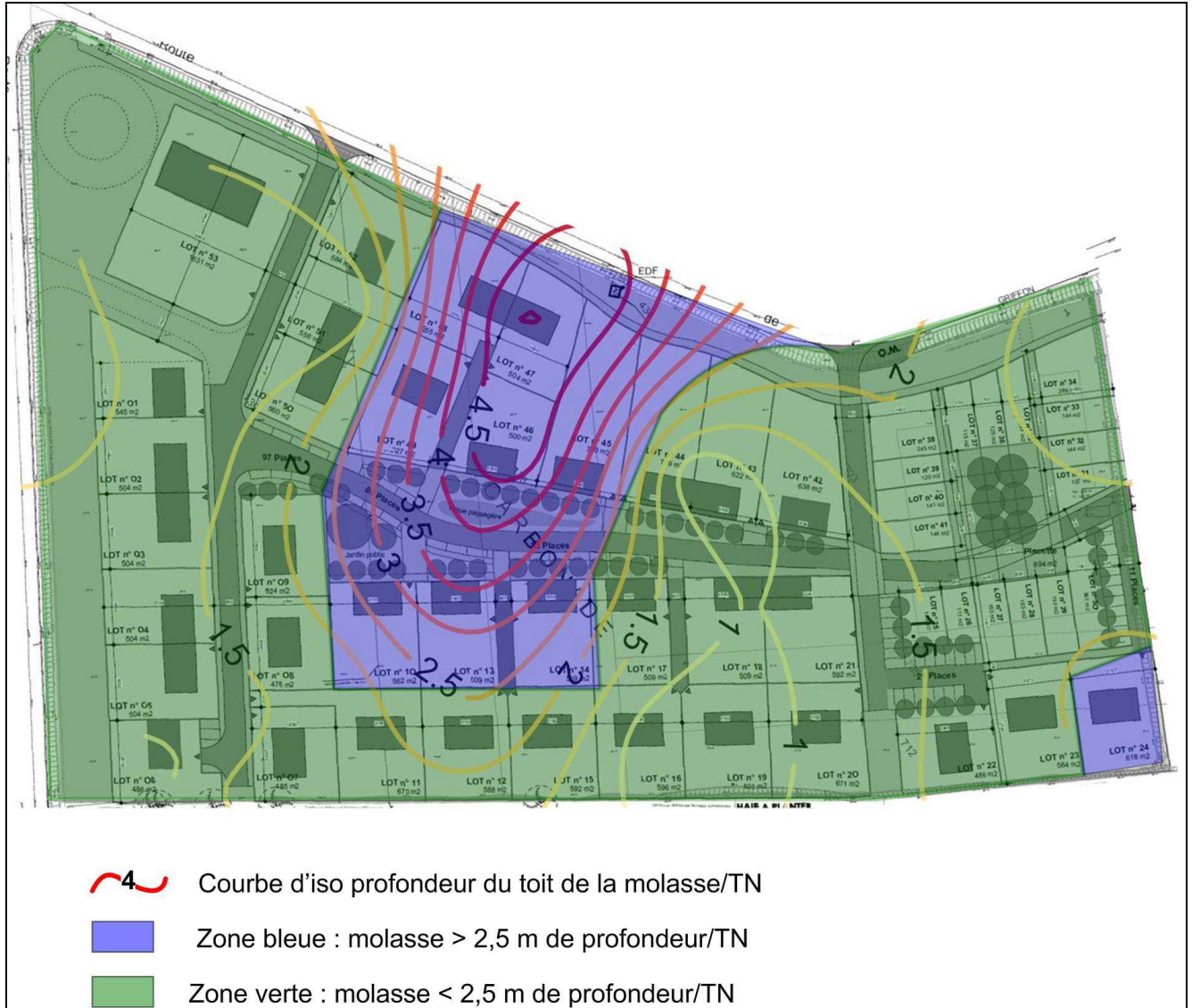
Remarque : la répartition limitée des faciès sableux de la molasse et leur hétérogénéité granulométrique (présence de niveaux argilo-calcaires, sable plus ou moins grossier ou fin) ne permet pas de garantir une perméabilité suffisante et homogène. De plus, ces niveaux sableux sont le siège de circulations d'eau en période pluvieuse. L'infiltration des eaux dans ces niveaux est donc à éviter.

6.1.5 NIVEAU BAS

Compte tenu de la sensibilité des sols à l'eau et au phénomène de retrait-gonflement, le niveau bas de l'ensemble des ouvrages devra être traité en plancher porté sur vide sanitaire.

6.1.6 FONDATIONS PROPOSEES

Découpage du lotissement après interprétation des investigations



6.1.6.1 ZONE VERTE – MOLASSE A UNE PROFONDEUR < 2.5 M/TN

Type : Semelles filantes et/ou isolées ou puits + longrines de rattachement.

Voir également la rigidification en adaptation de la structure.

Valeurs de résistance mécanique déduites des essais sur site :

Résistance DPSH-B (LX) $q_d = 8 \text{ MPa}$ (NF 22476-2 annexe E)

Sol d'ancrage : molasse compacte à faciès marneux ou sableux

- Prévenir ARMASOL en cas de rencontre de sol différent.
- Rattaché à : « Sable et grès ».
- attention sol dégradable par l'eau ou les engins : perte des caractéristiques mécaniques

Profondeurs jusqu'à la base des fondations :

Le schéma est à adapter aux valeurs ci-dessous

Encastrement : variable, à définir précisément dans le cadre d'une mission G2 AVP.

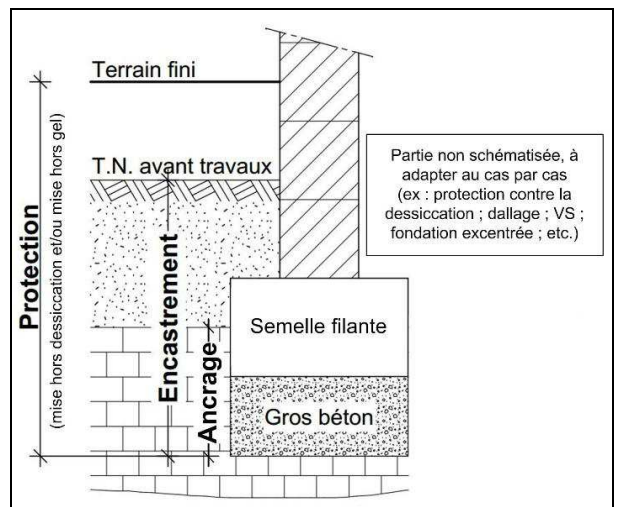
Profondeur variable en fonction de l'apparition du toit des formations molassiques compactes et des terrassements qui seront réalisés (voir profondeurs sur plan de sondages en page 15). Dans tous les cas, ancrer **IMPERATIVEMENT** les fondations dans un sol **HOMOGENE** en nature et en résistance. Des puits de rattrapage en gros béton pourront être réalisés pour atteindre le sol d'ancrage.

Ancrage : 0.3 m.

Protection :

- hors gel (selon le département et l'altitude)
- hors dessiccation : 1,2 m.

Elle sera nécessairement complétée, en même temps et au cas par cas, par des dispositions constructives de protection.



6.1.6.2 ZONE BLEUE – MOLASSE A UNE PROFONDEUR > 2.5 M/TN

Type : Semelles filantes.

Voir également la rigidification en adaptation de la structure.

Valeurs de résistance mécanique déduites des essais sur site :

Résistance DPSH-B (LX) qd = 2,5 MPa (NF 22476-2 annexe E)

Sol d'ancrage : colluvions : limon +/- argilo-sableux marron bariolé beige/ocre

- rattaché à 'Formations de pente, éboulis et solifluxion'
- attention sol dégradable par l'eau ou les engins : perte des caractéristiques mécaniques.

Profondeurs jusqu'à la base des fondations :

Le schéma est à adapter aux valeurs ci-dessous

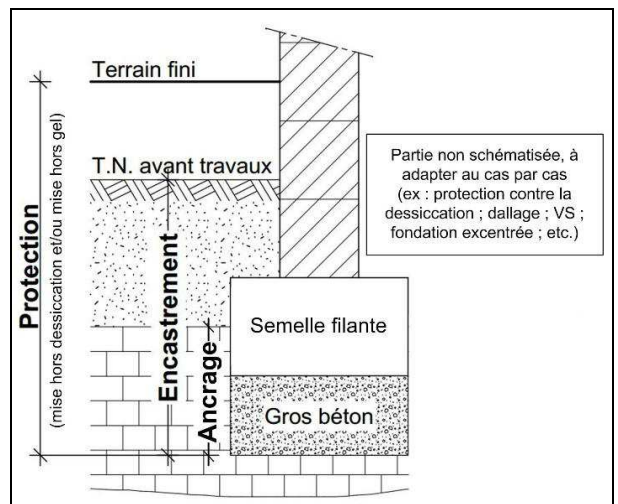
Encastrement : à partir de 1,2 m / terrain naturel avant travaux.

Réaliser une purge soignée des racines en fond de fouille. Prévoir des rattrapages en gros béton le cas échéant.

Protection :

- hors gel (selon le département et l'altitude)
- hors dessiccation : 1,2 m.

Elle sera nécessairement complétée, en même temps et au cas par cas, par des dispositions constructives de protection.



6.1.7 ADAPTATION(S) STRUCTURELLE(S) :

Ce qui est demandé :

- **Rigidification de la structure en privilégiant la partie basse**
- Les fondations réalisées en limite de propriété ou contre une fondation existante ou à créer, devront être excentrées (dimensionnement, armatures, mise en œuvre spécifique).

Contraintes géotechniques et environnementales :

- **Attention sol argileux : respecter les dispositions constructives données en fin de chapitre.**

Attention sol argileux :

Dans le cadre de notre mission et au stade actuel du projet, voici ce qui est demandé aux personnes chargées de la conception et réalisation du projet, voir également le schéma du BRGM en annexes :

• l'adaptation précise ne relève pas de la phase G1 ni G2 avant-projet. Il appartiendra à la maîtrise d'œuvre et/ou au maître d'ouvrage d'appliquer les principes ci-dessous et de les adapter en fonction du projet définitif, de l'aménagement du site et de son environnement.

• limiter au maximum les variations hydriques des sols sous et à proximité des fondations, quelle que soit l'origine de l'eau (apports naturels ou artificiels) : drainage adapté placé à 2 m minimum des fondations, collecte des eaux de toiture et de toutes les surfaces étanches autour de la construction. Rejet des eaux collectées vers un exutoire éloigné de la construction (pas d'infiltration à moins de 10 m du projet, en cas d'infiltration vérifier la perméabilité du sol par une étude spécifique). Tous les réseaux d'eau seront conçus pour encaisser des déformations (raccords souples).

• empêcher la dessiccation : géo-membrane périphérique, éloignement de la végétation (1,5 fois la taille de l'arbre adulte) ou écran anti-racine, protection du sol dans le VS, éloignement des sources de chaleur...

• en cas de construction en limite de propriété, les présentes conclusions et préconisations (drainage, éloignement de la végétation...) devront être adaptées à l'environnement définitif (arbres voisins conservés, rejets d'eau, etc.). En cas d'impossibilité de maîtriser les variations hydriques dans les sols de fondations, les adaptations du projet (terrassements, système de fondation...) devront être validées par un géotechnicien en mission G2 AVP à G2PRO.

• adaptation du projet : rigidification de l'ensemble de la structure, création de joints au niveau des discontinuités structurelles (ex: changements de niveaux ; décrochés de façade, décalage de niveaux...).

Préconisations générales

Conception

Important :
Utiliser du drain routier,
drainage agricole interdit.

Drain « routier »
Crépines dirigées vers le haut



Fond plat étanche

Drain « agricole »
crépine tout le tour



- Les drainages seront réalisés conformément au DTU 20.1 : ils seront mis en œuvre dans les sols peu à pas perméables avec la possibilité de rejeter l'eau vers un exutoire éloigné des fondations. Extraits NF DTU 20.1 : « il appartient au maître d'œuvre de se faire préciser par le maître de l'ouvrage les exigences relatives aux conditions d'utilisation des locaux. Drainer chaque fois que le bâtiment est fondé sur une couche peu perméable ...évacuer d'une manière efficace les eaux collectées »
- Maître d'Œuvre : vérifier que le planning prévisionnel est compatible avec le phasage de la réalisation (préparation, saison au moment des travaux)

Exécution

- Maître d'Œuvre : vérifier que ce document est bien transmis aux intervenants concernés et qu'il est appliqué.
- Vérifier la cohérence du planning des travaux avec la mise en conditions favorables du chantier.
- Prévoir des moyens en réserve en cas de décalage à une période défavorable.

Maintenance

- Maître de l'ouvrage : veiller à la maintenance des ouvrages géotechniques (ex.: les drains périphériques, les soutènements, les protections périphériques contre le retrait et le gonflement des argiles)

6.2 VOIRIE

6.2.1 TERRASSEMENTS

Dans l'état actuel des informations en notre possession, les terrassements pour la création de la voirie de desserte vont être réalisés sur des épaisseurs inférieures à 1,0 m.

Nous rappelons qu'il convient de purger l'intégralité de la terre végétale ainsi que des sols remaniés ou remblayés. D'éventuels hors profils seront rattrapés avec des matériaux de type D21 soigneusement compactés, selon les recommandations du GTR.

Les essais en laboratoire, réalisés sur les matériaux issus des sondages à la pelle mécanique, ont permis de déterminer la classification des matériaux en place qui serviront d'assise à la future voirie. Ils mettent en évidence des sols argilo-sableux (classe GTR A2).

Compte tenu des hauteurs de terrassements prévues, les terrains rencontrés seront de type « sols meubles ».

Des arrivées d'eau en période pluvieuse sont prévisibles. Des dispositions spécifiques devront être prises pour assurer à tout moment la mise au sec de la plateforme (réseau drainant, etc.) ainsi que la stabilité des soutènements et éventuels talus.

Les plates formes tant en remblais qu'en déblais devront être protégées contre les arrivées d'eau et dressées avec des pentes adéquates pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire et éviter toute stagnation d'eau. Elles devront être éventuellement protégées contre l'érosion.

6.2.2 TRAFICABILITE DE L'ARASE DE TERRASSEMENTS)

Compte tenu de la nature des sols rencontrés (principalement limono-argileux sensibles à l'eau), des problèmes de traficabilité vont apparaître en période défavorable. L'entreprise de gros œuvre devra prendre toutes les précautions pour garantir la circulation des engins (piste en matériau d'apport insensible à l'eau, géotextile, engins sur chenille...).

Il est rappelé que, selon le G.T.R., la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite une arase de terrassements ayant un module EV2 de l'ordre de 35 MPa pour une couche de forme en matériaux traités, et de 15 à 20 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Si ces conditions ne sont pas obtenues en phase travaux, un traitement spécifique des sols d'assise sera nécessaire (traitement de sol en place, purges complémentaires, intercalation d'un géotextile de renforcement et de séparation (R+S), cloutage (en D80/100mm), etc)

6.2.3 PORTANCE DES SOLS SUPPORTS

Compte tenu de la nature des sols rencontrés (argilo-limoneux de classe GTR A2), et en fonction de la saison des travaux, on peut s'attendre à des arases de type :

- PST1-AR1 (matériaux humide sujets au matelassage) lors de conditions météorologiques défavorables et nécessitant un ou plusieurs des traitements vus au chapitre 6.2.2 pour être amenés en PST2/AR1

ou

- PST2-AR1 (matériau dans un état hydrique moyen de bonne portance) dans le cadre de conditions météorologiques favorables.

Les travaux devront donc être réalisés de préférence en période climatique favorable.

A titre informatif, nous avons étudié le comportement du sol prélevé en E3, traité à 1,5% de chaux (voir annexes).
A la teneur en eau $W=19,1\%$ on mesure $IPI=9$ sur le matériau non-traité (état m à s).
Après légère humidification à $W=19.9\%$ et traitement à 1,5% de chaux, on mesure $IPI=15$ et $CBRI=32$

L'amélioration de portance est bonne (l'objectif du traitement à la chaux d'un matériau A2 pour remblai ou PST est d'obtenir $8 < IPI < 18$) et le rapport $CBRI/IPI > 1$ indique que le matériau traité résiste bien à l'immersion.

Ce traitement à la chaux peut donc être appliqué à ces matériaux en PST pour améliorer la portance de manière pérenne. (Attention, les valeurs obtenues ne suffisent pas pour définir les caractéristiques demandées pour l'emploi en couche de forme.

6.2.4 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

Les hypothèses de dimensionnement prises sont les suivantes :

- Trafic : T5, trafic compris entre 0 et 9 PL/jour/sens
- Durée de service : 15 ans
- Accroissement : 2 %
- Plateforme de type PF2 avec $50 \text{ MPa} \leq EV2 < 80 \text{ MPa}$

Le trafic est donc de type TC1

6.2.5 OBTENTION DE LA PLATEFORME

Après décapage des terres superficielles, d'après le guide du LCPC-SETRA « Réalisation des remblais et des couches de forme », pour obtenir une plateforme de type PF2 avec un $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$, sur une PST2-AR1 il faudra mettre en œuvre une épaisseur de 0,5 m de matériaux d'apport type D21 ou équivalent, épaisseur pouvant se réduire à 0,4 m avec la pose d'un géotextile R+S entre la PST et la couche de forme.

Le compactage des matériaux mis en place pour la constitution de la couche de forme devra être vérifié au moyen d'essais à la plaque,

D'après les essais d'identification réalisés, les matériaux prélevés ne peuvent pas être réutilisés en l'état pour réaliser la couche de forme.

Une étude de traitement des sols peut être réalisée pour déterminer le dosage en chaux et/ou en liants hydrauliques pour utiliser les matériaux du site en couche de forme.

Selon le guide de « Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques » du LCPC-SETRA de Janvier 2000, à titre indicatif, le traitement envisageable pour les sols rencontrés sur site de type A2 pour une utilisation en couche de forme est de $1\%CaO + 7\% C_{32,5}$.

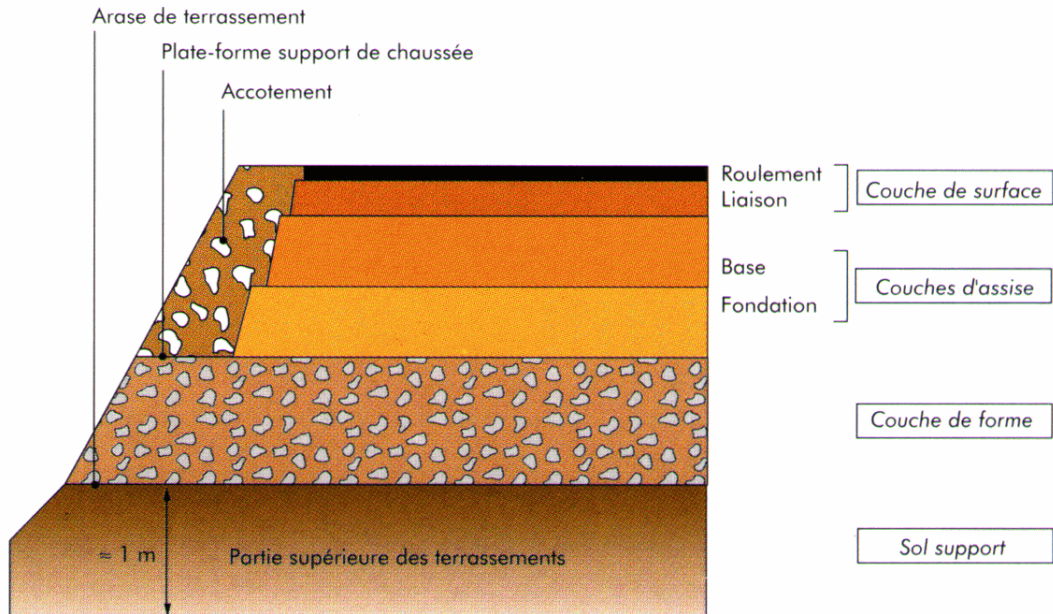
En phase travaux, des essais devront être réalisés pour s'assurer de l'état hydrique des matériaux extraits et adapter les dosages en conséquence si un traitement des sols en place pour une utilisation en couche de forme est envisagé.

Attention : le recours à une couche de forme traitée aux liants hydrauliques nécessite également que le maître d'œuvre puisse interdire la circulation sur chantier pendant un délai de 10 jours à partir de la mise en œuvre de celle-ci (délai ajustable en fonction des résultats de l'étude).

6.2.6 STRUCTURES DE CHAUSSEE

Pour l'ébauche dimensionnelle des structures de chaussée, nous avons utilisé le « Guide régional des chaussées – Région Sud-Ouest » de Mars 2004 issu du club d'échange d'expériences sur les routes départementales.

Rappel : constitution d'une chaussée



Le trafic est un trafic de type TC1₁₅

Exemples de structure de chaussée :

Guide		Guide régional des chaussées – Région Sud-Ouest	
Couches		Structure 1 – Structure Souple	Structure 2 – Structure Bitumineuse
Surface	Roulement	4 cm BBM* (l'emploi d'une couche de BBSG cl 2/3 en 6 cm est cependant à privilégier)	4 cm BBM* (l'emploi d'une couche de BBSG cl 2/3 en 6 cm est cependant à privilégier)
	Assise		
	Base	15 cm GNT 0/31.5	12 cm GB cl 3*
	Fondation	25 cm GNT 0/31.5	-
Interface		Collée	Collée
Couche de forme		50 cm (matériau de type D21) ou 40 cm (matériau de type D21) avec mise en place d'un géotextile	50 cm (matériau de type D21) ou 40 cm (matériau de type D21) avec mise en place d'un géotextile
Portance couche de forme à atteindre		PF2 = 50 MPa	PF2 = 50 MPa
Nature du fond de forme		argiles-sableuses	argiles-sableuses

Désignation	Produit	Norme
BBSG	Béton Bitumineux Semi-Grenu	NF EN 13-108-1
BBM	Béton Bitumineux Mince	NF EN 13-108-1
GB	Grave Bitume	NF EN 13-108-1
GNT	Grave Non Traité	NF P 98-115

Les structures de chaussées proposées répondent aux critères de dimensionnement pour les hypothèses de calcul utilisées. (trafic, PF, etc.)

L'Entreprise pourra proposer des structures différentes dans la mesure où elles sont équivalentes (à justifier par note technique).

La structure de chaussée devra être vérifiée en fonction de la circulation effectivement prévue sur les voiries et de la tenue au gel.

6.2.7 COMMENTAIRES

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

7 CONCLUSION

	FACTEURS FAVORABLES	FACTEURS DEFAVORABLES
Site	<ul style="list-style-type: none">• assainissement : raccordements prévus aux réseaux collectifs à créer.	<ul style="list-style-type: none">• terrassements : sol dégradable par l'eau et les engins.• présence d'eau : possible par ruissellement et rétention sur la plateforme.• assainissement : sols peu perméables.
Sol	<ul style="list-style-type: none">• eau localement détectée en profondeur (2.7 m/TN en P5) le jour de l'intervention.	<ul style="list-style-type: none">• profondeur variable de la molasse compacte.• minéraux argileux sensibles au retrait-gonflement.

Conclusion

Pour cette étude, l'avis géotechnique est positif sous réserve de traiter les risques identifiés.

Mise en oeuvre par conditions météorologiques favorables.

Les facteurs défavorables identifiés ci-dessus devront faire l'objet d'une vigilance particulière et d'une adaptation du projet pour en limiter les conséquences.

Les PPR existants sur la commune devront être consultés et appliqués au projet si nécessaire.

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.

Méthode ARMASOL

La méthode Armasol est basée sur la recherche et le traitement de l'hétérogénéité des sols, à l'origine des tassements différentiels. Les conséquences sont plus graves pour des ouvrages complexes ou sensibles.

Pour toutes les constructions, et plus spécialement lorsque les descentes de charges sont peu importantes, des solutions de fondations superficielles sont avant tout recherchées. Elles nécessitent souvent d'associer une rigidification de la structure à des protections périphériques (en particulier contre les variations hydriques).

Dans certains cas ou pour s'affranchir des aléas liés à l'exécution ou aux risques naturels (ex : argiles, eau...) des fondations profondes seront ou pourront être proposées. Elles feront appel à des techniques et des études spécifiques et seront mises en œuvre par des Entreprises spécialisées.

Limites et utilisation de ce document

Toute utilisation ou interprétation partielle de ce document, omission des sources de renseignement citées, ou non respect de la réglementation en vigueur et des règles de l'Art constitue une contrefaçon. Cette contrefaçon engage uniquement la responsabilité de son auteur, et elle est susceptible de porter atteinte à la fiabilité de la construction et d'aboutir à un sinistre.

Missions géotechniques

Le projet doit former un ensemble cohérent entre la construction et la prise en compte des risques naturels ou artificiels. Pour un fonctionnement fiable et pérenne de cet ensemble le projet doit être conçu en concertation entre la maîtrise d'œuvre (assurée en fonction des cas par le Constructeur, l'architecte, l'Entreprise...), l'ingénierie géotechnique et structure ainsi que les Entreprises.

Au stade actuel du projet, le document propose la solution qui semble être la plus adaptée. En fonction de l'évolution du projet, cette solution pourra devenir inadaptée (rapport caduc et non valable) et devra faire l'objet d'un réexamen (ex : changements d'implantation, de forme, de niveaux, de terrassements...).

Comme le prévoit la norme sur les missions géotechniques, la mission G2 AVP seule ne permet pas d'amener le projet à l'exécution.

Les missions géotechniques visent à identifier, évaluer, traiter les aléas liés à la conception, la réalisation, l'exécution et la maintenance de l'ouvrage.

Nous rappelons que : « le sous-sol est par sa nature même le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance. » (Extrait de la norme NFP 94-500 version 2013).

Tout élément nouveau ainsi que tout incident important survenu en cours de travaux engendrant un risque vis-à-vis de l'ouvrage sera impérativement signalé à ARMASOL afin d'être évalué, réduit ou annulé par des mesures appropriées. Cette méthodologie est conforme à la norme NFP94-500 et sera mise en œuvre en cas de découverte d'éléments nouveaux identifiés lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles et n'ayant pu être détecté lors des investigations géotechniques (exemple : cavité, hétérogénéité localisée, faille, remblais anciens ou récents, venue d'eau,...).

Cette méthodologie sera également appliquée en cas de risque lié à une exécution non conforme des travaux (exemple : fouilles non curées, phasage des terrassements non respecté, absence de prise en compte des avoisinants et des éléments de la ZIG, ...).

Tout élément non communiqué à FIMUREX concernant la survenance d'un aléa géologique en cours de chantier ne saurait lui être opposable. *Le contrôle du déroulement des travaux de construction et de la qualité de la réalisation s'appuie sur les opérations suivantes, lorsqu'elles sont pertinentes :*

- vérifier la validité des hypothèses de calcul
- identifier les différences entre l'état réel du terrain et les hypothèses de calcul ;
- vérifier la conformité des travaux au projet.

Références documentaires (liste non exhaustive)

Normes

- NF-P 94-500 : Missions géotechniques types
- NF-P 94-115 : Sondage au pénétromètre type B
- NF-P 11-300 : Classification des sols
- NF-P 11-211 : Fondations superficielles
- NF-P 11-711 : Calcul des fondations superficielles
- Eurocode 7 : Calcul géotechnique, règles générales

Sites internet

- www.infoterre.brgm.fr
- www.geoportail.fr
- www.inondationsnappes.fr
- www.prim.net
- www.argiles.fr
- www.cavites.fr

Données locales

- DDRM : dossier départemental des risques majeurs
- DCS : dossier communal synthétique des risques majeurs
- DICRIM : document d'information communal sur les risques majeurs
- PPR : plan de prévention des risques
- PLU : plan local d'urbanisme.

Complément d'informations et de préconisations

Correspondant à chaque partie

Chapitre 5 Données géologiques issues du BRGM

La classification des sols argileux, leur susceptibilité et leur aléa sont définis par le B.R.G.M. avec trois critères principaux : lithologie, minéralogie de la phase argileuse, comportement géotechnique en laboratoire.

Ceci a conduit le B.R.G.M. à éditer les cartes et les rapports départementaux accessibles au public sur le site www.argiles.fr.

Chapitre 5 Risques naturels

Important : cette partie traite uniquement des risques naturels. Elle ne correspond pas au formulaire* de l'état des risques naturels et technologiques (* disponible sur le site www.prim.net).

Les données de ce paragraphe sont mises à jour à partir des documents et bases de données élaborés principalement par le MEEDDAT www.developpement-durable.gouv.fr et le BRGM www.brgm.fr.

Ces sources sont enrichies quotidiennement pour certaines d'entre elles, **une mise à jour est à effectuer régulièrement. Les données sont un résumé de ces sources qu'elles ne remplacent pas** : l'objectif dans ce document est de participer à l'information préventive sur les risques naturels au droit du site et dans son environnement.

Synthèse pour la commune de données récentes extraites de la base GASPARD du MEEDDAT

Des informations réglementaires sont également contenues dans les documents suivants :

- Initiés par le Préfet : **D.D.R.M.** (Dossier Départemental des Risques Majeurs) édition du 20/05/1996 et **D.C.S.** (Dossier Communal Synthétique des risques majeurs)
- Initié par le Maire : **D.I.C.R.I.M** (Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs)
- Initiés par le Préfet : **P.P.R.** (Plan de Prévention des Risques, anc. P.E.R., R111.3, PSS, PZI...).

Le B.R.G.M. demande de préciser que les cartes d'aléa sont destinées à servir de support pour des actions de prévention et qu'elles n'ont pas pour objet d'attester la présence ou l'absence de sol argileux au droit d'une parcelle. Leur échelle de précision et donc de validité est celle des données de base utilisées (à savoir, pour l'essentiel, les cartes géologiques éditées à l'échelle 1/50000) : elles donnent une indication sur la nature des formations argileuses affleurant dans le secteur de la parcelle considérée mais en aucun cas la nature lithologique exacte des terrains rencontrés au droit de cette parcelle.

Chapitre 7 Conception de la structure

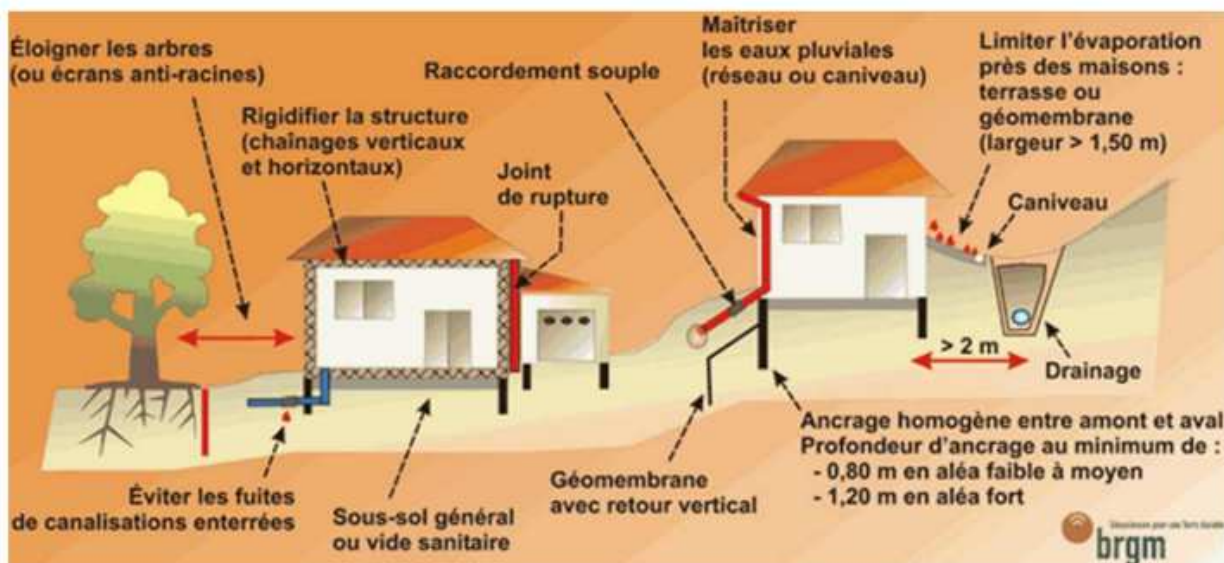
Les caractéristiques de l'ouvrage prévu seront comparées par le maître d'œuvre et le BET Structure à ce qui est demandé dans ce document. Si nécessaire des modifications seront apportées. Une structure est plus ou moins rigide (forme, conception, armatures...). Par exemple, un ouvrage de forme simple sur vide sanitaire en zone sismique est par nature rigide. Cette partie sera à préciser en mission G2 avec le géotechnicien en fonction des choix constructifs.

Chapitre 7 Préconisations complémentaires

Elles complètent l'avis et la conclusion détaillée en 4.1. Le contenu est amené à être complété et détaillé au fur et à mesure de l'enchaînement des missions géotechniques. Elles ne se substituent pas aux règles de construction en vigueur et aux dispositions constructives, instructions et exigences revendiquées par chaque corps de métier dans son domaine de compétences et de responsabilité : BET, terrassement, drainage, maçonnerie et gros œuvre, etc.

Chapitre 5 Données sur l'eau

Note importante : cette synthèse a pour objectif de regrouper les données sur l'eau susceptibles d'avoir une influence pour le projet. Elle est établie à l'issue d'une étude très courte dans le temps. Certaines données relatives au passé du site ne sont pas vérifiables, d'autres ne sont plus connues de mémoire d'homme. Des ouvrages de protection, d'aménagement et des travaux sont réalisés ou disparaissent dans le temps : tout organisme et toute personne qui a connaissance d'une information non rapportée dans ce document doit en informer le Maître de l'ouvrage ou son Maître d'Œuvre.



Présentation des missions d'ingénierie géotechnique NF P 94 500 novembre 2013 (extraits)

Tout site peut générer des incertitudes et risques géotechniques pouvant compromettre la réalisation d'un projet d'aménagement de site ou de construction d'ouvrage.

Les études géotechniques répondent à la nécessité d'identifier les incertitudes et risques induits et en réduire ainsi les impacts sur le projet ou les avoisinants par application, en phase conception, de mesures préventives et en phase réalisation, de dispositions correctives prédéfinies. Au fil des années, plusieurs facteurs ont évolué défavorablement :

- les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre ;
- la complexité des projets augmente. Les nouvelles méthodes d'exécution sont souvent sophistiquées et s'adaptent mal aux incertitudes et risques géotechniques ;
- l'environnement et/ou le voisinage est de plus en plus sensible à toute perturbation. Ce constat justifie l'intervention de nombreux spécialistes, d'où des problèmes d'interfaces plus nombreux et une coordination difficile.

Devant cette complexité croissante des projets et des risques associés, une connaissance approfondie du sous-sol est requise. Or, le sous-sol est par nature le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance.

La connaissance du contexte géologique et géotechnique du site et la prévision du comportement de l'ouvrage projeté (interaction sol-structure), tant en phase de réalisation que pendant sa durée de vie, sont donc primordiales pour assurer une bonne maîtrise des risques géotechniques inhérents à tout projet.

La **gestion des risques géotechniques est indispensable** pour fiabiliser le délai de réalisation, le coût final et la qualité de l'ouvrage, en toute sécurité et à la satisfaction du voisinage : **elle doit être permanente (mise à jour au fur et à mesure du déroulement des phases de conception et de réalisation du projet) et comporter les trois volets habituels pour toute gestion efficace des risques : identification, évaluation, traitement.**

L'expérience montre que tout investissement fait par le maître d'ouvrage en phase de conception permet une meilleure maîtrise des risques et des coûts liés au site et aux sols, comme le montre par exemple, l'approche quantitative faite pour les ouvrages souterrains.

Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elles comprennent deux phases :

Phase ETUDE DE SITE (G1ES)

Réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS, elle permet 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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)

Réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS elle permet de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE CONCEPTION (G2)

Elles permettent l'élaboration des projets des ouvrages géotechniques et réduisent les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elles sont à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et sont réalisées en étroite collaboration avec la maîtrise d'œuvre. Elles comprennent trois phases :

Phase Avant-Projet (G2 AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie sur des données géotechniques adaptées :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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 (G2 PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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 (G2 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 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (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 un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, 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).
- Etablir 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'EXÉCUTION (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).

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		
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

Lexique géotechnique des documents FIMUREX-ARMASOL

Ce lexique est créé en conformité avec les standards internationaux ISO 12006-2 :2001 et ISO 22263 :2008 pour l'organisation de l'information des travaux de construction. Les numéros renvoient aux normes françaises NF :

- **P94-500:2013** (*) sur les missions d'ingénierie géotechnique

- **P11-301:1994** (*) sur les terrassements

- **P03-001:2000** (2) sur les cahiers types applicables aux marchés privés de bâtiment

- **EN 1990 :2003** (E0) Eurocode 0 : Bases de calcul des structures

- **EN 1997-1:2005** (E7) Eurocode 7 : Calcul géotechnique Partie 1 Règles générales

Géotechnique : englobe l'étude et l'influence des propriétés des sols, en très grande partie non vus. Elle s'appuie sur des sciences récentes dont l'usage simultané apporte qualité et cohérence de l'étude géotechnique, avec entre autres °3.3.8 à °3.3.12 :

- **la géophysique** qui étudie la réponse d'un volume de sol à une mesure physique, par exemple : courants électriques, vibrations et ondes, ondes électromagnétiques. Cette réponse permet d'approcher les variations de l'arrangement, de la géométrie et des propriétés des constituants du sol ;

- **la géologie de l'ingénieur** qui relie l'origine, les composants des sols et leur évolution dans le temps ;

- **l'hydrogéologie**, partie spécialisée de la géologie concernant l'eau souterraine et les nappes aquifères ;

- **la mécanique des sols et des roches** qui étudie leur comportement dans l'espace et dans le temps.

Les intervenants °3.2.1 à 3.2.9 :

Client : personne physique ou morale pour qui est réalisée une mission d'ingénierie géotechnique.

Maître d'ouvrage : pour le compte de qui l'ouvrage est construit °3.1.9

Mandataire du maître d'ouvrage : agit pour le compte du maître d'ouvrage dans l'acte de construction.

Constructeur / entrepreneur : conclut le marché de travaux avec le maître d'ouvrage ou son mandataire.

CMI = constructeur de maisons individuelles.

Géotechnicien : réalise les prestations d'investigations géotechniques sur un site, d'essai géotechnique en laboratoire ou d'ingénierie géotechnique, soit en missions G1, G2 ou G4 pour le maître d'ouvrage ou son mandataire, soit en mission G3 pour une entreprise de travaux géotechniques, soit en mission G5.

Maître d'œuvre : assure pour le maître d'ouvrage par sa compétence reconnue tout ou partie de la conception d'un projet (maîtrise d'œuvre de conception) puis de la direction des

travaux ainsi que sa réception (maîtrise d'œuvre d'exécution). Par exemple : l'Architecte °3.1.10.

Négoce : assure la fourniture de prestations et de matériaux nécessaires à la réalisation de l'ouvrage.

Le projet :

Avant-projet (ou projet) : construction ou aménagement à réaliser, en l'état ou après adaptation au site.

Construction (ou ouvrage) : concerne ou résulte de l'acte de construire sur un site, avec les éléments de la structure, les éléments non structuraux et les ouvrages géotechniques °3.1.1 et 3.3.14 E01.5.1.1

Structure : la structure supporte les charges et assure à la construction un degré suffisant de **rigidité**, prise au sens de la résistance d'un matériau à la déformation E01.5.1.6, E71.5.2.6 et 1.5.2.7

Les biens et la zone d'influence géotechnique :

Existant : tout ce qui est enterré, en surface ou en élévation et présent sur le site au moment des investigations. Un existant est invisible, plus ou moins connu, et destiné à être conservé, modifié, déposé ou démoli °3.3.7.

Mitoyen : objet qui sépare deux propriétés et appartient tout entier aux deux propriétaires. Les articles 653 et suivants du code civil décrivent les règles qui s'appliquent aux mitoyens : entretien, travaux, etc.

Un objet linéaire (haie, mur, clôture...) édifié sur la limite de propriété est présumé mitoyen, sauf preuve du contraire. Par extension en langage courant, un mitoyen désigne l'objet linéaire et ce qui lui est a priori indissociable : habitation, hangar ou garage, contreforts etc. par exemple : « la maison mitoyenne ».

Avoisinant : au sens commun, c'est un ouvrage autour d'un site et à proximité °3.3.1. Il est mitoyen, ou en limite (non mitoyen), ou plus ou moins éloigné de la limite du site. Lorsqu'un existant longe la limite du site, il n'est pas toujours évident de savoir s'il est mitoyen ou avoisinant : le cadastre peut apporter une réponse.

Par nature dans le cadre d'une étude géotechnique, un avoisinant est mal connu, car il appartient rarement au même maître d'ouvrage que celui du site. Il est souvent difficilement visitable ou même pratiquement invisible (par exemple pour sa structure interne ou les parties enterrées). Lorsque cela est précisé dans l'étude géotechnique qui le décrit, un avoisinant fait partie de la zone d'influence géotechnique °3.3.2.

Terrain : désigne le sol en place avant les travaux E71.5.2.3. Sa surface est aussi appelée **terrain naturel** ou **TN**. Et certains constructeurs peuvent désigner par « terrain naturel » ou « TN » la surface prévue en fin de travaux.

Site : lieu délimité sur lequel se déroule la mission du géotechnicien. Pour engager l'étude géotechnique, le maître d'ouvrage est propriétaire ou ayant droit du site °3.3.18.

Zone d'influence géotechnique (ZIG) : volume de terrain potentiellement influencé par l'aménagement et la réalisation d'un projet °3.3.2, 3.3.20 et 3.3.21.

Le volume concerné est souvent visible mais non accessible (hors du site et des limites de propriété). Décrit en première approche en étape 1 (G1-PGC), la ZIG est susceptible d'évoluer selon les choix constructifs à l'étape 2 : **conception** de l'avant-projet puis du projet; et à l'étape 3 : **exécution** E01.5.1.4 et E01.5.1.11.

Le management des risques :

Aléa : événement non prévisible dans l'espace et dans le temps, lié aux caractéristiques d'un territoire et à son évolution naturelle ou par l'action humaine (ex. l'aléa sismique).

Risque (ex. : le séisme de Lambesc) : effet défavorable d'un aléa sur un site construit.

Risque géotechnique (majeur, important, mineur ou résiduel) : effet défavorable d'une incertitude géotechnique sur les objectifs du projet °3.1.3.

Les travaux :

Aménagement : modification ou traitement du sol sur le site ou provenant de l'extérieur. L'aménagement peut être réalisé avec ou sans terrassement en déblai ou en remblai °3.3.1.

Un aménagement peut faire l'objet de travaux géotechniques spéciaux (par exemple : travaux sous le niveau de la nappe ou rabattement de nappe, reprise en sous-œuvre, préchargement, inclusions...).

Sol : en géotechnique, regroupe les sols et les roches en place ou en remblai °3.3.16. En mécanique, les sols sont constitués d'une proportion variable de solides (**grains** arrangés et plus ou moins liés entre eux), de liquides (l'**eau** en général) et de gaz (l'**air** en général) ; les roches sont souvent plus ou moins cimentées et fracturées °3.3.12. En calcul géotechnique, l'eau et l'air sont considérés comme des sols.

Terrassement : opération d'extraction, de transport et de mise en œuvre de matériau par une entreprise de terrassement selon des critères préalablement définis.

Plateforme : surface en faible(s) pente(s) pour permettre l'écoulement des eaux vers un exutoire, ou surface plane, destinée à recevoir un ouvrage ou une partie d'ouvrage sur une partie ou la totalité de sa surface *3.2.3.

Fondations : de différents types, adaptés au cas par cas par les études géotechniques. Il s'agit entre autres : d'un dallage sur terre-plein, d'un radier, de semelles, de puits, de pieux ou de micropieux.

Ancrage des fondations : hauteur verticale de pénétration dans le sol décrit comme le « sol d'ancrage ». Sauf dispositions particulières, la liaison entre la fondation et le sol est assurée sur la hauteur d'ancrage par une exécution avec coulage à pleine fouille du béton selon les règles de l'Art.

Encastrement et protection pour la mise hors gel ou mise hors dessiccation : distance (verticale pour l'encastrement) entre le fond de fouille de fondation et le point le plus proche de la surface avec pour repère soit une cote (altitude par rapport à un repère de nivellement) soit le terrain naturel ou « TN » (avant travaux), soit une plateforme (en cours de travaux), soit le **terrain fini** ou « TF » (après travaux).

Déblai : terrassement, avec enlèvement de matériau par un entrepreneur, généralement pour abaisser le niveau dans un site ou pour en aplanir la surface. Le déblai désigne également le matériau enlevé *3.2.3. °3.9

*Un fossé est un déblai en pente continue pour évacuer les eaux vers un exutoire. Un redan consiste à entailler une pente pour réaliser une surface plane *3.2.3. Autres exemples de déblai : plateforme, excavation superficielle, fouille en pleine masse, fouille en rigole ou en tranchée, avec redans, puits, pieux ou forage, havage, marnière, sape ou muche, cave, souterrain, galerie et tunnel...*

Remblai : terrassement par apport de matériau prélevé sur place (en déblai) ou provenant de l'extérieur Le remblai désigne aussi le matériau apporté. Il est enterré pour combler un déblai ou une cavité, en élévation pour rehausser le niveau d'un site ou pour en aplanir la surface (plateforme, digue, merlon, substitution...) *3.2.3.

Un remblai est stocké en dépôt provisoire soit pour être réutilisé sur le site, soit impropre ou en excédent pour être évacué. Un remblai est aussi mis en œuvre définitivement avec des matériaux, des techniques et des matériels spécifiques aux terrassements ou aux injections et préalablement définis.

Voiries et travaux divers (V.R.D.) : travaux de génie civil existants ou à réaliser autour d'un ouvrage pour en assurer son usage : voirie d'accès, réseaux secs de câblages et humides principalement pour les eaux pluviales (**EP**, qui désigne aussi l'amenée d'eau potable !), les eaux de drainage et les eaux usées (**EU**).

Pour un projet, les possibilités de traitement et de rejet sur site ou hors du site pour les eaux pluviales et les eaux usées sont du ressort d'études d'ingénierie de l'environnement : enquête, investigations avec essais d'eau sur site, réglementation et contrôles spécifiques.

Exutoire : point de rejet des eaux collectées, ou extrémité aval d'un assainissement ou d'un drainage *3.2.5

Drainage : collecte puis évacuation des eaux collectées vers un exutoire *3.2.5. Le drainage peut être assuré par un drain destiné à capter les eaux et dans certains cas par le sol lui-même.

Travaux géotechniques spéciaux : font appel à des techniques, du matériel ou des matériaux qui ne sont pas à la disposition ou de la compétence de toutes les entreprises.

- *Quelques exemples : les fondations spéciales par pieux, micropieux ou colonnes de sol traité ou en mélange sol-ciment ; les déblais avec reprises en sous-œuvre ; les soutènements par parois berlinoises, parisiennes, clouées ou avec tirants ; les rabattements de nappe ; les travaux souterrains ; les injections.*

Pour en savoir plus sur la géotechnique :

Investigations géotechniques : ensemble des recherches et reconnaissances effectuées par l'utilisation des matériels de forages, sondages, mesures et essais géophysiques et géotechniques in situ et en laboratoire. Elles sont mises en œuvre pour recueillir des données géotechniques pertinentes des sols et roches d'un site (°3.3.5), telles que leur nature, leur

composition, leur structure et leur répartition spatiale, ainsi que leurs caractéristiques physiques et chimiques, géomécaniques et hydrogéologiques °3.3.10.

Profil géologique ou hydrogéologique : relevé géologique du sol, à peu près invariable pour les grains, et variable dans le temps pour la présence d'eau. Ce relevé est lié à la perception et à l'interprétation du géotechnicien à la date et l'heure de son intervention. Cette interprétation personnelle dépend également du site et du projet, ainsi que des moyens d'investigations dont dispose le géotechnicien.

Un profil réalisé à une date donnée peut être complété, précisé et réinterprété ultérieurement au fur et à mesure de l'avancement des investigations et des modifications éventuelles du projet. Dans ce document :

- *Un profil existant de type « **talus** » est un profil relevé sur le site ou à proximité plus ou moins accessible et plus ou moins visible sous des dépôts ou la végétation : affleurement, falaise, remblai ou déblai, tranchées, lit de cours d'eau etc.*
- *Un profil précis de type « **puits** » est relevé directement par exemple au tractopelle, ou après carottage.*
- *Un profil moins précis de type « **tarière** » permet de reconstituer indirectement la succession des sols qui sont remaniés par l'outil. Ces profils sont bien adaptés lorsqu'il y a peu de dégagement ou un accès restreint.*

Ouvrage géotechnique : permet de transférer les sollicitations entre la structure et le terrain. Il est constitué du terrain dans un volume variable et de la partie d'ouvrage concernée par ce transfert, par exemple : un remblai, un soutènement, des fondations, les ouvrages souterrains, de drainage et les améliorations de sol °3.3.14.

Action géotechnique : action du sol et de l'eau ou d'une masse d'eau sur une structure ^{E0}1.5.3.7 et ^{E7}1.5.2.1.

Calcul géotechnique : associe la géotechnique et, selon chaque projet, les paramètres des structures et des fluides pour modéliser les interactions dans le temps entre les sols, et entre les constructions et les sols °3.3.15.

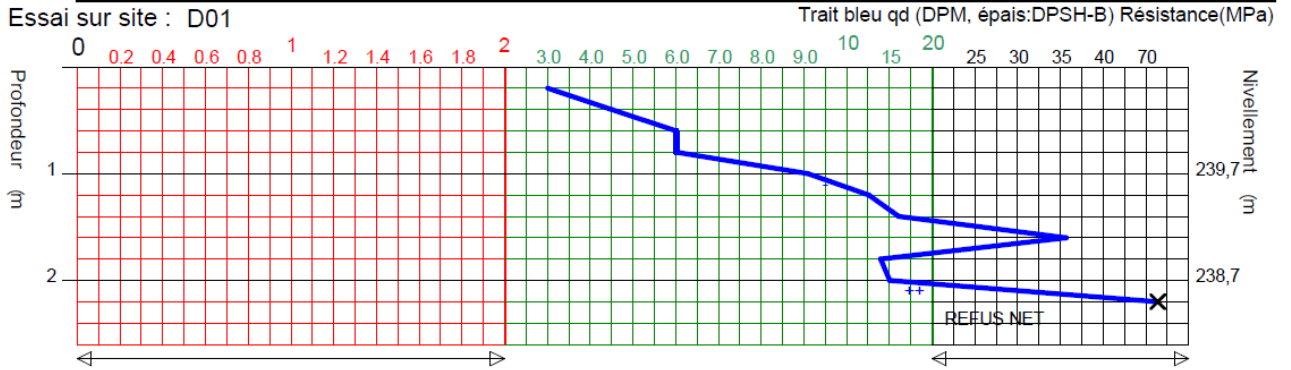
Ebauche dimensionnelle (en étude de conception G2 Avant-Projet) : donne l'ordre de grandeur des caractéristiques dimensionnelles envisageables à partir des plans, coupes et niveaux de référence (données de l'étude préalable G1 phase Principes Généraux de Construction) et d'une enveloppe de descentes de charges, ainsi qu'un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution selon la période de réalisation °3.3.6. Cette ébauche est une donnée de base pour le dimensionnement du projet (voir ci-dessous)

Dimensionnement de projet (étude de conception G2 Projet pour le maître d'ouvrage selon les données de plans, coupes et descentes de charge détaillées.): établit les données nécessaires à l'établissement du Dossier de Consultation des Entreprises (G2 phase ACT/DCE) °3.3.4. Ce dimensionnement est une donnée de base pour le dimensionnement d'exécution.

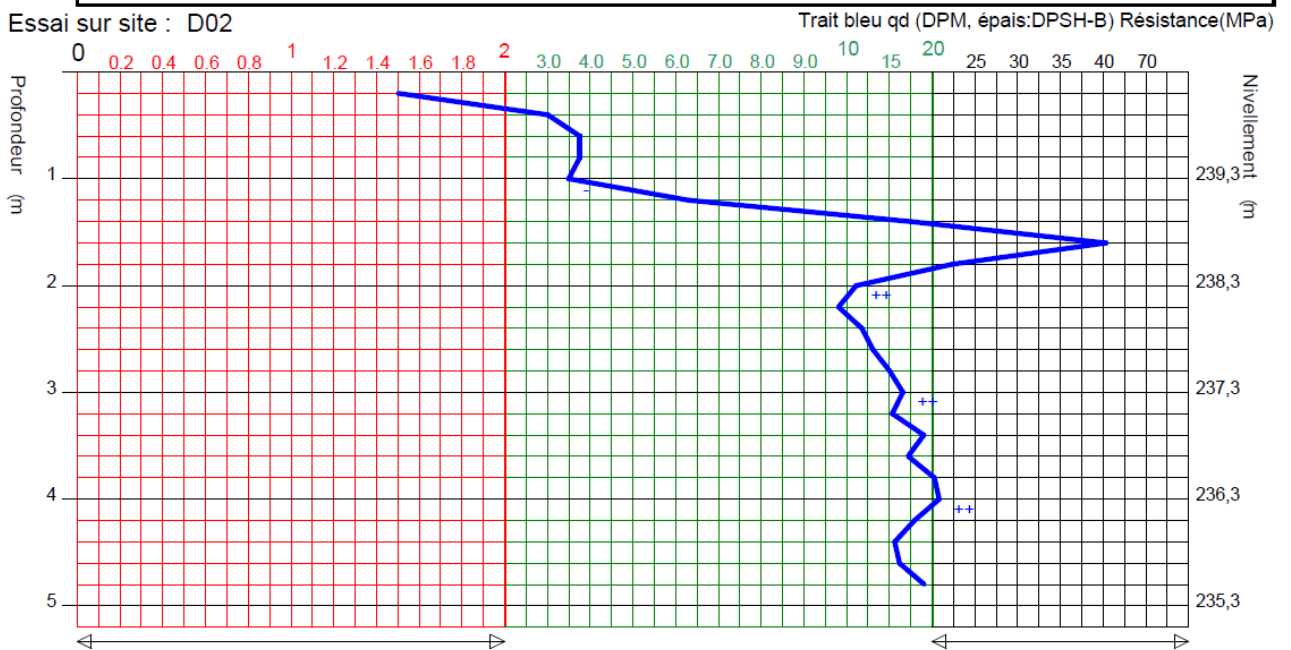
Dimensionnement d'exécution (étude d'exécution G3 pour l'entrepreneur) : comprend notamment les plans, les coupes, les annotations et les spécifications sur les dimensions, les produits et les procédés après calculs et justifications des données nécessaires °3.3.3 Ce dimensionnement s'il est validé en supervision G4 par le géotechnicien du maître d'ouvrage permet l'exécution.

<h1>ARMASOL</h1>	Dossier AQU18G097GA	Annexe A

Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 240,7
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)



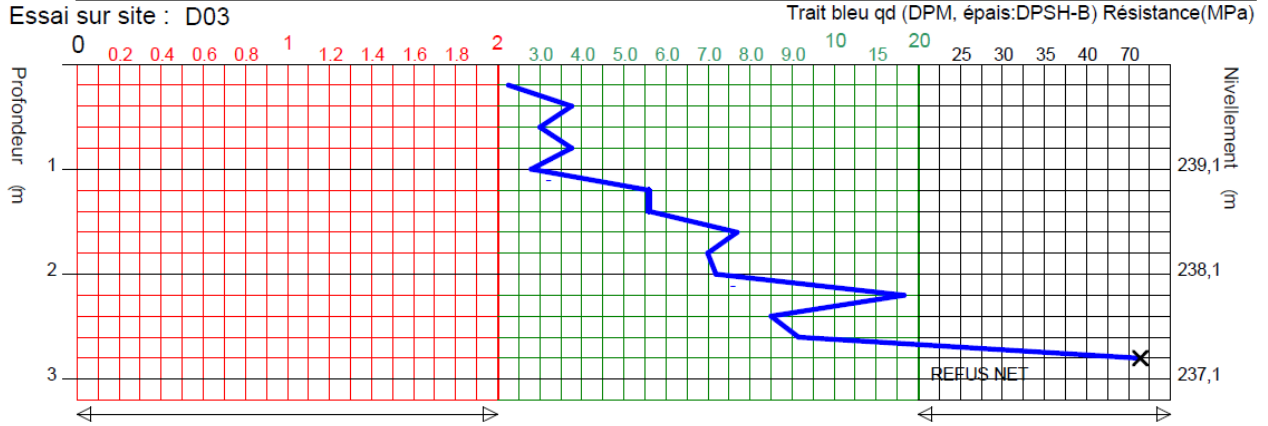
Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 240,3
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)



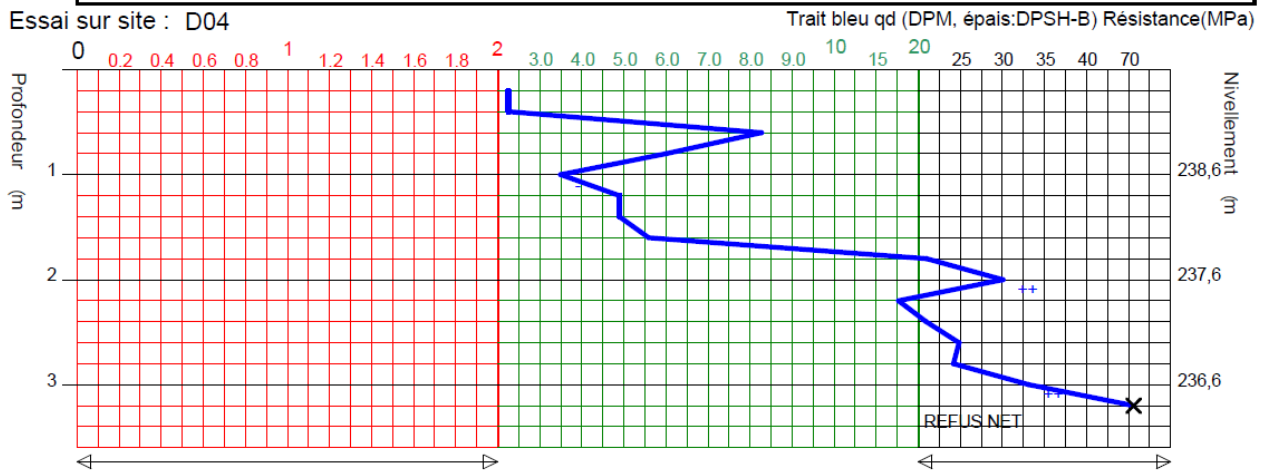
4,8 m fin d'essai

ARMASOL	Dossier AQU18G097GA	Annexe B

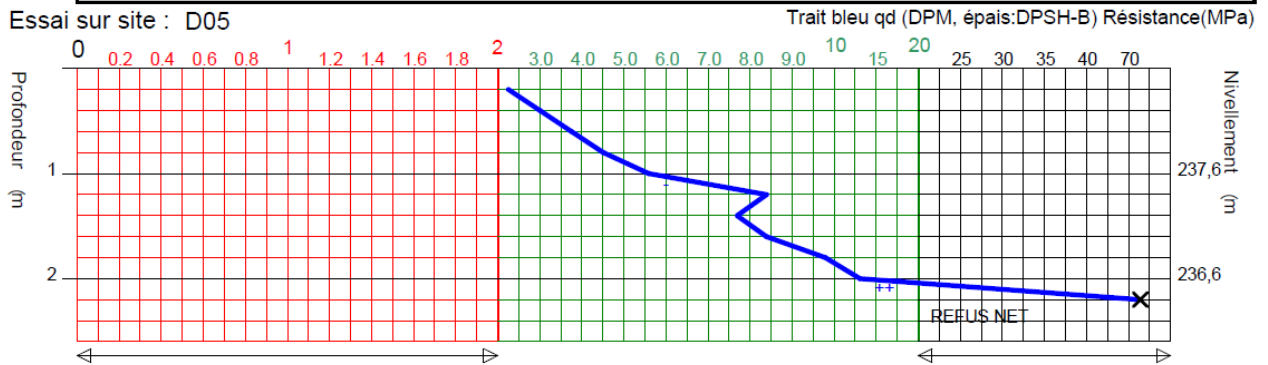
Date: 28/08/2018	Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 240,1
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		



Date: 28/08/2018	Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 239,6
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		

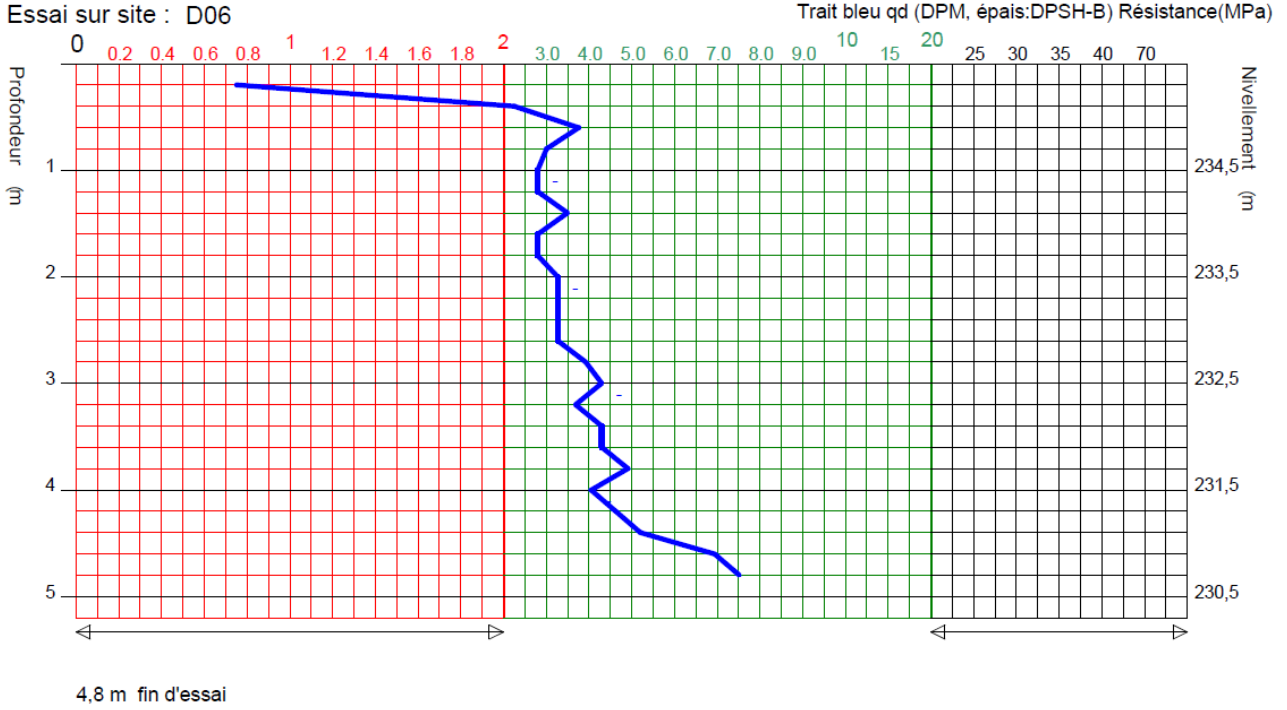


Date: 28/08/2018	Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 238,6
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		

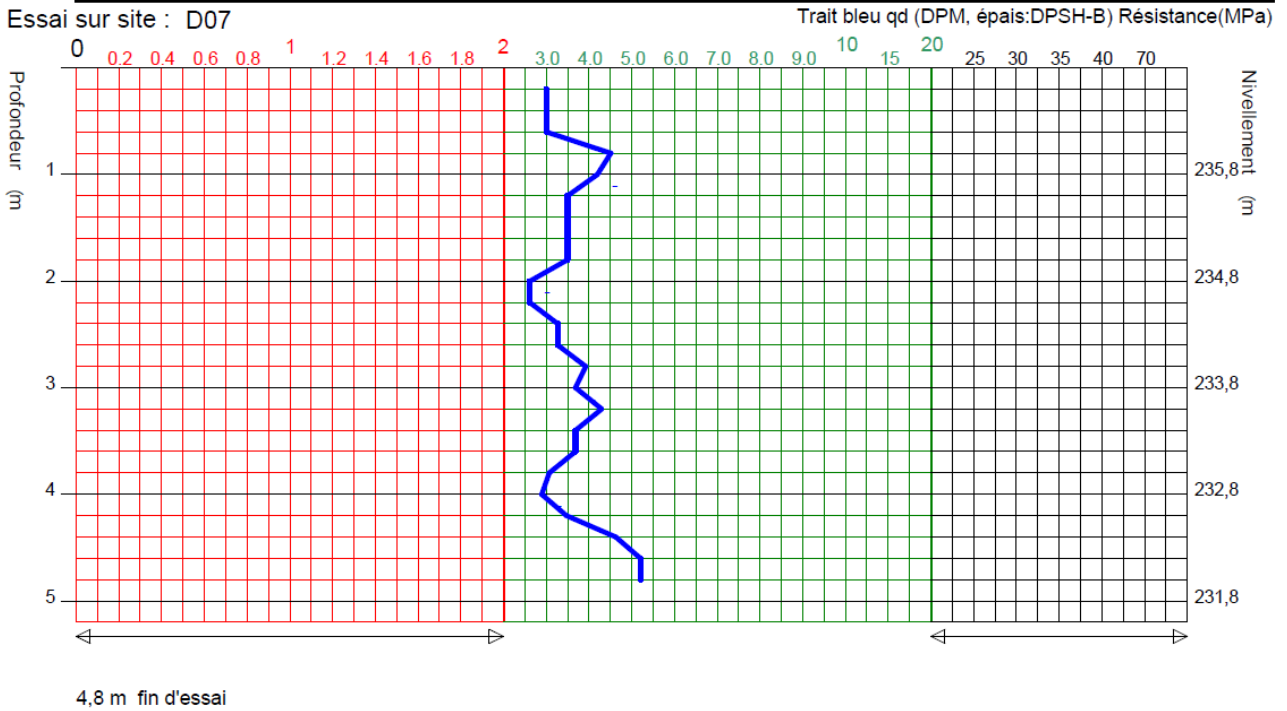


<h1>ARMASOL</h1>	Dossier AQU18G097GA	Annexe C

Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 235,5
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

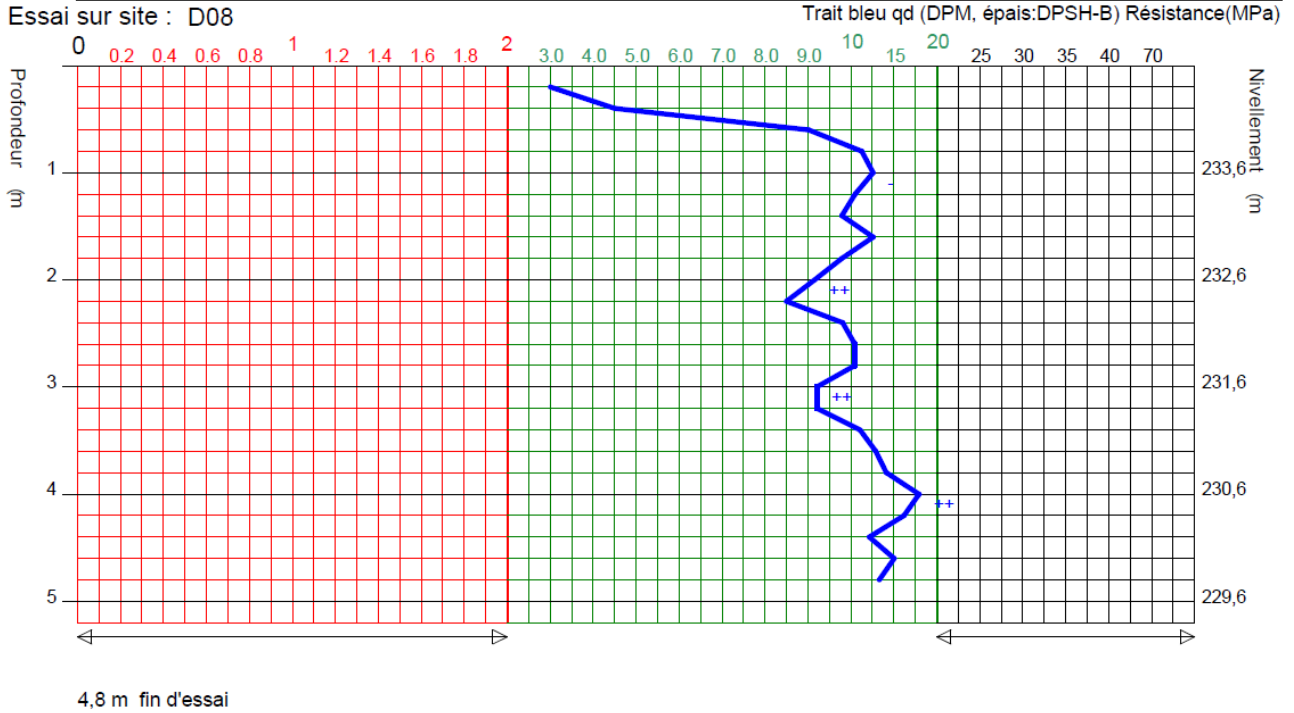


Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 236,8
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

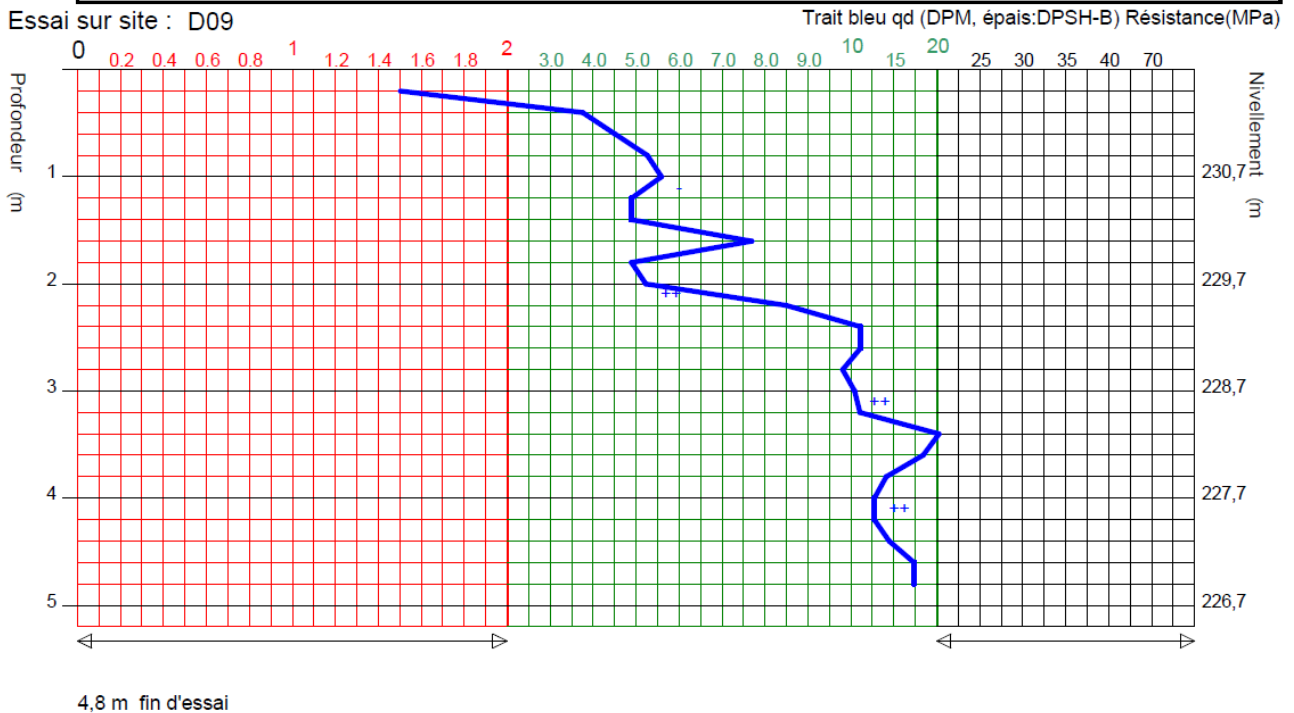


ARMASOL	Dossier AQU18G097GA	Annexe D
---------	---------------------	----------

Date: 28/08/2018	Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 234,6
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		

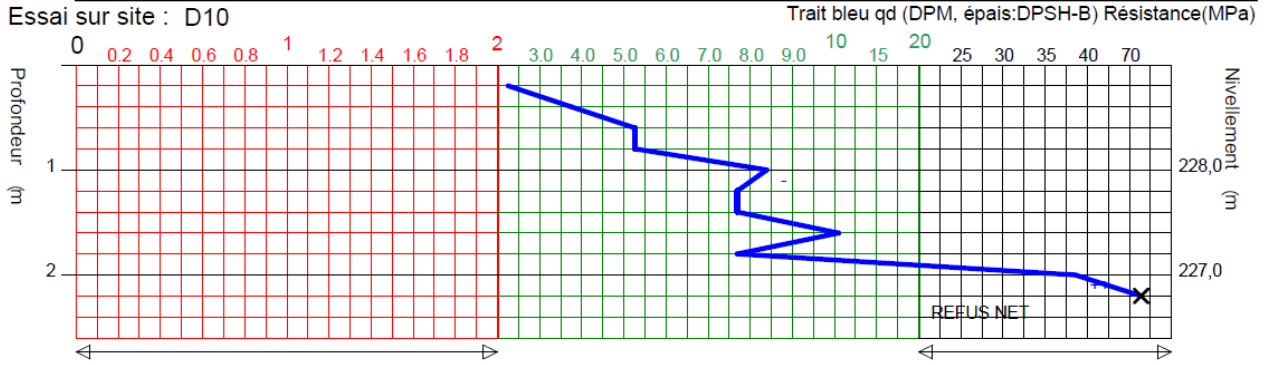


Date: 28/08/2018	Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 231,7
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		

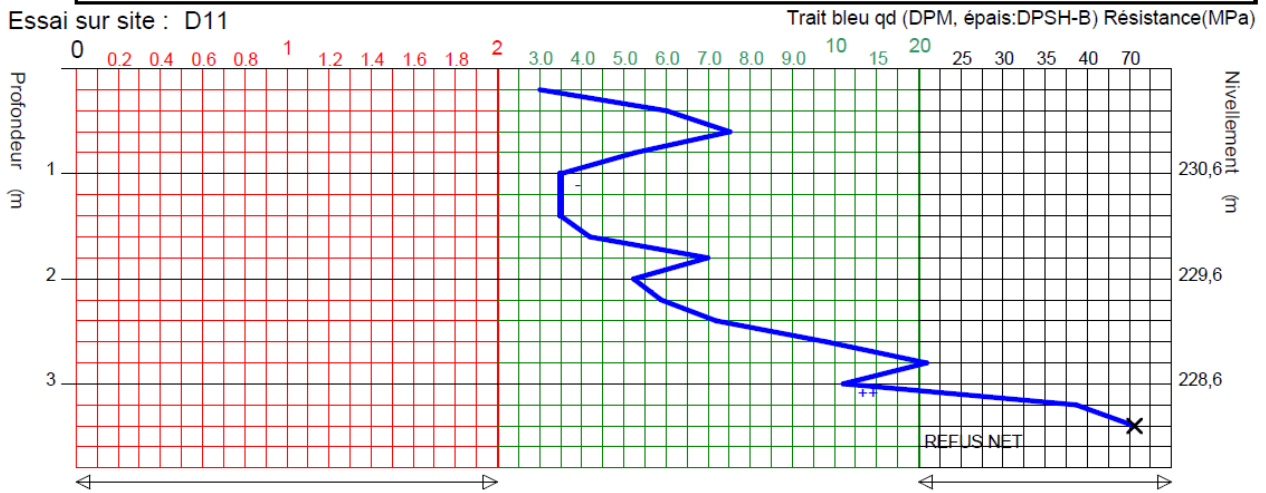


<h1>ARMASOL</h1>	Dossier AQU18G097GA	Annexe E

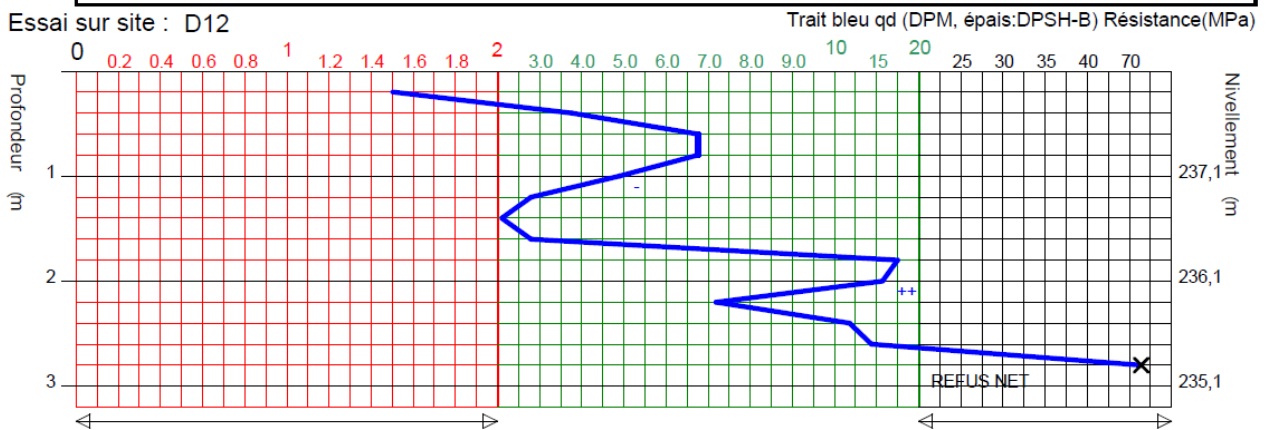
Date: 28/08/2018 Machine : **LX1 DYNAMIQUE** Nivellement: 229,0
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)



Date: 28/08/2018 Machine : **LX1 DYNAMIQUE** Nivellement: 231,6
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

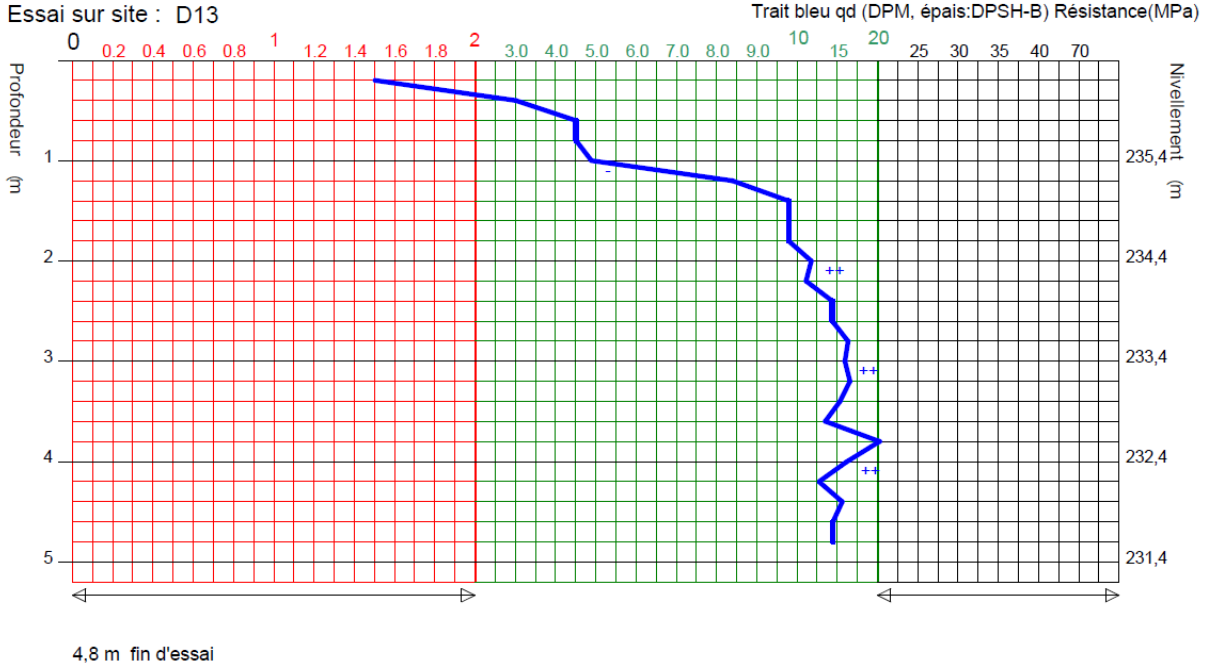


Date: 28/08/2018 Machine : **LX1 DYNAMIQUE** Nivellement: 238,1
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

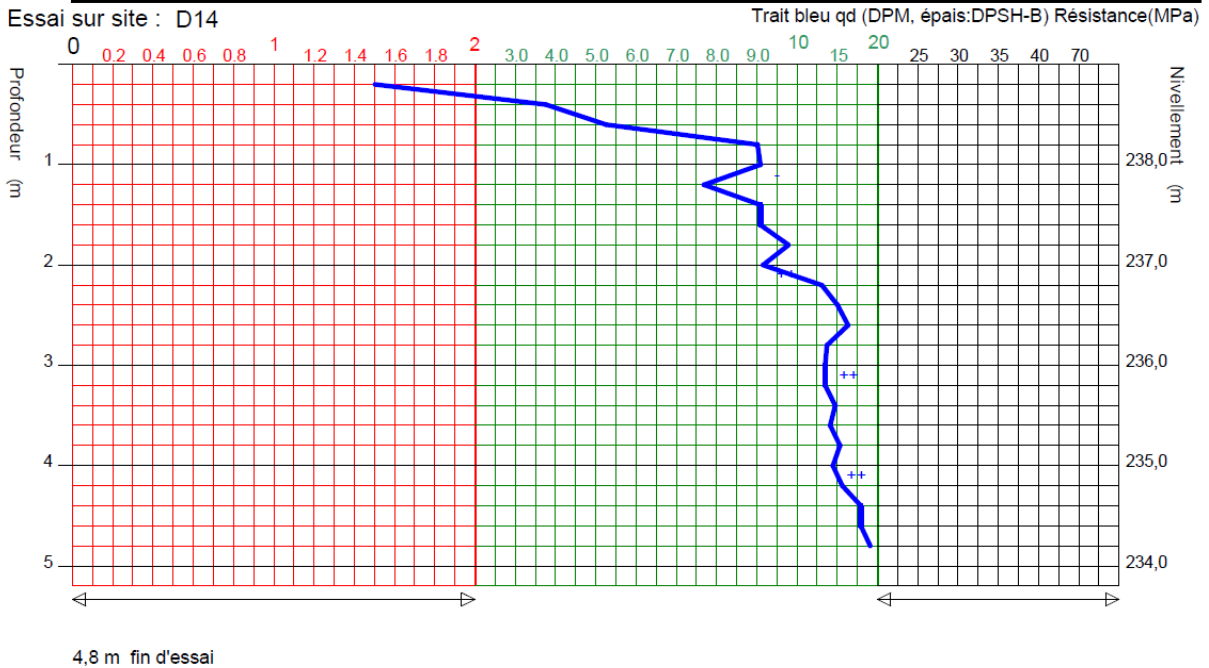


<h1>ARMASOL</h1>	Dossier AQU18G097GA	Annexe F

Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 236,4
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

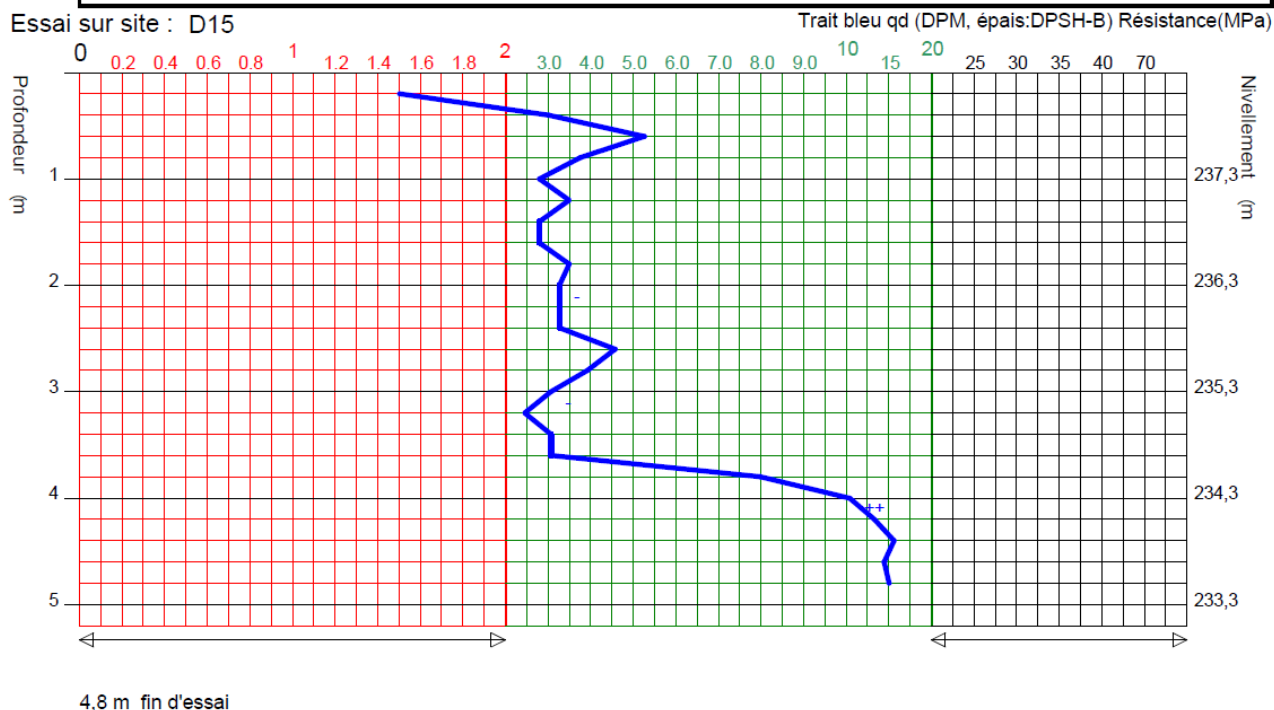


Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 239,0
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

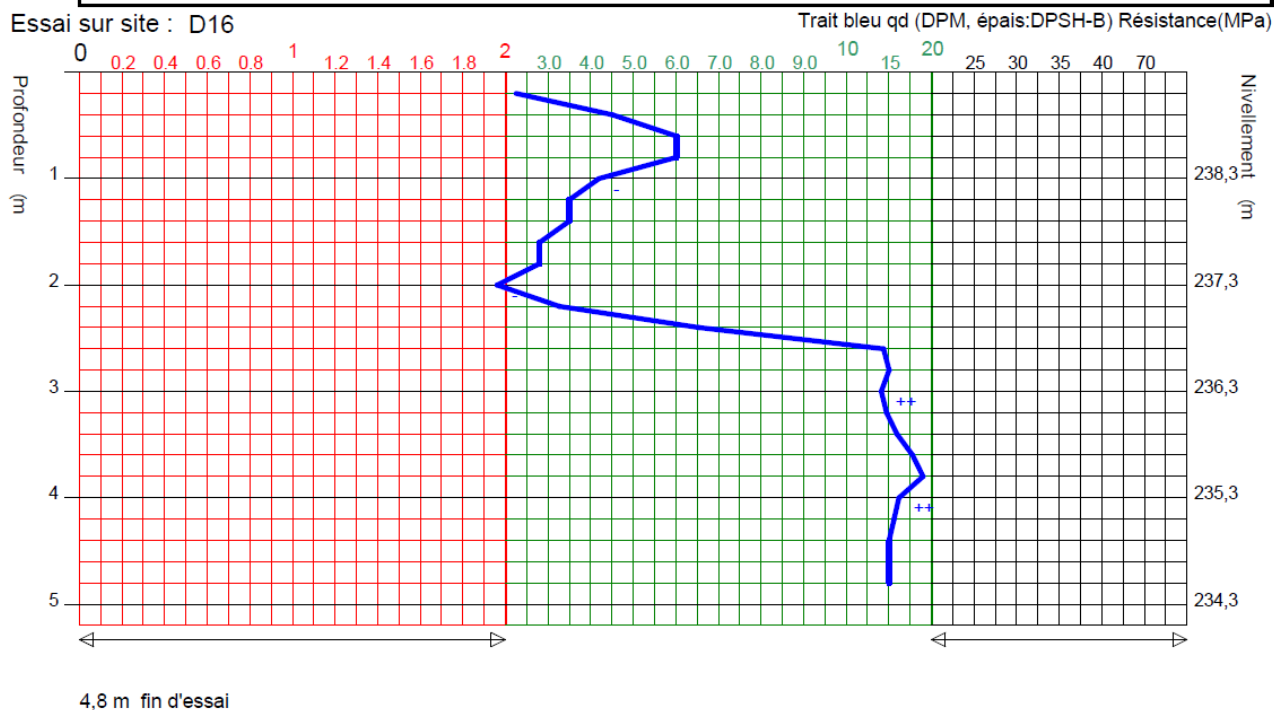


<h1>ARMASOL</h1>	Dossier AQU18G097GA	Annexe G

Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 238,3
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)

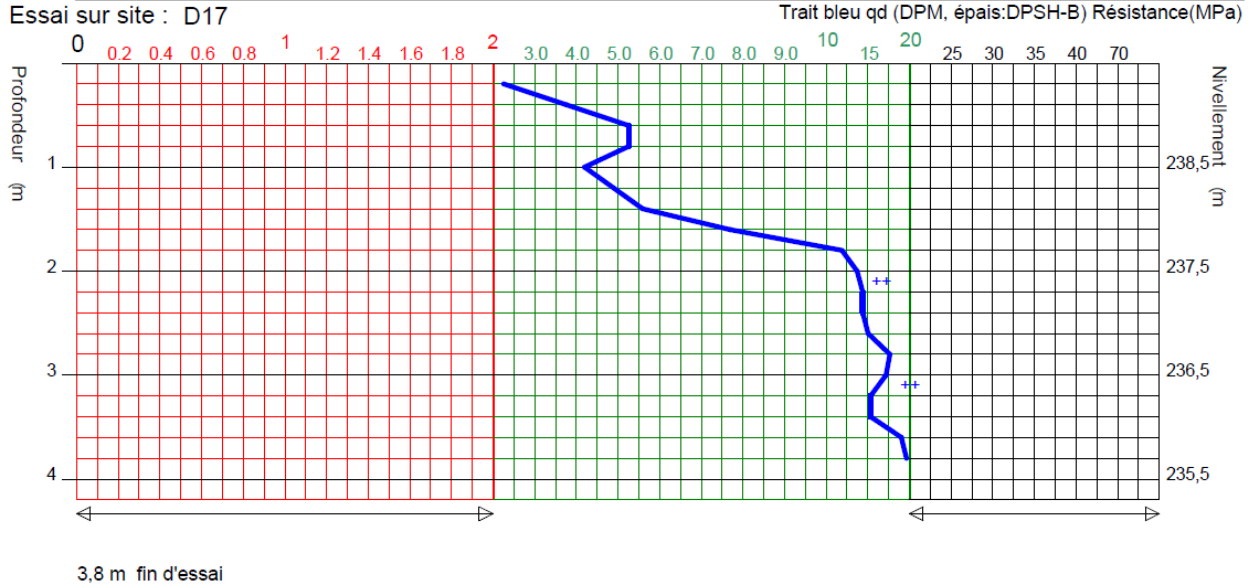


Date: 28/08/2018 Machine : ■ LX1 DYNAMIQUE Nivellement: 239,3
 Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm², chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)



ARMASOL	Dossier AQU18G097GA	Annexe H

Date: 28/08/2018	Machine : LX1 DYNAMIQUE	Nivellement: 239,5
Norme NF 22476-2:2005 Battage 64 kg, pointe 20 cm ² , chute 75 cm (DPSH-B) ou 37,5 cm (~DPM)		



Etude :	Date de prélèvement:	Lieu :
AQU18G097	28/08/2018	Carbonade à Fourquevaux (31)
Récapitulatif des essais		

Echantillon	Eau / état		Granulométrie			Argilosité / plasticité					Classe	
	Wn (0/50mm)	Wn (0/20mm)	Dmax (mm)	0/2mm / 0/50mm	0/80µ / 0/50mm	VBS	WI	Wp	Ip	Ic		Wf
Sondage												
E1	0,8m	23,7%		99,1%	82,8%	3,3						GTR
E2	0,6m	16,1%		99,7%	69,0%	3,0						A2
E3	1,0 à 1,4m	19,1%	9	99,9%	73,3%		45%	27%	18	2,5		A2
												m à s

Observations :

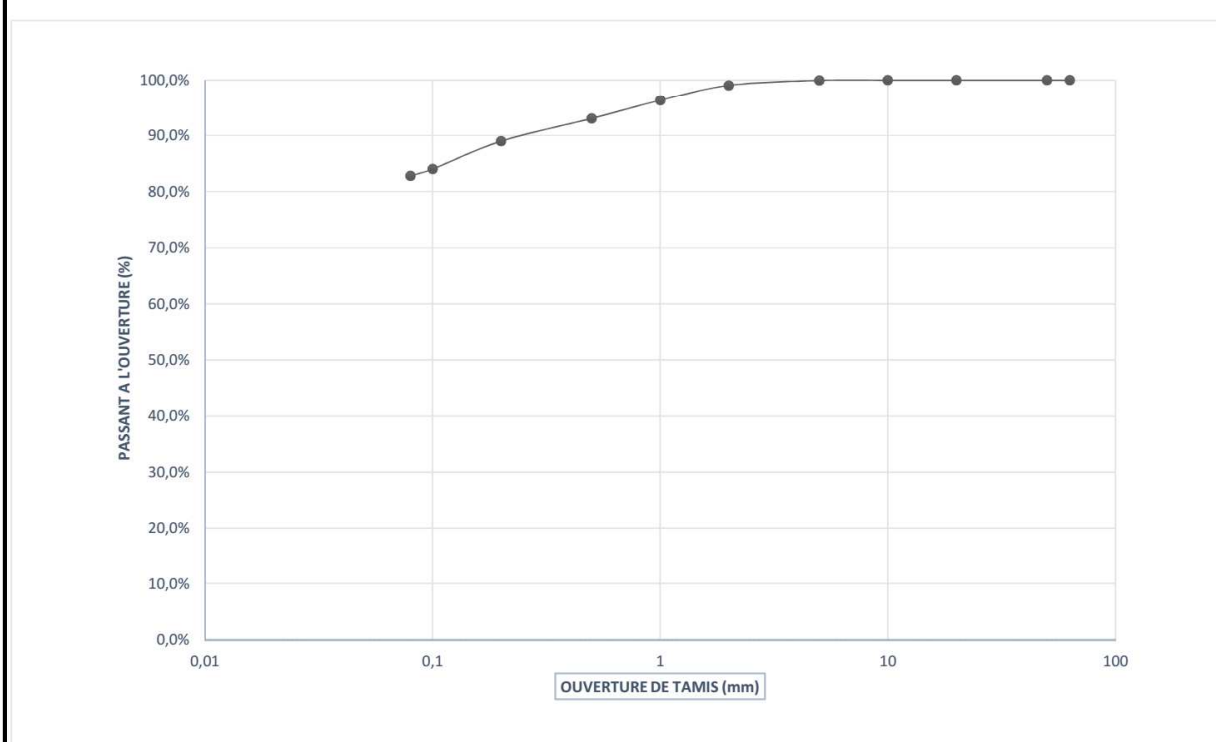
ANNEXE J



Etude : AQU18G097	Date de prélèvement: 28/08/2018	Lieu : Carbonade à Fourquevaux (31)
Sondage : E1	Profondeur : 0,8m	Nature: marne limoneuse

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage
NF P 94-056

date de l'essai : 30/08/2018															
TAMIS (mm)		100	80	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08		
PASSANT (%)		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	96,3%	93,1%	89,0%	84,0%	82,8%		
REFUS (%)		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	3,7%	6,9%	11,0%	16,0%	17,2%		



D MAX (mm) 10 fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm 99,1% fraction 0/80 μ dans la fraction 0/50mm 82,8%

Teneur en eau pondérale de l'échantillon NF P 94 050	
date de l'essai :	30/08/2018
fraction 0/50mm (Wn)	23,7%
fraction 0/20mm	
fraction 0/0,4mm	

Détermination de l'activité argileuse Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068)	
date de l'essai :	16/10/2017
fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm (C)	100,0%
valeur de bleu du sol (VBS)	3,3

Indice IPI (NF P 94-078)	
Compactage : Proctor normal	Moule : CBR
date de l'essai :	
densité sèche ρ_d (t / m ³)	
IPI	

Limites d'Atterberg (NF P 94 051)	
date de l'essai :	
Limite de liquidité (méthode à la coupelle)	
Limite de plasticité	
Indice de plasticité (IP)	
Indice de consistance de la fraction 0/0,4mm (IC) :	

Classification GTR : A2

Etat hydrique : estimé m

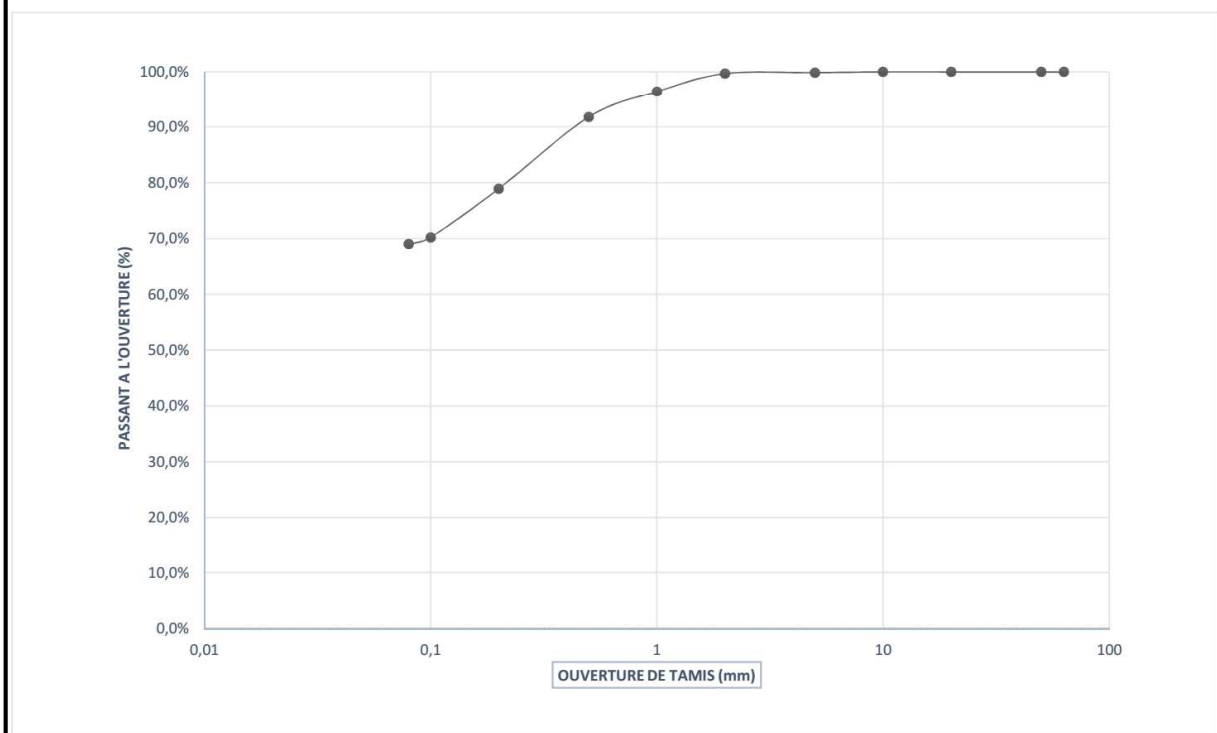
Observations :

ANNEXE K

	Etude :	Date de prélèvement:	Lieu :
	AQU18G097	28/08/2018	Carbonade à Fourquevaux (31)
Sondage :	Profondeur :	Nature:	
E2	0,6m	Limon sableux et marneux	

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage
NF P 94-056

date de l'essai :		30/08/2018												
TAMIS (mm)		100	80	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08	
PASSANT (%)		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	99,7%	96,4%	91,8%	78,9%	70,2%	69,0%	
REFUS (%)		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	3,6%	8,2%	21,1%	29,8%	31,0%	



D MAX (mm) 10 fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm 99,7% fraction 0/80µ dans la fraction 0/50mm 69,0%

Teneur en eau pondérale de l'échantillon NF P 94 050	
date de l'essai :	30/08/2018
fraction 0/50mm (Wn)	16,1%
fraction 0/20mm	
fraction 0/0,4mm	

Détermination de l'activité argileuse Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068)	
date de l'essai :	16/10/2017
fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm (C)	99,9%
valeur de bleu du sol (VBS)	3,0

Indice IPI (NF P 94-078)	
Compactage : Proctor normal	Moule : CBR
date de l'essai :	
densité sèche ρ_d (t/m ³)	
IPI	

Limites d'Atterberg (NF P 94 051)	
date de l'essai :	
Limite de liquidité (méthode à la coupelle)	
Limite de plasticité	
Indice de plasticité (IP)	
Indice de consistance de la fraction 0/0,4mm (IC) :	

Classification GTR : A2 **Etat hydrique : estimé m à s**

Observations :

ANNEXE L

ARMASOL

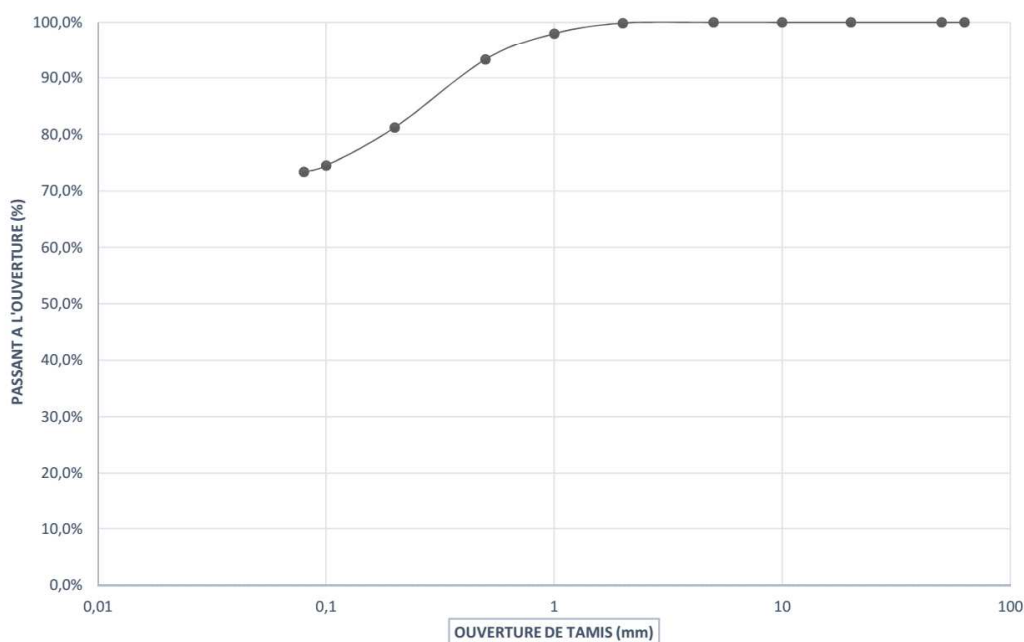
FIMUREX

Etude :	AQU18G097	Date de prélèvement:	28/08/2018	Lieu :	Carbonade à Fourquevaux (31)
Sondage :	E3	Profondeur :	1,0 à 1,4m	Nature:	Argile limoneuse

Analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage
NF P 94-056

date de l'essai : 30/08/2018

TAMIS (mm)				100	80	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,08
PASSANT (%)				100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	98,0%	93,3%	81,2%	74,4%	73,3%
REFUS (%)				0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	2,0%	6,7%	18,8%	25,6%	26,7%



D MAX (mm) 5 fraction 0/2mm dans la fraction 0/50mm 99,9% fraction 0/80µ dans la fraction 0/50mm 73,3%

Teneur en eau pondérale de l'échantillon
NF P 94 050

date de l'essai :	30/08/2018
fraction 0/50mm (Wn)	19,1%
fraction 0/20mm	
fraction 0/0,4mm	21,30%

Détermination de l'activité argileuse
Essai au bleu de méthylène (NF P 94 068)

date de l'essai :	
fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm (C)	
valeur de bleu du sol (VBS)	

Indice IPI (NF P 94-078)


Compactage : Proctor normal	Moule : CBR
date de l'essai :	14/09/2018
densité sèche ρ_d (t / m ³)	1,726
IPI	9

Limites d'Atterberg (NF P 94 051)

date de l'essai :	07/09/2018
Limite de liquidité (méthode à la coupelle)	45%
Limite de plasticité	27%
Indice de plasticité (IP)	18,0
Indice de consistance de la fraction 0/0,4mm (IC) :	1,32

Classification GTR : A2**Etat hydrique : m à s****Observations :**

légère divergence sur l'état hydrique : déterminé moyen selon l'IPI et sec selon l'indice de consistance.

	Etude :	Date de prélèvement:	Lieu :
	AQU18G097	28/08/2018	Carbonade à Fourquevaux (31)
Sondage :	Profondeur :	Nature:	
E3	1,0 à 1,4m	Argile limoneuse	

Analyse de l'amélioration de portance apportée par un traitement à la chaux

dates de l'essai : 14 au 18/09/2018

Echantillon à Wn

teneur en eau fraction 0/50mm	19,1%	masse volumique sèche (T/m3)	1,726
teneur en eau fraction 0/20mm	19,1%	selon mode opératoire CBR et IPI	
		IPI mesuré	9

Echantillon humidifié

teneur en eau fraction 0/50mm		masse volumique sèche (T/m3)	1,704
teneur en eau fraction 0/20mm	19,9%	selon mode opératoire CBR et IPI	
		IPI mesuré	3,5

Echantillon humidifié Traité à 1,5% de chaux

teneur en eau fraction 0/50mm		avant immersion	masse volumique sèche (T/m3)	1,706
teneur en eau fraction 0/20mm	17,7%		selon mode opératoire CBR et IPI	
teneur en eau fraction 0/20mm		après immersion	IPI mesuré	15
gonflement mesuré	0,40%		CBR mesuré	34
			CBRi/IPI	2,3

Résultat : traitement adapté