



Maître d'Ouvrage

SNC BAM ROUANS
24, rue Vincent Gâche
44 200 NANTES

Maître d'Oeuvre conception

AGEIS
3, rue de la Planchonnais
44 980 SAINTE-LUCE-SUR-LOIRE

**ETUDE GEOTECHNIQUE DE
CONCEPTION G2PRO**

Projet de création d'un lotissement

*Lotissement "Les Coteaux de l'Acheneau"
Route de Sainte-Pazanne
ROUANS (44)*

*Rédaction : Maud RIVAL
Relecture : Samy BOUSSEFFA*

*Réf. dossier : 5536
Indice 1 du 09 Décembre 2020*

Siège social

Z.I. du Petit Bourbon
85170 Belleville-sur-vie
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	3
2.1 - CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	3
2.2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE	3
2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	3
3 - LES INVESTIGATIONS	7
3.1 - SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE (ANNEXE 1).....	7
3.2 - ESSAIS DE LABORATOIRE	8
3.2.1 - Classifications GTR (normes CEN ISO/TS 17892 - 4 et NF P 94-068) – Annexe 2.....	9
3.2.2 - Essais Proctor Normal (norme NF P 94-093) – Annexe 3.....	9
3.2.3 - Mesures de teneur en eau (norme NF P 94-050).....	10
3.2.4 - Aptitude au traitement à la chaux/ciment.....	10
4 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	11
5 - TERRASSEMENTS	13
6 - 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).....	14
6.1 - LE REEMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 4).....	14
6.2 - LE REEMPLOI DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 5 ET 6).....	15
7 - LES VOIRIES (d'après le fascicule “catalogue des structures de chaussée”).....	16
7.1 - PRECONISATIONS GENERALES	16
7.2 - STRUCTURE DES VOIRIES	16
8 - PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES.....	17

Table des annexes

- Sondages à la pelle mécanique
- Identification GTR
- Essai Proctor
- Condition d'utilisation des matériaux du site en remblais
- Les différents cas de PST
- Condition d'utilisation des matériaux du site en couche de forme
- Conditions d'utilisation des matériaux d'apport 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 de AGEIS, Maître d'Œuvre Conception, et pour le compte de la SNC BAM ROUANS, Maître d'Ouvrage, nous avons réalisé une étude géotechnique sur le site du projet de création d'un lotissement à ROUANS (44).

→ Description du projet (cf. planche 2)

Sur le site étudié, le Maître d'Ouvrage souhaite créer un lotissement « les Coteaux de l'Acheneau » comprenant 43 lots de 351 m² à 682 m² qui abriteront de futures habitations individuelles (projets actuellement non définis) ainsi que 2 lots de 537 et 1645 m² abritant des logements sociaux en locatifs (projets actuellement non définis). Le lotissement sera desservi par des voiries légères (classe de trafic T5) et des réseaux seront mis en œuvre au droit du lotissement pour alimenter les futures habitations. Le niveau fini des voiries à créer sera compris entre 16,33 et 5,43 m NGF. La cote Fe du réseau EU à mettre en œuvre sera comprise entre 14,69 et 3,45 m NGF, tandis que celle du réseau EP sera comprise entre 15,00 et 3,23 m NGF. Il est également prévu des ouvrages de rétention des eaux pluviales, bassins et noues. Les cotes de fonds des bassins ne nous ont pas été communiquées. Toutefois, les niveaux finis des noues seront compris entre 10,43 et 5,39 m NGF.

→ Objectifs de l'étude

Les principaux objectifs sont de :

- définir la nature et la structure du sol et du sous-sol ainsi que le contexte hydrogéologique, au droit du futur lotissement et plus particulièrement au droit des futures voiries et des passages des réseaux ;
- déterminer la faisabilité géotechnique du projet de lotissement ;
- spécifier les caractéristiques 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, en intégrant l'aptitude au traitement à la chaux et/ou aux liants hydraulique ;
- proposer des structures de chaussées en fonction du type et de l'intensité du trafic.

Dans ce cadre, notre étude se limite à une mission de type **G₂PRO** (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 :

- 8 sondages à la pelle mécanique de 10 tonnes ;
- 4 identifications GTR (4 VBS, 4 teneurs en eau, 4 granulométries par tamisage) ;
- 2 Essais Proctor Normal ;
- 1 étude de traitement à la chaux/ciment comprenant un OPN traité, une détermination de l'IPI une CBR après immersion et un gonflement.

Remarques :

- *Initialement, il était prévu la mise en œuvre d'un piézomètre temporaire avec la réalisation d'un suivi piézométrique sur une période de 3 mois. Toutefois, au vu de l'absence de venue d'eau et de niveau d'eau enregistré lors de nos investigations et compte tenu du contexte hydrogéologique, la nécessité d'un suivi piézométrique est caduque.*
- *L'étude de l'aptitude au traitement à la chaux/ciment est en cours de réalisation et fera l'objet d'une mise à jour de ce rapport, à réception des résultats de cette dernière.*

→ Documents en notre possession :

Pour la réalisation de notre étude, les documents qui nous ont été fournis sont les suivants :

- plan topographique de la zone d'étude au 1/500 ;
- plan du projet de lotissement au 1/500 ;
- plan du projet des voiries du lotissement au 1/500 ;
- plan du projet des réseaux du lotissement au 1/500 ;
- carte de localisation des sites Natura 2000 ;
- plan des bâtiments existants à démolir au droit de la zone d'étude au 1/500.

→ 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

La zone d'étude se localise sur la commune de ROUANS (44), le long de la route de Sainte-Pazanne (cf. planche 1).

La zone d'étude, d'une superficie totale d'environ 33 077 m², correspond aux parcelles cadastrales n° 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 149, 153, 154, 800, 801, 807, 810 – Section AB et 179, 180, 181, 182 – Section D. La zone d'étude correspondant à des terrains enherbés et arborés (prairies et jardins bordés de haies). De plus, des bâtiments existaient au droit des parcelles cadastrales n°135, 138 – Section AB et 181 et 182 – Section D. Ces derniers sont voués à démolition.

La zone d'étude est limitée :

- au nord-ouest et au sud-ouest, par des parcelles bâties et localement par la route de Sainte-Pazanne ;
- au nord-est et au sud-est, par des parcelles enherbées et localement arborées.

Remarque : Au droit du projet de lotissement une enclave de 8 parcelles, non comprise dans la zone d'étude, abrites des maisons existantes. Ces dernières seront conservées.

D'après la carte IGN 1123 E « PAIMBOEUF » et le plan topographique en notre possession, l'altitude de la zone d'étude, est comprise entre 3,00 et 16,18 m NGF. D'après notre relevé topographique, la pente générale du terrain orientée vers le nord-est possède une intensité de l'ordre de 5 à 10 %.

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 « PAIMBOEUF », le sous-sol de la zone étudiée est caractérisé par un socle de micaschiste et gneiss à sillimanite du Rocher Flamant et de Saint-Père-en-Retz (Terrains métamorphiques). Localement, il est possible de retrouver en surface une formation superficielle de dépôts de versants composée de colluvions, de formation de solifluxion, de limons et de sables (cf. planche 1).

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

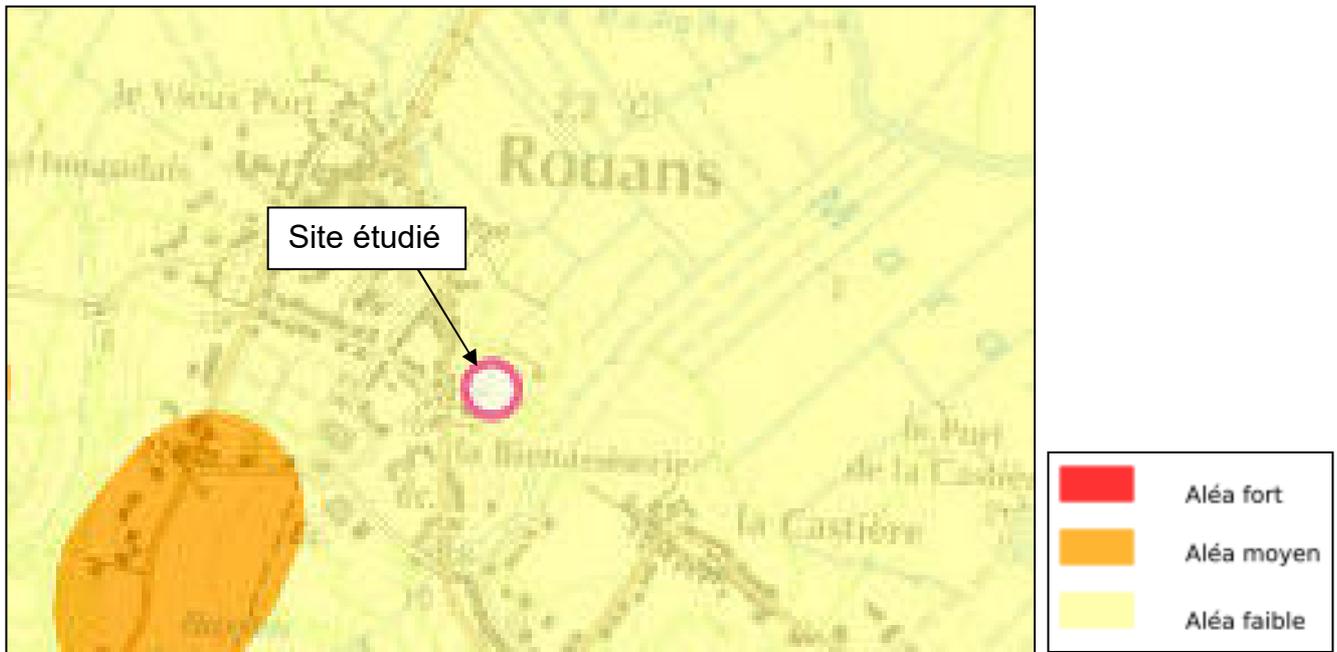
Du point de vue hydrologique, les marais de Rouans et leur réseaux de canaux s'étendent au nord-est et à l'est de la zone d'étude. De plus un cours d'eau non pérenne est présent à environ 26 m au sud-est de la zone d'étude (cote fond de vallée de l'ordre de 2 m NGF).

Du point de vue hydrogéologique, le socle mis en évidence constitue un niveau aquifère dont la productivité est lié à son degré de fracturation et d'altération. De plus, localement, les colluvions sus-jacentes peuvent se retrouver saturer en eau en période humide au toit des faciès d'altération du socle peu perméable. Toutefois, aucun niveau d'eau n'a été relevé lors de nos investigations.

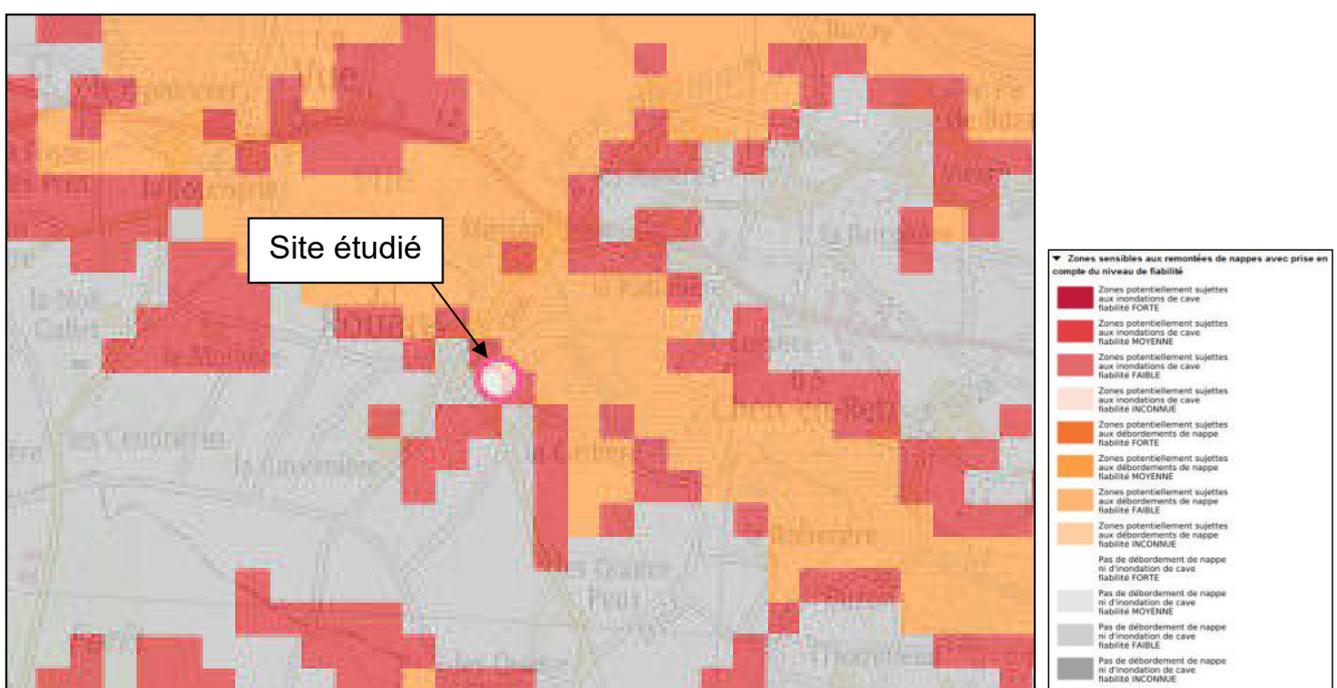
2.4 - EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS

D'après la Banque de Données du Sous-Sol (brgm.fr), 5 risques naturels sont référencés au niveau de la zone d'étude :

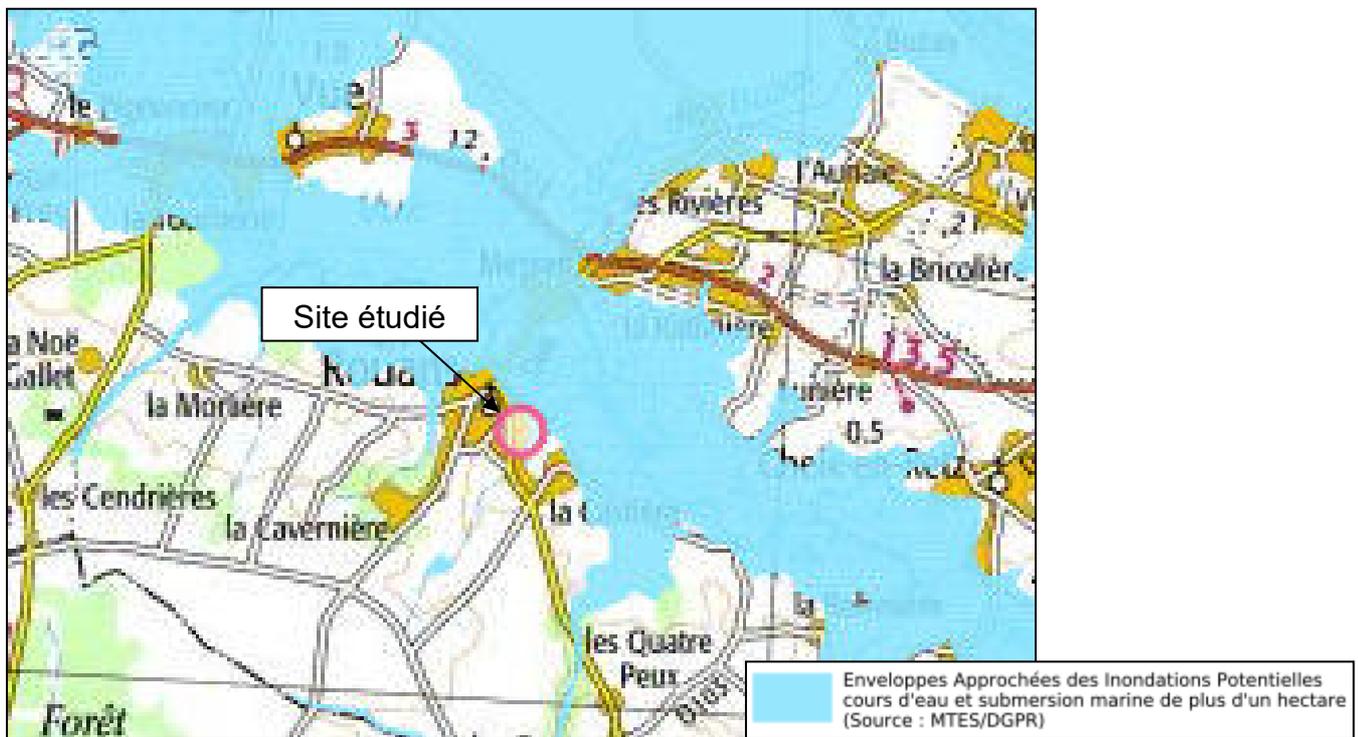
- **l'aléa « retrait-gonflement » des argiles** : celui-ci est **faible** sur une échelle à 3 unités (faible, moyen et fort) ;



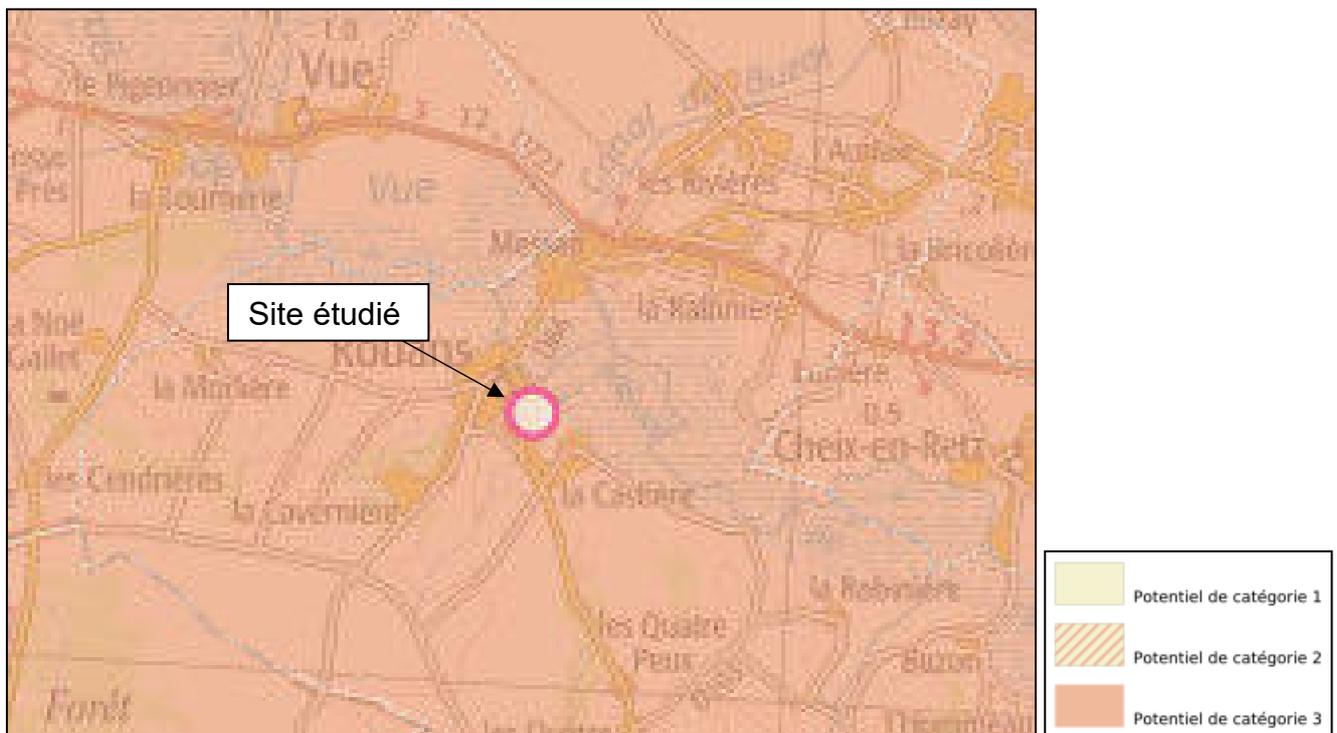
- **le risque de « remontée de nappe »** sur une échelle à 12 unités (dont 3 paliers avec 4 degrés de fiabilité chacun) : celui-ci représente **un zone potentiellement sujette aux débordement de nappe (fiabilité faible) au nord-est, un zone potentiellement sujette aux inondations de cave (fiabilité faible) au sud-est et au nord-ouest, et une zone non soumise à un éventuel débordement de nappe ou inondation cave (fiabilité faible) au sud-ouest.**



- **le risque de « submersion »** : La zone d'étude est localisée sur son extrémité nord, au sein de l'enveloppe approché des inondations potentielles de cours d'eau de plus d'un hectare.



- **le « potentiel radon »** : celui-ci est de catégorie 3 (fort).





Projet de création d'un lotissement

Etude géotechnique de conception G2PRO

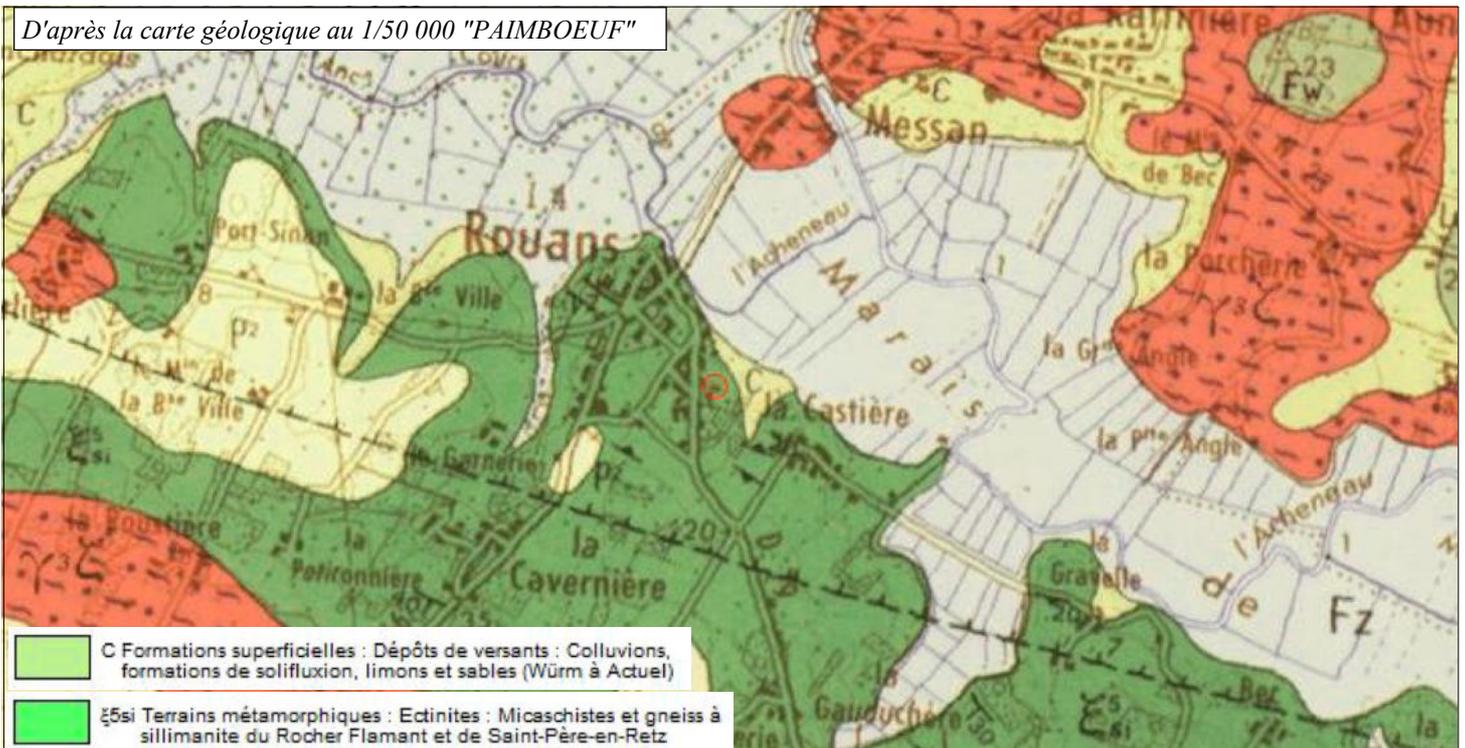
Localisation de la zone d'étude

**Echelle :
1 / 25 000**

D'après la carte IGN 1123 E "PAIMBOEUF" au 1/25 000



D'après la carte géologique au 1/50 000 "PAIMBOEUF"



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 25/11/2020, nous avons réalisé 8 sondages à la pelle mécanique. Ces sondages ont été réalisés jusqu'aux profondeurs suivantes :

Sondages	Profondeur d'arrêt	Cote NGF d'arrêt	Type d'arrêt
P1	0,65 m	9,20 m	Refus
P2	1,05 m	10,74 m	Refus
P3	0,75 m	15,43 m	Refus
P4	3,00 m	10,18 m	Arrêt volontaire – Très forte résistance
P5	1,40 m	9,40 m	Refus
P6	1,15 m	4,90 m	Refus
P7	0,45 m	4,91 m	Refus
P8	0,70 m	6,95 m	Refus

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 NGF de chaque niveau pédologique et géologique.

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

→ Contexte géologique :

Faciès	Sondage	Lithologie	Profondeur au toit (m)	Cote NGF au toit (m)	Epaisseur (m)
Terre végétale	Tous	Argile limoneuse à limons +/- argileux			0,20 – 0,45
Colluvions	P1, P6	Argile limoneuse	0,30 – 0,45	9,55 – 5,60	0,10 – 0,40
Arène gneissique peu évoluée	P4	Limons localement argileux à cailloutis	0,40	12,78	1,60
Gneiss très altéré	P2, P4, P5	Cailloutis à quelques blocs et fines limoneuses à gravillons ou argilo-limono-sableuses	0,20 – 2,00	11,59 – 10,40	0,60 – ≥1,00
Gneiss altéré	P1, P3, P5, P6, P7, P8	Plaquettes, blocs et cailloutis à fines peu abondantes limoneuses à gravillons à limono-sableuses ou limono-gravillonneuses	0,20 – 1,00	15,93 – 5,16	

→ **Contexte hydrogéologique :**

	Profondeur (m)	Cote NGF (m)
Niveau d'eau	/	/
Circulations d'eau	Localement terre végétale fraîche (P4) à humide (P6) et colluvions humides (P6)	
Parois des sondages	Stables	

Remarque : Les colluvions et, dans une moindre mesure, l'arène gneissique peu évoluée 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

Considérant la nature et la structure du sous-sol, nous avons effectué des analyses de laboratoire visant à établir la classification GTR des faciès représentatifs du site dans l'optique :

- ✓ d'une éventuelle réutilisation en remblai ou en couche de forme ;
- ✓ du dimensionnement des structures de chaussée à envisager.

Ces essais sont des mesures de la teneur en eau naturelle, des analyses granulométriques par tamisage, des déterminations de la Valeur au Bleu du Sol, des essais Proctor Normal et un essai d'aptitude au traitement à la chaux/ciment (en cours de réalisation).

Ainsi, nous avons testé les échantillons suivants :

Sondage / N° échantillon	Faciès concerné	Profondeur (m/TN)	Cote NGF (m)
P1 / P1-1	<i>Gneiss altéré</i> : Plaquettes et cailloutis sains à pulvérulents et à fines limoneuses à gravillons	0,40 – 0,65	9,45 – 9,20
P2 / P2-1	<i>Gneiss très altéré</i> : cailloutis sains à pulvérulents à quelques blocs et à fines limoneuses à gravillons	0,75	11,04
P4 / P4-1	<i>Arène gneissique peu évoluée</i> : Limons, localement argileux et à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents	0,70	12,48
P4 / P4-2	<i>Arène gneissique peu évoluée</i> : Limons, localement argileux et à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents	1,40	11,78
P6 / P6-1	<i>Colluvions</i> : Argile limoneuse à graviers et gravillons épars	0,45 – 0,85	5,60 – 5,20

3.2.1 - Classifications GTR (normes CEN ISO/TS 17892 - 4 et NF P 94-068) – Annexe 2

Les résultats de ces analyses, reportés en annexe 2, peuvent être résumés dans le tableau ci-dessous :

N° échantillon	Passant à 80 µm (%)	Passant à 2 mm (%)	D _{max} (mm)	VBS	Classification GTR
P1-1	6,4	29,4	34	0,15	C ₁ B ₃
P2-1	9,3	46,7	35	0,27	B ₄
P4-1	16,7	61,7	35	0,48	B ₅
P4-2	22,0	72,5	35	0,73	B ₅

L'**arène gneissique peu évoluée**, correspond à des sols sableux et graveleux avec fines de classe **B₅**. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des liants hydrauliques nécessite par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et Micro Deval en présence d'eau, MDE).

Le **gneiss très altéré**, correspondent à des sols sableux et graveleux avec fines de classe **B₄**. Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des liants hydrauliques nécessite par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et Micro Deval en présence d'eau, MDE). De plus, en fonction du pourcentage de leur fraction 0/50 mm, ces sols pourront être reclassés en C₁B₄, si leur fraction 0/50 mm est supérieure à 60-80% ou en C₂B₄ si leur fraction 0/50 mm est inférieure à 60-80%.

Le **gneiss altéré**, correspond à des sols comportant des fines et gros éléments de classe **C₁B₃**. Le comportement des sols de cette classe peut être assez justement apprécié par celui de leur fraction 0/50 mm. Dans ce cadre, il est probable que localement au sein du gneiss altéré, la fraction 0/50 mm soit inférieure à 60-80% et ainsi ces sols seraient à reclasser en C₂B₃.

3.2.2 - Essais Proctor Normal (norme NF P 94-093) – Annexe 3

Nous avons effectué 2 essais Proctor Normal, sur un échantillon d'arène gneissique peu évoluée (P4-1) et sur un échantillon de colluvions (P6-1), afin de déterminer leurs conditions optimales de compactage et de pouvoir définir leurs états hydriques.

Les résultats de ces essais, détaillés en annexe 3, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

N° Ech	Coordonnées de l'OPN		95 % de l'OPN.	
	Masse volumique sèche (ρ _d , t/m ³)	Teneur en eau (W, %)	Masse volumique sèche (ρ _d , t/m ³)	Teneur en eau (intervalle de tolérance en %)
P4-1	1,71	13,2	≥1,62	7,0 ≤ W ≤ 19,8
P6-1	1,63	12,6	≥1,55	5,7 ≤ W ≤ 19,8

À l'Optimum Proctor, la masse volumique sèche de l'arène gneissique peu évoluée de schiste est de **1,71 t/m³** pour une teneur en eau de **13,2%**. Pour obtenir une masse volumique au moins égale à 95 % de l'Optimum Proctor ($\geq 1,62 \text{ t/m}^3$), la teneur en eau de ces matériaux au compactage devrait être comprise entre **7,0 et 19,8 %**.

À l'Optimum Proctor, la masse volumique sèche des colluvions est de **1,63 t/m³** pour une teneur en eau de **12,6 %**. Pour obtenir une masse volumique au moins égale à 95 % de l'Optimum Proctor ($\geq 1,55 \text{ t/m}^3$), la teneur en eau de ces matériaux au compactage devrait être comprise entre **5,7 et 19,8 %**.

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

Nous avons mesuré la teneur en eau des échantillons prélevés. Les valeurs obtenues sont reportées dans le tableau ci-dessous :

N° Ech	Profondeur (m/TN)	Faciès	Teneur en eau (W, %)	Etat hydrique
P1-1	0,40 – 0,65	<i>Gneiss altéré</i> : Plaquettes et cailloutis sains à pulvérulents et à fines limoneuses à gravillons	6,3	
P2-1	0,20 – 1,05	<i>Gneiss très altéré</i> : cailloutis sains à pulvérulents à quelques blocs et à fines limoneuses à gravillons	9,4	
P4-1	0,40 – 2,00	<i>Arène gneissique peu évoluée</i> : Limons, localement argileux et à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents	13,5	m (moyen)
P4-2	2,00 – 3,00	<i>Arène gneissique peu évoluée</i> : Limons, localement argileux et à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents	14,7	h (humide)

Les échantillons ont été prélevés le 25 novembre 2020.

Dans l'arène gneissique peu évoluée, les teneurs en eau naturelles sont homogènes comprises entre 13,5 et 14,7%, soit des états hydriques moyen (m) à humide (h).

Dans le gneiss très altéré, les teneurs en eau naturelles sont de l'ordre de 9,4 %.

Dans le gneiss altéré, les teneurs en eau naturelle sont de l'ordre de 6,3%.

3.2.4 - Aptitude au traitement à la chaux/ciment

EN COURS DE REALISATION (sur l'arène gneissique peu évoluée, les autres faciès n'étant pas adaptés au traitement)

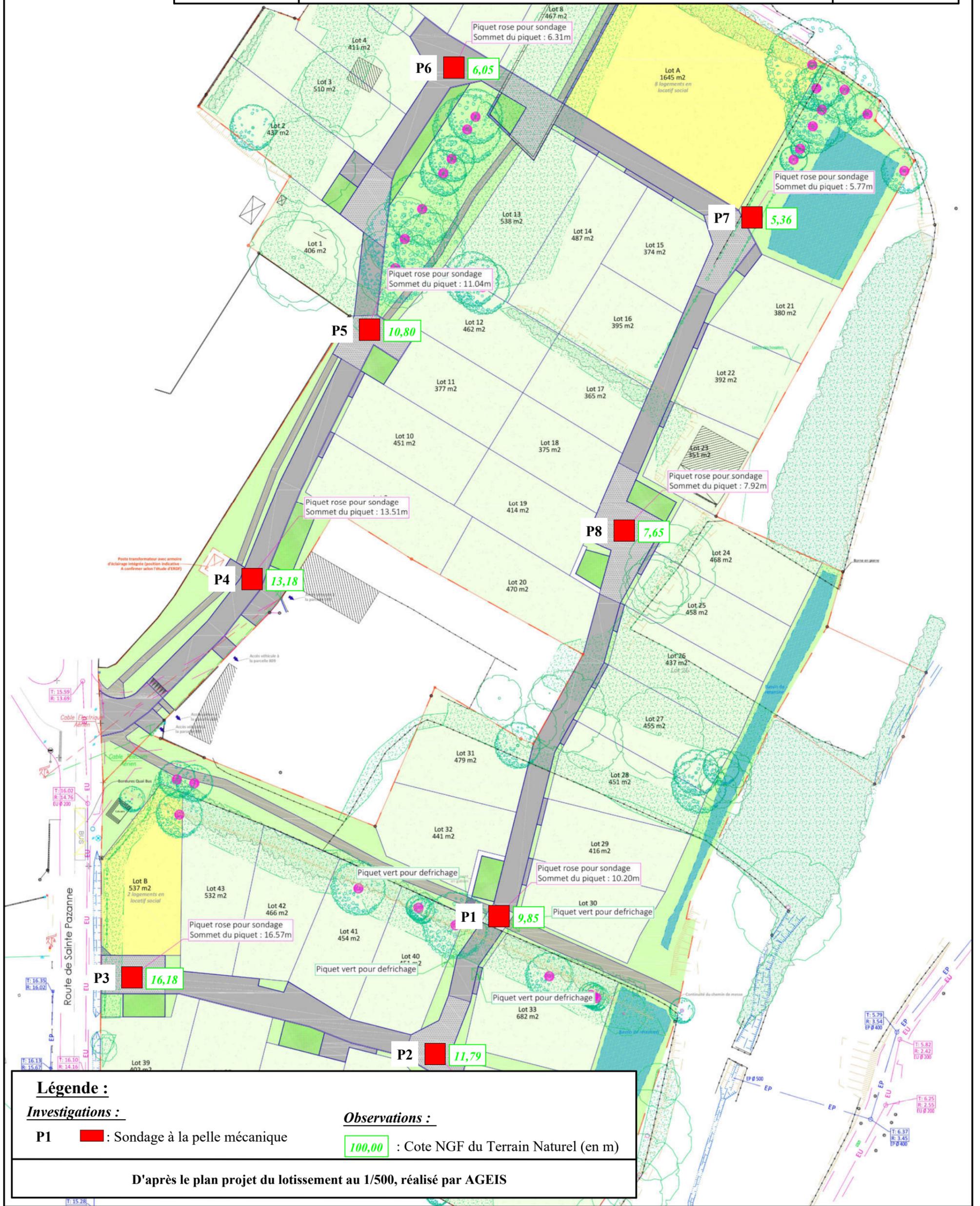


Projet de création d'un lotissement

Etude géotechnique de conception G2PRO

Implantation des sondages à la pelle mécanique

Echelle :
1/750



4 - SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

➤ Géologie :

Faciès	Sondage	Lithologie	Profondeur au toit (m)	Cote NGF au toit (m)	Epaisseur (m)
Terre végétale	Tous	Argile limoneuse à limons +/- argileux			0,20 – 0,45
Colluvions	P1, P6	Argile limoneuse	0,30 – 0,45	9,55 – 5,60	0,10 – 0,40
Arène gneissique peu évoluée	P4	Limons localement argileux à cailloutis	0,40	12,78	1,60
Gneiss très altéré	P2, P4, P5	Cailloutis à quelques blocs et fines limoneuses à gravillons ou argilo-limono-sableuses	0,20 – 2,00	11,59 – 10,40	0,60 – ≥1,00
Gneiss altéré	P1, P3, P5, P6, P7, P8	Plaquettes, blocs et cailloutis à fines peu abondantes limoneuses à gravillons à limono-sableuses ou limono-gravillonneuses	0,20 – 1,00	15,93 – 5,16	

➤ Hydrogéologie :

	Profondeur (m/TN)	Cote NGF (m)
Niveau d'eau	/	/
Parois des sondages	Stables	
Circulations d'eau	Non observée	

➤ Analyses de laboratoire :

Faciès	Lithologie	Sondage	Profondeur de prélèvement	Classification GTR	Teneur en eau naturelle	Etat hydrique
Colluvions	Ech. P6-1 : Argile limoneuse à graviers et gravillons épars	P6	0,45 – 0,85			
Arène gneissique peu évoluée	Ech. P4-1 et P4-2 : Limons, localement argileux et à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents	P4	0,70 et 1,40	B ₅	13,5 à 14,7 %	m (moyen) à h (humide)
Gneiss très altéré	Ech. P2-1 : cailloutis sains à pulvérulents à quelques blocs et à fines limoneuses à gravillons	P2	0,75	B ₄ (soit gneiss très altéré potentiellement C ₁ B ₄ ou C ₂ B ₄ , selon sa fraction d'éléments grossiers)	9,4 %	
Gneiss altéré	Ech. P1-1 : Plaquettes et cailloutis sains à pulvérulents et à fines limoneuses à gravillons	P1	0,40 – 0,65	C ₁ B ₃ (voire gneiss altéré potentiellement C ₂ B ₃ , selon sa fraction d'éléments grossiers)	6,3 %	

➤ Aptitude traitement à la chaux/ciment :

ESSAIS EN COURS DE REALISATION

Au vu des résultats de nos investigations, nous donnons un avis géotechnique favorable à la réalisation du projet de lotissement.

5 - 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.
- La terre végétale, les colluvions et l'arène gneissique pourront se terrasser avec des engins classiques de terrassement. Une pelle mécanique puissante munie d'un godet rocher ou d'une dent de ripper sera nécessaire dès le gneiss très altéré atteint. Le BRH (Brise Roche Hydraulique) sera utile pour s'affranchir de points durs au sein de ce faciès et deviendra rapidement impératif au sein du gneiss altéré.
- 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, les colluvions et l'arène gneissique peu évoluée. Cette pente pourra être abaissée à 1/1 dès le toit du gneiss 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).

6 - 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 de l'arène gneissique peu évoluée de classe B₅, du gneiss très altéré de classe B₄ (voire C₁B₄ ou C₂B₄ selon sa fraction d'éléments grossiers) ou du gneiss altéré de C₁B₃ (voire C₂B₃ selon sa fraction d'éléments grossiers).

Les conditions de mise en œuvre évoquées concernent uniquement les matériaux analysés dans le cadre de cette étude géotechnique. Pour d'éventuels faciès 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.

Les teneurs en eau des matériaux devront être vérifiées au moment du démarrage du chantier et régulièrement pendant les travaux, afin de 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).

6.1 - LE RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 4)

Les modes de mise en remblais de l'arène gneissique peu évoluée de classe B₅, du gneiss très altéré de classe B₄ (voire C₁B₄ ou C₂B₄, selon sa fraction d'éléments grossiers) ou du gneiss altéré de C₁B₃ (voire C₂B₃ selon sa fraction d'éléments grossiers) en fonction de leur état hydrique, sont présentés en annexe 4. A noter que les matériaux possédant un état hydrique ts ou th sont incompatibles avec une utilisation en l'état, sauf pour les matériaux de classe C₁B₃ voire C₂B₃ selon la fraction d'éléments grossiers, insensible à l'eau.

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 et de colluvions 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 « à pieds dameurs ou pieds de mouton » est le plus adéquate pour le compactage des matériaux de classe C₂B₄, tandis que le compacteur vibrant à « billes ou cylindres lisses » est le plus adéquate pour le compactage des matériaux de classe B₃, C₁B₃, C₂B₃, B₄, C₁B₄ 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.*
- ✓ *Les matériaux grossiers pouvant empêcher un compactage optimal des couches (matériaux à blocs) seront purgés ou concassés.*

6.2 - LE RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 5 ET 6)

Après décapage de la terre végétale et des colluvions, la Partie Supérieure des Terrassements (PST) de masse correspondra à des matériaux de classe B₅ (Arène gneissique peu évoluée) ou B₄ (gneiss très altéré) voire C₁B₄ ou C₂B₄ (gneiss altéré en fonctions de sa fraction d'éléments grossiers), ou de classe C₁B₃ (gneiss altéré, voir C₂B₃ en fonction de sa fraction d'éléments grossiers). 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°6. Ces différents cas sont présentés en annexe 5.

Les conditions d'utilisation de l'arène gneissique peu évoluée de classe B₅, du gneiss très altéré de classe B₄ ou B₅ (voire C₁B₄, C₂B₄ ou C₁B₅, C₂B₅ selon sa fraction d'éléments grossiers) ou du gneiss altéré de C₁B₃ (voire C₂B₃ selon sa fraction d'éléments grossiers) en couche de forme sont présentées en annexe 6.

L'aptitude au traitement de l'arène gneissique peu évoluée est en cours de réalisation.

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.

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

7.1 - PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

Les matériaux impropres (terre végétale, colluvions, 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 au droit d'un fond de forme composé par l'arène gneissique peu évoluée. On pourra s'en affranchir au droit des fonds de forme composés par le gneiss très altéré ou le gneiss altéré (les matériaux d'apport auront juste pour rôle le réglage de l'arase). Elle pourra être constituée avec les matériaux extraits sur le site 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 2. A titre d'exemple, en considérant un état hydrique moyen de la PST (à valider au démarrage des travaux), une couche de forme d'épaisseur 0,50 m (0,40 m si mise en place préalable d'un géotextile au niveau de l'arase) pourra suffire.

7.2 - STRUCTURE DES VOIRIES

Compte tenu de la nature du projet (lotissement), de la classe de trafic communiqué T5, soit un nombre de poids lourds par jour et par sens compris entre 0 et 25, et en prenant les hypothèses d'un taux de croissance linéaire annuel nul, d'une durée de vie de 20 ans et d'un r traduisant la répartition transversale des poids lourds égal à 1, nous avons considéré une classe de trafic **TC1**.

Ainsi, au choix, nous proposons les structures de chaussées suivantes (sur une plate-forme de type PF2) :

- structure n°1 (GB3/GB3) :
 - ✓ 6 cm de BB en couche de roulement ;
 - ✓ 9 cm de GB classe 3 ;
- structure n°2 (GNT B2) :
 - ✓ 6 cm de BB en couche de roulement ;
 - ✓ 15 cm de GNT type B2 ;
 - ✓ 25 cm de GNT type B2.

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.

8 - PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES

Une **étude G₂AVP à la parcelle** sera nécessaire après la définition de chaque projet pour valider un mode et un type de fondation avec une approche du dimensionnement des fondations et une estimation des tassements bruts et différentiels en fonction notamment, de la surcharge sur le sol.

Une étude structure sera nécessaire à l'issue de cette mission G₂AVP pour le dimensionnement des fondations et de la structure en parasismique des ouvrages.

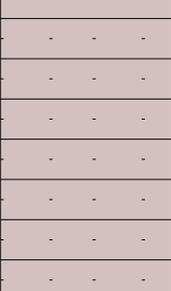
Rédigé par :
Maud RIVAL

Vérifié par :
Samy BOUSSEFFA

ANNEXE 1

Coupes des sondages à la pelle mécanique

Sondage à la pelle mécanique : P1 - Cote NGF : 9,85 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
0,25					Terre végétale argilo-limoneuse, marron, à graviers, gravillons et radicelles.	
			0,30	9,55	Colluvions argilo-limoneuses, marron, à cailloutis parfois pluricentimétriques de gneiss.	
0,50			0,40	9,45	Gneiss altéré se débitant en plaquettes (max Ø25 cm) et cailloutis sains à pulvérulents et à fines limoneuses, brunes, micacées et à gravillons.	P1-1
					----- <i>Niveau fini projeté de la voirie env. 9,28 m NGF</i>	
0,75			0,65	9,20	Refus	
1,00						
1,25						
1,50						

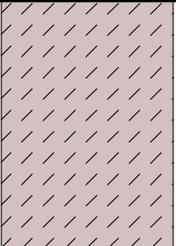
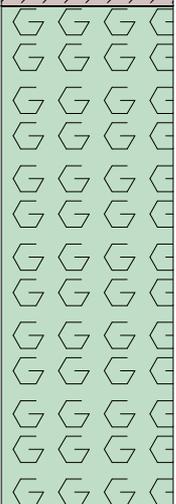
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Non observée

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -0,65 m/TN (9,20 m NGF)

Sondage à la pelle mécanique : P3 - Cote NGF : 16,18 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
0,25			0,25	15,93	Terre végétale limoneuse, marron, à radicelles et quelques graviers.	
0,50					Gneiss altéré se débitant en blocs et cailloutis (max Ø30-40 cm) sains à pulvérulents et à fines peu abondantes, limoneuses, brunes, micacées et à gravillons.	
0,75			0,75	15,43	Refus	
1,00						
1,25					 Réseau EP projeté : Fe = 15,00 m NGF	
1,50					 Réseau EU projeté : Fe = 14,69 m NGF	

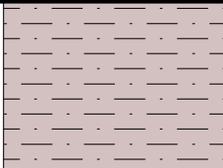
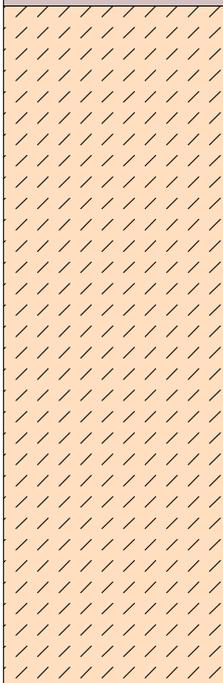
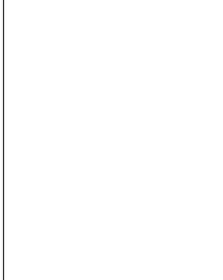
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Non observée

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -0,75 m/TN (15,43 m NGF)

Sondage à la pelle mécanique : P4 - Cote NGF : 13,18 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
					<i>Niveau fini projeté de la voirie env. 13,16 m NGF</i>	
0,50			0,40	12,78	Terre végétale limono-argileuse, marron, à graviers épars et fraîche.	P4-1
1,00					Arène gneissique peu évoluée limoneuse, ocre à brune, localement plus argileuse, à cailloutis de gneiss souvent pulvérulents. Vers -1,80 m/TN (11,38 m NGF) : Arène gneissique peu évoluée à blocs (max Ø 15 cm) sains à pulvérulents.	P4-2
2,00			2,00	11,18		
2,50					Gneiss très altéré se débitant en cailloutis et blocs sains à pulvérulents (max Ø 30/40 cm localement) avec fines limono-sableuses, ocres puis brunes et à gravillons.	
3,00			3,00	10,18	Arrêt volontaire - Très forte résistance sur gneiss altéré (cailloutis et blocs dominants à peu de fines en fond de sondage)	
3,50						

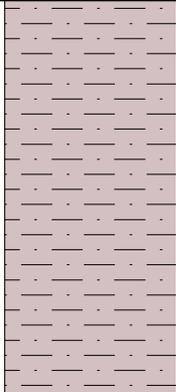
Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Terre végétale fraîche

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteinte

Sondage à la pelle mécanique : P5 - Cote NGF : 10,80 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
0,25					Terre végétale limono-argileuse et à graviers épars de plus en plus abondants avec la profondeur.	
					<i>Niveau fini projeté de la voirie env. 10,50 m NGF</i>	
0,50			0,40	10,40	Gneiss très altéré se débitant en cailloutis et blocs, de plus en plus abondants avec la profondeur et de plus en plus de graviers (max Ø 30 cm), sains à pulvérulents et à fines argilo-limono-sableuses et ocre.	
0,75						
1,00			1,00	9,80	Gneiss altéré se débitant en blocs, cailloutis et graviers, sains à parfois pulvérulents et à fines peu abondantes, limono-sableuses, brunes et à gravillons.	
1,25						
1,50			1,40	9,40	Refus	
					<i>Réseau EP projeté : Fe = 9,87 m NGF</i>	
					<i>Réseau EU projeté : Fe = 9,36 m NGF</i>	

Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Non observée

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -1,40 m/TN (9,40 m NGF)

Sondage à la pelle mécanique : P6 - Cote NGF : 6,05 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
0,25		- - -	0,45	5,60	----- <i>Niveau fini projeté de la voirie env. 6,01 m NGF</i>	
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
0,50		- - -	0,85	5,20	Colluvions argilo-limoneuses, marron à brunes, humides, à radicelles, graviers et gravillons épars.	P6-1
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
0,75		- - -	1,15	4,90	Gneiss altéré se débitant en cailloutis et blocs (max Ø 30 cm) et à fines peu abondantes, limono-gravillonneuses.	
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
1,00		- - -			Refus	
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
1,25		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
1,50		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				
		- - -				

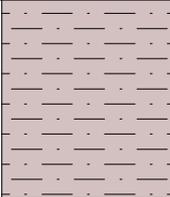
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Terre végétale et colluvions humides.

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -1,15 m/TN (4,90 m NGF)

Sondage à la pelle mécanique : P7 - Cote NGF : 5,36 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
					Terre végétale limono-argileuse, marron à brune et graviers épars.	
0,25			0,20	5,16	Gneiss altéré se débitant en cailloutis et blocs (max Ø 30 cm) et à fines peu abondantes, limono-gravillonneuses.	
0,50			0,45	4,91	<i>Refus</i>	
0,75						
1,00						
1,25						
1,50						

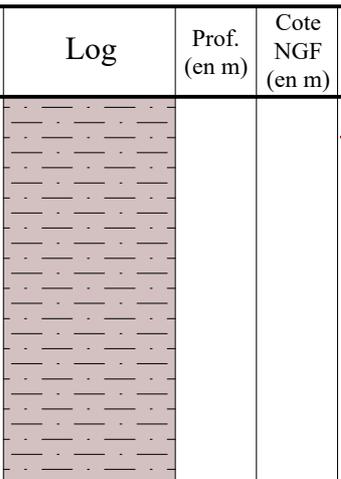
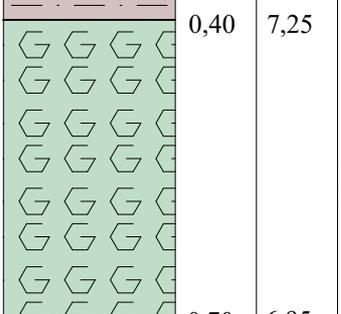
Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Non observée

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -0,45 m/TN (4,91 m NGF)

Sondage à la pelle mécanique : P8 - Cote NGF : 7,65 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.
0,25					<p>----- Niveau fini projeté de la voirie env. 7,61 m NGF</p> <p>Terre végétale limono-argileuse, marron à brune et graviers épars.</p>	
0,50			0,40	7,25	Gneiss altéré se débitant en cailloutis et blocs et à fines peu abondantes, limono-gravillonneuses.	
0,75			0,70	6,95	Refus	
1,00						
1,25					----- Réseau EP projeté : Fe = 6,39 m NGF	
1,50						

Parois du sondage : Stables

Circulation d'eau : Non observée

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -0,70 m/TN (6,95 m NGF)

ANNEXE 2

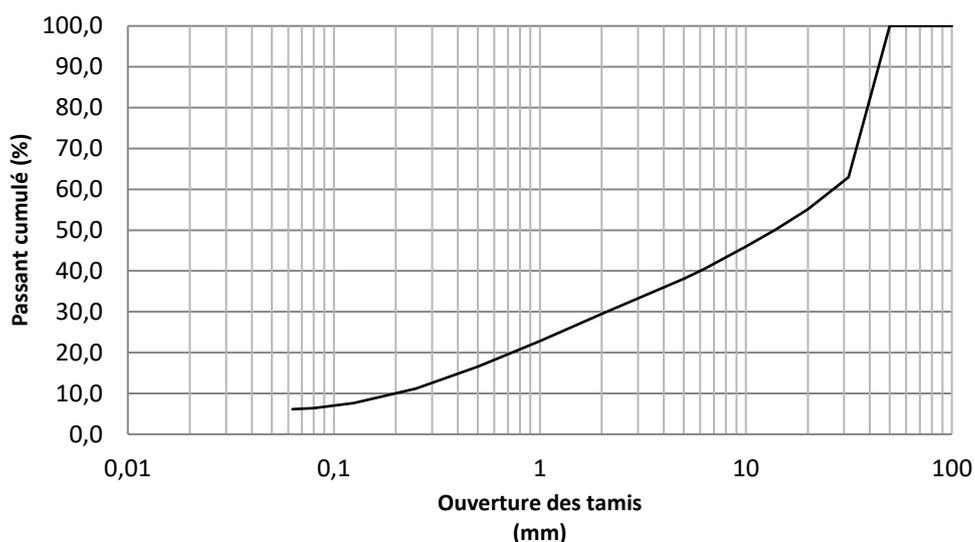
Identifications GTR

Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P1-1	Profondeur (m)	0,40-0,65
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2020

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

Dmax (mm)	34	Température étuvage	105 °C
-----------	-----------	---------------------	---------------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	63,0
20	55,2
14	50,2
10	46,0
6,3	40,5
5	38,0
2	29,4
1	22,8
0,5	16,6
0,25	11,2
0,125	7,6
0,08	6,4
0,063	6,1



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

m _h (g)	4572,2	m _s (g)	4323,1	Wn (%)	6,3
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	------------

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

VBS	0,15
-----	-------------

Classification GTR (NF P 11-300)

C₁B₃

Date de réalisation : 14/12/2020

Essais réalisés par : SB

Observations :

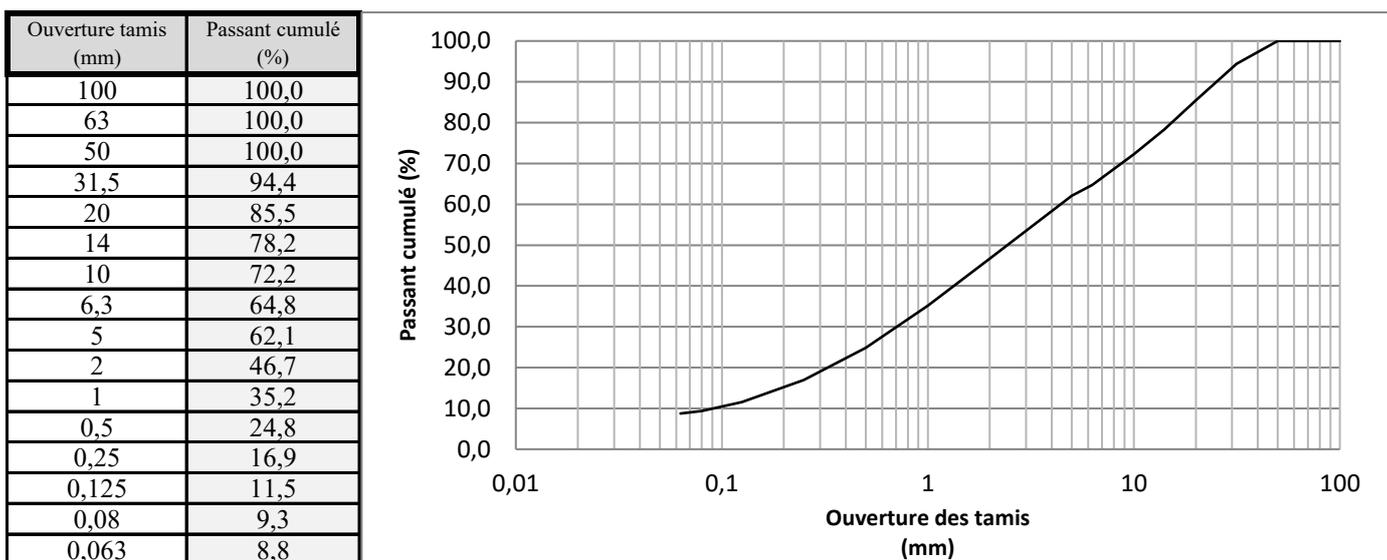
Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P2-1	Profondeur (m)	0,75
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2020

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

Dmax (mm)	35	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------



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

m _h (g)	3005,6	m _s (g)	2790,1	Wn (%)	9,4
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	-----

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

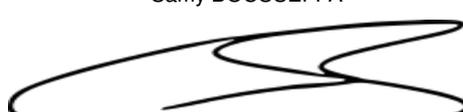
VBS	0,27
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

B ₄

Date de réalisation : 14/12/2020

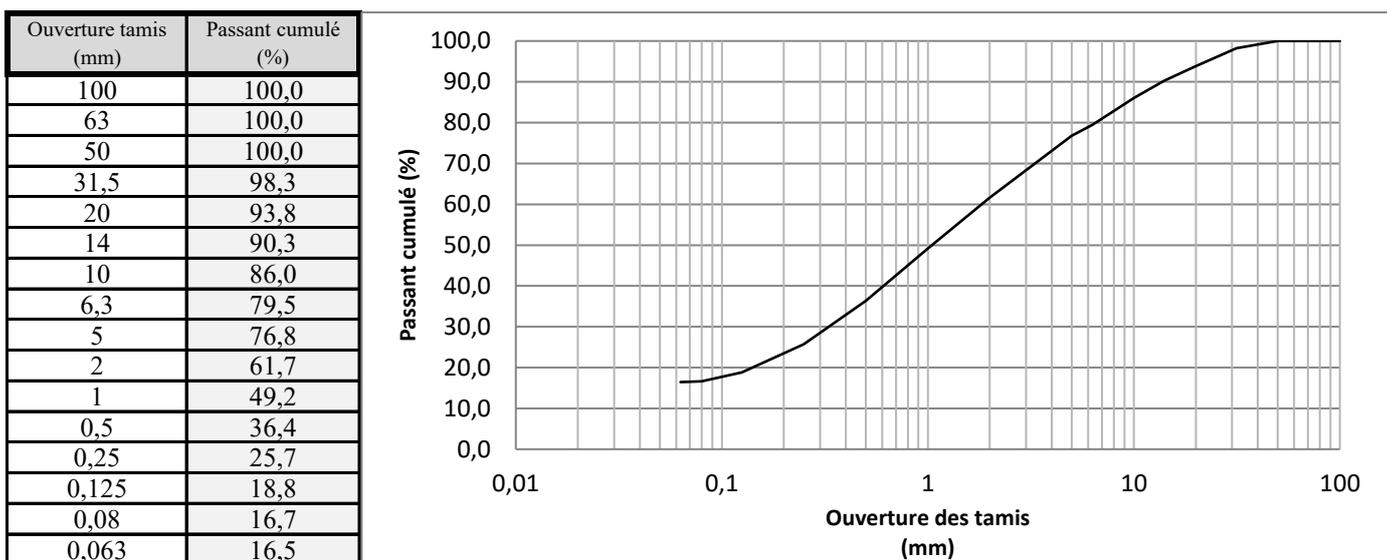
Essais réalisés par : SB

Observations :	Résultats vérifiés par le directeur Samy BOUSSEFFA 
----------------	---

Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P4-1	Profondeur (m)	0,70
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2020

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

Dmax (mm)	35	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------



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

m _h (g)	3280,4	m _s (g)	2992,5	Wn (%)	13,5
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	------

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

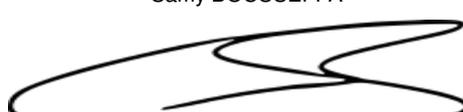
VBS	0,48
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

B ₅

Date de réalisation : 14/12/2020

Essais réalisés par : SB

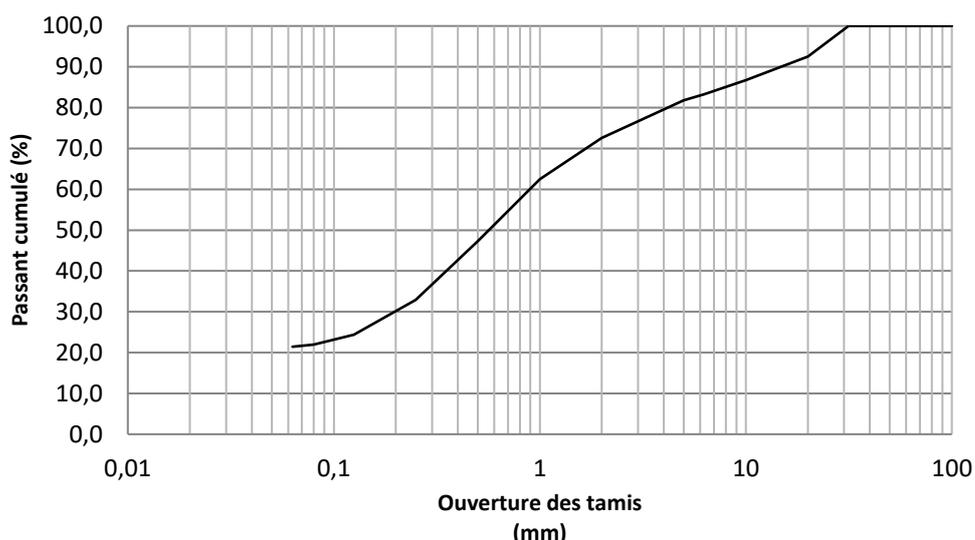
Observations :	Résultats vérifiés par le directeur Samy BOUSSEFFA 
----------------	---

Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P4-2	Profondeur (m)	1,40
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2020

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

Dmax (mm)	35	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	92,6
14	89,6
10	86,7
6,3	83,3
5	81,8
2	72,5
1	62,5
0,5	47,3
0,25	32,9
0,125	24,4
0,08	22,0
0,063	21,4



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

m _h (g)	3293,5	m _s (g)	2980,7	Wn (%)	14,7
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	------

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

VBS	0,73
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

B ₅

Date de réalisation : 14/12/2020

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



ANNEXE 3

Essais Proctor

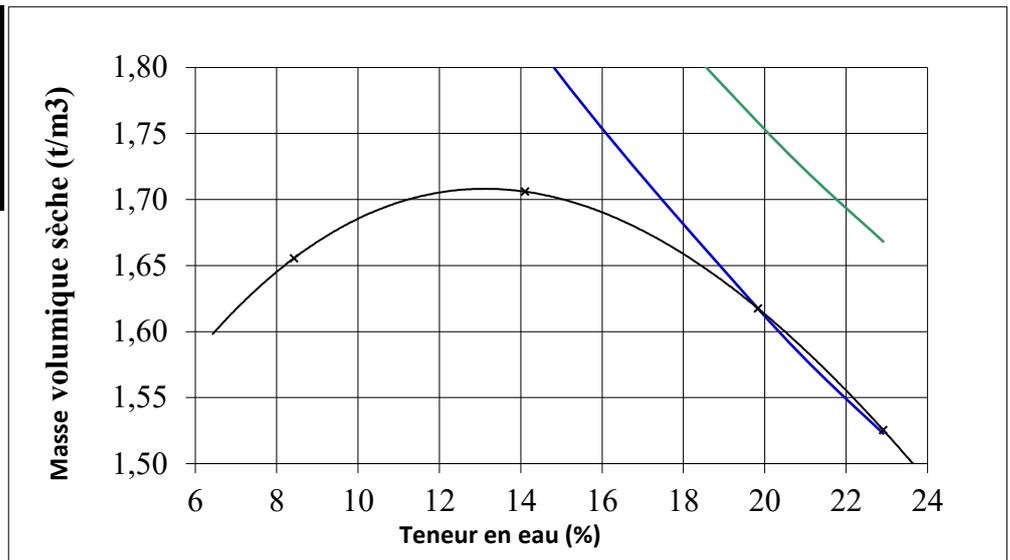
Détermination des références de compactage d'un matériau

Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P4-1	Profondeur (m)	0,70
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2024

Essai Proctor (NF P 94-093)

Energie	Normale	Moule	Proctor
Masse volumique des particules solides ρ_s (t/m ³)	2,70 (estimée)		
Température étuvage	105°C		
Fraction 0/20 mm	100,0%	Fraction 0/5 mm	99,9%

Teneur en eau W (%)	Masse volumique ρ_d (t/m ³)
8,4	1,66
14,1	1,71
19,8	1,62
22,9	1,53



— Sr = 100 %, rd = 2.70 t/m³
 — Sr = 80 %, rd = 2.70 t/m³

Coordonnées de l'Optimum Proctor Naturel

Masse volumique O.P.N. ρ_{dOPN} (t/m ³)	1,71	Teneur en eau O.P.N. W_{OPN} (%)	13,2
--	-------------	------------------------------------	-------------

Intervalle de tolérance pour obtenir au moins 95 % de l'O.P.N.

Masse volumique ρ_d (t/m ³)	1,62	Teneur en eau W (%)	$7,0 \leq W \leq 19,8$
--	------	---------------------	------------------------

Date de réalisation : 14/12/2020

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
 Samy BOUSSEFFA



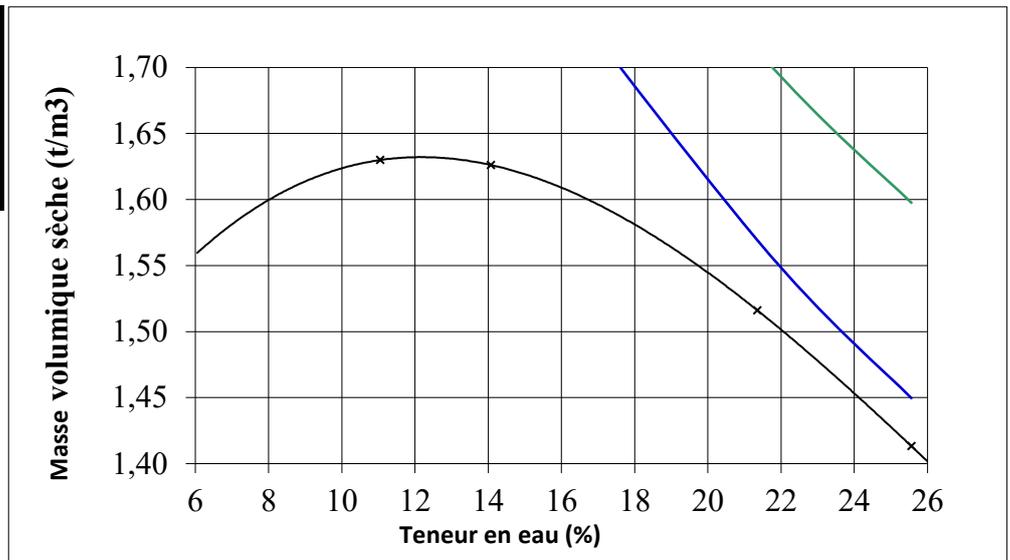
Détermination des références de compactage d'un matériau

Projet	SNC BAM_ Lot. "Les Coteaux de l'Acheneau" _ ROUANS (44)	Référence	5536
N° d'échantillon	P6-1	Profondeur (m)	0,45-0,85
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	01/12/2024

Essai Proctor (NF P 94-093)

Energie	Normale	Moule	Proctor
Masse volumique des particules solides ρ_s (t/m ³)	2,70 (estimée)		
Température étuvage	105°C		
Fraction 0/20 mm	100,0%	Fraction 0/5 mm	99,9%

Teneur en eau W (%)	Masse volumique ρ_d (t/m ³)
11,1	1,63
14,1	1,63
21,3	1,52
25,6	1,41



— $S_r = 100\%$, $r_d = 2.70 \text{ t/m}^3$
 — $S_r = 80\%$, $r_d = 2.70 \text{ t/m}^3$

Coordonnées de l'Optimum Proctor Naturel

Masse volumique O.P.N. $\rho_{d_{OPN}}$ (t/m ³)	1,63	Teneur en eau O.P.N. W_{OPN} (%)	12,6
---	-------------	------------------------------------	-------------

Intervalle de tolérance pour obtenir au moins 95 % de l'O.P.N.

Masse volumique ρ_d (t/m ³)	1,55	Teneur en eau W (%)	$5,7 \leq W \leq 19,8$
--	------	---------------------	------------------------

Date de réalisation : 14/12/2020

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



ANNEXE 4

Conditions d'utilisation des matériaux du site en remblais

LEGENDES

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E Extraction	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Extraction en couches (0,1 à 0,3m) Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
G Action sur la granularité	0 1 2 3	Pas de condition particulière à recommander Elimination des éléments > 800mm Elimination des éléments > 250 mm pour traitement Fragmentation complémentaire après extraction
W Action sur la teneur en eau	0 1 2 3 4	Pas de condition particulière à recommander Réduction de la teneur en eau par aération Essorage par mise en dépôt provisoire Arrosage pour maintien de l'état Humidification pour changer d'état
T Traitement	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Traitement avec un réactif ou un additif adaptés Traitement à la chaux seule
R Régilage	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Couches minces (20 à 30 cm) Couches moyennes (30 à 50 cm)
C Compactage	1 2 3	Compactage intense Compactage moyen Compactage faible
H Hauteur des remblais	0 1 2	Pas de condition particulière à recommander Remblai de hauteur faible (\leq 5m) Remblai de hauteur moyenne (\leq 10m)

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

B₄ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
B_{4m}	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique	++	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	
				Solution 2 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0	0	3	0	0	2	0	
B_{4s}	Pour ces sols, il faudra compenser l'effet néfaste de la faible teneur en eau par un compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer d'état est 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	1	0	0	0	1	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 W : humidification pour changer de l'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	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	
B_{4ts}	Sols normalement inutilisables en l'état Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener à l'état "s" ou "m"				NON							

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

B₄ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
B₄th	Sols normalement inutilisables en l'état			NON	
	Ces sols ont une très mauvaise portance. Une mise en dépôt provisoire, ou un drainage préalable pendant une période suffisante (plusieurs semaines) peuvent permettre de les reclasser en B ₄ h				
B₄h	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique. Ils sont sujets au "matelassage", ce qui est à éviter au niveau des arases de terrassement. Le drainage préalable (plusieurs semaines) peut être efficace et permettre de reclasser certains d'entre-eux en B ₄ m	+	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 moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 3 2
		-	évaporation importante	Solution 1 : aération 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
				Solution 2 : traitement T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0 0 0 1 0 2 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

C₁A₂ et C₁A₃ et C₁B₆ (états m, s et ts) - C₁B₁, et C₁B₃ - C₁B₂ et C₁B₄ (état th)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
C ₁ A ₂ m C ₁ A ₃ m C ₁ B ₆ m	Ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte	++	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	0	2	2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	0	2	0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense	0	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 ₁ A ₂ s C ₁ A ₃ s C ₁ B ₆ s	La faible teneur en eau de ces sols nécessite d'avoir recours à un compactage intense si l'on veut les réutiliser en l'état L'humidification pour changer l'état de ces sols est toujours une opération difficile : présence des blocs empêchant un malaxage intime du sol avec l'eau, argilosité importante imposant des délais d'imbibition longs (plusieurs heures à quelques jours) grandes quantités d'eau nécessaires	++	pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaires pour permettre leur utilisation	NON							
		+	pluie faible	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	0	1	1
				Solution 2 : extraction en couches E : extraction en couches 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 faible (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	0	1	1
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0	0	4	0	1	1	0	
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	3	0	0	1	1	
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	4	0	1	1	2	
		C ₁ A ₂ ts C ₁ A ₃ ts C ₁ B ₆ ts	Sols inutilisables en l'état L'humidification pour changer l'état de ces sols est en général trop difficile pour rester acceptable économiquement				NON					
C ₁ B ₁ C ₁ B ₃	Ces sols peuvent poser des problèmes de traficabilité si la granulométrie de la fraction < 50 mm est uniforme et si leur teneur en eau est faible L'arrosage peut améliorer la traficabilité	++ + = -	toutes situations météorologiques	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	2	0	
C ₁ B ₂ th C ₁ B ₄ th	Sols normalement inutilisables en l'état Une mise en dépôt ou un drainage préalable pendant une période suffisante peuvent permettre de les reclasser en C ₁ B ₂ h ou C ₁ B ₄ h				NON							

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₁B₂ et C₁B₄ (états h, m, s et ts) - C₁A₄ - C₂A₄

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
C₁B₂h C₁B₄h	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique Ils sont très sujets au matelassage mais ne posent pas de problème vis-à-vis de la stabilité des ouvrages car les pressions interstitielles se dissipent très rapidement	+	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 G : élimination des éléments > 250 mm T : traitement avec un réactif adapté C : compactage moyen	0	2	0	1	0	2	0	
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	0	3	2
		-	évaporation importante	E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen	1	0	1	0	1	2	0	
C₁B₂m C₁B₄m	Ces sols sont dans un état hydrique permettant une mise en oeuvre facile mais sont très sensibles à la situation météorologique	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		+	pluie faible	Solution 1 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage moyen	2	0	0	0	0	0	2	0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	0	2	2
		=	ni pluie, ni évaporation	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	0	2	0
		-	évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense	0	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	0	2	0
C₁B₂s C₁B₄s	La faible teneur en eau de ces sols nécessite d'avoir recours à un compactage intense si l'on veut les réutiliser en l'état L'humidification pour changer l'état de ces sols est relativement facile à réaliser car la quantité d'eau nécessaire n'est pas très importante et son introduction au sein du matériau assez rapide (moins d'une heure en général)	++	pluie forte	Situation ne permettant pas de maîtriser l'humidification des sols nécessaires pour permettre leur utilisation	NON							
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense	1	0	0	0	1	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	0	1	2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état C : compactage moyen	0	0	4	0	0	0	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 (≤ 10 m)	0	0	3	0	0	0	1	2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état C : compactage intense	0	0	4	0	0	0	1	0
C₁B₂ts C₁B₄ts	Sols normalement inutilisables en l'état mais leur humidification pour les ramener à l'état s voire m est envisageable			NON								
C₁A₄ C₂A₄	Sols normalement inutilisables en l'état Sols très difficiles à travailler et dont l'utilisation induit des risques importants sur la stabilité des ouvrages ; leur réutilisation nécessite une étude spécifique			NON								

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	
-		évaporation importante	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	
			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				

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

C₂A₂, C₂A₃ et C₂B₆ (états th, h, m, s et ts) - C₂B₁ et C₂B₃

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code								
				E	G	W	T	R	C	H		
C₂A₂th C₂A₃th C₂B₆th	Sols normalement inutilisables en l'état L'argilosité des sols de ces classes ne permet pas d'espérer sur le climat français de pouvoir les reclasser en l'état (h) par un drainage préalable ou une mise en dépôt provisoire			NON								
C₂A₂h C₂A₃h C₂B₆h	Le fort pourcentage de gros éléments anguleux présents dans ces sols leur procure en général une assez bonne stabilité qui permettra le plus souvent d'éviter de recourir au traitement à la chaux vive pour les mettre en œuvre Le compactage et/ou la circulation des engins de transport devra être interrompue dès l'apparition du matelassage	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes				NON				
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage faible H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				0 0 0 0 0 3 2				
		-	évaporation importante	W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen				0 0 1 0 2 2 0				
C₂A₂m C₂A₃m C₂B₆m	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 H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)				0 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				
			Solution 2 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen				0 0 3 0 0 2 0					
C₂A₂s C₂A₃s C₂B₆s	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 L'humidification dans la masse pour changer l'état de ces sols est toujours une opération délicate : présence des blocs empêchant le malaxage intense du sol avec l'eau, argilosité importante imposant des délais d'imbibition longs (quelques heures à quelques jours) grandes quantités d'eau nécessaires	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes				NON				
		+	pluie faible	E : extraction en couches C : compactage intense				1 0 0 0 1 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 W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage intense				0 0 4 0 2 1 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 W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage intense				0 0 4 0 2 1 0					
C₂A₂ts C₂A₃ts C₂B₆ts	Sols normalement inutilisables en l'état L'humidification pour changer l'état de ces sols est en général trop difficile pour rester acceptable économiquement			NON								
C₂B₁ C₂B₃	Le faible pourcentage de la fraction granulométrique inférieure à 80µm présente dans ces sols les rend insensibles aux variations de situation météorologique	++ + = -	toutes situations météorologiques	C : compactage moyen				0 0 0 0 0 2 0				

ANNEXE 5

Les 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 (th). Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purgé, 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 ₇ , 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 ₇ , 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 ₁₀ , R ₁₅ , R ₂₀ , R ₂₅ , R ₃₀ , R ₃₅ , R ₄₀ , R ₄₅ , R ₅₀ , R ₅₅ , R ₆₀ , R ₆₅ , R ₇₀ , R ₇₅ , R ₈₀ , R ₈₅ , R ₉₀ , R ₉₅ , R ₁₀₀ , ainsi que certains matériaux C ₇ , R ₈ , R ₁₀ et R ₁₅ . 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 6

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

LEGENDES

Rubrique	Code	Technique de préparation des matériaux
G Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination de la fraction 0/d sensible à l'eau
	2	Elimination de la fraction grossière empêchant un malaxage correct du sol
	3	Elimination de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme
	4	Elimination de la fraction 0/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant un réglage correct de la plate-forme
	5	Fragmentation de la fraction grossière pour l'obtention d'éléments fins
W Action sur la teneur en eau	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Arrosage pour maintien de l'état hydrique
	2	Humidification pour changer d'état hydrique
T Traitement	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Traitement avec un liant hydraulique
	2	Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux
	3	Traitement mixte : chaux + liant hydraulique
	4	Traitement à la chaux seule
	5	Traitement avec un liant hydraulique et éventuellement un correcteur granulométrique
	6	Traitement avec un correcteur granulométrique
S Protection superficielle	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Enduit de cure éventuellement gravillonné
	2	Enduit de cure gravillonné éventuellement clouté
	3	Couche de fin réglage

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

B₄₁

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	
B₄₁th		++ OU + OU = OU -	toutes conditions météo G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e = 0,8	e = 0,5	e = 0,4	e = 0,3	(3)	
					ou (2)	ou (2)	ou (2)	ou (2)		
B₄₁h	Les sols de cette classe contiennent une fraction fine en faible quantité mais cependant suffisante pour leur conférer une grande sensibilité à l'eau. Leur fraction grenue est résistante et ne risque donc pas de se broyer sous l'action du trafic. Pour utiliser ces sols en couche de forme deux solutions sont applicables: a) Eliminer par tout moyen ad hoc la fraction o/d responsable de la sensibilité à l'eau. Le matériau ainsi élaboré devient insensible à l'eau et peut être utilisé en toutes situations météo. Il est toutefois conseillé de répandre en surface une couche de fin réglage de 2 à 3 cm d'épaisseur d'un granulat frottant qui améliorera nettement la traficabilité. b) Traiter ces matériaux avec les liants hydrauliques en place (ou en centrale lorsqu'ils sont dans un état moyen ou sec).	++ OU +	pluie même forte G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e = 0,65 PF2	e = 0,4 PF2	e = 0,3 PF2	e = 0,2 PF2	(3)	
		= OU -	pas de pluie Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage Solution 2 : T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	1 0 0 3	(1)	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3		e = 0,35 PF3
B₄₁m		++ OU +	pluie même forte G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e = 0,8	e = 0,5	e = 0,4	e = 0,3	(3)	
					ou (2)	ou (2)	ou (2)	ou (2)		
= OU -	pas de pluie Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage Solution 2 : W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	1 0 0 3	e = 0,65 PF2	e = 0,4 PF2	e = 0,3 PF2	e = 0,2 PF2	(3)			
		0 1 1 1	(1)	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3		e = 0,35 PF3		
B₄₁s		++ OU +	pluie même forte G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e = 0,8	e = 0,5	e = 0,4	e = 0,3	(3)	
					ou (2)	ou (2)	ou (2)	ou (2)		
= OU -	pas de pluie Solution 1 : G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage Solution 2 : W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	1 0 0 3	e = 0,65 PF2	e = 0,4 PF2	e = 0,3 PF2	e = 0,2 PF2	(3)			
		0 2 1 1	(1)	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3		e = 0,35 PF3		
B₄₁ts		++ OU + = OU -	toutes conditions météo G : Elimination de la fraction o/d S : Mise en œuvre d'une couche de fin réglage	1 0 0 3	e = 0,8 ou (2) e = 0,65 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)	

- (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 de 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

B₄₂

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
B_{42h}	Les sols de cette classe contiennent une fraction fine en faible quantité mais cependant suffisante pour leur conférer une grande sensibilité à l'eau. Par ailleurs leur fraction grenue est trop friable pour envisager leur emploi après élimination de cette fraction fine. La seule solution est donc de les traiter avec un liant hydraulique. Ces sols se traitent en place (ou en centrale lorsqu'ils sont dans un état moyen ou sec).	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3	e = 0,35 PF3
		= OU -	pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 1 1					
B_{42m}		+	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 S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 1 1					
B_{42s}		+	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

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	
C ₁ B ₂₁ th C ₁ B ₄₁ th C ₁ B ₅₁ th C ₂ B ₂₁ th C ₂ B ₄₁ th C ₂ B ₅₁ th		++ + =	toutes situations météorologiques	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3					
		++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e = 0,8 ou (2) e = 0,65	e = 0,5 ou (2) e = 0,4	e = 0,4 ou (2) e = 0,3	e = 0,3 ou (2) e = 0,2	(3)
C ₁ B ₂₁ C ₁ B ₄₁ C ₁ B ₅₁ C ₂ B ₂₁ C ₂ B ₄₁ C ₂ B ₅₁ m et h	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. 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. 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.	= ou -	pas de pluie	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 S : Mise en place d'une couche de fin réglage Solution 2 : 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	4 0 0 3	PF2	PF2	PF2	PF2	
		++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e = 0,8 ou (2) e = 0,65	e = 0,5 ou (2) e = 0,4	e = 0,4 ou (2) e = 0,3	e = 0,3 ou (2) e = 0,2	(3)
C ₁ B ₂₁ s C ₁ B ₄₁ s C ₁ B ₅₁ s C ₂ B ₂₁ s C ₂ B ₄₁ s C ₂ B ₅₁ s		= ou -	pas de pluie	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 S : Mise en place d'une couche de fin réglage Solution 2 : G : Elimination de la fraction grossière empêchant le malaxage correct du sol avec le liant W : Humidification pour changer l'état hydrique du mélange sol + liant T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	4 0 0 3	PF2	PF2	PF2	PF2	
		++ ou +	pluie même forte	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e = 0,8 ou (2) e = 0,65	e = 0,5 ou (2) e = 0,4	e = 0,4 ou (2) e = 0,3	e = 0,3 ou (2) e = 0,2	(3)
C ₁ B ₂₁ ts C ₁ B ₄₁ ts C ₁ B ₅₁ ts C ₂ B ₂₁ ts C ₂ B ₄₁ ts C ₂ B ₅₁ ts		++ + =	toutes situations météorologiques	G : Elimination de la fraction o/d sensible à l'eau et de la fraction grossière empêchant le réglage correct de la plate-forme S : Mise en place d'une couche de fin réglage	4 0 0 3	e = 0,8 ou (2) e = 0,65	e = 0,5 ou (2) e = 0,4	e = 0,4 ou (2) e = 0,3	e = 0,3 ou (2) e = 0,2	(3)

(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
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 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3	e = 0,35 PF3
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					

(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 7

**Conditions d'utilisation des matériaux d'apports en
couche de forme**

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

B₃₁, B₃₂

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	
B₃₁	Ces sols insensibles à l'eau (*) et constitués par des granulats résistants peuvent être utilisés en couche de forme : - soit dans leur état naturel, - soit traités avec un liant hydraulique. Ils se traitent en place et en centrale (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	++ OU +	pluie même forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0	e = 0,75 ou (2) e = 0,6 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)		
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 Utilisation en l'état Solution 2 W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 0 0 0 0 1 1 1							
B₃₂	Ces sols insensibles à l'eau (*) sont constitués par des granulats friables qui sous l'action du trafic pourraient se transformer en éléments fins (fillers) sensibles à l'eau. Pour cette raison leur emploi en couche de forme impose de les traiter avec un liant hydraulique. Ces sols se traitent en place ou en centrale. (*) On considère ici les sols de la classe B ₃ dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)						
		= OU -	pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure éventuellement gravillonné	0 1 1 1		PF2	PF2	PF3	PF3		

- (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 de 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

D₂₁, D₂₂

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	
D ₂₁	Ces sols sont utilisables en couche de forme soit dans leur état naturel car la résistance des granulats est suffisamment élevée soit traités avec un liant hydraulique en place ou en centrale.	++ OU +	pluie même forte	Utilisation en l'état	0 0 0 0	e = 0,75 ou (2) e = 0,6 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)		
		= OU -	pas de pluie	Solution 1 : Utilisation en l'état Solution 2 : 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	0 1 1 1							
D ₂₂	Ces sols bien qu'insensibles à l'eau ne peuvent en général être utilisés en couche de forme dans leur état naturel en raison de la friabilité des granulats (risques de formation d'éléments fins sensibles à l'eau sous l'action du trafic). Il convient donc de les traiter en place ou en centrale avec un liant hydraulique.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant	NON	(1)						
		= OU -	pas de pluie	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	0 1 1 1		e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF2	e = 0,35 PF3	e = 0,35 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.

(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.

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.