



Maître d'Ouvrage

BATI AMENAGEMENT
24, Boulevard Vincent Gâche
44 200 NANTES

Maître d'Oeuvre

GEOUEST
26, Rue Jean-Yves Cousteau
BP 50 352
85 009 LA ROCHE-SUR-YON

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Projet de création d'un lotissement communal

*Lotissement "Les Terrasses du Chenal"
Rue Jeanne d'Arc
BREM-SUR-MER (85)*

*Rédaction : Pierre-Franc DUNIS
Relecture : Benjamin MAUREL*

*Réf. dossier : 5424
Novembre 2020*

Siège social

Z.I. du Petit Bourbon - B.P. 38
85170 Belleville-sur-vie
Tél. 02 51 24 40 28 - Fax 02 51 24 40 29
E-mail : igesol@orange.fr

S.A.R.L au capital de 10 000 €
Siret 490 004 900 00018

R.C.S. La Roche sur Yon 490 004 900
D.B. : CRCAM 14706 00131 - 902 643 77 000 - 70
APE 742 C
N° TVA Intracommunautaire : FR 82 490 004 900

Agence de Bretagne

11, place du Vieux Marché
56500 Locminé
Tél. 02 97 44 23 35 - Fax 02 97 44 25 30
E-mail : igesol@orange.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	6
3.1 - SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE AVEC TEST DE PERMEABILITE ET SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE AVEC OU SANS ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 1)	6
3.2 - TESTS DE PERMEABILITE – METHODE PORCHET A NIVEAU VARIABLE	7
3.3 - ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 2)	8
3.3.1 - Classification GTR de matériaux (normes NF P 94-050, NF P 94-512 – 4 et NF P 94-068)	8
4 - GEOTECHNIQUE	9
4.1 - MODELE GEOTECHNIQUE DE TERRAIN	9
5 - LES CONDITIONS DE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DE DEBLAIS EN REMBLAIS ET EN COUCHE DE FORME (d'après le fascicule « Réalisation des Remblais et Couche de Forme » du SETRA – LCPC)	11
5.1 - LE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 3)	11
5.2 - LE REEMPLOI DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 4 ET 5)	11
6 - LES VOIRIES (d'après le fascicule "catalogue des structures de chaussée")	12
6.1 - PRECONISATIONS GENERALES	12
6.2 - STRUCTURE DES VOIRIES	12
7 - TERRASSEMENTS	13
8 - PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES	14

Table des annexes

- Sondages à la pelle mécanique avec test de perméabilité ou essais de laboratoire
- Identification GTR de matériaux
- Conditions d'utilisation des matériaux en remblais
- Les différents cas possibles de PST
- Conditions d'utilisation des matériaux du site en couche de forme
- Conditions d'utilisation des matériaux d'apports 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 GEOUEST, Maître d'Oeuvre et pour le compte de BATI-AMENAGEMENT, Maître d'Ouvrage, nous avons réalisé une étude géotechnique et hydrogéologique sur le site du projet de création d'un lotissement, à BREM-SUR-MER (85).

→ Description du projet (cf. planche 2)

Sur le site étudié, le Maître d'Ouvrage souhaite créer un lotissement comprenant 14 lots de maison individuels, ainsi qu'un îlot composé de 2 logements aidés. Ces lots abriteront de futures habitations individuelles (projets actuellement non définis). Il est également prévu la réalisation de voiries légères desservant les lots du futur lotissement, ainsi qu'un ouvrage d'infiltration des eaux dans le sol en limite de propriété sud de la parcelle.

→ Objectifs de l'étude

Les principaux objectifs sont de :

- définir la nature et la structure géologique du sol et du sous-sol et ses contraintes hydrogéologiques (notamment coefficient de perméabilité), au droit de la surface projetée pour l'implantation du projet ;
- déterminer la faisabilité géotechnique du projet en abordant également la capacité du sous-sol à infiltrer les eaux pluviales ruisselant sur les surfaces imperméabilisées ;
- préciser les qualités physiques des différents faciès caractérisés (classification GTR, coefficient de perméabilité) ;
- aborder les modalités de terrassement et les conditions de réutilisation des matériaux du site en remblais et en couche de forme ;
- dimensionner les structures de chaussées en fonction du type et de l'intensité du trafic ;
- en cas d'avis favorable à l'infiltration d'eau dans le sol, proposer des dimensionnements d'ouvrages en fonction des données météorologiques et des surfaces potentiellement imperméabilisables ;

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

→ Investigations

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

- 2 sondages à la pelle mécanique dont 2 avec test de perméabilité (méthode Porchet à niveau constant) ;
- 4 sondages à la pelle mécanique dont 2 avec essais de laboratoires ;
- 2 séries d'essais en laboratoire (2 VBS, 2 teneurs en eau et 2 Granulométries).

→ Documents en notre possession :

Les documents qui nous ont été fournis pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

- plan de situation ;
- extrait de plan cadastral au 1/1000 ;
- plan de composition 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 GEOGRAPHIQUE

Le site étudié se localise sur la commune de BREM-SUR-MER (85), rue Jeanne d'Arc situé à environ 340 m au sud-est du centre-ville (Mairie prise comme repère – cf. planche 1)

La zone d'étude, d'une superficie totale d'environ 7045 m², correspond à la parcelle cadastrale n°287 – Section AI. Le terrain étudié était remanié au moment de notre intervention. Selon des images satellites anciennes, deux bâtiments démolis au moment de notre intervention se situait sur la parcelle. De plus, des arbres ont été dessouchés en partie sud du projet et le reste de la parcelle est en enrobé et empiérement (source : remonterletemps.ign.fr – images satellite 2000-2005 et 2006-2010). Il est limité :

- au sud, à l'ouest et à l'est, par des parcelles bâties ;
- au nord, par la rue Jeanne d'Arc.

D'après la carte IGN 1227 OT « LES SABLES D'OLONNE » et le plan topographique en notre possession, l'altitude de la zone d'étude, est comprise entre 25,30 et 18,71 m NGF. D'après notre relevé topographique, la pente orientée vers le sud, possède une intensité comprise entre 5 et 6%.

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

2.2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000 – feuille « LES SABLES D'OLONNE », le sous-sol de la zone étudiée est caractérisé par des microgranites de SAINT-MARTIN-DE-BREM (cf. planche 1).

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

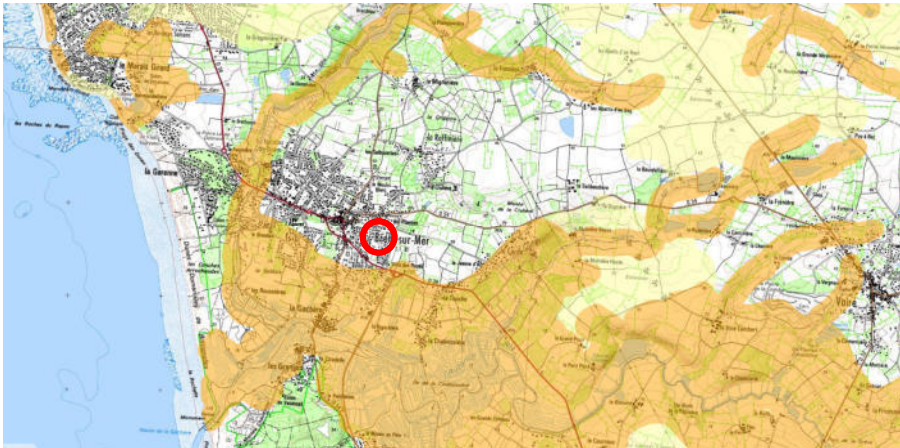
Du point de vue hydrologique, un plan d'eau se situe à 50 m au sud de la parcelle (cote fil d'eau : 15 m NGF). De plus un marais se situe à 900 m au sud-ouest du projet (cote fil d'eau : 1 m). De plus, l'Océan Atlantique se situe à 2,5 km à l'Ouest du projet.

Du point de vue hydrogéologique, le socle mis en évidence lors de nos investigations constitue un niveau aquifère dont la productivité est liée à son degré d'altération et de fissuration. De plus, la proximité de l'Océan Atlantique peut engendrer un phénomène de biseau salé, qui interagit avec les différents niveaux aquifères rencontrés sur site. De plus, les remblais en fonction de leur composition peuvent se retrouver saturés en eau en période humide au toit des faciès d'altération du socle peu perméable. Les différentes circulations d'eaux observés sont probablement à rattacher à la superposition des différents niveaux aquifères.

2.4 - EXPOSITION AUX RISQUES NATURELS

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

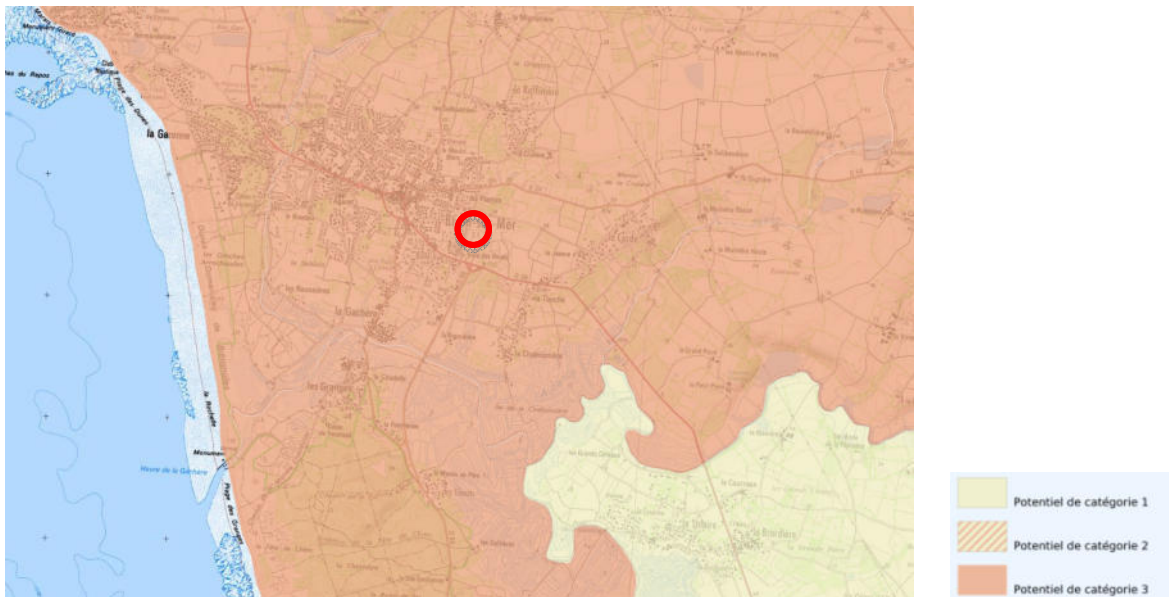
- **l'exposition au « retrait-gonflement » des argiles** : celui-ci est **moyenne** sur une échelle à 4 unités (à priori nul, faible, moyen et fort) ;



- **le risque de « remontée de nappe »** sur une échelle à 12 unités (dont 3 paliers avec 4 degrés de fiabilité chacun) : celui-ci représente **pas de débordements de nappes ni d'inondations de cave** (fiabilité moyenne).

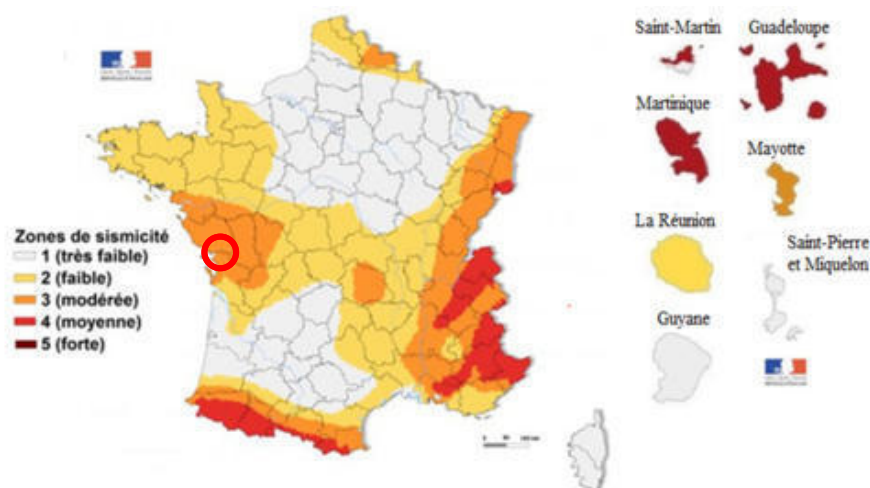


- **le potentiel radon:** celui-ci est de catégorie **fort (catégorie 3)** sur une échelle de 3 unités (faible, moyen, fort) ;



- **le risque « sismique » :**

Selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, le projet d'extension devra être réalisé selon les règles de construction parasismique (eurocode 8) applicables en **zone 3 (modérée)** du découpage administratif de la France métropolitaine. A cette zone de sismicité est rattachée une magnitude conventionnelle de 5,5.





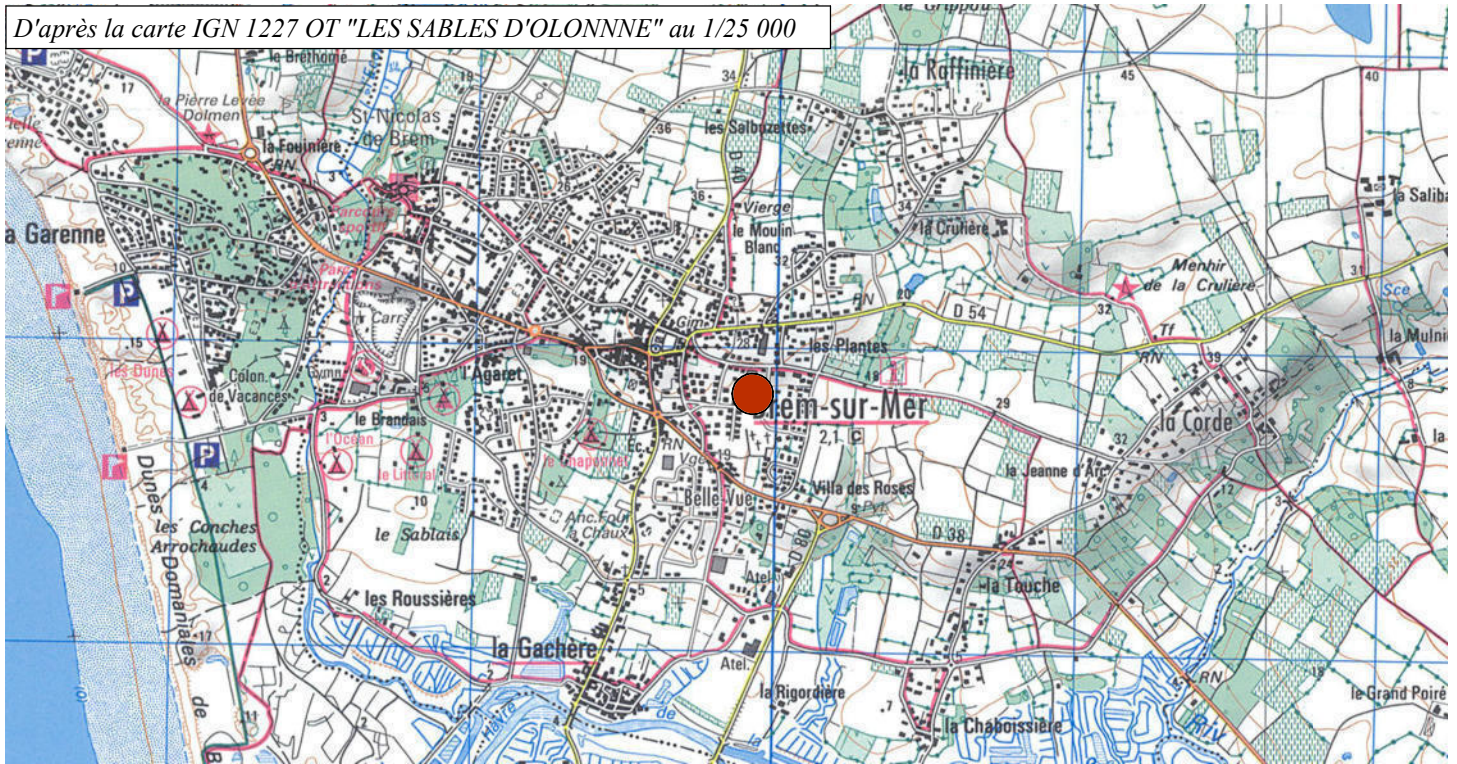
Projet de création d'un lotissement communal

Etude géotechnique

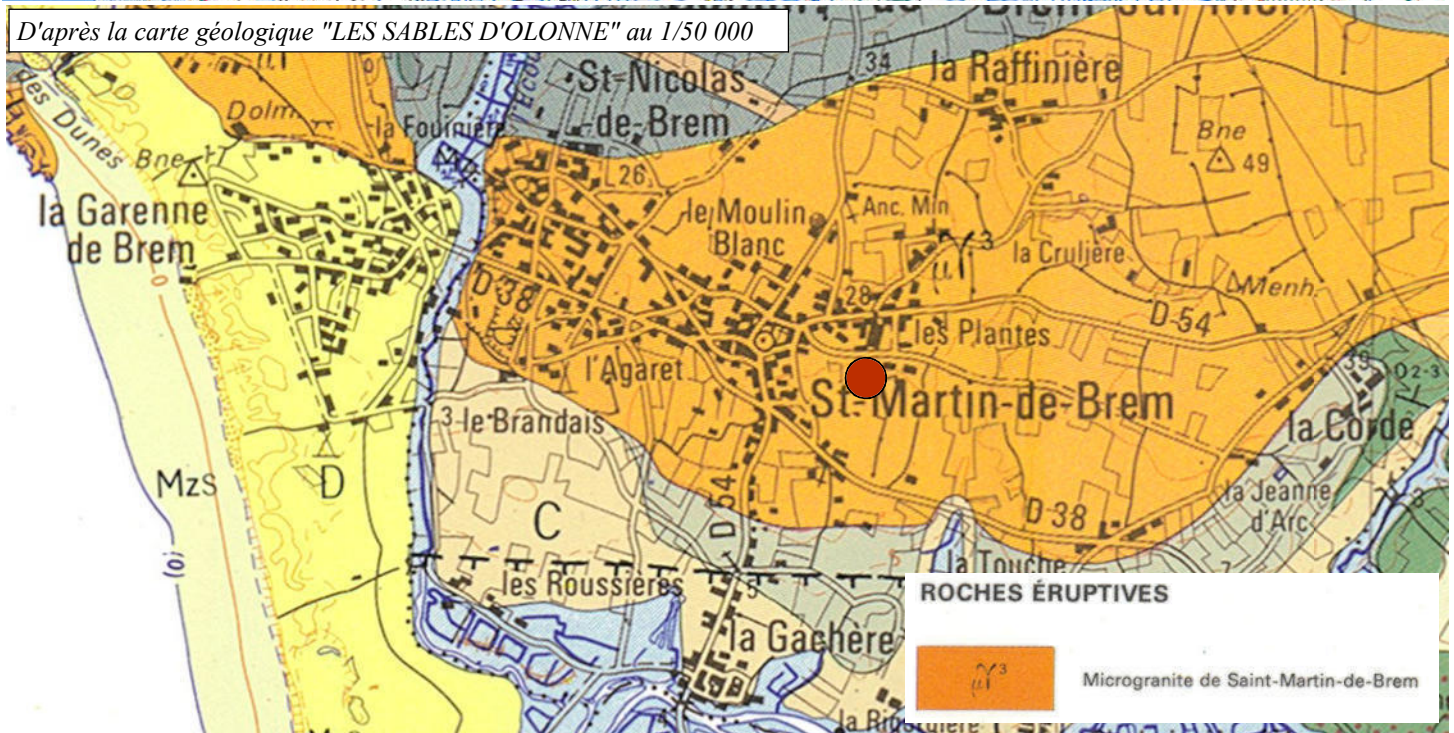
Localisation de la zone d'étude

**Echelle :
1 / 25 000**

D'après la carte IGN 1227 OT "LES SABLES D'OLONNE" au 1/25 000



D'après la carte géologique "LES SABLES D'OLONNE" au 1/50 000



LEGENDE :

 Localisation de la zone étudiée

3 - LES INVESTIGATIONS

3.1 - SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE AVEC TEST DE PERMEABILITE ET SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE AVEC OU SANS ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 1)

Afin de déterminer la nature et la structure du sous-sol et d'aborder le contexte hydrogéologique, le 09/11/2020, nous avons réalisé 6 sondages à la pelle mécanique (P1 à P4 et PM1 à PM2). Ces sondages ont été réalisés jusqu'aux profondeurs suivantes :

Sondages	Profondeur d'arrêt	Cote NGF d'arrêt	Type d'arrêt
P1	1,30 m	0,84 m	Arrêt volontaire
P2	1,50 m	17,89 m	Arrêt volontaire
P3	1,40 m	20,73 m	Refus
P4	0,40 m	23,90 m	Refus
PM1	1,65 m	17,06 m	Arrêt volontaire
PM2	1,40 m	17,40 m	Arrêt volontaire

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

Les résultats des sondages sont résumés dans le tableau ci-dessous :

→ Contexte géologique :

Faciès	Présent en	Lithologie	Profondeur au toit (m)	Cote NGF au toit (m)	Epaisseur (m)
Terre végétale	PM1, PM2	Sable limoneux			0,10
Remblais	Tous	Sable limoneux, à cailloutis rougeâtre, à limon, à blocs, plastiques, hydrocarbure, pièces de voiture	0,00 – 0,10	18,70 – 18,61	0,40 – 1,40
Arène granitique	Tous	Argile limoneuse	0,50 – 1,30	18,89 – 17,41	

→ Contexte hydrogéologique :

	Profondeur (m)	Cote NGF (m)
Niveaux d'eau	/	/
Circulations d'eau	Terre végétale fraîche, remblai et arène granitique frais à humide	
Parois des sondages	Stables	

Remarques :

- Les déblais des remblais seront considérés comme impropres à la réutilisation en remblai ou couche de forme.
- L'arène granitique peut être sensible aux variations de teneur en eau. Celles-ci peuvent engendrer des phénomènes de « retrait-gonflement » ou des variations plus ou moins brusques de la portance.

3.2 - TESTS DE PERMEABILITE – METHODE PORCHET A NIVEAU VARIABLE

Le 09/11/2020, nous avons réalisé 2 tests de perméabilité, au sein du faciès susceptible de constituer le fond des ouvrages d'infiltration, soit l'arène granitique et les remblais. La localisation de ces tests figure sur les planches 2. Les coupes des sondages (PM1 à PM2) réalisés préalablement à la réalisation de ces tests figurent en annexe 1.

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

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

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

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

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

Les valeurs obtenues sur le site étudié sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Sondage-Test	Essai	Lithologie	Profondeur (m)	K _{moy.} (mm/h)	K _{moy.} (m/s)
PM1	Arène granitique	Argile limoneuse	1,65	Venues d'eau trop importantes : perméabilité non mesurable	
PM2	Remblai	Limon, à blocs, plastiques, hydrocarbures, pièces de voiture	1,40		

Compte tenu de venues trop importantes, les valeurs de perméabilité au sein de l'arène granitique et du remblai n'ont pu être mesurées.

3.3 - ESSAIS DE LABORATOIRE (ANNEXE 2)

Considérant les caractéristiques du projet, nous avons effectué une série d'analyses de laboratoire sur un échantillon d'altération de calcaire (P3-1) pouvant être réutilisés en remblai ou en couche de forme, afin d'établir la classification GTR de ce matériau. Cet échantillon possède les caractéristiques suivantes :

Sondage / Echantillon	Profondeur du prélèvement (m/TN)	Caractérisation terrain
P1-1	0,90 – 1,30	<u>Arène granitique</u> : Argile limoneuse
P2-1	0,50 – 1,50	<u>Arène granitique</u> : Argile limoneuse

Ces analyses sont une mesure de la teneur en eau naturelle (norme NF P 94-050), une analyse granulométrique par tamisage (norme NF P 94-056) et une détermination de la valeur au bleu (norme NF P 94-068).

3.3.1 - Classification GTR de matériaux (normes NF P 94-050, NF P 94-512 – 4 et NF P 94-068)

Les fiches détaillées des analyses sont reportées en annexe 3. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Echantillon	Passant à 80 µm (%)	Passant à 2 mm (%)	D max (mm)	Valeur au bleu (VBS)	Classification GTR
P1-1	61,0	87,6	12	4,84	A ₂
P2-1	76,0	97,7	6	2,63	A ₂ limite A ₁

L'arène granitique argilo-limoneuse correspond à un **sol fin de classe A₂ limite A₁ ou A₂**. Le tamisat à 80 µm est supérieur à 35 %, le diamètre maximal des éléments est inférieur à 50 mm et la VBS est supérieur à 2,5. Les sols de classe A₁ changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court. En ce qui concerne les sols de classe A₂, le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassements (si la teneur en eau n'est pas trop élevée).

Lors de notre intervention (09 novembre 2020), la teneur en eau naturelle au sein de l'arène granitique était assez faible entre 17,1 et 18,2 %.

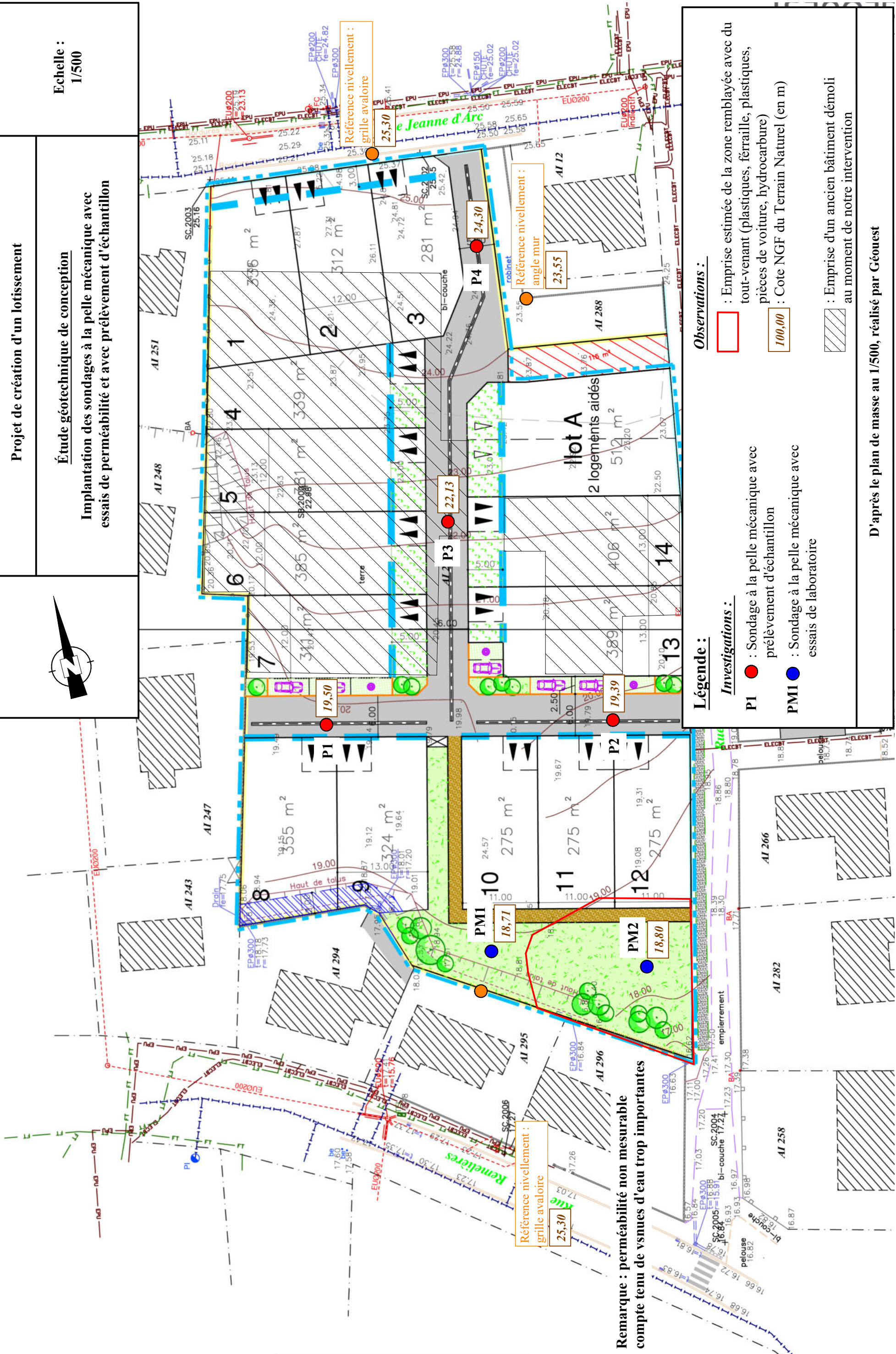
Projet de création d'un lotissement



Étude géotechnique de conception

Implantation des sondages à la pelle mécanique avec
essais de perméabilité et avec prélèvement d'échantillon

Echelle :
1/500



Remarque : perméabilité non mesurable
compte tenu de vsnues d'eau trop importantes

Légende :

Investigations :

- P1** ● : Sondage à la pelle mécanique avec
prélèvement d'échantillon
- PM1** ● : Sondage à la pelle mécanique avec
essais de laboratoire

Observations :

- : Emprise estimée de la zone remblayée avec du
tout-venant (plastiques, ferraille, plastiques,
pièces de voiture, hydrocarbure)
- 100,00** : Cote NGF du Terrain Naturel (en m)
- : Emprise d'un ancien bâtiment démol
au moment de notre intervention

D'après le plan de masse au 1/500, réalisé par Géouest

4 - GEOTECHNIQUE

4.1 - MODELE GEOTECHNIQUE DE TERRAIN

Géologie :

Faciès	Présent en	Lithologie	Profondeur au toit (m)	Cote NGF au toit (m)	Epaisseur (m)
Terre végétale	PM1, PM2	Sable limoneux			0,10
Remblais	Tous	Sable limoneux, à cailloutis rougeâtre, à limon, à blocs, plastiques, hydrocarbure, pièces de voiture	0,00 – 0,10	18,70 – 18,61	0,40 – 1,40
Arène granitique	Tous	Argile limoneuse	0,50 – 1,30	18,89 – 17,41	

Test de perméabilité :

Sondage-Test	Essai	Lithologie	Profondeur (m)	K _{moy.} (mm/h)	K _{moy.} (m/s)
PM1	Arène granitique	Argile limoneuse	1,65	Venues d'eau trop importantes : perméabilité non mesurable	
PM2	Remblai	Limon, à blocs, plastiques, hydrocarbures, pièces de voiture	1,40		

Essai de laboratoire :

Echantillon	Passant à 80 µm (%)	Passant à 2 mm (%)	D max (mm)	Valeur au bleu (VBS)	Classification GTR	Teneur en eau (W _n %)
P1-1	61,0	87,6	12	4,84	A ₂	17,1
P2-1	76,0	97,7	6	2,63	A ₂ limite A ₁	18,2

Hydrogéologie :

	Profondeur (m)	Cote NGF (m)
Niveaux d'eau	/	/
Circulations d'eau	Terre végétale fraîche, remblai et arène granitique frais à humide	
Parois des sondages	Stables	

Au vu des résultats de nos investigations, nous donnons un avis géotechnique favorable à la réalisation de du projet tel qu'il nous a été présenté. Les points développés ci-dessous permettront d'adapter les projets aux contraintes géologique, hydrogéologique et géotechnique mises en évidence par nos investigations.

Compte tenu de venues d'eau trop importantes (perméabilités non mesurables au sein des remblais et de l'arène granitique), nous émettons un avis hydrogéologique défavorable au traitement par infiltration dans le sol, des eaux pluviales ruisselant sur les surfaces imperméabilisées par le projet. La gestion des eaux pluviales s'orienterait donc vers un ouvrage avec débit de fuite.

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

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

Les matériaux déblayés seront principalement issus de l'arène granitique de classe A₂ (limite A₁ localement).

Les conditions de mise en œuvre évoquées concernent uniquement les matériaux analysés dans le cadre de cette étude géotechnique. Pour les faciès non analysés au cours de la présente étude (granite altéré), 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).

5.1 - LE RE-EMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAIS (ANNEXE 3)

Les modes de mise en œuvre en remblais de l'arène granitique (classe de matériaux A₂ ou limite A₁ localement) en fonction de leur état hydrique, sont présentés en annexe 3. A noter que les matériaux possédant un état hydrique ts ou th sont incompatibles avec une utilisation en l'état.

Remarques :

- ✓ *Lorsqu'aucune modalité de régilage n'est préconisée, l'épaisseur maximale des couches élémentaires est définie par l'épaisseur de compactage possible sur le matériau avec le compacteur utilisé. Cela suppose la réalisation de planches d'essai.*
- ✓ *Avant la mise en place de remblai, l'épaisseur de terre végétale et remblai 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 « pied dameurs/de mouton » est le plus adéquat pour le compactage des matériaux de classe A₁ ou limite A₂. Cependant, une vérification par la réalisation de planches d'essai est impérative.*
- ✓ *Le compactage des matériaux devra au moins respecter 95 % de l'OPN. La qualité du compactage sera validée par un géotechnicien par la réalisation d'essais à la plaque. On retiendra comme valeur de référence :*

$$EV2 \geq 50 \text{MPa et } EV2/EV1 < 2.$$

- ✓ *Il conviendra de prévoir une élimination ou un concassage des éléments grossiers pouvant empêcher la bonne réalisation de compactage.*

5.2 - LE REEMPLOI DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME (ANNEXES 4 ET 5)

Après décapage de la terre végétale et des remblais, la Partie Supérieure des Terrassements (PST) de masse correspondra à l'arène granitique, matériaux de classe A₂ ou limite A₁ localement, mais également au granite altéré (hypothèse d'un sol rocheux de classe R₆ selon ses résistances mécaniques). 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 4.

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

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

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

6.1 - PRECONISATIONS GENERALES

Les matériaux impropres (terre végétale, matériaux trop humides et matériaux trop riches en matières organique, matériaux « pollués » nécessitant un traitement...) seront décapés sur l'emprise des voiries.

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

La réalisation d'une couche de forme est ici impérative. Elle pourra être constituée avec les matériaux extraits sur le site (arène granitique) comme développé au paragraphe précédent. Dans l'éventualité où l'arase correspond au granite altéré, la réalisation d'une couche de forme peut ne pas être obligatoire. Cela devra être vérifié par la classification GTR de ce matériau.

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 5.

6.2 - STRUCTURE DES VOIRIES

Compte tenu de la nature du projet, nous considérerons une classe de trafic **TC₀** (route d'accès ou de desserte), et un taux de croissance nul.

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

- Structure n°1 (GB3/GB3) :
 - ✓ 6 cm de couche de roulement (BB) ;
 - ✓ 8 cm de GB classe 3.
- Structure n°2 (GNT B2) :
 - ✓ Enduit de surface ;
 - ✓ 11 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.

7 - TERRASSEMENTS

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

- Il est impératif de réaliser les terrassements de masse en période sèche (de nappe basse).
- La terre végétale, les remblais et l'arène granitique pourront se terrasser avec des engins classiques de terrassement. Une fois le toit du granite altéré atteint, une pelle mécanique puissante munie d'un godet rocher à dents de ripper deviendra nécessaire. L'utilisation du Brise Roche Hydraulique deviendra rapidement utile au sein de ce faciès. Les irrégularités des parois des fouilles pourront engendrer une surconsommation de gros béton en l'absence de coffrage des fouilles.
- 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 remblais et l'arène granitique. Cette pente pourra être abaissée à 1/1, une fois le granite 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).

8 - PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES

Dans le cadre du projet, nous prescrivons également les points ci-dessous :

- **La réalisation de sondages complémentaires par un bureau d'étude « Sites et sols pollués » en partie sud-est de la parcelle (autour de PM2) afin de délimiter plus précisément l'étendue de cette zone remblayée, mais aussi la nécessité ou non d'extraction des matériaux situés dans cette zone ;**
- la réalisation d'une étude G₂AVP à la parcelle, lorsque les projets d'habitations individuelles seront définis ;

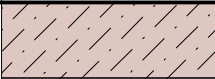
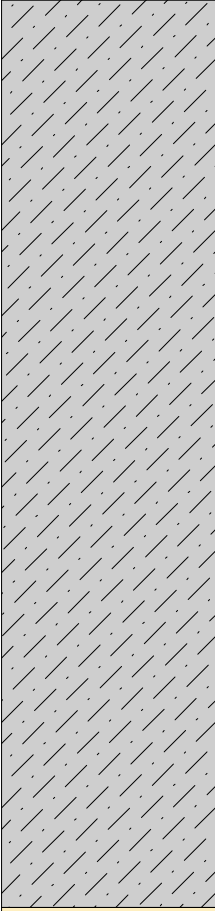
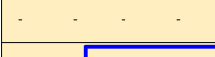
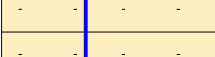
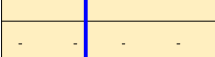
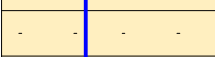
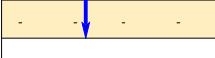

Rédigé par :
Pierre-Franc DUNIS

Vérifié par :
Benjamin MAUREL

ANNEXE 1

**Sondages à la pelle mécanique avec test de perméabilité et
sondages à la pelle mécanique avec ou sans essais de
laboratoire**

Sondage à la pelle mécanique PM1 Cote NGF : 18,71 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie
			0,10	18,61	Terre végétale : Sable limoneux, marron, frais
0,25					
0,50					
0,75					Remblai: Sable limoneux, à cailloutis rougeâtre, frais, très compact
1,00					
1,25			1,30	17,41	
					
					
1,50					Arène granitique : Argile limoneuse, grise, humide et à venue d'eau
					
					
			1,65	17,06	Arrêt volontaire
1,75					
2,00					

Test de perméabilité : $K = -4,36 \text{ mm/h} (-1,21 \cdot 10^{-6} \text{ m/s})$


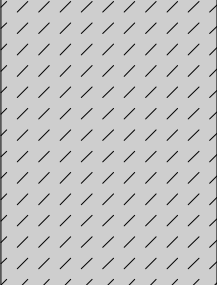
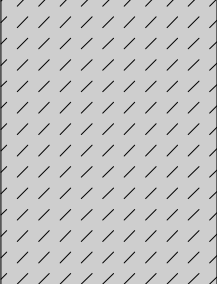
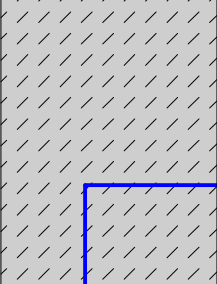
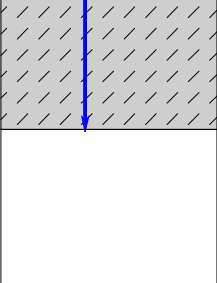
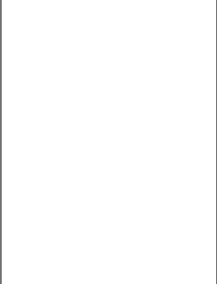

Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Terre végétale fraîche, arène granitique humide et à venue d'eau

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : /

Sondage à la tarière hélicoïdale PM2 Cote NGF : 18,80 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie
			0,10	18,70	Terre végétale : Sable limoneux, marron, frais
0,25					
0,50					
0,75					Remblai: Limon, marron, à blocs, plastiques, hydrocarbure, pièces de voiture
1,00					
1,25					
1,40			1,40	17,40	Arrêt volontaire
1,50					
1,75					
2,00					

Test de perméabilité : $K = -4,47 \text{ mm/h} (-1,24 \cdot 10^{-6} \text{ m/s})$

Parois des sondages : Stables
Circulation d'eau : Terre végétale fraîche
Niveau d'eau en fin d'investigations : /
Profondeur du refus : /

Sondage à la pelle mécanique : P1 Cote NGF : 19,50 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.	Ancrage
0,25							
0,50					Remblai : Limon rougeâtre, à cailloutis, à morceaux d'enrobé, très compact, frais		
0,75							
1,00			0,90	18,60	Arène granitique : Argile limoneuse, grise foncé, fraîche, très compact	P1-1	
1,25			1,30	0,84	Arrêt volontaire		
1,50							

Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Remblai et arène granitique fraîche

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteint

Sondage à la pelle mécanique : P2 Cote NGF : 19,39 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.	Ancrage
0,25		[Hatched pattern]					
0,50		[Dashed pattern]	0,50	18,89	Remblai : Limon rougeâtre, à cailloutis, à morceaux d'enrobé, très compact, frais		
0,75		[Dashed pattern]					
1,00		[Dashed pattern]			Arène granitique : Argile limoneuse, grise clair/beige soyeuse, fraîche et très compact,	P2-1	
1,25		[Dashed pattern]					
1,50		[Dashed pattern]	1,50	17,89	Arrêt volontaire		

Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Remblai et arène granitique fraîche

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : Non atteint

Sondage à la pelle mécanique : P3 Cote NGF : 22,13 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.	Ancrage
0,25							
0,50							
0,75					Remblai : Limon rougeâtre, à cailloutis, à morceaux d'enrobé, très compact, frais		
1,00							
1,25							
1,40			1,40	20,73	Refus sur granite altéré		
1,50							

Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Remblai frais

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -1,40 m/TN (cote NGF : 20,73 m)

Sondage à la pelle mécanique : P4 Cote NGF : 24,30 m

Prof. (en m)	Nappe	Log	Prof. (en m)	Cote NGF (en m)	Lithologie	Ech.	Ancrage
0,25		[Hatched pattern]			Remblai : Limon rougeâtre, à cailloutis, très compact, frais		
0,40			0,40	23,90	Refus sur granite altéré		
0,50							
0,75							
1,00							
1,25							
1,50							

Parois des sondages : Stables

Circulation d'eau : Remblai frais

Niveau d'eau en fin d'investigations : /

Profondeur du refus : -0,40 m/TN (cote NGF : 23,90 m)

ANNEXE 2

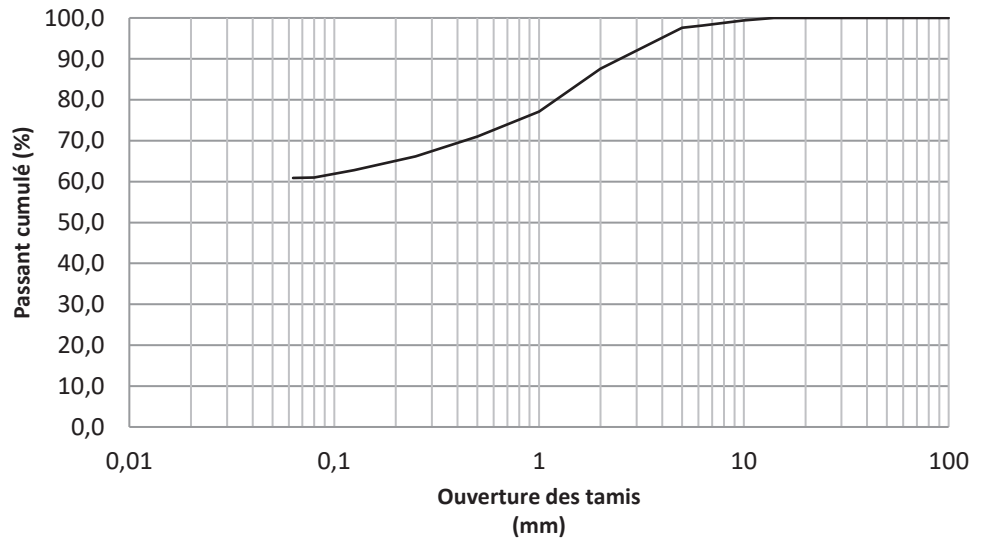
Analyses de laboratoire

Projet	BATI - AMENAGEMENT Lot. Les terrasses du chenal _ BREM SUR MER (85)	Référence	5424
N° d'échantillon	P1-1	Profondeur (m)	0,90-1,30
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	09/11/2020

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

Dmax (mm)	12	Température étuvage	105 °C
-----------	----	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	100,0
14	100,0
10	99,4
6,3	98,2
5	97,6
2	87,6
1	77,1
0,5	71,0
0,25	66,1
0,125	62,8
0,08	61,0
0,063	60,9



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

m _h (g)	1733,6	m _s (g)	1598,9	Wn (%)	18,2
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	------

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

VBS	4,84
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

A ₂

Date de réalisation : 30/11/2020

Essais réalisés par : SB

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

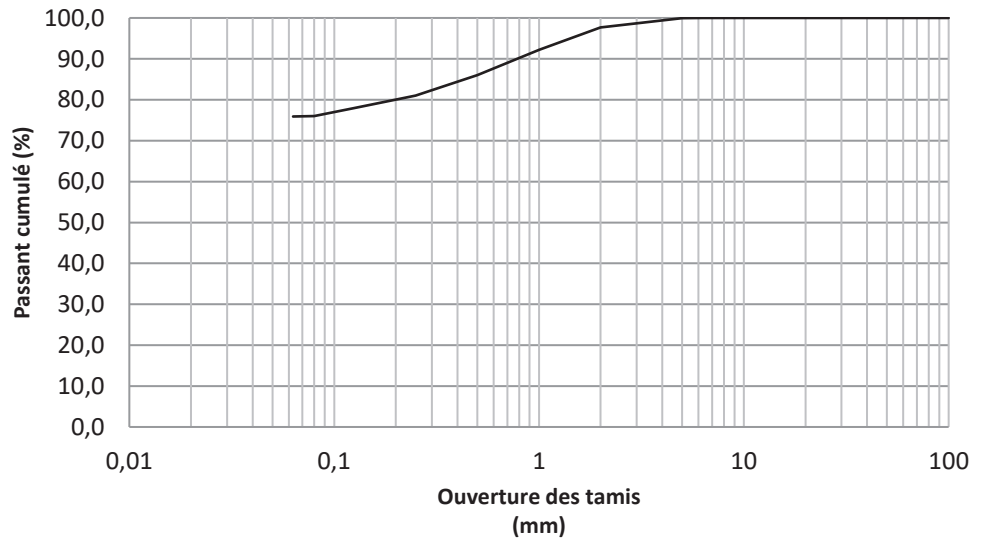
Classification GTR de matériaux

Projet	BATI - AMENAGEMENT Lot. Les terrasses du chenal _ BREM SUR MER (85)	Référence	5424
N° d'échantillon	P2-1	Profondeur (m)	0,50-1,50
Mode de prélèvement	Pelle mécanique	Date de prélèvement	09/11/2020

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

Dmax (mm)	6	Température étuvage	105 °C
-----------	---	---------------------	--------

Ouverture tamis (mm)	Passant cumulé (%)
100	100,0
63	100,0
50	100,0
31,5	100,0
20	100,0
14	100,0
10	100,0
6,3	100,0
5	100,0
2	97,7
1	92,2
0,5	86,0
0,25	81,0
0,125	77,9
0,08	76,0
0,063	75,9



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

m _h (g)	1767,6	m _s (g)	1633,1	Wn (%)	17,1
--------------------	--------	--------------------	--------	--------	------

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

VBS	2,63
-----	------

Classification GTR (NF P 11-300)

A ₂ limite A ₁

Date de réalisation : 30/11/2020

Essais réalisés par : SB

Observations :

Résultats vérifiés par le directeur
Samy BOUSSEFFA



ANNEXE 3

**Condition de réemploi des matériaux de déblais
en remblais**

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMLAI

A₁ (états th, h, m)

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

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMLAI

A₁ (états s et ts), A₂ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
A₁s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	0	0	1	2	2	
		=	ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : régalaage en couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2	
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0	0	3	0	0	1	1	
				Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	3	0	0	1	2	
Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0			0	4	0	1	1	2			
A₁ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON							
A₂th	Sols normalement inutilisables en l'état				NON							
A₂h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage faible	0	0	0	2	0	2	0	
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	3	1	
		-	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 à la chaux C : compactage moyen	0			0	0	2	0	2	0			

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REBLAI

A₂ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H	
A_{2m}	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	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 superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0		
A_{2s}	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'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 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
				Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
		A_{2ts}	Sols normalement inutilisables en l'état		

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMLAI

A₃, A₄

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code							
				E	G	W	T	R	C	H	
A₃th	Sols normalement inutilisables en l'état			NON							
A₃h	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison : - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible La mise en dépôt provisoire n'est pas une solution dans le climat français moyen. Le drainage préalable ne permet pas de réduire utilement la teneur en eau W.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes							
		+	pluie faible	C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen							
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)							
		-	évaporation importante	Solution 1 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen							
			Solution 2 : 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)								
A₃m	La plasticité de ces sols entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés, même dans les meilleures conditions (w, météo) de mise en œuvre	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes							
		+	pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)							
				Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)							
					Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)						
A₃s	Comme ci-dessus, la plasticité de ces sols, entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés. La forte cohésion de ces sols exige un fractionnement et un compactage énergique en couches minces. La portance élevée ne doit pas faire illusion vis-à-vis des tassements ultérieurs possibles. Le changement d'état pour humidification dans la masse ne constitue pas une modalité réaliste	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes							
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)							
				E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)							
		-	évaporation importante	E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)							
A₃ts	Sols normalement inutilisables en l'état			NON							
A₄	Sols à la fois très difficiles à travailler et dont l'utilisation comporterait de grands risques de retrait gonflement et de stabilité	L'emploi de ces sols en remblai ne peut être envisagé qu'à l'appui d'une étude spécifique ayant défini les conditions d'état et de compactage à leur appliquer		NON							

ANNEXE 4
Types 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		<p>Sols A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁ se trouvant dans un état hydrique (th).</p> <p>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.</p>	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		<p>Sols Matériaux des classes A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁, R₁₂, R₁₃, R₃₄ et certains matériaux C₂, R₄₃ et R₆₃ dans un état hydrique (h).</p> <p>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).</p>	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		<p>Sols Matériaux des classes A, B₂, B₄, B₅, B₆, C₁, R₁₂, R₁₃, R₃₄ et certains matériaux C₂, R₄₃ et R₆₃ dans un état hydrique (m).</p> <p>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).</p>	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		<p>Sols Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2.</p> <p>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).</p>	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		<p>Sols Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement.</p> <p>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.</p>	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		<p>Sols B₁ et D₁ et certains matériaux rocheux de la classe R₄₃.</p> <p>Contexte PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.</p>	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		<p>Sols Matériaux des classes D₃, R₁₁, R₂₁, R₂₂, R₃₂, R₃₃, R₄₁, R₄₂, R₆₂ ainsi que certains matériaux C₂, R₂₃, R₄₃ et R₆₃.</p> <p>Contexte PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.</p>	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

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

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

ANNEXE 5

**Condition de réemploi des matériaux de déblais
en couche de forme**

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

A₁, A₂

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	
A₁h	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter avec des liants hydrauliques associés éventuellement à de la chaux. La maîtrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau. Ces sols se traitent généralement en place.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON	(1)	e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35		
		= ou -	pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2							
A₁m		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	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 gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2							
A₁s		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	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 gravillonné éventuellement clouté	0 2 1 2							
A₂h	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lorsqu'ils sont trop humides. Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adaptée au cas de chantier considéré. Ces sols se traitent presque toujours en place pour la phase de prétraitement à la chaux et éventuellement en centrale pour la phase traitement au ciment.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON							
		=	ni pluie ni évaporation	T : Traitement mixte : chaux + liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 3 2							
		-	évaporation importante	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 0 2 2							
A₂m		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	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 gravillonné éventuellement clouté	0 1 2 2							
A₂s		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).	NON							
	= ou -	pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 2 2 2								

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

ANNEXE

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

Objet et nature des prestations

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

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

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

Responsabilité et assurances

→ Assurance décennale

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

→ Responsabilités autres que la responsabilité décennale

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

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

Recommandations

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

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

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

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

ANNEXE

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

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

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

ETAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Etude de site (G1 ES)

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

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

Principes Généraux de Construction (G1 PGC)

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

- définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats,
- fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants). Elle permet de compléter le modèle géologique et de définir le contexte géotechnique, et de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs en cas de survenance.

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

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (G2 AVP)

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

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

Phase Projet (G2 PRO)

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

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

Phase DCE / ACT (G2 DCE / ACT)

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

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

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)

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

Phase Etude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

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