



Maître d'Ouvrage :

BATI AMENAGEMENT
24 rue Vincent Gâche
44200 NANTES

**ETUDE GEOTECHNIQUE
DE CONCEPTION G2AVP**

Projet de création d'un lotissement

*Lotissement " Les Hautes d'Arthus "
Rue de Bourgneuf / Rue de Saint-Cyr
CHAUMES EN RETZ (44)*

*Rédaction : Mathieu JEAN FRANCOIS
Relecture : Samy BOUSSEFFA*

*Réf. dossier : 4023
Octobre 2019*

Siège social

12, Boulevard de la Vie - Belleville-sur-Vie
85170 Bellevigny
Tél. 02 51 24 40 28 - Fax 02 51 24 40 29
E-mail : contact@igesol-bet.fr

S.A.R.L au capital de 10 000 €
Siret 490 004 900 00026

R.C.S. La Roche sur Yon 490 004 900
D.B. : CRCAM 14706 00131 - 902 643 77 000 - 70
APE 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 82 490 004 900

Agence de Bretagne

1, place de la Voile
4, Le Belem
56390 LOCMARIA - GRANDCHAMP
Tél. 02 97 44 23 35 - Fax 02 97 44 25 30
E-mail : contact@igesol-bet.fr

Table des matières

1 - INTRODUCTION	1
2 - CONTEXTE GENERAL	2
2.1 - CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	2
2.2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE	2
2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	2
3 - LES INVESTIGATIONS	5
3.1 - SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE (ANNEXE 1)	5
3.2 - ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 2)	6
3.2.1 - Classifications GTR de matériaux (normes NF P 94-050, NF P 94-512 – 4 et NF P 94-068 – Annexe 2)	7
3.2.2 - Mesures de teneur en eau naturelle (norme NF P 94-050)	7
3.3 - TESTS DE PERMEABILITE – METHODE PORCHET A NIVEAU VARIABLE	8
4 - GEOTECHNIQUE	9
4.1 - SYNTHESE DES RESULTATS	9
4.2 - TERRASSEMENTS	10
5 - LES CONDITIONS DE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DE DEBLAIS EN REMBLAIS ET EN COUCHE DE FORME (d'après le fascicule « Réalisation des Remblais et Couche de Forme » du SETRA – LCPC)	11
5.1 - LE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 3)	11
5.2 - LE REEMPLOI DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 4 ET 5)	12
6 - LES VOIRIES (d'après le fascicule "catalogue des structures de chaussée")	13
6.1 - PRECONISATIONS GENERALES	13
6.2 - STRUCTURE DES VOIRIES	13

Table des annexes

- Sondages à la pelle mécanique et résultats des tests de perméabilité
- Identifications GTR des matériaux
- Conditions d'utilisation des matériaux du site en remblais
- Les différents cas possibles de PST
- Conditions d'utilisation des matériaux du site en couche de forme
- Conditions générales des prestations géotechniques d'Igesol
- Enchaînement et classification des missions types d'ingénierie géotechnique

1 - INTRODUCTION

→ Type de l'étude

À la demande et pour le compte de BATI AMENAGEMENT, Maître d'Ouvrage, nous avons réalisé une étude géotechnique sur le site du projet de création du lotissement « Les Hauts d'Arthus » sur la commune de CHAUMES EN RETZ (44).

→ Description du projet (cf. planche 2)

Sur le site étudié, le Maître d'Ouvrage souhaite créer un lotissement comprenant 39 lots de 324 à 561 m² qui abriteront de futures habitations individuelles (projets actuellement non définis) et 2 îlots pouvant contenir 4 et 9 logements au minimum de 731 et 1 165 m². Ces lots seront, a priori, desservis par des voiries légères, de classe de trafic T5. Il est également envisagé la création de 2 bassins d'orage.

→ Objectifs de l'étude

Les principaux objectifs sont de :

- déterminer la nature et la structure géologique du sol et du sous-sol et ses contraintes hydrogéologiques (y compris les coefficients de perméabilité) au droit des futures voiries ;
- déterminer la faisabilité géotechnique du projet de voirie ;
- définir les propriétés physiques des différents faciès mis en évidence (classification GTR) ;
- aborder les modalités de terrassement et les possibilités et les conditions de ré-emploi des matériaux du site en remblais ou en couche de forme ;
- préciser les structures de voiries adaptées aux contraintes imposées par le sous-sol et au type et de l'intensité du trafic.

Dans ce cadre, notre étude se limite à une mission de type G₂AVP (norme AFNOR – NF P-94 500).

→ Investigations

Afin de répondre aux objectifs fixés par notre mission, nous avons procédé à la réalisation d'une campagne de :

- 10 sondages à la pelle mécanique dont 3 avec essais de perméabilité de type PORCHET à niveau variable soit 2 au droit d'un futur bassin d'orage au nord-est et 1 au droit d'un futur bassin d'orage au nord-ouest ;
- 3 identifications GTR par détermination de la VBS, la teneur en eau naturelle et de la granulométrie par tamisage.

→ Document en notre possession :

Le document qui nous été fourni pour la réalisation de notre étude est un plan de composition, au 1/500, datant du 26/02/2019 avec différents suggestions d'implantation.

→ Remarques complémentaires

Si les prescriptions du présent rapport ne sont pas respectées dans leur totalité, la responsabilité de notre bureau d'études ne pourra être engagée.

Notre bureau d'étude devra être tenu informé de toutes les modifications pouvant être apportées au projet.

2 - CONTEXTE GENERAL

2.1 - CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Le site d'étude se localise sur la commune de CHAUMES EN RETZ (44), entre les Rue de Bourgneuf et de Saint Cyr (cf. planche 1).

La zone d'étude, d'une superficie totale d'environ 25 800 m², correspond aux parcelles cadastrales n°698, 709, 710, 711, 712, 714, 715, 1206, 1207, 1210, 1211 et à une partie de la parcelle cadastrale n°716 – Section L. Au moment de notre intervention, le terrain étudié était occupé par des parcelles agricoles recoupées d'une haie au sud-est, et limité :

- au nord, par des parcelles bâties ;
- à l'est, par une haie puis ou directement la D605 ;
- à l'ouest, par une haies ou des constructions puis la D5 ;
- au sud, par une haie puis des parcelles agricoles.

D'après la carte IGN, l'altitude de la zone d'étude, est comprise entre 20 et 17 m NGF. D'après notre relevé topographique, la pente générale du terrain orientée vers le nord-ouest possède une intensité maximale d'environ 1 %.

Du point de vue géomorphologique, le terrain concerné par le projet correspond à un talweg d'axe est/ouest. Le fond de ce talweg comporte une zone humide.

La topographie du site n'est pas de nature à augmenter les sollicitations sismiques ($\tau=1$).

2.2 - CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000 – feuille 535 « PALLUAU », le sous-sol de la zone étudiée est caractérisé par une formation du Lutétien supérieur composée de calcaires sableux et dolomitiques à Nummulites surmontant un socle schisteux (cf. planche 1).

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

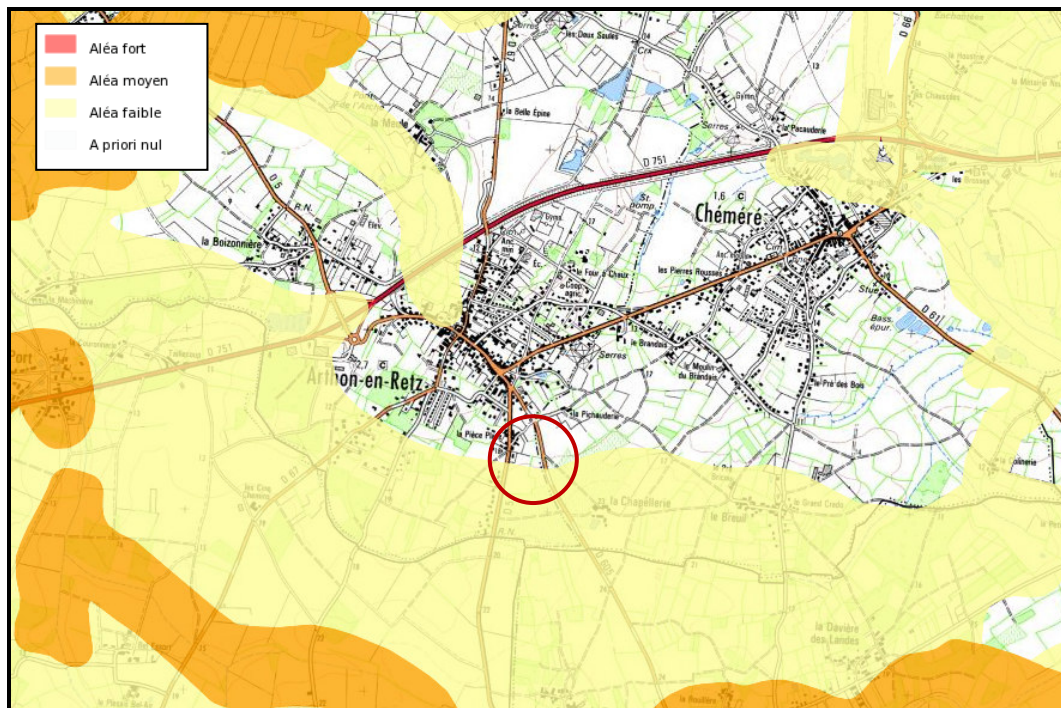
Aucun cours d'eau ne s'écoule à proximité de la zone d'étude.

Du point de vue hydrogéologique, les faciès d'altération du Lutétien supérieur mise en évidence lors de nos investigations constitue un niveau aquifère dont la productivité est liée à sa granulométrie. Le socle schisteux constitue un niveau aquifère dont la productivité est liée à son altération et sa fracturation. Les rares niveaux d'eau mis en évidence lors de cette étude sont à rattacher au premier aquifère cité.

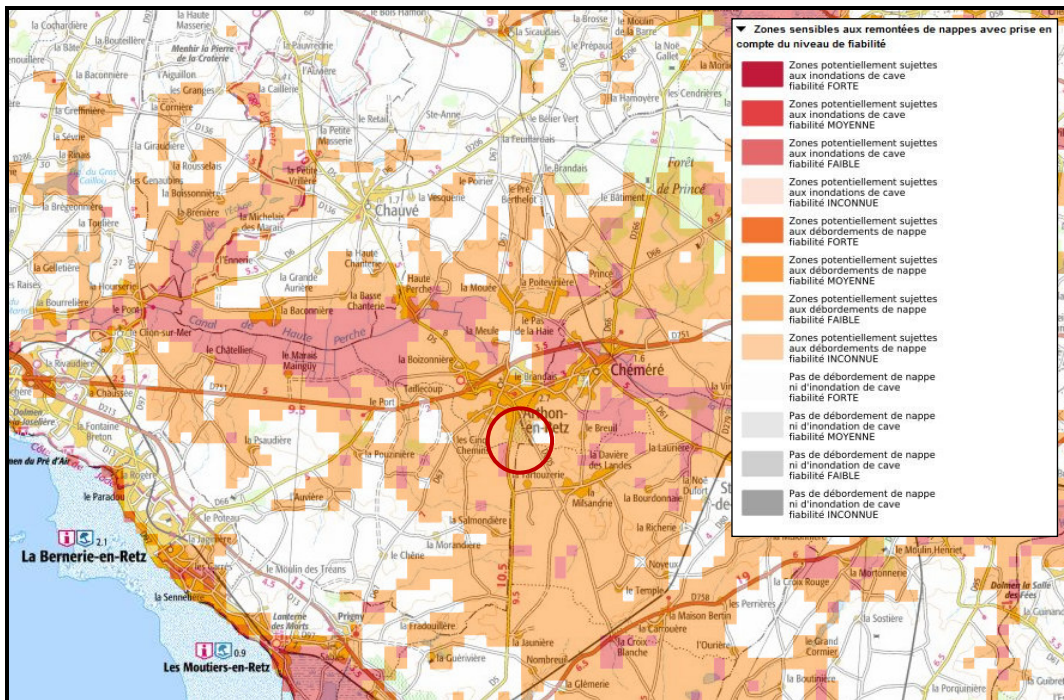
2.4 - EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS

D'après la Banque de Données du Sous-Sol (brgm.fr), 3 risques naturels sont référencés au niveau de la zone d'étude :

- **l'aléa « retrait-gonflement » des argiles** : celui-ci est **a priori nul à faible** sur une échelle à 4 unités (à priori nul, faible, moyen et fort) ;



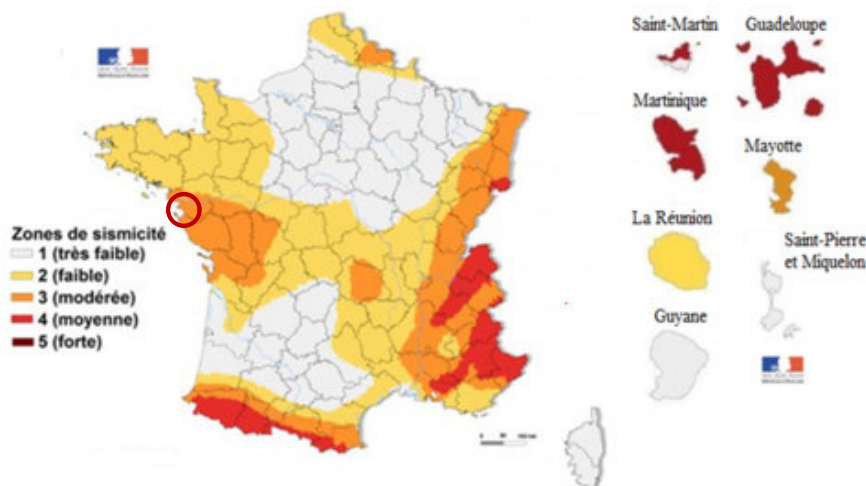
- **le risque de « remontée de nappe »** sur une échelle à 12 unités (dont 3 paliers avec 4 degrés de fiabilité chacun) : celui-ci représente **un zone potentiellement sujette aux inondations de cave (fiabilité faible)**.



▪ **le risque « sismique » :**

Selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, les futures constructions devront être réalisées selon les règles de construction parasismique (Eurocode 8) applicables en zone 3 (modérée) du découpage administratif de la France métropolitaine. A cette zone de sismicité est rattachée une magnitude conventionnelle de 5,5.

Cependant les ouvrages (voiries) abordés dans la présente étude sont de catégorie d'importance I et ne seront pas soumis à la réglementation parasismique.



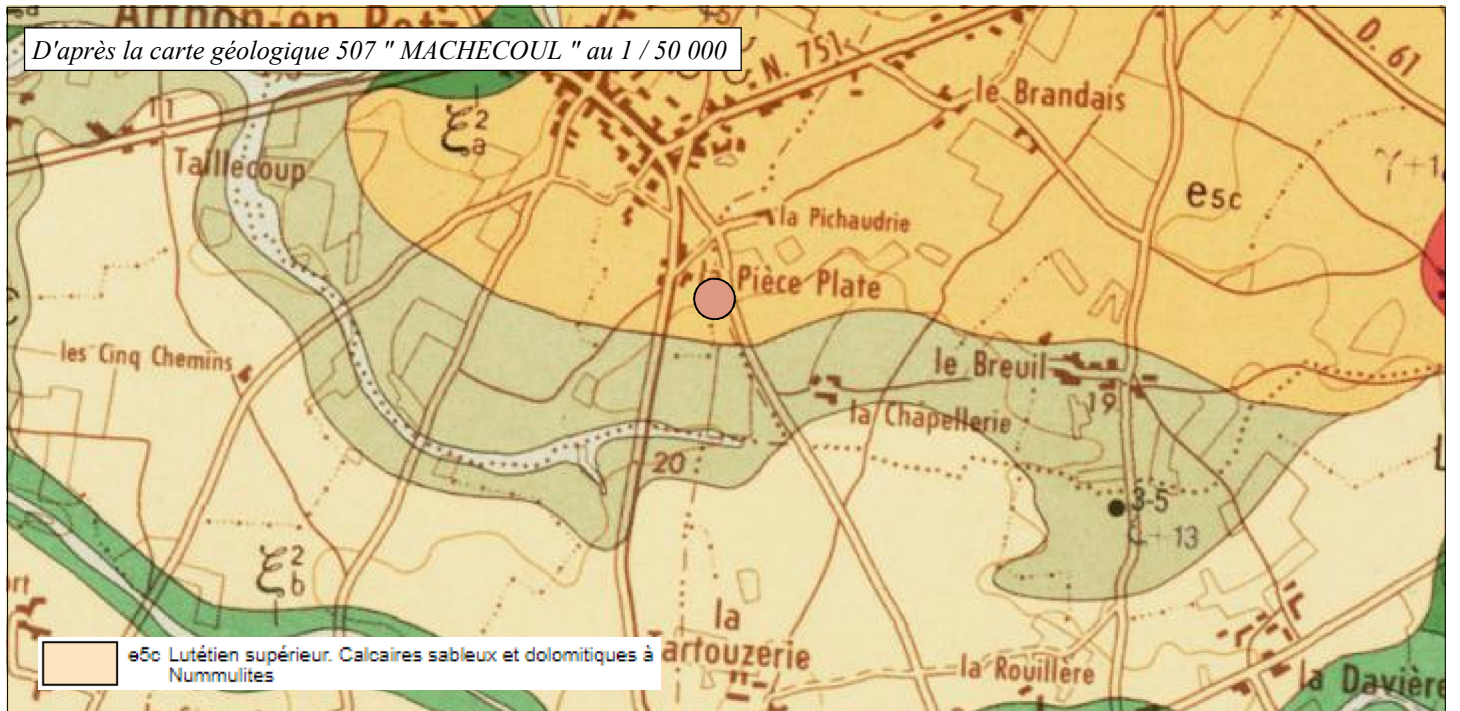
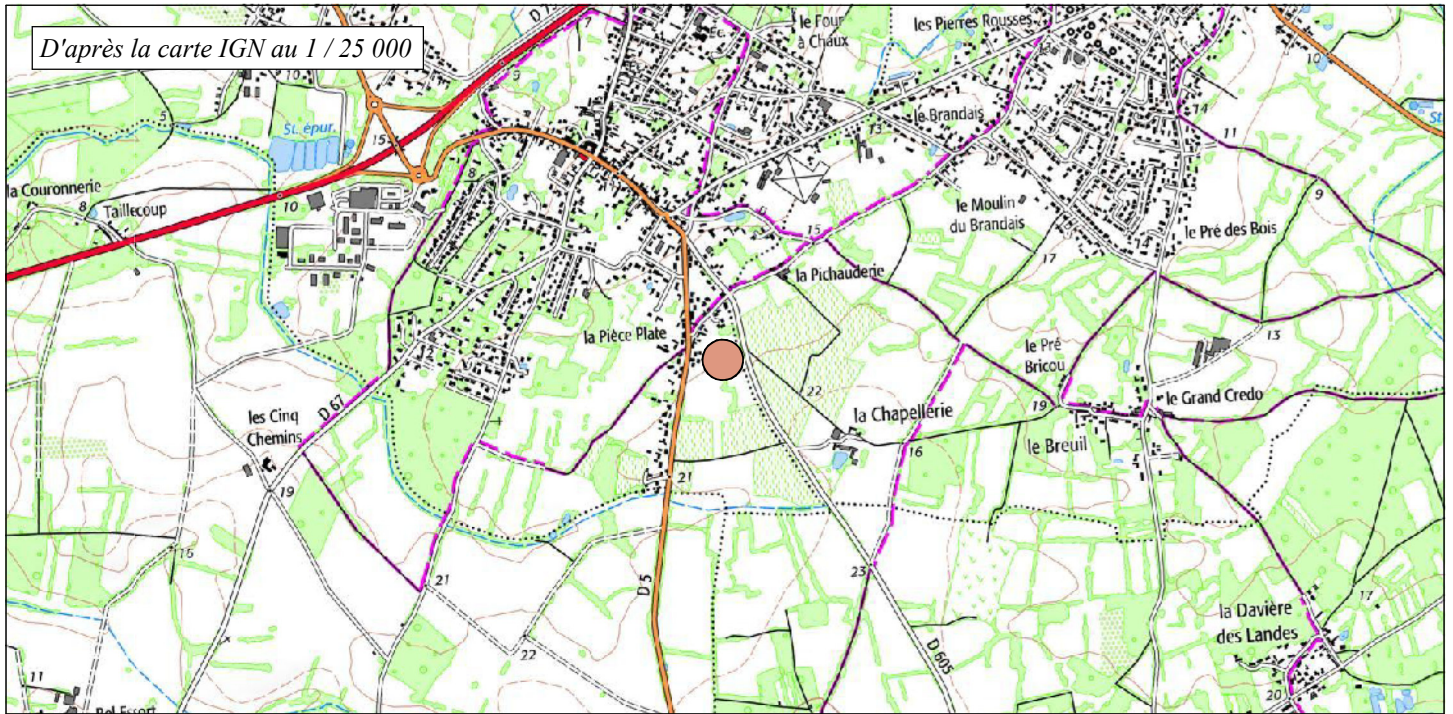


Projet de création d'un lotissement


Etude géotechnique de conception

Localisation de la zone d'étude

**Echelle :
1 / 25 000**



LEGENDE :

 Localisation de la zone étudiée

3 - LES INVESTIGATIONS

3.1 - SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE (ANNEXE 1)

Afin de déterminer la nature et la structure du sous-sol et d'aborder le contexte hydrogéologique, le 18/09/2019, nous avons réalisé 10 sondages à la pelle mécanique. Ces sondages ont été réalisés jusqu'aux profondeurs suivantes :

Sondages	Profondeur d'arrêt	Cote relative d'arrêt	Type d'arrêt
P1	2,40 m	97,74 m	Arrêt volontaire
P2	2,00 m	98,41 m	Arrêt volontaire
P3	2,30 m	97,18 m	Arrêt volontaire
P4	2,40 m	96,79 m	Arrêt volontaire
P5	2,50 m	97,21 m	Arrêt volontaire
P6	2,20 m	97,95 m	Arrêt volontaire
P7	2,20 m	98,39 m	Arrêt volontaire
P8	2,20 m	96,97 m	Arrêt volontaire
P9	2,40 m	97,75 m	Arrêt volontaire
P10	2,20 m	97,89 m	Arrêt volontaire

Ces sondages sont localisés sur la planche 2 ci-après. Les coupes de ces sondages figurent en annexe 1. Nous y avons reporté les profondeurs et les cotes relatives de chaque niveau pédologique et géologique.

Les résultats des sondages sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

→ Contexte géologique :

Faciès	Présent en	Lithologie	Profondeur au toit (m)	Cote relative au toit (m)	Epaisseur (m)
Terre végétale remaniée	Tous	Limon, limon sableux, limon argileux, limon argilo-sableux			0,20/0,50
Lutétien supérieur	PM1, PM2, PM6, PM7, PM8, PM9	Limon sablo-argileux, argile limono-sableuse, argile limoneuse, sable argilo-limoneux à cailloutis de quartz	0,20/0,50	100,09/98,79	0,15/0,80
Lutétien inférieur	PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM8, PM9, PM10	Argile sableuse, sable argileux à cailloutis	0,40/1,20	99,80/98,75	0,70/2,05
Schiste très altéré	PM3, PM5, PM9, PM10	Cuttings argileux, argilo-limoneux à cailloutis	1,10/2,45	99,10/97,26	

→ Contexte hydrogéologique :

	Profondeur (m)	Cote NGF (m)
Niveau d'eau	Localement, entre 1,80 et 2,35	97,79 à 97,39
Circulation d'eau	Lutétien supérieur frais à humide, Lutétien inférieur humide à très humide, Schiste très altéré humide	
Parois des sondages	Stables	

Remarque : Le Lutécien supérieur et dans une moindre mesure le Lutécien inférieur peuvent être sensibles aux variations de teneur en eau. Celles-ci peuvent engendrer des phénomènes de « retrait et gonflement » ou des variations plus ou moins brusques de la portance.

3.2 - ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 2)

Considérant les caractéristiques du projet, nous avons effectué une série d'analyses de laboratoire sur des échantillons du Lutétien supérieur (P6), du Lutécien inférieur (P8+k3) et du Schiste très altéré (P10+k2), pouvant être réutilisés en remblai ou en couche de forme, afin d'établir la classification GTR de ces matériaux, sur le site du projet. Ces échantillons possèdent les caractéristiques suivantes :

Sondage / Echantillon	Profondeur du prélèvement (m/TN)	Caractérisation terrain
P6	1,10 – 2,20	<u>Lutétien supérieur :</u> Argile limoneuse à Sable argilo-limoneux, à cailloutis de quartz
P8+k3	1,40 – 1,80	<u>Lutétien inférieur :</u> Argile sableuse à Sable argileux à cailloutis
P10+k2	1,90 – 2,20	<u>Schiste très altéré :</u> Cuttings argilo-limoneux à argileux à cailloutis de quartz

Ces analyses sont des mesures de la teneur en eau naturelle (norme NF P 94-050), des analyses granulométriques par tamisage (norme NF P 94-056) et des déterminations de la valeur au bleu (norme NF P 94-068).

3.2.1 - Classifications GTR de matériaux (normes NF P 94-050, NF P 94-512 – 4 et NF P 94-068 – Annexe 2)

Les fiches détaillées des analyses sont reportées en annexe 2. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Echantillon	Passant à 80 µm (%)	Passant à 2 mm (%)	D max (mm)	Valeur au bleu (VBS)	Classification GTR
P6	17,4	54,9	25	1,06	B ₅
P8+k3	55,4	91,1	22	1,39	A ₁
P10+k2	16,5	79,6	22	0,84	B ₅

Le Lutétien supérieur et le schiste très altéré (P6 et P10+k2) correspondent à des **sols sableux et graveleux avec fines** de classe **B₅** plus précisément à un **sable et grave très silteux**, le D_{max} est inférieure à 50 mm, le tamisat à 80 µm est inférieur à 35 % et la VBS est inférieure à 1,5. La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A₁. Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

Le Lutétien inférieur (P8+k3) correspond à un **sol fin** de classe **A₁** plus précisément à un **limon peu plastique, loess, silt alluvionnaire, sable fin peu pollués et arènes peu plastique**. Le D_{max} est inférieur à 50 mm, le tamisat à 80 µm est inférieur à 35 % et la VBS est inférieure à 2,5. Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement.

Remarque : des terrassements de schiste très altéré à la pelle mécanique pourraient générer des éléments grossiers autorisant un classement comme matériaux comportant des fines et des gros éléments de classe C_{1/2}B₅.

3.2.2 - Mesures de teneur en eau naturelle (norme NF P 94-050)

Les teneurs en eau naturelle des échantillons, prélevés lors de notre campagne de sondages, ont été mesurées. Les valeurs obtenues sont reportées dans le tableau ci-dessous :

Échantillon	P6	P8+k3	P10+k2
Teneur en eau W _n (%)	7,1	22,6	10,7

Lors de notre intervention (mi-septembre 2019), les teneurs en eau naturelle sont hétérogènes :

- au sein du Lutétien supérieur, la teneur en eau était de l'ordre de 7,1 % ;
- au sein du Lutétien inférieur, la teneur en eau était de l'ordre de 22,6 % ;
- au sein du Schiste très altéré, la teneur en eau était de l'ordre de 10,7 %.

Remarque : Cette hétérogénéité peut s'expliquer par les différentes argilosités des faciès du Lutétien couplées à des circulations d'eau à moyenne profondeur. Le schiste très altéré est un faciès rocheux peu perméable expliquant ainsi sa teneur en eau faible.

3.3 - TESTS DE PERMÉABILITÉ – MÉTHODE PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Le 18/09/2019, nous avons réalisé 3 tests de perméabilité : 2 au droit d'un futur bassin d'orage au nord-est et 1 au droit d'un futur bassin d'orage au nord-ouest, au sein des faciès susceptibles de constituer le fond des ouvrages d'infiltration, soit le Lutétien inférieur (bassin nord-ouest) et le Schiste très altéré (bassin nord-est). La localisation de ces tests figure sur la planche 2. Les coupes des sondages réalisés préalablement à la réalisation de ces tests figurent en annexe 1.

La méthode utilisée est la méthode PORCHET à niveau variable. Elle nécessite un appareillage très sommaire et est de mise en œuvre aisée. Un trou parallélépipédique de longueur L et de largeur l, est rempli d'eau afin de saturer le sol.

Au sein d'un trou parallélépipédique de longueur L et de largeur l, un rayon théorique Rt, est calculé en appliquant la formule :

$$R_t = (L \times l) / (L + l)$$

Au cours de l'infiltration, les variations du niveau d'eau (h1 et h2) dans le trou sont notées, en fonction du temps (t1 et t2), et l'on écrit :

$$K \text{ (m/s)} = R_t / 2 (t_2 - t_1) \ln ((h_1 + (R_t / 2)) / (h_2 + (R_t / 2)))$$

Les valeurs obtenues sur les sites étudiés sont reportées dans les tableaux ci-dessous.

Sondage	Faciès	Profondeur (m)	K _{moy.} (mm/h)	K _{moy.} (m/s)
P8+k3	Lutétien inférieur	1,66	2,34	6,50.10 ⁻⁶
P9+k1	Schiste très altéré	1,65	0,62	1,72.10 ⁻⁷
P10+k2		1,78	0,23	6,36.10 ⁻⁸

Autour du bassin nord-est, les valeurs de perméabilité au sein du Schiste très altéré sont très faibles, comprises entre 1,72.10⁻⁷ à 6,36.10⁻⁸ m/s soit 0,23 à 0,62 mm/h.

Autour du bassin nord-ouest, les valeurs de perméabilité au sein du Lutécien inférieur sont faibles, de l'ordre de 6,50.10⁻⁶ m/s soit 2,34 mm/h.

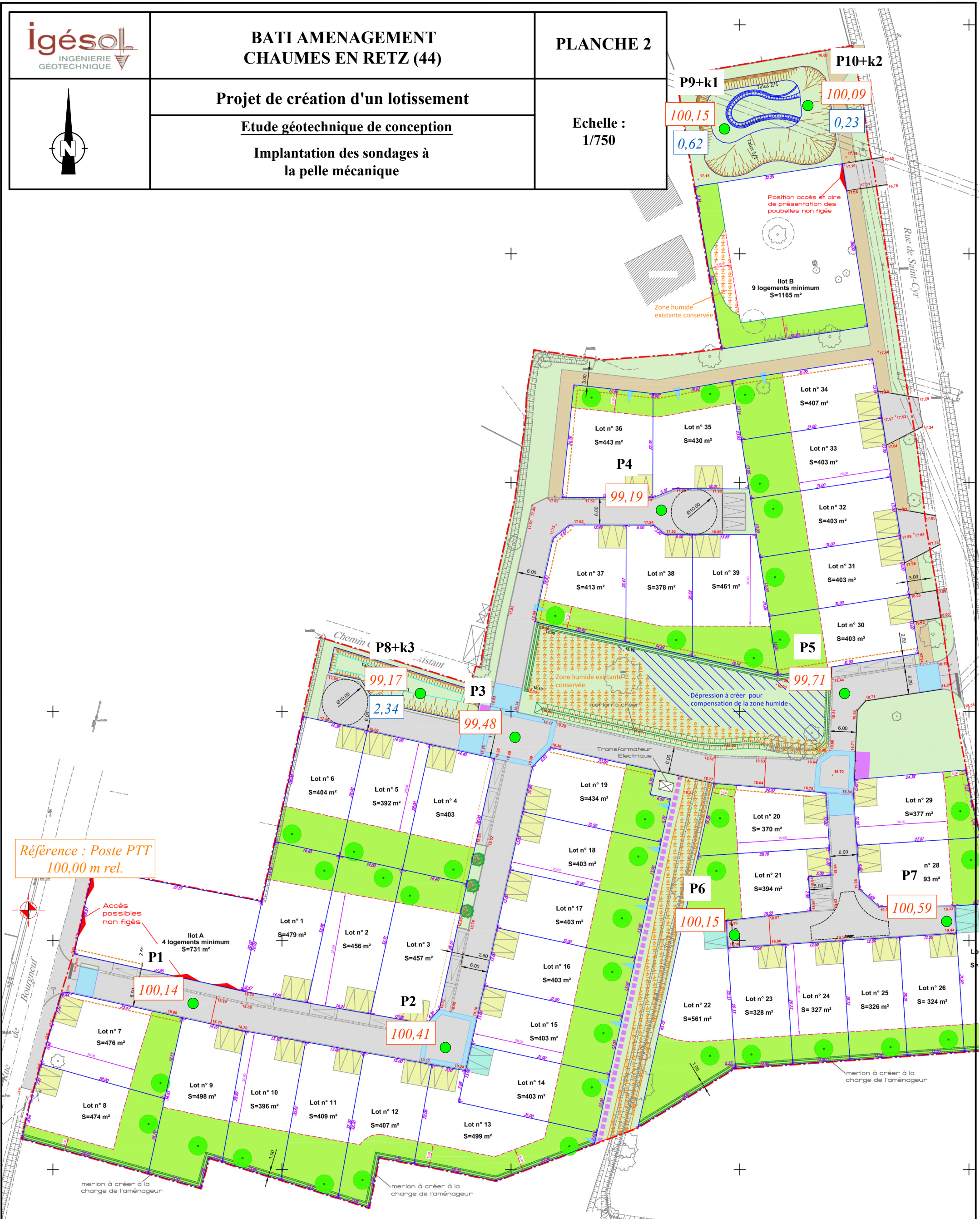


Projet de création d'un lotissement

Etude géotechnique de conception

**Implantation des sondages à
la pelle mécanique**

**Echelle :
1/750**



Référence : Poste PTT
100,00 m rel.

Légende :

- => Investigations :
- **P1** : Sondage à la pelle mécanique sans/avec essai d'infiltration
 - P1+k1**

- => Observations :
- 10,00 : Cote relative du Terrain Naturel (m)
 - 10,00 : Perméabilité (mm/h)

D'après le plan de composition au 1/500, fourni par le Maître d'Ouvrage

4 - GEOTECHNIQUE

4.1 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Nos investigations et nos observations sur le site et ses alentours ont permis de relever les points développés ci-dessous.

- L'épaisseur de terre végétale remaniée est comprise entre 0,20 et 0,50 m.
- Du point de vue géologique, le sous-sol se caractérise, localement, par un schiste très altéré montrant des cuttings argileux, argilo-limoneux à cailloutis, reconnu dès 1,10 à 2,45 m de profondeur soit entre les cotes relatives 99,10 et 97,26 m. Il est recouvert le Lutétien inférieur argilo-sableux à sablo-argileux à cailloutis, reconnu dès 0,40 à 1,20 m de profondeur, soit entre les cotes relatives 99,80 et 98,75 m. Cet ensemble est scellé par le Lutétien supérieur limono-sablo-argileux, argilo-limono-sableux, argilo-limoneux à sablo-argilo-limoneux, à cailloutis, d'une épaisseur comprise entre 0,15 et 0,80 m.
- Du point de vue hydrogéologique, des circulations d'eau ont été mise en évidence par l'observation de terrains du Lutétien supérieur frais à humide, de terrains du Lutétien inférieur humide à très humide et un Schiste très altéré humide. Des niveaux d'eau ont ainsi été, localement, mesurés entre 1,80 et 2,35 m de profondeur soit entre les cotes relatives 97,79 et 97,39 m. La teneur en eau naturelle du Lutécien supérieur est de l'ordre de 7,1 %, la teneur en eau du Lutétien inférieur est de l'ordre de 22,6 % et la teneur en eau du schiste altéré est de l'ordre de 10,7 %. Enfin, la perméabilité du Lutétien inférieur est faible, de l'ordre de $6,50 \cdot 10^{-6}$ m/s soit 2,34 mm/h et la perméabilité du schiste très altéré est très faible, comprise entre $1,72 \cdot 10^{-7}$ à $6,36 \cdot 10^{-8}$ m/s soit entre 0,23 et 0,62 mm/h.
- Les parois des sondages sont restées stables lors de nos investigations.
- Du point de vue géotechnique et d'après les analyses en laboratoire, le Lutétien supérieur et le schiste très altéré correspondent à un sol de classe B₅ et le Lutétien inférieur correspond à un sol de classe A₁.

Au vu des résultats de nos investigations, nous donnons un avis géotechnique favorable à la réalisation de du projet tel qu'il nous a été défini. Cependant, au vu des coefficients de perméabilité mesurés dans le sous-sol, le traitement des eaux pluviales par infiltration dans le sol n'est pas envisageable. Les points développés ci-dessous permettront d'adapter le projet aux contraintes géologique, hydrogéologique et géotechnique mise en évidence par nos investigations.

4.2 - TERRASSEMENTS

Les éléments ci-dessous sont donnés à titre indicatif et présentent un caractère général.

- Il est conseillé de réaliser les terrassements de masse en période sèche (de nappe basse).
- La terre végétale remaniée, le Lutétien supérieur et inférieur pourront se terrasser avec des engins classiques de terrassement. Une fois, le Schiste très altéré atteint, des pelles mécaniques puissantes munies d'un godet rocher ou d'une dent de ripper deviendront nécessaire. L'utilisation du Brise Roche Hydraulique sera utile pour s'affranchir de points durs dans ce dernier faciès.
- Concernant les pentes des talus, en l'absence d'eau, il sera possible d'adopter une pente de 1/2 (2 à l'horizontale) dans la terre végétale remaniée, le Lutétien supérieur et inférieur. Cette pente pourra être abaissée à 1H/1V une fois le schiste très altéré atteint. Si cela n'est pas possible des soutènements provisoires seront à envisager.
- Les différentes natures de déblai devront être individualisées. Ainsi, en cas de ré-utilisation, leur mise en œuvre sera fonction de leur nature.
- Lors de la rencontre de circulation d'eau ou de zones humides pendant les terrassements, il conviendra d'aménager des ouvrages de captages et d'évacuation vers l'aval. Il conviendra également de rétablir le ruissellement superficiel initial (captage amont et mise en place de canalisations d'évacuation).

5 - LES CONDITIONS DE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DE DEBLAIS EN REMBLAIS ET EN COUCHE DE FORME

(d'après le fascicule « Réalisation des Remblais et Couche de Forme » du SETRA – LCPC)

Les matériaux déblayés seront principalement issus du Lutétien inférieur de classe A₁, ainsi que du Lutétien supérieur et du schiste très altéré de classe B₅.

Les conditions de mise en œuvre évoquées concernent uniquement les matériaux analysés dans le cadre de cette étude géotechnique. Pour d'éventuels faciès non rencontrés et non analysés au cours de la présente étude, il conviendra d'effectuer des analyses et essais complémentaires pour permettre leur classification GTR qui définira leurs conditions précises de mise en remblai.

En complément d'essais de compactage à l'optimum proctor, les teneurs en eau des matériaux devront être vérifiées au moment du démarrage du chantier et régulièrement pendant les travaux, afin de caractériser leur état hydrique et ainsi vérifier leur validité avec des compactages optimaux. Des dispositions pourront être nécessaires pour ramener les matériaux à une teneur en eau compatible avec un compactage optimal (aération ou arrosage).

5.1 - LE RÉ-EMPLOI DES MATÉRIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 3)

Les modes de mise en remblais du Lutétien inférieur de classe A₁ et du Lutétien supérieur et du schiste très altéré de classe B₅ en fonction de leur état hydrique, sont présentés en annexe 3. A noter que les matériaux possédant un état hydrique ts ou th sont incompatibles avec une utilisation en l'état.

Remarques :

- ✓ *Lorsqu'aucune modalité de régilage n'est préconisée, l'épaisseur maximale des couches élémentaires est définie par l'épaisseur de compactage possible sur le matériau avec le compacteur utilisé. Cela suppose la réalisation de planches d'essai.*
- ✓ *Avant la mise en place de remblai, l'épaisseur de terre végétale sera décapée ainsi que les matériaux éventuellement trop humides. Cette épaisseur de matériaux trop humides sera logiquement plus importante si les travaux ont lieu en période pluvieuse prolongée. Nous conseillons donc d'effectuer les travaux en période réputée sèche (été et début d'automne).*
- ✓ *Le choix du compacteur devra tenir compte des matériaux mis en évidence. Ainsi le compacteur type vibrant « billes/cylindres lisses » est le plus adéquate pour le compactage des matériaux de classe A₁ et B₅. Cependant, une vérification par la réalisation de planches d'essai est impérative.*
- ✓ *Le compactage des matériaux devra au moins respecter 95 % de l'OPN. La qualité du compactage sera validée par un géotechnicien par la réalisation d'essais au gammadensimètre. Dans le schiste très altéré, on pourra privilégier la réalisation d'essais à la plaque dans ce cas, on retiendra comme valeur de référence : $EV2 \leq 30\text{MPa}$.*
- ✓ *Les matériaux grossiers pouvant empêcher un compactage optimal des couches seront purgés ou concassés.*

5.2 - LE RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 4 ET 5)

Après décapage de la terre végétale remaniée, la Partie Supérieure des Terrassements (PST) de masse correspondra à des matériaux issus du Lutétien inférieur de classe A₁ et issu du Lutétien supérieur et du Schiste très altéré de classe B₅. L'état hydrique de la PST ne peut être défini à ce jour (il devra l'être avant le commencement du chantier). Ainsi, la PST selon son état hydrique pourra varier du cas n°0 au cas n°4. Ces différents cas sont présentés en annexe 4.

Les conditions d'utilisation du Lutétien inférieur de classe A₁, ainsi que du Lutétien supérieur et du schiste très altéré de classe B₅ en couche de forme sont présentées en annexe 5. On retiendra que leur réutilisation ne sera possible qu'après traitement aux liants hydrauliques associés à la chaux, sur un support possédant au minimum un état hydrique de type m et avec une épaisseur de l'ordre de 0,35 m.

La détermination des adjuvants de traitement et leur dosage nécessitera la réalisation d'essais spécifiques en laboratoire à la charge de l'entreprise réalisant le chantier.

6 - LES VOIRIES (d'après le fascicule "catalogue des structures de chaussée")

6.1 - PRECONISATIONS GENERALES

Les matériaux impropres (terre végétale remaniée, matériaux trop humides et matériaux trop riches en matières organique) seront décapés sur l'emprise des voiries.

La construction des chaussées se fera sur une plate-forme minimale de classe **PF2** au minimum.

La réalisation d'une couche de forme est ici impérative. Elle pourra être constituée avec les matériaux extraits sur le site (Lutétien supérieur ou inférieur ou du schiste très altéré) comme développé au paragraphe précédent.

On pourra aussi utiliser des matériaux granulaires, insensibles à l'eau (sols de la classe B₃₁ ou D₂₁ par exemple) sur une épaisseur à adapter en fonction de la classe précise de la PST. Les conditions d'utilisation de ces matériaux en couche de forme sont présentées en annexe 6. On retiendra pour une PST avec un état hydrique moyen, une épaisseur de couche de forme de 0,35 m avec intercalation d'un géotextile entre la PST et la couche de forme.

6.2 - STRUCTURE DES VOIRIES

Compte tenu de la nature du projet (Classe de trafic T5), et en prenant les hypothèses d'un taux de croissance nul, d'une route bidirectionnelle de largeur ≥ 6 m et d'une durée de vie de 20 ans, nous considérerons une classe de trafic cumulé **TC₀**.

Ainsi, nous proposons la structure de chaussée suivante (sur une plate-forme de type PF2) :

- ✓ 15 cm de 0/31,5 en couche de base ;
- ✓ 10 cm de GNTB 0/31,5 en reprofilage ;
- ✓ 6 cm de couche de roulement (BB).

Pour la plate-forme support de chaussée, nous recommandons un profil non-encaissé. Les pentes transversales minimales du support de chaussée doivent être en phase transitoire de 4 à 5 % sauf dans le cas de graves propres ou de sols traités à la chaux ou au ciment où l'on peut retenir une pente minimale de 2,5 %.

Afin de lutter au maximum contre l'infiltration, qui est la principale cause de présence d'eau dans et sous les chaussées, il est essentiel d'assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles.

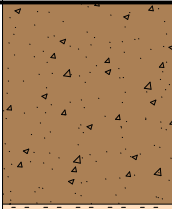
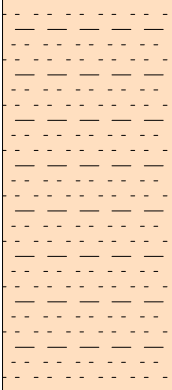
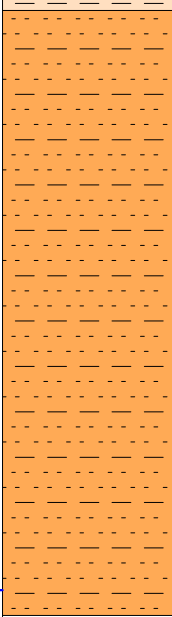
Rédigé par :
Mathieu JEAN FRANCOIS

Vérifié par :
Samy BOUSSEFFA

ANNEXE 1

**Coupe des sondages à la pelle mécanique
et résultats des tests de perméabilité**

Sondage à la pelle mécanique : P1 - Cote relative : 100,14 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
					Terre végétale remaniée : Limon sableux à radicelles, sec
0,50			0,40	99,74	
					Lutétien supérieur : Limon sablo-argileux à Argile limono-sableuse à cailloutis de quartz roulé, ocre à marron, humide à la base
1,00			1,20	98,94	
1,50					Lutétien inférieur : Argile sableuse à Sable argileux, compacte en tête, quelques cailloutis à la base, humide à très humide
2,00			2,40	97,74	
2,50					Arrêt volontaire

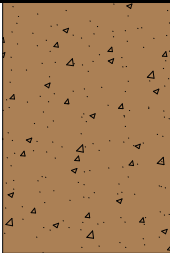

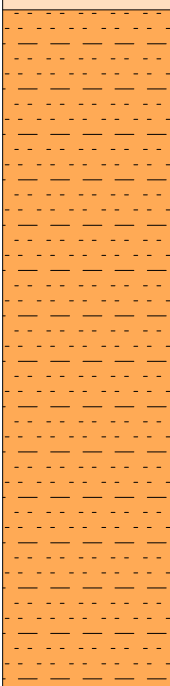
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien supérieur humide, Lutétien inférieur humide à très humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : -2,35 m/TN (97,79 m rel.)

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P2 - Cote relative : 100,41 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
					Terre végétale remaniée : Limon argileux gris, à radicelles, sec
0,50			0,50	99,91	Lutétien supérieur : Argile limoneuse à graves pluricentimétriques
			0,65	99,76	
1,00					
1,50					
2,00			2,00	98,41	Lutétien inférieur : Sable argileux à cailloutis de quartz, humide
					<i>Arrêt volontaire</i>
2,50					

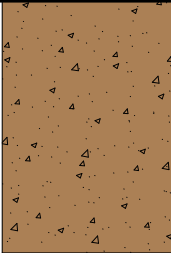
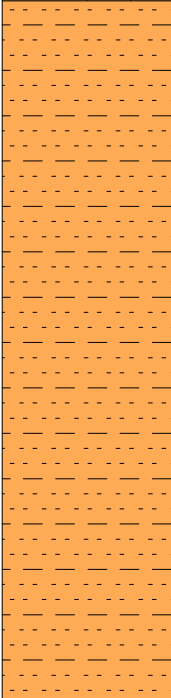
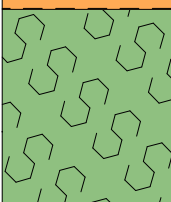
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien inférieur humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P3 - Cote relative : 99,48 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
0,50			0,50	98,98	Terre végétale remaniée
1,00					Lutétien inférieur : Sable argileux à cailloutis de quartz
1,50					
2,00			1,90	97,58	Schiste très altéré : Cuttings argileux, soyeux, gris, à traces de racines
2,30			2,30	97,18	Arrêt volontaire
2,50					

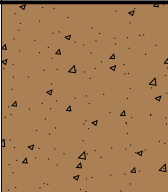
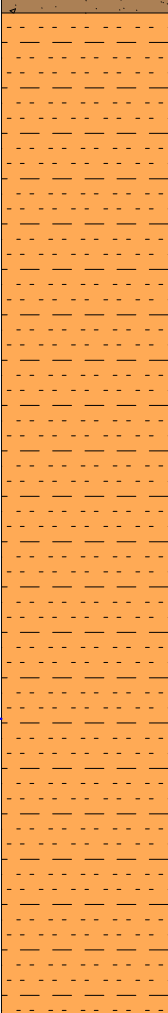
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : /

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P4 - Cote relative : 99,19 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
0,50			0,40	98,79	Terre végétale remaniée : Limon argilo-sableux à radicelles et graviers roulés
1,00					Lutétien inférieur : Argile sableuse à Sable argileux, marron à cailloutis de quartz, humide
1,50					
2,00					
2,50			2,40	96,79	Arrêt volontaire - Très résistant

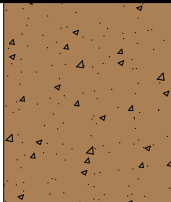
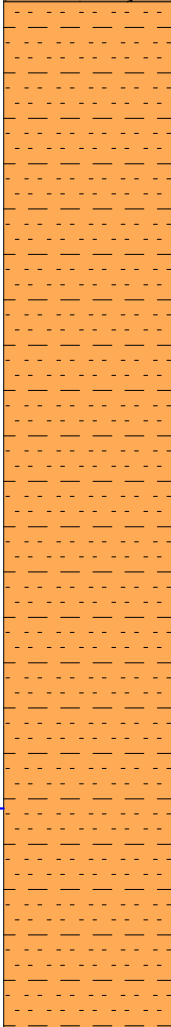


Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien inférieur humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : -1,80 m/TN (97,39 m rel.)

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P5 - Cote relative : 99,71 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
0,50			0,40	99,31	Terre végétale remaniée : Limon à radicelles épars
1,00					Lutétien inférieur : Argile sableuse à Sable argileux, marron à cailloutis de quartz, humide
2,00					
2,50			2,45 2,50	97,26 97,21	Schiste très altéré : Cuttings argileux, soyeux, gris, à traces de racines
					Arrêt volontaire - Très résistant

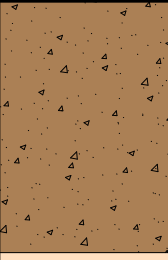
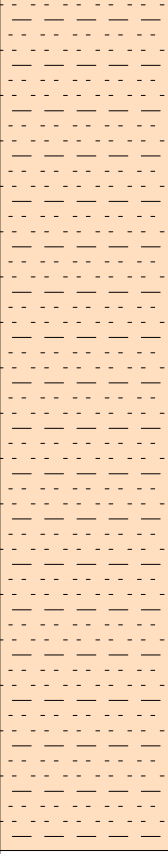
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien inférieur humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : -2,00 m/TN (97,71 m rel.)

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P6 - Cote relative : 100,15 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie	Ech.
0,50			0,50	99,65	Terre végétale remaniée : Limon argileux, à cailloutis de quartz, sec	
1,00					Lutétien supérieur : Argile limoneuse à Sable argilo-limoneux, à cailloutis de quartz, frais	1,00
1,50						Echantillon P6
2,00			2,20	97,95	Arrêt volontaire	
2,50						

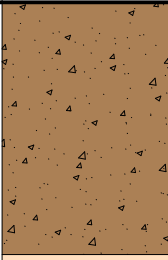
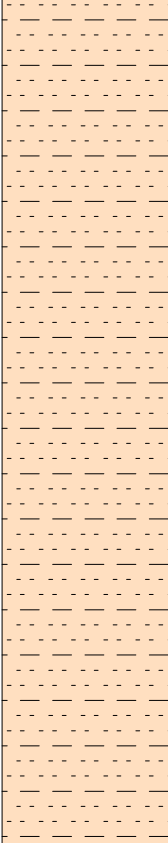
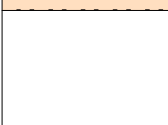
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien supérieur frais

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P7 - Cote relative : 100,59 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
0,50			0,50	100,09	Terre végétale remaniée : Limon argileux, à cailloutis de quartz, sec
1,00					Lutétien supérieur : Argile limoneuse à Sable argilo-limoneux, à cailloutis de quartz, frais
2,00			2,20	98,39	Arrêt volontaire
2,50					

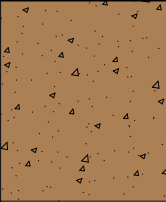
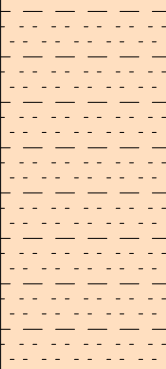
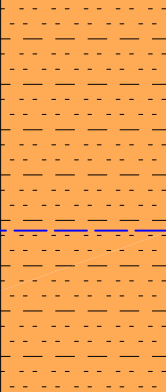
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien supérieur frais

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P8+k3 - Cote relative : 99,17 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie	
					Terre végétale remaniée : Limon sableux, à racinelles, sec	Ech.
0,50			0,40	98,77		
					Lutétien supérieur : Limon sablo-argileux et Argile sablo-limoneuse, ocre à marron, à cailloutis de quartz, humide	
1,00			1,20	97,97		
1,50					Lutétien inférieur : Argile sableuse à Sable argileux, à cailloutis, humide	1,40
					<i>Test de perméabilité K3 : K = 2,34 mm/h (6,50.10-6 m/s)</i>	
2,00			2,20	96,97		1,80
					<i>Arrêt volontaire - Très résistant</i>	
2,50						

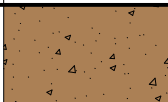

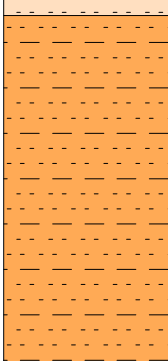
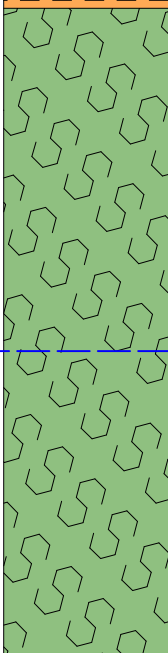

Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien supérieur et inférieur humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P9+k1 - Cote relative : 100,15 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie
					Terre végétale remaniée : Limon argileux, à racicules
			0,20	99,95	
			0,40	99,75	Lutétien supérieur : Limon argilo-sableux à rares cailloutis de quartz
0,50					
			1,10	99,05	Lutétien inférieur : Argile sableuse à cailloutis de quartz, humide
1,00					
					Schiste très altéré : Cuttings argilo-limoneux à argileux, soyeux, gris à gris marbré d'ocre, à cailloutis de quartz, humide
1,50					
					<i>Test de perméabilité K1 : K = 0,62 mm/h (1,72.10-7 m/s)</i>
2,00					
			2,40	97,75	Arrêt volontaire - Très résistant
2,50					

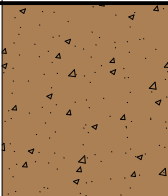
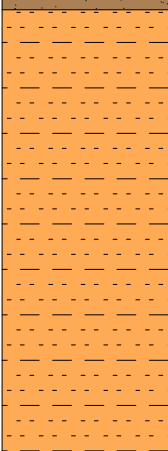
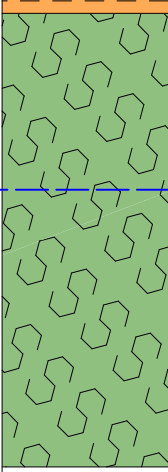
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien inférieur et Schiste très altéré humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P10+k2 - Cote relative : 100,09 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote relative (en m)	Lithologie	Ech.
			0,40	99,69	Terre végétale remaniée : Argile limono-sableuse, sèche, à racicules	
0,50					Lutétien inférieur : Argile sableuse à cailloutis de quartz, humide	
1,00			1,30	98,79		
1,50					Schiste très altéré : Cuttings argilo-limoneux à argileux, soyeux, gris à gris marbrés d'ocre, à cailloutis de quartz, humides	1,90
2,00			2,20	97,89		
2,50					Arrêt volontaire - Très résistant	2,20

Test de perméabilité K2 : K = 0,23 mm/h (6,36.10-8 m/s)

Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Lutétien inférieur et Schiste très altéré humide

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

ANNEXE 2

Identifications GTR

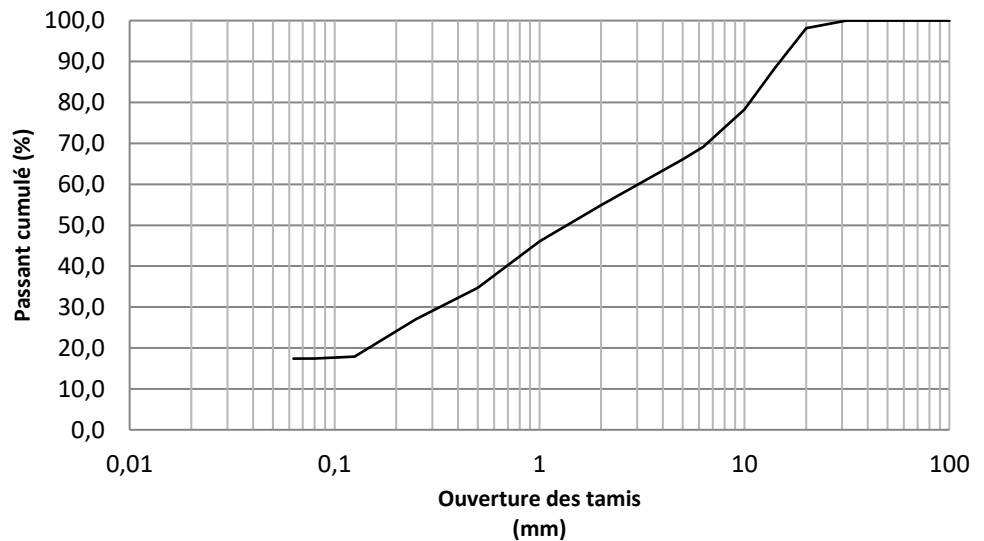
Classification GTR de matériaux

Projet	BATI-AMENAGEMENT / Lot. à CHAUMES-EN-RETZ	Référence	4023
N° d'échantillon	P6	Profondeur (m)	1,20-1,30
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	18/09/2019

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

Dmax (mm)	25	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	98,1
14	88,3
10	78,3
6,3	69,1
5	66,1
2	54,9
1	46,1
0,5	34,7
0,25	27,0
0,125	17,9
0,08	17,4
0,063	17,4



Détermination de la teneur en eau naturelle Wn (NF P 94-050)

m _h (g)	3094,4	m _s (g)	2921,80	Wn (%)	7,1
--------------------	--------	--------------------	---------	--------	-----

Détermination de la Valeur au Bleu du Sol (NF P 94-068)

VBS	1,06
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

B ₅

Date de réalisation : 30/09/2019

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



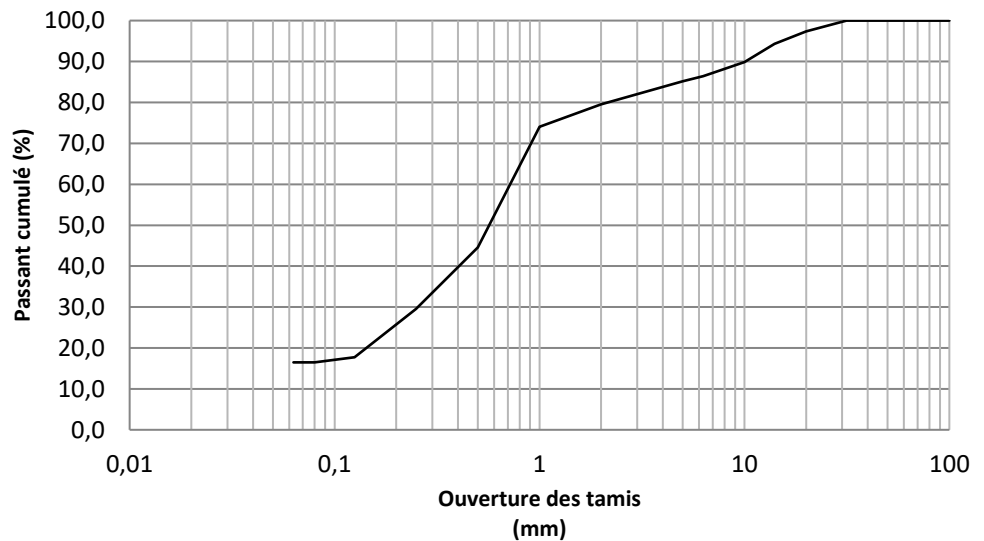
Classification GTR de matériaux

Projet	BATI-AMENAGEMENT / Lot. à CHAUMES-EN-RETZ	Référence	4023
N° d'échantillon	P8+K3	Profondeur (m)	1,40-1,60
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	18/09/2019

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

Dmax (mm)	22	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	97,4
14	94,3
10	89,9
6,3	86,4
5	85,2
2	79,6
1	74,1
0,5	44,5
0,25	29,6
0,125	17,8
0,08	16,5
0,063	16,5



Détermination de la teneur en eau naturelle Wn (NF P 94-050)

m _h (g)	3245,1	m _s (g)	3014,30	Wn (%)	10,7
--------------------	--------	--------------------	---------	--------	------

Détermination de la Valeur au Bleu du Sol (NF P 94-068)

VBS	0,84
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

B ₅

Date de réalisation : 30/09/2019

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



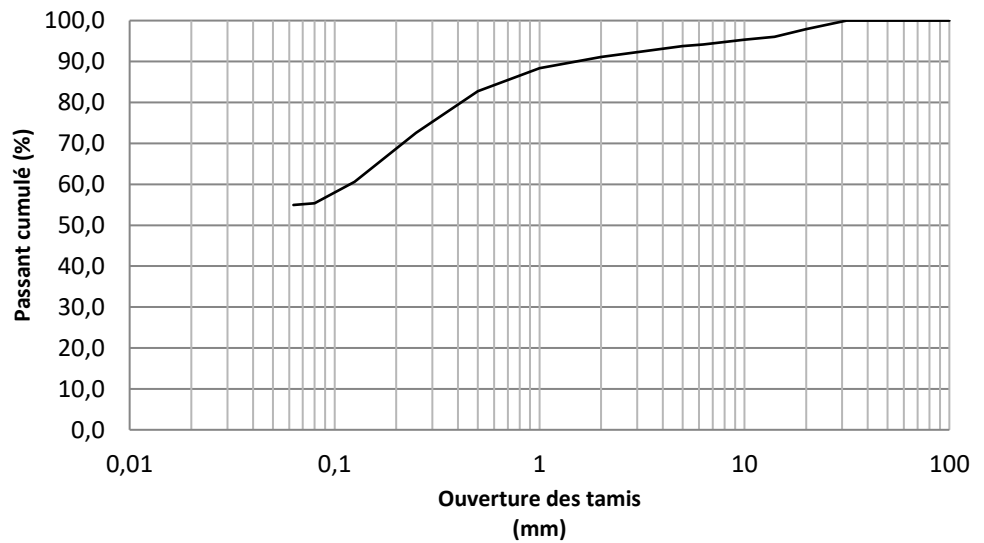
Classification GTR de matériaux

Projet	BATI-AMENAGEMENT / Lot. à CHAUMES-EN-RETZ	Référence	4023
N° d'échantillon	P10+K2	Profondeur (m)	1,90-2,00
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	18/09/2019

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

Dmax (mm)	22	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	97,9
14	96,1
10	95,3
6,3	94,2
5	93,8
2	91,1
1	88,4
0,5	82,8
0,25	72,5
0,125	60,6
0,08	55,4
0,063	54,9



Détermination de la teneur en eau naturelle Wn (NF P 94-050)

m _h (g)	1710,12	m _s (g)	1486,77	Wn (%)	22,6
--------------------	---------	--------------------	---------	--------	------

Détermination de la Valeur au Bleu du Sol (NF P 94-068)

VBS	1,39
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

A ₁

Date de réalisation : 30/09/2019

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



ANNEXE 3

Conditions d'utilisation des matériaux du site en remblais

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₁ (états s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code									
					E	G	W	T	R	C	H			
A₁s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes				NON						
				+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				1	0	0	0	1
		=	ni pluie ni évaporation importante			Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : régalinge en couches minces C : compactage moyen				0	0	4	0	1
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				0	0	0	0	0	1	2
				Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)				0	0	3	0	0	1	1
		-	évaporation importante	Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				2	0	3	0	0	1	2
				Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				0	0	4	0	1	1	2
A₁ts	Sols normalement inutilisables en l'état			Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON						

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₁ (états th, h, m)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code							
				E	G	W	T	R	C	H	
A₁th	Sols normalement inutilisables en l'état			NON							
	La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A ₁ h										
A₁h	Ces sols sont difficiles à mettre en oeuvre en raison de leur portance faible Ils sont sujets au matelassage Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes			NON				
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen			0 0 0 1 0 2 0				
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5m)			0 0 0 0 0 3 1				
				Solution 2 : aération E : extraction en couches minces W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)			1 0 1 0 1 2 2				
Solution 3 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen			0 0 0 1 0 2 0								
A₁m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes			NON				
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)			2 0 0 0 0 2 2				
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen			0 0 0 0 0 2 0				
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen			0 0 3 0 0 2 0				
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)			0 0 0 0 0 1 2				
Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense			2 0 0 0 0 1 0								

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

B₅ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
B₅m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	0	0	0	2	2	
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	2	0	
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0	0	3	0	0	2	0	
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense	0	0	0	0	0	1	0	
B₅s	Ces sols sont très difficiles à compacter, du fait de leur faible teneur en eau. En conséquence il convient : - soit de compacter intensément avec un arrosage superficiel - soit d'humidifier le matériau dans sa masse pour le ramener en B ₅ m Cette humidification est encore relativement facile à réaliser	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		+	pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	0	0	1	1	2	
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2	
		-	évaporation importante	Solution 1 : extraction frontale et arrosage E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	3	0	0	1	2	
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
B₅ts	Sols normalement inutilisables en l'état Mais leur humidification dans la masse peut être envisagée pour les ramener à l'état B ₅ s, voire B ₅ m				NON							

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

B₅ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
B₅th	Sols normalement inutilisables en l'état			NON	
	Ces sols sont très difficiles à mettre en œuvre, en raison de leur portance quasi-nulle. La réduction de teneur en eau par mise en dépôt provisoire, ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable				
B₅h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. Ils sont sujets au matelassage ce qui est à éviter au niveau de l'arase de terrassement	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	Solution 1 : extraction en couche - aération E : extraction en couche W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : aération et traitement W : réduction de la teneur en eau par aération T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 1 1 0 2 0

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₁A₁s et C₁B₅ (états s et ts) - C₁A₂, C₁A₃ et C₁B₆ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
C₁A₁s C₁B₅s	Ces sols sont difficiles à compacter L'humidification pour changer d'état exigeant un malaxage au moins grossier du sol peut être rendue difficile par la présence des blocs. Si ce malaxage ne peut être réalisé il convient alors de laisser percoler l'eau à partir de la surface après avoir réalisé une scarification. Dans ce cas il convient d'observer un temps de percolation de plusieurs heures	++	pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaire pour permettre leur utilisation et risquant de conduire rapidement à des excès de teneur en eau				NON				
				+	pluie faible	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)				0 0 0 0 0 1 1		
		Solution 2 : extraction en couches E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				1 0 0 0 1 1 2						
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				0 0 0 0 0 1 1				
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen				0 0 4 0 1 2 0				
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne				0 0 3 0 0 1 2				
Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense				0 0 4 0 1 1 0								
C₁A₁ts C₁B₅ts	Sols normalement inutilisables en l'état				L'humidification de ces sols pour les ramener au moins à l'état (s) peut être envisagée à l'appui d'une étude spécifique							
C₁A₂th C₁A₃th C₁B₆th	Sols normalement inutilisables en l'état				Le drainage préalable ou la mise en dépôt provisoire n'est pas une solution fiable sous le climat français pour ramener ces sols à l'état h							
C₁A₂h C₁A₃h C₁B₆h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur faible portance ; ils peuvent conserver des pressions intersticielles après mise en œuvre La fraction grossière n'est pas suffisante pour modifier sensiblement le comportement de la fraction argileuse Ces sols réagissent en général bien avec la chaux mais la présence de gros blocs peut rendre leur traitement difficile Leur emploi sans traitement comporte des risques de générer des pressions intersticielles sous l'effet d'un compactage lié notamment à la circulation des engins de transport	++	pluie moyenne ou forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes				NON				
				+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)				2 0 0 0 0 3 1		
		=	ni pluie, ni évaporation importante			Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)				0 0 0 0 0 3 1		
				Solution 2 : traitement G : élimination des éléments supérieurs à 250 mm T : traitement à la chaux seule C : compactage moyen				0 2 0 2 0 2 0				
-	évaporation importante	E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				1 0 1 0 1 2 2						

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₁A₁ et C₁B₅ (états th, h et m)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
C₁A₁th C₁B₅th	Sols inutilisables en l'état			NON	
	La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou un drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisagée après étude spécifique				
C₁A₁h C₁B₅h	Ces sols sont très difficiles à mettre en œuvre en raison de leur faible portance ; ils peuvent conserver des pressions interstitielles après mise en œuvre La présence de blocs peut entraîner des difficultés lors de la réalisation des traitements	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 2 : traitement G : élimination des éléments supérieurs à 250 mm pour traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 2 0 1 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	Solution 2 : aération E : extraction en couches W : réduction de teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 0
		-	évaporation importante	Solution 2 : aération E : extraction en couches W : réduction de teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1 0 1 0 1 2 0
C₁A₁m C₁B₅m	Ces sols sont très sensibles aux conditions atmosphériques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier par excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un sol trop sec difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
		-	évaporation importante	Solution 2 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
		-	évaporation importante	Solution 2 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI



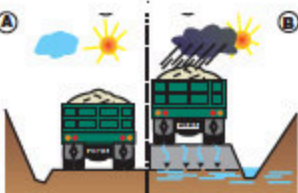
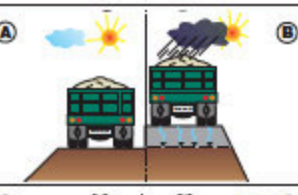

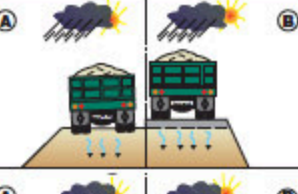

C₂A₁, C₂B₂, C₂B₄ et C₂B₅ (états th, h, m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
C ₂ A ₁ th C ₂ B ₂ th C ₂ B ₄ th C ₂ B ₅ th	Sols normalement inutilisables dans l'état			NON	
	Une mise en dépôt ou un drainage préalable pendant une période suffisante peuvent permettre de reclasser ces sols à l'état h				
C ₂ A ₁ h C ₂ B ₂ h C ₂ B ₄ h C ₂ B ₅ h	Le fort pourcentage de gros éléments anguleux présents dans ces sols leur procure en général une bonne stabilité Les risques habituellement induits par un surcompactage ne sont généralement pas à craindre bien que ces sols soient sujets au matelassage	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
+		pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 2 1	
=		ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 2 2	
-		évaporation importante	W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 1 0 2 2 0	
C ₂ A ₁ m C ₂ B ₂ m C ₂ B ₄ m C ₂ B ₅ m	Les sols de cette classe constituent des matériaux de choix pour la construction des remblais étant donné leurs caractéristiques mécaniques et leur facilité de mise en œuvre	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
+		pluie faible	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0	
=		ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0	
-		évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0	
			Solution 2 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0	
C ₂ A ₁ s C ₂ B ₂ s C ₂ B ₄ s C ₂ B ₅ s	La faible teneur en eau de ces sols et leur fort pourcentage de gros éléments anguleux nécessitent d'avoir recours à un compactage intense si l'on veut les réutiliser dans l'état Leur humidification pour en changer l'état peut être rendue difficile par la présence de blocs empêchant un malaxage sommaire ou par la lenteur d'imbibition (plusieurs heures en général)	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
+		pluie faible	R : couches moyennes C : compactage intense	0 0 0 0 2 1 0	
=		ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2	
			Solution 2 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage moyen	0 0 4 0 2 2 0	
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état R : couches moyennes C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 3 0 2 1 2
				Solution 2 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage intense	0 0 4 0 2 1 0
C ₂ A ₁ ts C ₂ B ₂ ts C ₂ B ₄ ts C ₂ B ₅ ts	Sols normalement inutilisables en l'état			NON	
	mais leur humidification pour les ramener à l'état s ou m est envisageable. Celle-ci doit être décidée en fonction d'une étude spécifique				

ANNEXE 4

Différents cas possibles de PST

RAPPEL DES DIFFERENTS CAS POSSIBLES DE P.S.T. (cf. fascicule I § 3.3.2)

Cas de P.S.T.	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		Sols A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ se trouvant dans un état hydrique (h). 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 ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ , R ₁₀ , R ₁₅ et certains matériaux C ₂ , R ₈ et R ₁₀ 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 ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ , R ₁₀ , R ₁₅ et certains matériaux C ₂ , R ₈ et R ₁₀ 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.
P.S.T. n°3		Sols Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas PST 2. Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.
P.S.T. n°4		Sols Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rapportés en fond de déblai hors nappe) améliorés à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.	AR2	La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur. La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arase mesurées à court terme (après prise du liant).
P.S.T. n°5		Sols B ₁ et D ₁ et certains matériaux rocheux de la classe R ₁₀ . Contexte PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.	AR2 AR3	La portance de l'arase de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR3 si le module EV2 de l'arase est supérieur à 120 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose que pour satisfaire les exigences de traficabilité.
P.S.T. n°6		Sols Matériaux des classes D ₁ , R ₁₁ , R ₁₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ , R ₂₁ ainsi que certains matériaux C ₂ , R ₂₁ , R ₈ et R ₁₀ . Contexte PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

(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.

ANNEXE 5

**Conditions d'utilisation des matériaux du site
en couche de forme**

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

A₁

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée									
						PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4					
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2					
A_{1h}	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux. La maîtrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau. Ces sols se traitent généralement en place.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON	(1)	e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35					
		= OU -	pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2										
A_{1m}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON						PF2	PF2	PF3	PF3	
		= OU -	pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2										
A_{1s}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON										0 2 1 2
		= OU -	pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté											

(1) Sur cette PST, la mise en oeuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

B₅₁, B₅₂

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée				
						PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2
B₅₁h et B₅₂h	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique nécessairement de les traiter pour les utiliser en couche de forme. Ce traitement peut être un traitement aux liants hydrauliques pour les moins argileux de la classe ou un traitement associant chaux + liant hydraulique pour les plus argileux et les plus humides. Ces sols se traitent le plus souvent en place et éventuellement en centrale après les avoir traités en place à la chaux.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)	e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35
		= OU -	pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 2 1					
B₅₁m et B₅₂m		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON					
		= OU -	pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 1 2 1					
B₅₁s et B₅₂s	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON						
	= OU -	pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 2 1 1						

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

C₁B₂₁, C₂B₂₁, C₁B₄₁, C₂B₄₁, C₁B₅₁, C₂B₅₁

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate-forme support de chaussée					
					PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3		PST n° 4	
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2	
<p>C₁B₂₁ th C₁B₄₁ th C₁B₅₁ th C₂B₂₁ th C₂B₄₁ th C₂B₅₁ th</p>	<p>Les sols de ces classes sont constitués d'une fraction argileuse en faible quantité et d'une fraction granulaire grossière résistante aux sollicitations du trafic. Dans leur état naturel ils sont sensibles ou très sensibles à l'eau. Pour les utiliser en couche de forme deux techniques différentes peuvent être appliquées.</p> <p>a) Eliminer par tout moyen ad hoc (lavage, criblage, concassage) à la fois les gros éléments ne permettant pas un réglage correct de la plate-forme et la fraction o/d renfermant les éléments fins sensibles à l'eau. Il est également conseillé d'améliorer la stabilité du matériau ainsi corrigé en mettant en œuvre une couche de fin réglage de 1 à 5 cm d'épaisseur d'un matériaux sableux.</p> <p>b) Traiter ces matériaux avec des liants hydrauliques. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage homogène à l'aide de malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) est réalisable dans des conditions économiques acceptables. Ceci suppose soit que l'on procède à l'élimination préalable des éléments grossiers interdisant le fonctionnement correct du malaxeur, soit que le malaxeur utilisé puisse absorber et fragmenter ces éléments grossiers.</p>	<p>++ + = OU -</p> <p>toutes situations météorologiques</p>	<p>G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p>	<p>4 0 0 3</p>						
<p>C₁B₂₁ C₁B₄₁ C₁B₅₁ C₂B₂₁ C₂B₄₁ C₂B₅₁ m et h</p>		<p>++ OU +</p> <p>pluie même forte</p>	<p>G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p>	<p>4 0 0 3</p>	<p>e = 0,8 ou (2) e = 0,65</p>	<p>e = 0,5 ou (2) e = 0,4</p>	<p>e = 0,4 ou (2) e = 0,3</p>	<p>e = 0,3 ou (2) e = 0,2</p>	<p>(3)</p>	
		<p>= OU -</p> <p>pas de pluie</p>	<p>Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p> <p>Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant</p> <p>W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant</p> <p>T : Traitement avec un liant hydraulique</p> <p>S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné</p>	<p>4 0 0 3</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>		
		<p>++ OU +</p> <p>pluie même forte</p>	<p>G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p>	<p>4 0 0 3</p>	<p>e = 0,8 ou (2) e = 0,65</p>	<p>e = 0,5 ou (2) e = 0,4</p>	<p>e = 0,4 ou (2) e = 0,3</p>	<p>e = 0,3 ou (2) e = 0,2</p>	<p>(3)</p>	
<p>C₁B₂₁s C₁B₄₁s C₁B₅₁s C₂B₂₁s C₂B₄₁s C₂B₅₁s</p>		<p>= OU -</p> <p>pas de pluie</p>	<p>Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p> <p>Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant</p> <p>W : Humidification pour changer l'état hydrique du mélange sol + liant</p> <p>T : Traitement avec un liant hydraulique</p> <p>S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné</p>	<p>4 0 0 3</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>	<p>PF2</p>		
		<p>++ + = OU -</p> <p>toutes situations météorologiques</p>	<p>G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme</p> <p>S : Mise en place d'une couche de fin réglage</p>	<p>4 0 0 3</p>	<p>e = 0,8 ou (2) e = 0,65</p>	<p>e = 0,5 ou (2) e = 0,4</p>	<p>e = 0,4 ou (2) e = 0,3</p>	<p>e = 0,3 ou (2) e = 0,2</p>	<p>(3)</p>	
<p>C₁B₂₁ts C₁B₄₁ts C₁B₅₁ts C₂B₂₁ts C₂B₄₁ts C₂B₅₁ts</p>					<p>e = 0,8 ou (2) e = 0,65</p>	<p>e = 0,5 ou (2) e = 0,4</p>	<p>e = 0,4 ou (2) e = 0,3</p>	<p>e = 0,3 ou (2) e = 0,2</p>	<p>(3)</p>	

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.

(3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arase terrassement.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

C₁B₂₂, C₁B₄₂, C₁B₅₂, C₂B₂₂, C₂B₄₂, C₂B₅₂

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée						
						PST n° 1		PST n° 2		PST n° 3		PST n° 4
						AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	AR 2	AR 2	
C ₁ B ₂₂ h C ₁ B ₄₂ h C ₁ B ₅₂ h C ₂ B ₂₂ h C ₂ B ₄₂ h C ₂ B ₅₂ h	Les sols de ces classes sont constitués d'une fraction argileuse en faible quantité et d'une fraction grenue grossière relativement friable susceptible de se fragmenter sous l'action du trafic de chantier en produisant un complément d'éléments fins sensibles à l'eau.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant (s)	NON							
				= ou -	pas de pluie	G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le (ou les) liant(s) T : Traitement avec un liant hydraulique associé éventuellement à la chaux S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 0 2 1					
C ₁ B ₂₂ m C ₁ B ₄₂ m C ₁ B ₅₂ m C ₂ B ₂₂ m C ₂ B ₄₂ m C ₂ B ₅₂ m	Pour utiliser ces sols en couche de forme il est nécessaire de les traiter avec des liants hydrauliques. Le traitement n'est cependant possible que dans la mesure où un malaxage homogène à l'aide de malaxeurs à outils animés (pulvimixers...) est réalisable dans des conditions acceptables. Ceci suppose soit que l'on procède à l'élimination préalable des éléments grossiers interdisant le fonctionnement correct du malaxeur, soit que le malaxeur utilisé puisse absorber et fragmenter ces éléments grossiers.	+	pluie faible			Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant (s)	NON					
				= ou -	pas de pluie	G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 1 1 1	(1)	e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35
C ₁ B ₂₂ s C ₁ B ₄₂ s C ₁ B ₅₂ s C ₂ B ₂₂ s C ₂ B ₄₂ s C ₂ B ₅₂ s		+	pluie faible			Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON					
				= ou -	pas de pluie	G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	2 2 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3

(1) Sur cette PST, la mise en oeuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se rapporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

ANNEXE

**Conditions générales des prestations géotechniques
d'Igesol**

Objet et nature des prestations

Ce rapport fixe le terme de la mission. Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations qui pourraient être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager notre bureau d'étude. En particulier, l'utilisation même partielle de ce rapport par un autre Maître d'Ouvrage, un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société. Enfin, notre société ne pourrait être rendue responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.

Considérant l'enchaînement des missions géotechniques, il est vivement conseillé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou au constructeur de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien à la fin de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des puits ou des pieux. Ce contrôle a pour objet de vérifier que la nature et la profondeur du sol d'assise des fondations sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un procès verbal.

Le Maître d'Ouvrage devra nous informer de la Date Réelle d'Ouverture du Chantier (DROC) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même, il est tenu de nous informer du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage

Responsabilité et assurances

→ Assurance décennale

Pour ces prestations, Igesol bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance.

→ Responsabilités autres que la responsabilité décennale

La responsabilité de notre société ne peut être retenue que dans les limites de la mission qui lui a été confiée (nommée en introduction du présent rapport). Le contenu de chaque mission est développé en annexe 2. Les Prescriptions découlant de notre mission devront être respectées dans leur totalité. Dans le cas contraire, la responsabilité de notre société ne pourra être engagée.

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en cas de dommage causés à la végétation, à des cultures ou à des ouvrages (réseaux enterrés, ...) dont la présence et l'emplacement précis ne nous aurait pas été communiqué préalablement au commencement des investigations.

Recommandations

Notre société devra être informée de toutes modifications qui pourraient être apportées au projet (conception, implantation, niveau, taille) ou à son site d'implantation. En effet, ces modifications pourraient être de nature à rendre caducs certains éléments ou la totalité des conclusions de la présente étude.

Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des investigations. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un géomètre expert. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

Il est reconnu que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. Ainsi, des éléments nouveaux (glissement, érosion, remblais, ...) mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance peuvent rendre caduques les conclusions du présent rapport en tout ou en partie. Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux doivent être immédiatement signalés à notre société pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les prescriptions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, notre société est amenée à faire une ou plusieurs hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou toute autre entreprise intervenant en aval de notre étude de nous indiquer le projet définitif afin de valider ou d'affiner les résultats obtenus à partir d'hypothèses.

ANNEXE

**Enchaînement et Classification
des missions types d'ingénierie géotechnique
(Norme NF-P 94 500 – novembre 2013)**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques.

Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ETAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES 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 projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Etude de site (G1 ES)

Elle est réalisée avant l'étude préliminaire ou l'esquisse ou l'APS, et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisinants,
- fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, avec ses principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs pour un futur ouvrage non encore étudié.

Principes Généraux de Construction (G1 PGC)

Elle est réalisée au stade de l'étude préliminaire ou de l'esquisse ou de l'APS, et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). Elle permet de compléter le modèle géologique et de définir le contexte géotechnique, et de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs en cas de survenance.

Cette étude ne comprend pas d'ébauche dimensionnelle et sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Avant-projet (G2 AVP)

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). Elle fournit une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique.
- Fournir une première approche des quantités et conclure sur la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure gestion des risques géotechniques.

Ce rapport sert de donnée d'entrée pour la phase suivante.

Phase Projet (G2 PRO)

- Définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de projet, notamment méthodes d'exécution et notes techniques pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations des sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants).
- Fournir les notes de calcul de dimensionnement niveau projet pour tous les ouvrages géotechniques et pour toutes les phases de construction, et les valeurs seuil associées. Elle permet une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages.
- Si nécessaire, fournir les principes de maintenance des ouvrages géotechniques.

Ce rapport sert de base à l'élaboration du DCE.

Phase DCE / ACT (G2 DCE / ACT)

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires à la consultation des entreprises et à leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cahier des charges techniques particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le Maître d'Ouvrage ou la maîtrise d'œuvre pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres concernant les ouvrages géotechniques.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Etude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechnique d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (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.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques. Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.