



Installation d'infrastructures sportives

Stade de Feneu, rue du Bois au Juge
à FENEU (49)

Rapport d'étude ONA2.MG.0087 Version A

étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Le 18/05/2022



Agence d'Angers

ZA de la Garde

Allée du 9 novembre 1989

49240 AVRILLE

Téléphone +33 (0)2 41 34 58 60

cebtp.angers@groupeginger.com



*Mairie de Feneu
Place de la Mairie
49460 FENEU*



INSTALLATION D'INFRASTRUCTURES SPORTIVES

Stade de Feneu, rue du Bois au Juge à FENEU (49)

RAPPORT - étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Dossier : ONA2.MG.0087

Contrat : ONA2.M.0173 Version A

Version	Date	Rédigé par	Visa	Véifié par	Visa	Contenu	Observations
A	18/05/22	Camille CORTES		Sylvain BARBERY		25 pages 4 annexes	-

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

Sommaire

1. Plans de situation	4
1.1. Extrait de carte IGN	4
1.2. Image aérienne	4
2. Contexte de l'étude	5
2.1. Données générales.....	5
2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs.....	5
2.1.2. Documents communiqués	5
2.1.3. Documents de référence	5
2.2. Description du site	5
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	5
2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique	6
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet.....	9
2.3.1. Description de l'ouvrage	9
2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations.....	11
2.3.3. Terrassements prévus.....	11
2.4. Mission Ginger CEBTP.....	11
3. Investigations géotechniques.....	12
3.1. Préambule.....	12
3.2. Implantation	12
3.3. Sondages, essais et mesures in situ	12
3.4. Essais en laboratoire	13
4. Synthèse des investigations.....	14
4.1. Première approche d'un modèle géologique	14
4.1.1. Lithologies et caractéristiques mécaniques	14
4.1.2. Caractéristiques géomécaniques	15
4.1.3. Caractéristiques physiques des sols	15
4.2. Première approche de modèle hydrogéologique	15
4.2.1. Contexte hydrogéologique.....	15
4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau	16
4.2.3. Inondabilité	16
4.3. Risque sismique.....	16
4.3.1. Données parasismiques réglementaires.....	16
4.3.2. Liquéfaction	16

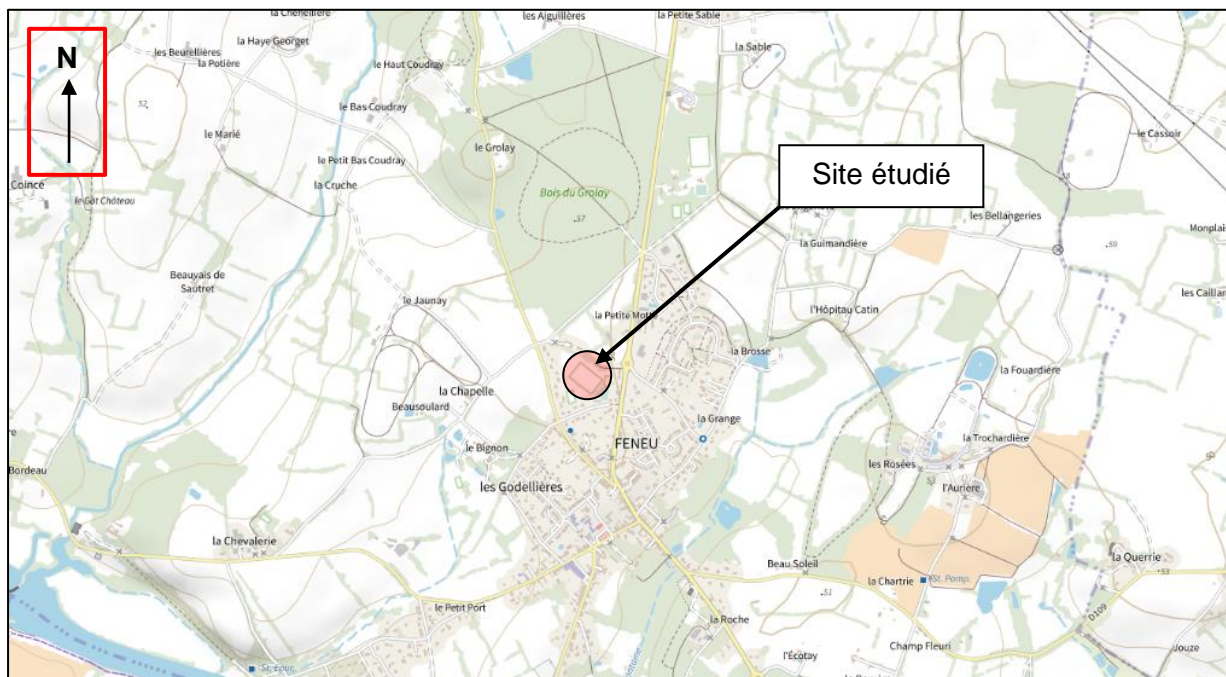
5. Principes généraux de construction	17
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	17
5.2. Adaptations générales	18
5.2.1. Remarques préalables.....	18
5.2.2. Mise à nu du terrain.....	18
5.2.3. Réalisation des terrassements	18
5.3. Fondation des infrastructures sportives	19
5.3.1. Type de fondation et conditions d'ancrage	19
5.3.2. Fondations superficielles par semelles filantes ou isolées.....	19
5.4. Protection vis-à-vis du retrait / gonflement	23
5.5. Plateforme de la piste	23
5.5.1. Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase.....	23
5.5.2. Couche de forme	24
6. Observations majeures	25

Annexes

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES
ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU
ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : site Géoportail

1.2. Image aérienne



Source : site Géoportail

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Identification du projet et des principaux interlocuteurs

Nom de l'opération :	Installation d'infrastructures sportives
Localisation :	Stade de Feneu, rue du Bois au Juge
Commune :	FENEU (49)
Demandeur de la mission et client :	Mairie de Feneu

2.1.2. Documents communiqués

Document	Echelle	Origine	Format
Plan de situation	variées	Mairie de Feneu	fichier PDF
Schémas et coupes du projet	1/150		

2.1.3. Documents de référence

Les documents réglementaires utilisés sont les suivants :

- Eurocode 7 Partie 1 – « Calcul géotechnique – Règles générales » ;
- NF P 94-261 + NF P 94-261/A1 – « Calcul géotechnique – Fondations superficielles ».

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site d'étude est localisé stade de Feneu, rue du bois au juge (parcelle cadastrale n°37 section AB) sur la commune de FENEU (49). La superficie du site concerné par les investigations est d'environ 600 m².

Le site concerné par les investigations est relativement plat et horizontal. Son altitude est d'environ 53.0 m NGF d'après la carte IGN.

Lors de notre intervention, le terrain correspondait à un terrain de foot enherbé.



Photographies prises lors de notre implantation (avril 2022) – Source : Ginger CEBTP

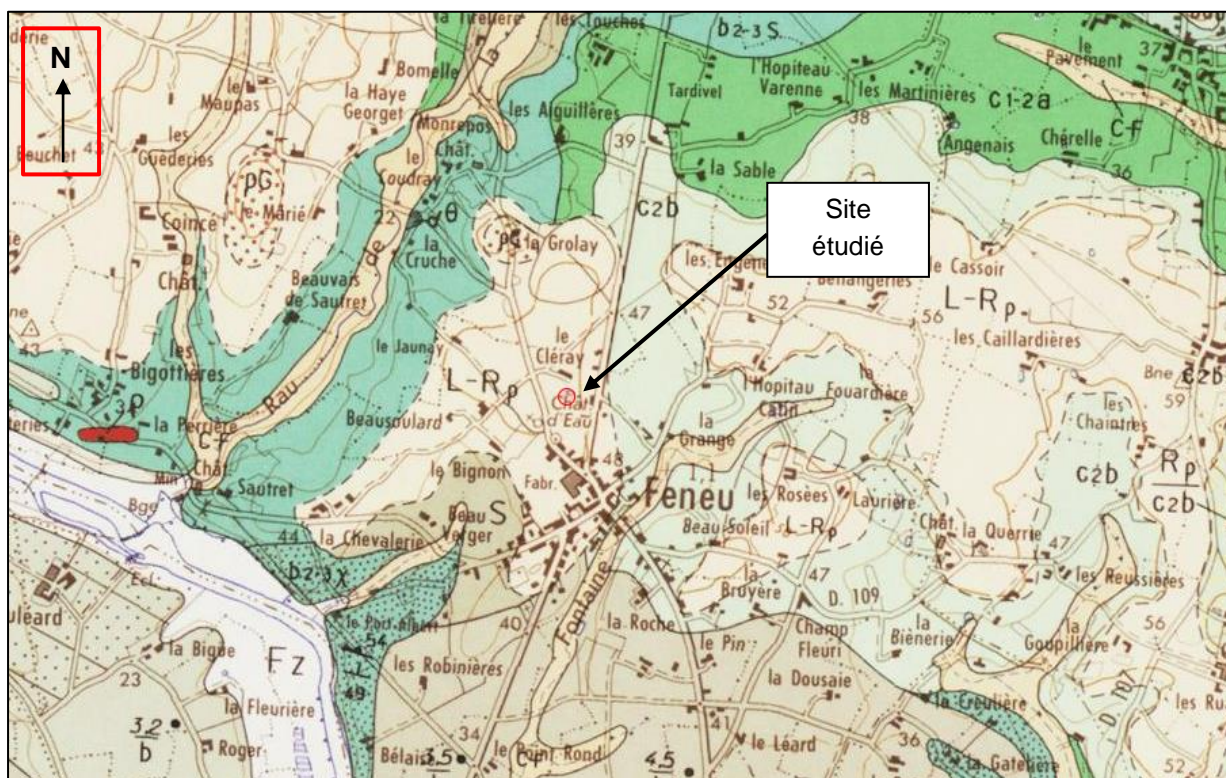
L'emprise de l'ouvrage projeté est libre de toute mitoyenneté.

2.2.2. Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

2.2.2.1. Géologie prévisionnelle

D'après la carte géologique du LION D'ANGERS au 1/50 000 et les études géotechniques réalisées à proximité, les terrains du secteur devraient être constitués de haut en bas par :

- de possibles remblais d'aménagements généraux et/ou des formations de couverture,
- des limons de plateau et des sols remaniés sablo-graveleux,
- des sables argileux issu de la solifluxion.



Extrait de la carte géologique du LION D'ANGERS au 1/50 000 - Source : site InfoTerre

2.2.2.2. Contexte hydrogéologique

D'après notre expérience locale et la carte géologique, les formations sablo-limoneuses et marneuse sont réputées être le siège d'un aquifère.

Par ailleurs des circulations anarchiques et/ou ponctuelles ne sont pas exclues au sein des horizons remblayés.

2.2.2.3. Risques naturels et sismicité

Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.georisques.gouv.fr, www.sigesbre.brgm.fr) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Risques naturels	Sensibilité
Inondations/débordement de cours d'eau	Hors zone inondable
Remontées de nappe	Zone non sujette aux remontées de nappes avec une fiabilité faible*
Argiles (retrait/gonflement)	Aléa fort *
Cavités naturelles ou anthropiques	Pas de présence de cavités connues à proximité du projet (rayon de 500 m autour du projet)
Mouvements de terrains	Pas de présence de mouvements de terrains connus à proximité du projet (rayon de 500 m autour du projet)
Radon	Potentiel de catégorie 1 (faible)
Séismes	Zone 2 (aléa faible)

* cf. illustrations ci-après

➤ Arrêtés :

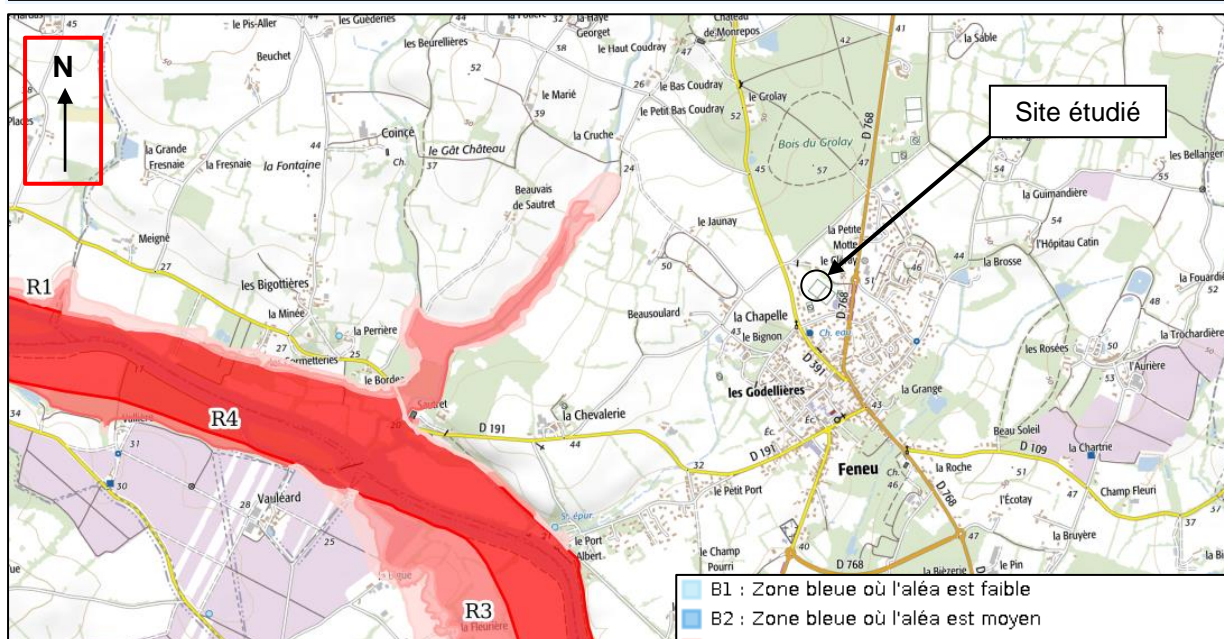
D'après les informations du site *Géorisques*, la commune de FENEU (49) est :

- soumise à un programme d'actions de prévention des inondations (PAPI) :

Nom du PAPI	Aléa	Date de labellisation	Date de signature	Date de fin de réalisation
49DREAL20200001 - Basses vallées angevine-complet	Inondation - Par ruissellement et coulée de boue, Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d'eau	06/07/2020	01/12/2020	

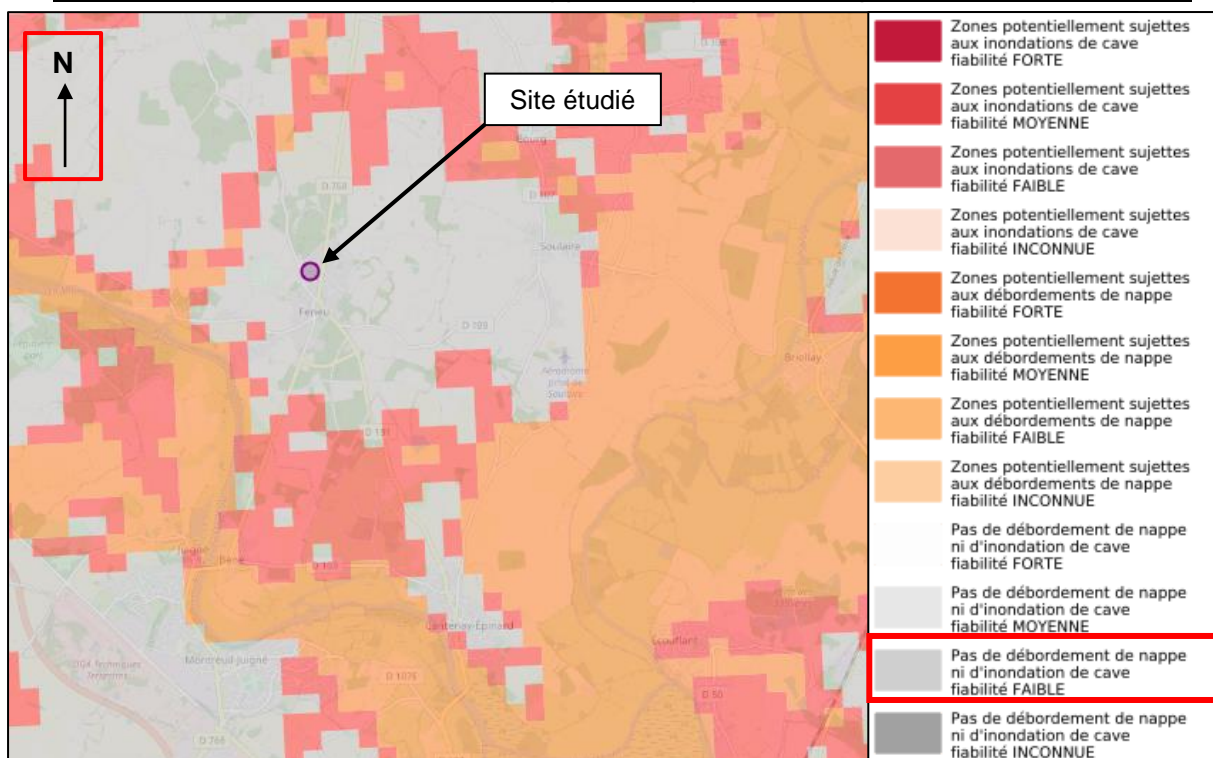
- soumise à un plan de prévention des risques naturels – inondation (PPRi) :

PPRN	Aléa	Prescrit le	Approuvé le
49DDT20050002 - PPRi-Oudon Mayenne	Par une crue à débordement lent de cours d'eau	09/01/2001	06/06/2005



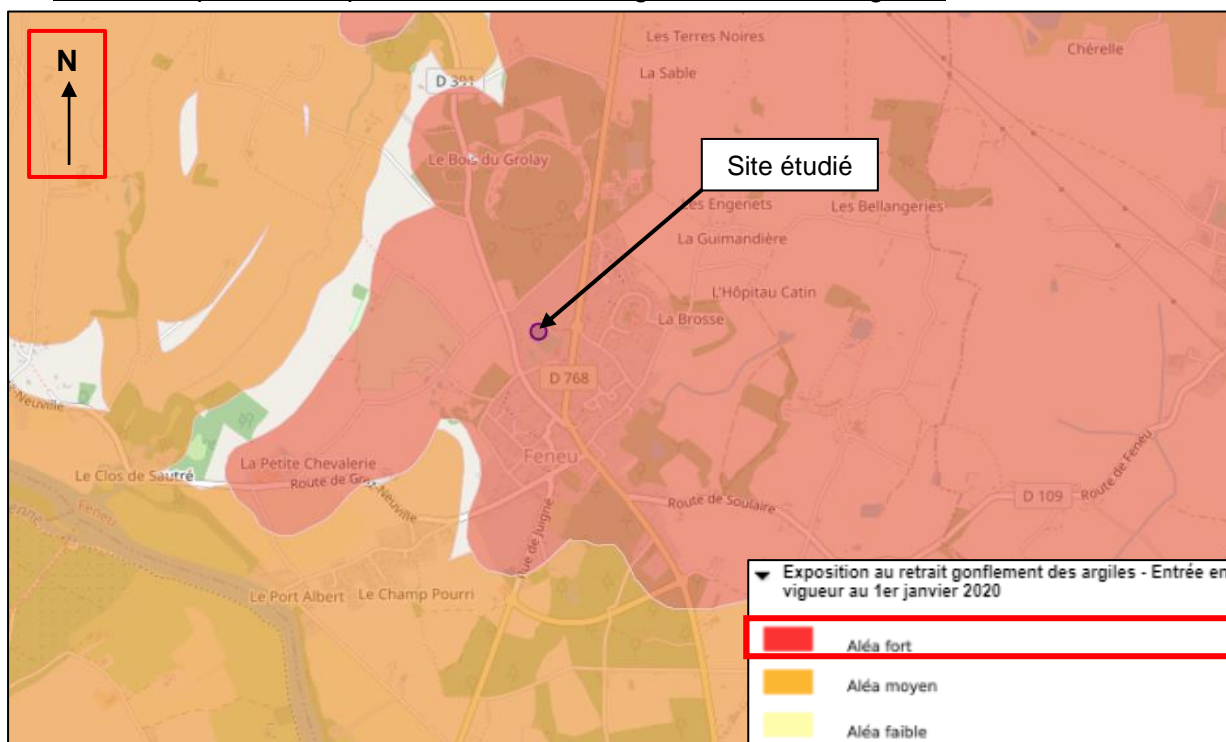
Source : préfecture du Maine et Loire

➤ Zones sensibles aux remontées de nappes avec prise en compte du niveau de fiabilité :



Source : site Géorisques

➤ Zones d'exposition au phénomène de retrait/gonflement des argiles :



Source : site Géorisques

➤ Radon :

Le radon est un gaz radioactif, inodore, incolore et inerte chimiquement, présent naturellement dans la croûte terrestre dont l'activité radiologique est mesurée en becquerels par mètre cube (Bq/m³).

Le code de la santé publique et de l'environnement intègre désormais le radon en tant que risque naturel dans l'information préventive du public et des travailleurs. Pour certains ouvrages, des dispositions doivent être prises à toutes les phases de la vie d'un ouvrage si la commune est concernée par le risque radon (bâtiment existant, réhabilitation, vente).

Le potentiel radon à l'échelle communale est défini par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (www.irs.fr). Le terrain situé dans la commune de FENEU (49) présente un potentiel radon de catégorie 1, « faible ».

L'étude des dispositions techniques à prendre vis-à-vis du risque radon ne fait pas partie de notre mission et sont à prendre en compte par les concepteurs du projet.

➤ Sismicité :

Selon le zonage sismique de la France en vigueur (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 et l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010), la commune de FENEU (49) est classée en zone de sismicité 2 (aléa faible). Nous rappelons que dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance III ou IV, l'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

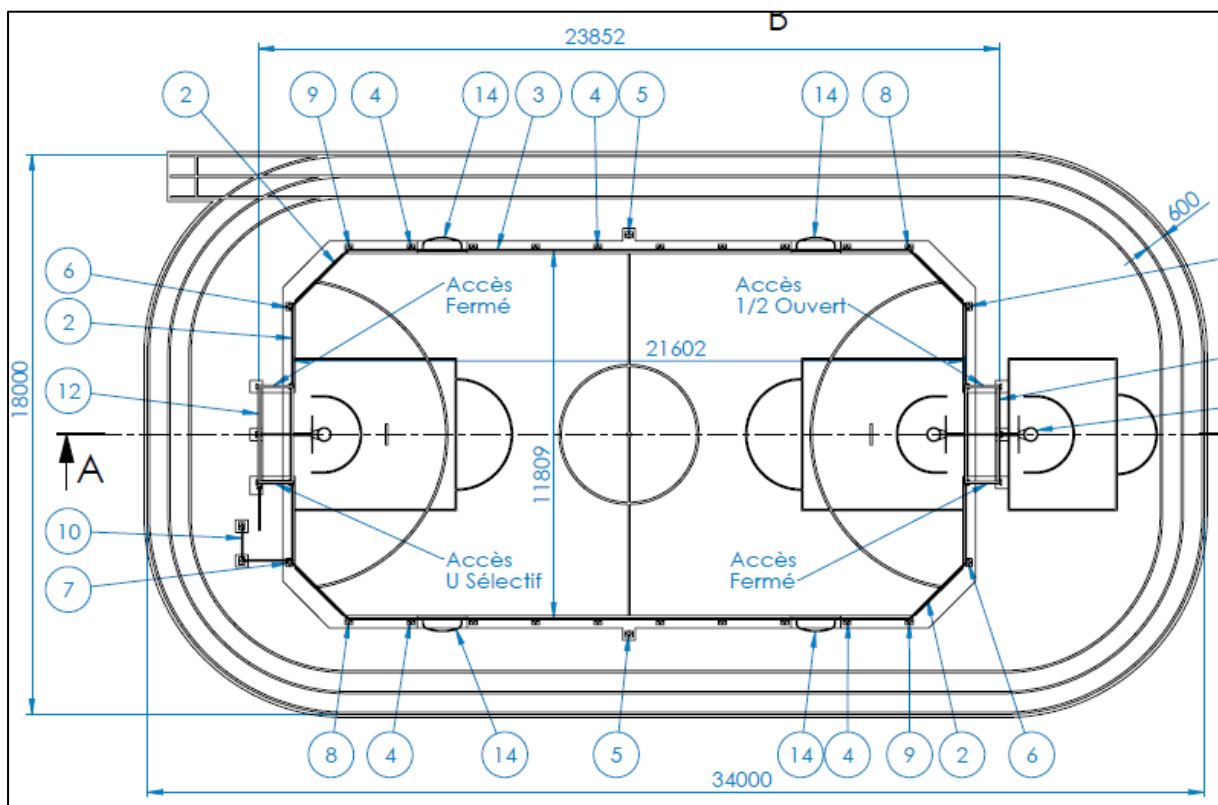
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1. Description de l'ouvrage

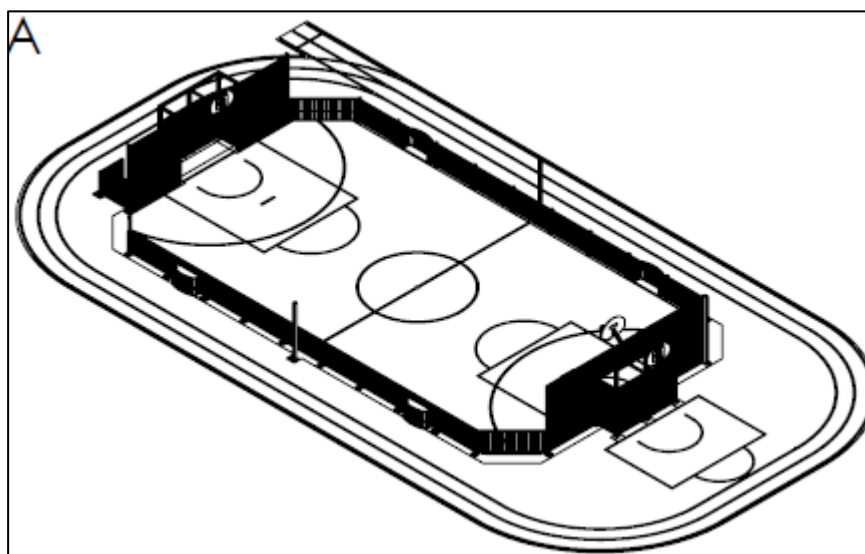
D'après les documents cités au paragraphe 2.1 et les informations fournies, le projet porte sur la construction l'installation d'infrastructures sportives avec une piste d'athlétisme d'une emprise au sol d'environ 600 m².

En l'absence d'information spécifique, le niveau bas des ouvrages sera considéré proche du terrain actuel.

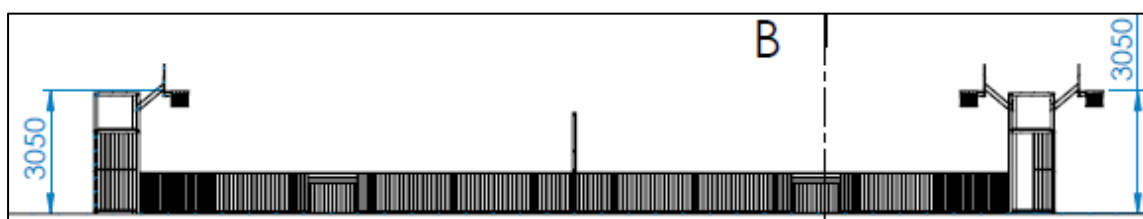
A ce stade de l'étude, le projet n'est pas complètement défini et est susceptible d'évoluer. Les études de conception phase projet (mission G2 PRO) et/ou d'exécution (mission G3) devront tenir compte des dernières évolutions.



Extrait des schémas du projet – source : Mairie de Feneu



Extrait des schémas du projet – source : Mairie de Feneu



Extrait des coupes du projet– source : Mairie de Feneu

2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations

Les descentes de charges du projet ne nous ont pas été communiquées. Par conséquent, les sollicitations vis-à-vis des ELS sont estimées par Ginger CEBTP, sous toutes réserves, à :

- charge verticale centrée sur appuis isolés :> 10 kN.

Dans le cas de charges réelles différentes des estimations ci-dessus, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions. Nous rappelons en particulier que les efforts de soulèvement, les efforts horizontaux et/ou les moments (liés ou non à la prise en compte de la sismicité) peuvent être dimensionnants.

2.3.3. Terrassements prévus

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m de déblais/remblais) en dehors de la réalisation des fondations.

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°ONA2.M.0173 Version A daté du 28/02/2022 (commande correspondante datée du 15/03/2022).

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique, ayant pour but de :

- définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser et en assurer le suivi technique,
- donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,
- donner les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements et/ou pentes et talus, fondations, amélioration de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants),
- fournir une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique.

3. Investigations géotechniques

3.1. Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par Ginger CEBTP en accord avec le client.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

3.2. Implantation

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

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain au moment des investigations (Terrain Actuel – TA).

3.3. Sondages, essais et mesures in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Qté	Noms	Prof. m/TA	Essais pressiométriques (NF EN ISO 22 476-4)
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	4	SP1	6.0	3
		SP2	6.0	3
		TH1	6.0	-
		TH2	6.0	-

Les coupes des sondages et les résultats des essais in situ sont présentés en annexe 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**

- coupe des sols,
- venue d'eau éventuelle,

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- module pressiométrique E_M (bar)
- pression limite nette p_l^* (bar)
- pression de fluage nette p_f^* (bar)
- rapport E_M/p_l^*

3.4. Essais en laboratoire

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Nombre	Norme
Teneur en eau pondérale W	2	NF P 94-050
Analyse granulométrique par tamisage	2	NF P 94-056
Valeur au bleu du sol (VBS)	2	NF P 94-068
Indice Portant Immédiat (IPI)	1	NF P 94-078
Classification des sols (GTR)	2	NF P 11-300

Les résultats des essais en laboratoire sont présentés en annexe 4.

4. Synthèse des investigations

4.1. Première approche d'un modèle géologique

Cette synthèse devra être confirmée dans les phases ultérieures de l'étude (mission d'étude géotechnique de conception G2 phase Projet (G2 PRO) et/ou mission d'étude géotechnique d'exécution (G3)).

4.1.1. Lithologies et caractéristiques mécaniques

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain tel qu'il était au moment des reconnaissances (avril 2022).

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

Formation n°1 : **Formation de couverture** correspondant à de la terre végétale marron
Profondeur de la base : de 0.3 à 0.4 m/TA

Formation n°2 : **Complexe argilo-sableux** se présentant sous forme d'argile +/- sableuse et +/- plastique de couleur orange, rouge à grise en tête puis sous forme d'argile sableuse marron
Profondeur de la base : supérieure à la base des sondages (>6,0 m/TA),
Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite (p_l^*) : 0.30 à 1.07 MPa (6 essais)
- Module pressiométrique (E_M) : 2.2 à 16.2 MPa (6 essais)

Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage.

Sondage	SP1	SP2	TH1	TH2
Formation	<u>Profondeur de la base</u> en mètre par rapport au TA			
n°1 : Terre végétale	0.3	0.4	0.4	0.4
n°2 : Complexe argilo-sableux	Au-delà			

Remarques :

- la limite entre les faciès est parfois délicate à identifier autrement qu'à l'appui des caractéristiques mécaniques mesurées, en raison des analogies lithologiques entre ces formations.
- nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu.

4.1.2. Caractéristiques géomécaniques

L'analyse des résultats des essais et sondages conduit à retenir les paramètres indiqués dans le tableau suivant.

Formation	Nature du sol	Prof. base /TA (m)	Valeurs pressiométriques		Coefficient rhéologique α
			p_i^* (MPa)	E_M (MPa)	
n°1	Terre végétale	0.3 à 0.4	-	-	-
n°2	Complexe argilo-sableux	Au-delà	0.4	4	0,67

Ces données ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des ouvrages. La conception des infrastructures devra tenir compte des variations des limites de couches et des hétérogénéités locales toujours possibles.

4.1.3. Caractéristiques physiques des sols

Dans le tableau ci-dessous sont reportés les résultats des essais d'identification et des essais mécaniques sur matériaux non rocheux :

Référence échantillon	Formation/type de sol	Prof. échant° (m/TA)	W (%)	VBS	Dmax (mm)	Tamiséat < 80 μ m	IPi	Classe GTR
TH1	2 – Argile limoneuse	0.5 à 1.5	14.6	9.84	10	67.3 %	8	A4
TH2	2 – Argile	0.5 à 1.5	31.0	8.57	10	82.5 %	-	A4

Légende :

- W : Teneur en eau pondérale
- VBS : Indice de mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène du sol
- Dmax : Diamètre maximal des éléments
- < 80 μ m : Pourcentage d'éléments fins passant au tamis de 80 micromètres
- IPi : Indice de Portance Immédiat
- Classe GTR : Classe de sol selon la norme NF P 11-300

Les matériaux argileux de classe A4 sont très sensibles à l'eau et sont sujets à perte de portance pour de faibles variations de teneur en eau. Ils sont très sensibles au phénomène de retrait/gonflement des argiles.

4.2. Première approche de modèle hydrogéologique

4.2.1. Contexte hydrogéologique

Dans le contexte géologique décrit plus haut, une ou des nappes semi-captives régnant au sein du complexe argilo-sableux peuvent cohabiter.

4.2.2. Piézométrie et niveaux d'eau

Aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les sondages lors des investigations (avril 2022). Toutefois, de circulations d'eau ponctuelles ne sont pas à exclure au sein des formations, notamment en cas de précipitations.

Les profondeurs des sondages ne permettent pas toujours d'atteindre les niveaux géologiques aquifères.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. L'absence de niveau d'eau doit donc être considérée à un instant donné.

4.2.3. Inondabilité

D'après les données issues des sites internet www.georisques.gouv.fr, le terrain est en zone non sujette aux remontées de nappes avec une fiabilité faible (cf. § 2.2.2.3).

Des informations plus précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.). De plus, ce risque dépend des travaux de protection réalisés, et est donc susceptible de varier dans le temps.

4.3. Risque sismique

4.3.1. Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255, l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal" et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	2 (aléa faible)
Accélération maximale de référence (agR)	0,7 m.s ⁻²
Catégorie d'importance du bâtiment (à confirmer par la MOE)	II : <i>infrastructures courantes</i>
Coefficient d'importance du bâtiment	1.0

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 2, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 n'est obligatoire que pour les bâtiments de catégorie d'importance III ou IV.

4.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 2 (aléa faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal".

5. Principes généraux de construction

5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

➤ Contexte géologique et géotechnique

Contexte géotechnique : Sous 0,3 à 0,4 m de terre végétale (formation n°1), nous sommes en présence du complexe argilo-sableux (formation n°2) jusqu'à la base des sondages (6.0 m/TA) avec des caractéristiques mécaniques s'améliorant lentement avec la profondeur.

Contexte hydrogéologique : Aucun niveau d'eau n'a été observé jusqu'à la base des sondages (6.0 m/TA) au moment des investigations (avril 2022). **Néanmoins, nous rappelons que le régime hydrogéologique varie en fonction de la saison et de la pluviosité.**

➤ Caractéristiques du projet

Le projet porte sur la construction l'installation d'infrastructures sportives avec une piste d'athlétisme d'une emprise au sol d'environ 600 m². En l'absence d'information spécifique, le niveau bas des ouvrages sera considéré proche du terrain actuel.

➤ Zone d'influence géotechnique (ZIG)

La ZIG des terrassements et des fondations du projet ne possède apparemment pas de mitoyenneté (bâtiment et voiries, réseaux, ...). Toutefois, si la présence de mitoyens apparaissait dans le projet, des précautions particulières devront être prises pour garantir la pérennité de ces ouvrages, tant en phase travaux qu'au stade définitif.

➤ Bilan des principales considérations à intégrer dans la conception du projet

Les points à prendre en compte pour le projet sont les suivants :

- fond de forme situé dans des matériaux très sensibles à l'eau,
- projet situé en zone de risque « fort » vis-à-vis du phénomène de retrait/gonflement des argiles et les analyses en laboratoire confirme cet aléa,
- pas de présence d'eau aux profondeurs concernées par le projet.

➤ Solutions techniques envisageables :

Compte tenu des points précédents, il conviendra d'envisager :

- un mode de fondations superficielles ancrées dans le complexe argilo-sableux (formation n°2) avec un ancrage de 1.5 m de profondeur par rapport au terrain fini (paragraphe 5.4).

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

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

5.2. Adaptations générales

5.2.1. Remarques préalables

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

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

5.2.2. Mise à nu du terrain

La réalisation du projet implique l'évacuation de la végétation en place.

En conséquence, il conviendra de prévoir l'évacuation de tout vestige enterré au droit des futures fondations. Une attention particulière sera apportée au comblement des fosses ainsi créées.

Dans tous les cas, les fondations projetées devront être descendues sous le niveau des fosses ainsi créées afin d'être ancrées dans les sols en place et non remaniés.

5.2.3. Réalisation des terrassements

5.2.3.1. Hauteurs envisagées

Il n'est pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,5 m de déblais/remblais) en dehors de la réalisation des fondations.

5.2.3.2. Traficabilité en phase chantier

Les essais d'identification ont permis de classer les sols testés en A4 au sens de la norme NF P 11-300 (GTR).

Compte tenu de la classification précédente, les sols sont sensibles à l'eau.

5.2.3.3. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais concernant les formations rencontrées ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Cependant, la nature sableuse peu cohérente des sols peut engendrer la nécessité d'un blindage, notamment en période pluvieuse ou en cas de remontées de nappe.

5.2.3.4. Drainage en phase chantier

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

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment. **On privilégiera notamment une réalisation des travaux en période favorable.**

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

5.3. Fondation des infrastructures sportives

5.3.1. Type de fondation et conditions d'ancrage

Compte tenu des éléments précédents et en s'assurant d'un fond de fouille homogène, un système de **fondations superficielles par massif en béton** ancré de 0,3 m minimum dans le complexe argilo-sableux (**formation n°2**) est envisageable avec un encastrement minimal de 1,5 m/TA.

Cette profondeur d'assise des fondations devra être vérifiée en phase projet, notamment vis-à-vis de la stabilité de l'ouvrage au glissement et au renversement.

Au regard de la profondeur d'ancrage minimale demandée, les conditions de la mise hors gel des fondations, à savoir 0,5 m par rapport au terrain fini (annexe O de la norme NF P 94-261), seront automatiquement respectées.

5.3.2. Fondations superficielles par semelles filantes ou isolées

5.3.2.1. Dispositions constructives

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,8 m pour des semelles ponctuelles pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards),
- la présence de sols gonflants et/ou rétractables conduit à prévoir des dispositions spécifiques (voir paragraphe 5.4),
- en cas de deux parties d'une même infrastructure, fondées de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes,

- des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (NF P 94-261),
- la présence d'eau pourra entraîner des sujétions de blindage des parois et de pompage pour épuisement des fouilles et/ou rabattement de la nappe lors des travaux de fondation,
- des surprofondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter un rattrapage en gros béton et, par conséquent, des surconsommations de béton,
- afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

5.3.2.2. Justifications des fondations

➤ Remarques préalables

Le dimensionnement des fondations devra être mené conformément à la norme NF P 94-261 – Eurocode 7 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles).

De plus, on notera les points suivants :

- les calculs proposés ci-dessous sont valables dans le cas de charges verticales et de fondations suffisamment éloignées d'un talus. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur i_δ . De même pour des fondations à proximité de talus de pente β (distance au talus $d \leq 8$ fois la largeur de la fondation), il conviendra d'appliquer un coefficient de réduction de portance i_β ,
- les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 (NF P 94-261),
- des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO ou G3.

La vérification de la stabilité au glissement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans la mission géotechnique en phase projet (G2 PRO) ou en phase exécution (G3).

➤ Méthode de calcul de la capacité portante

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain V_d est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle $R_{v;d}$:

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \quad \text{avec} \quad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;d}} \quad \text{et} \quad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

- R_0 : masse volumique de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $R_{v;k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- A' : surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$ et $\gamma_{R;v}$: facteurs de sécurité partiels à considérer.

➤ Méthode de calcul des tassements

Les tassements sont évalués selon la méthode pressiométrique. Elle permet d'estimer le tassement final d'une fondation :

- en considérant l'amortissement des contraintes avec la profondeur au droit de la fondation,
- en additionnant le tassement du terrain dû aux déformations de cisaillement avec le tassement du terrain dû aux déformations volumiques.

Elle est adaptée à l'estimation des tassements pour des chargements proches de ceux de l'ELS quasi-permanent.

Il s'agit de la méthode qui était retenue dans les justifications au DTU 13.12 et au Fascicule 62 Titre V.

➤ Exemples de calcul

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous d'après la modélisation géotechnique présente au paragraphe 4.1.2 et la lithologie observée au droit du sondage SP2 et en considérant un ancrage de 0,3 m dans la couche d'assise et une fondation totalement comprimée ($A'=A$).

Type de fondation	Sondage référence	Largeur B (m)	Prof. assise (m)	Horizon d'ancrage	p_{le}^* (MPa)	K_p	q_{net} (kPa)	$R_{v,d}$ ELU (kN)	$R_{v,d}$ ELS ⁽¹⁾ (kN)	V_d ⁽¹⁾ (kN)	σ_{ELS} (kPa)	S ⁽²⁾ (cm)
semelle isolée carrée	SP2	0,8	1,5	n°2	0,40	0,80	320	122	75	10	16	<1,0

⁽¹⁾ ELS situations quasi-permanentes

⁽²⁾ tassement associé à V_d

Les calculs ont été réalisés selon "l'approche 2" au sens de l'Eurocode 7, avec :

- p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- K_p : facteur de portance pressiométrique pour les sols de fondation de type argiles et limons
- σ_{ELS} : contrainte de sol associée aux calculs réalisés

Les calculs présentés dépendent de la géométrie de la fondation ainsi que de la charge appliquée à celle-ci. Toute modification de la charge et de la géométrie pourra impliquer une variation significative du taux de travail.

En première approche, **de manière sécuritaire**, et en amont de l'étude de conception phase projet (G2 PRO) et de l'étude d'exécution (G3), nous proposons de retenir, pour une assise dans le complexe argilo-sableux (formation n°2), une valeur de la contrainte σ_{ELS} maximale de 100 kPa **pour des charges verticales et centrées sur les fondations**.

Remarques complémentaires :

- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- en fonction des valeurs de tassements admissibles, une rigidification de la structure pourrait être nécessaire. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations et des chaînages tant horizontaux que verticaux.

5.4. Protection vis-à-vis du retrait / gonflement

Le constructeur de l'ouvrage est tenu de consolider les fondations afin de limiter les déformations pour cela :

- Les fondations sont en béton armé.
- Les fondations sont suffisamment profondes pour s'affranchir de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation, soit à minima 1.20 m en risque fort.
- Les fondations sont ancrées de manière homogène, sans dissymétrie sur tout le pourtour du bâtiment, ceci vaut notamment pour les terrains en pente.
- Les fondations sont coulées en continue et chaînée.

Le constructeur est tenu d'adapter l'ouvrage aux contraintes de son environnement :

- D'éloigner le bâti du champ d'action de la végétation. Il est recommandé une distance égale à une fois la hauteur de l'arbre adulte et égale à une fois et demi de la hauteur d'une haie.
- D'abattre les arbres gênants le plus en amont possible des travaux de construction.

A défaut (végétation chez un tiers notamment), de mettre en place un écran anti-racines. La profondeur de cet écran sera adaptée à la profondeur possible du réseau racinaire, avec une profondeur minimale de 2 m.

5.5. Plateforme de la piste

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

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols argileux de type A4.

Lorsque les terrassements en déblai sont exécutés, la PST peut être estimée, en fonction des sols en présence, pour le sol support sans drainage ni amélioration, PST n°0, AR0.

Les sols rencontrés ne sont pas utilisables en remblais et en couche de forme en état.

Les matériaux constituant la piste doivent être étanches. Un système de collecte des eaux efficace devra être mis en place. Dans le cas contraire, si la surface n'est pas étanche, un drainage des eaux sous la surface sera à mettre en œuvre.

Des travaux préparatoires (drainage, traitement à la chaux, purge et substitution, mise en place de géogrilles, etc...) pourront être nécessaires pour obtenir une portance PST n°1, AR1 minimum.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable.

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

Les sols du site étant très sensibles aux phénomènes de retrait / gonflement, il conviendra de s'assurer de la bonne collecte des eaux de ruissellement. De plus, un tapis drainant devrait être mis en place sous l'infrastructure.

5.5.2. Couche de forme

L'épaisseur de la couche de forme dépendra de la classe du matériau extrait de la carrière.

Sur la base d'un matériau de type R61 ou équivalent, les épaisseurs minimales de matériaux à mettre en œuvre en couche de forme sont les suivantes :

Classe des matériaux en couche de forme : R₆₁ ou équivalent.		
Qualification de la portance de la PST	Contexte de réalisation	Epaisseur de la couche de forme, pour obtenir une plateforme de type PF2- (EV2 entre 50 et 80 MPa) , préalable à l'édification des chaussées
Sols déformables à très déformables	Déblais avec drainage profond	0,6 m (0,2 m de 0/63 + 0,4 m de 0/150) ou 0,5 m de 0/63 sur géotextile

L'épaisseur donnée précédemment est indicative ; elle devra être adaptée sur le chantier en fonction de la classe de PST au démarrage des travaux et des résultats des contrôles effectués (planche d'essais préalable).

6. Observations majeures

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

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P 94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet (G2 AVP) et que, conformément à la norme NF P 94-500 de novembre 2013, une étude de conception phase projet (G2 PRO) peut être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

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

(extraits de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013)

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). — Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. — Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). — Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). — donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. — Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



Légende :

- Sondage à la tarière avec essais pressiométriques (2 unités)
- Sondage à la tarière sans essais pressiométriques (2 unités)

Plan d'implantation des sondages

Construction d'un terrain multi-sports

FENEU (49) – Salle des sports, rue du bois au juge

Dossier : ONA2.MG.0093

Date d'investigation : Avril 2022

GINGER CEBTP
Agence d'Angers
ZA de la Garde
Allée du 9 novembre 1989
49240 AVRILLE



ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**

- coupe des sols,
- venue d'eau éventuelle,

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- module pressiométrique E_M (bar)
- pression limite nette p_l^* (bar)
- pression de fluage nette p_f^* (bar)
- rapport E_M/p_l^*

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Dossier : **ONA2.MG.0087**

Localité : **FENEU (49) - Stade de Feneu, rue du bois au juge**

Chantier : **Installation d'infrastructures sportives**

Client : **Commune de Feneu**

X :

Date début de forage : **11/04/2022**

Echelle : **1/40**

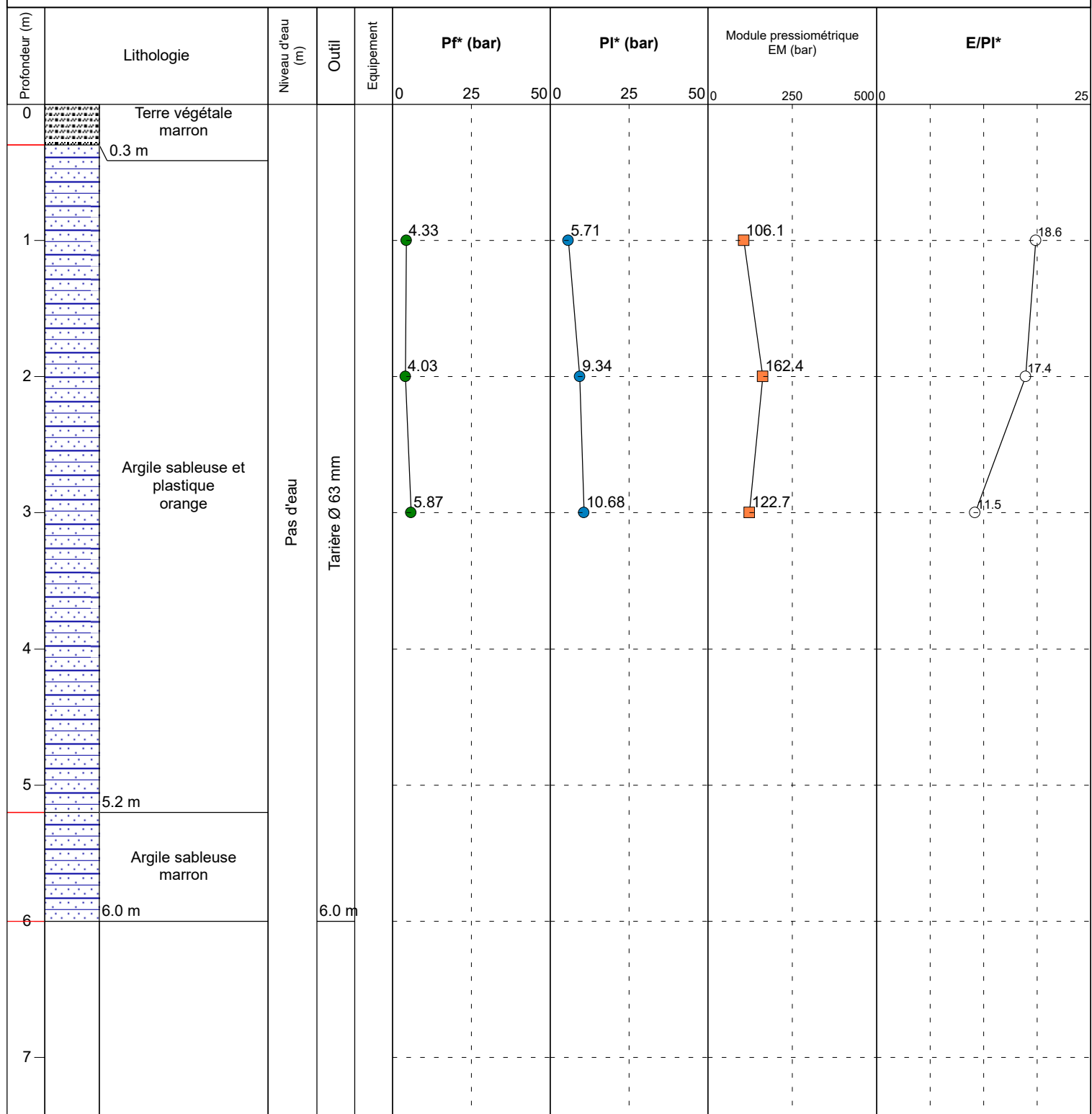
Y :

Date fin de forage : **11/04/2022**

Machine : **M257**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation : Arrêt volontaire à 6 m de profondeur

EXGTE 3.23.3

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Dossier : **ONA2.MG.0087**

Localité : **FENEU (49) - Stade de Feneu, rue du bois au juge**

Chantier : **Installation d'infrastructures sportives**

Client : **Commune de Feneu**

X :

Date début de forage : **11/04/2022**

Echelle : **1/40**

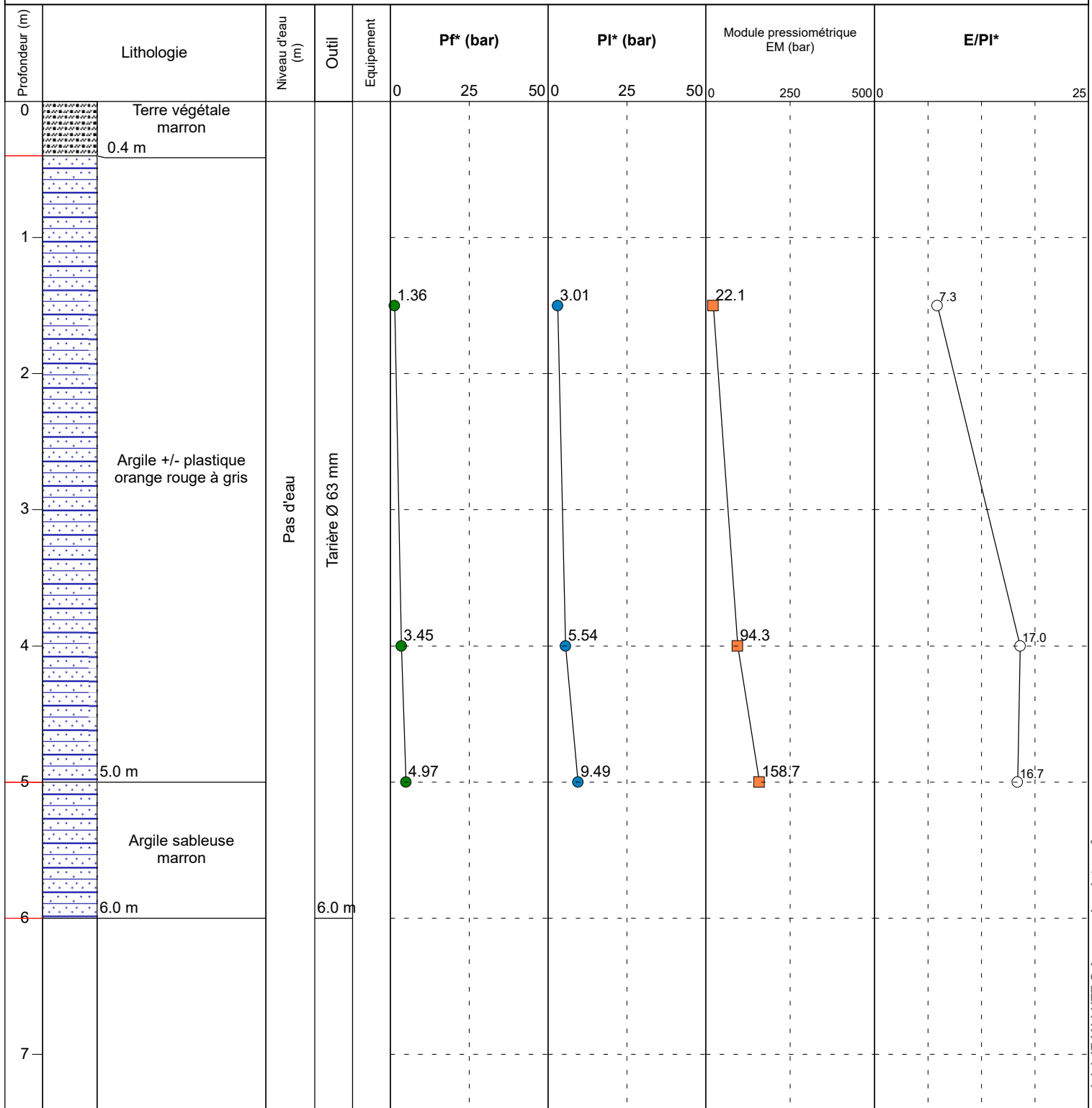
Y :

Date fin de forage : **11/04/2022**

Machine : **M257**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**



Observation : Arrêt volontaire à 6 m de profondeur

EXGTE 3.23.3

Dossier : **ONA2.MG.0087**

Localité : **FENEU (49) - Stade de Feneu, rue du bois au juge**

Chantier : **Installation d'infrastructures sportives**

Client : **Commune de Feneu**

X :

Date début de forage : **11/04/2022**

Echelle : **1/40**

Y :

Date fin de forage : **11/04/2022**

Machine : **M257**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Classe GTR	Remarques
0	Terre végétale marron				
0.4 m					
1				A4	
2	Argile sableuse et plastique orange				
3					
4					
4.3 m					
5	Argile +/- sableuse marron				
6					
6.0 m					
7					

Observation :

EXGTE 3.23.3

Dossier : **ONA2.MG.0087**

Localité : **FENEU (49) - Stade de Feneu, rue du bois au juge**

Chantier : **Installation d'infrastructures sportives**

Client : **Commune de Feneu**

X :

Date début de forage : **11/04/2022**

Echelle : **1/40**

Y :

Date fin de forage : **11/04/2022**

Machine : **M257**

Z :

Profondeur de fin : **6.00m**

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Classe GTR	Remarques
0	Terre végétale marron				
0.4 m					
1				A4	
2					
3	Argile +/- sableuse et plastique orange à rouge				
4					
4.6 m					
5	Argile sableuse marron				
6					
6.0 m					
7					

Observation :

EXGTE 3.23.3

ANNEXE 4 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE

- Essais d'identification et paramètres d'état :
 - teneur en eau,
 - courbe granulométrique,
 - mesure de la VBS,
 - indice IPI,
 - synthèse GTR.

GINGER CEBTP NANTES
ZAC DES HAUTS DE COUERON 3
23 RUE JAN PALACH
44220 COUERON

Informations générales

N° dossier : **ONA2.MG087.0001**

Client / MO : MAIRIE DE FENEU

Désignation : AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460

Localité : FENEU

Demandeur / MOE : MAIRIE DE FENEU

Chargé d'affaire : CORTES CAMILLE

Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0099

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Sondage : TH1

Prélevé par : POLE SONDAGE

Profondeur : 0.50/1.50 m

Date prélèvement : 14/04/22

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

Date de livraison : 14/04/22

dm (mm) : 10

Description : Argile limoneux brun

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : Arthur VANEY

Température : 105°C

Date essai : 25/04/22

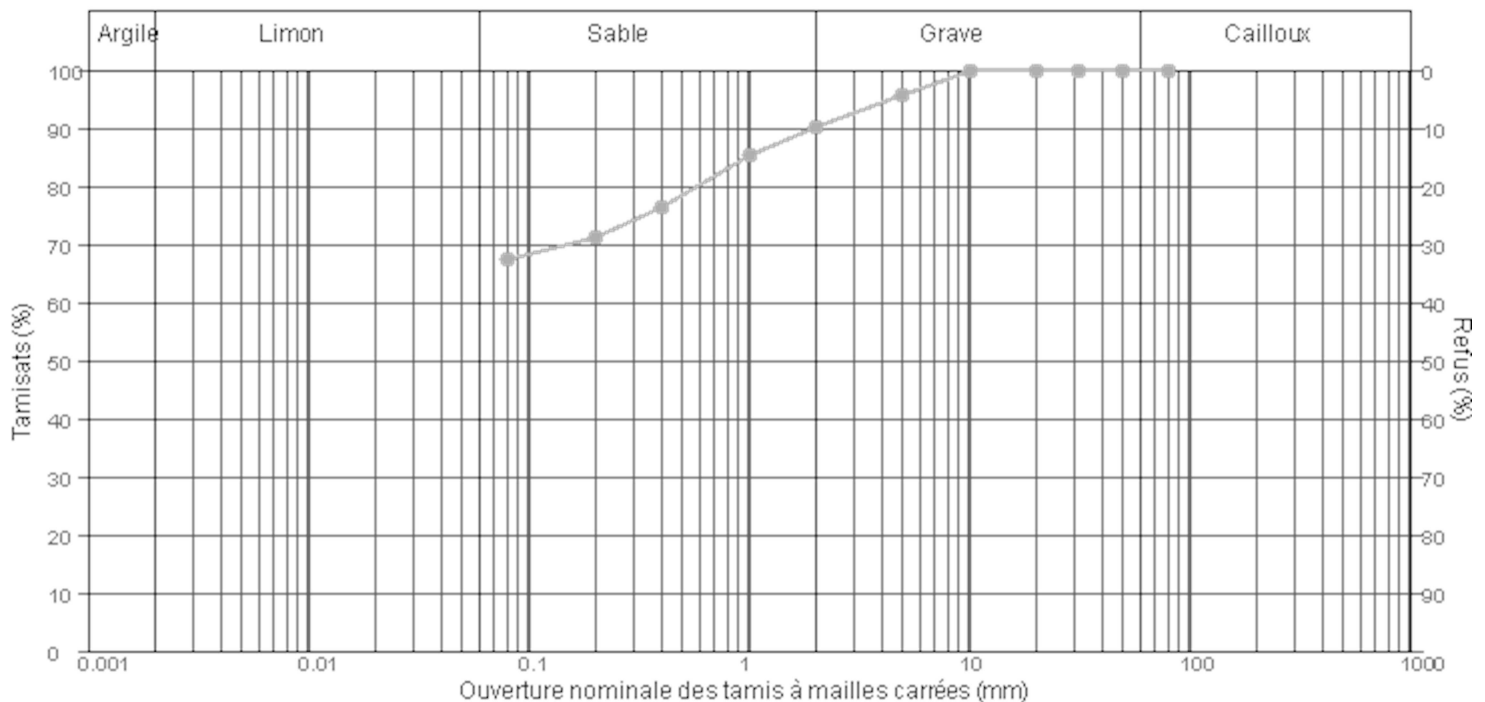
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.8	90.1	85.3	76.5	71.2	67.3

Facteur d'uniformité Cu = (N.D.)

Facteur de courbure Cc = (N.D.)

Facteur de symétrie Cs = (N.D.)



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

Informations générales

N° dossier :	ONA2.MG087.0001	Client / MO :	MAIRIE DE FENEU
Désignation :	AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460		
Localité :	FENEU	Demandeur / MOE :	MAIRIE DE FENEU
Chargé d'affaire :	CORTES CAMILLE		

Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0099

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	TH1
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	0.50/1.50 m
Date prélèvement :	14/04/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	14/04/22		
		dm (mm) :	10
Description :	Argile limoneux brun		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Arthur VANEY
Température :	105°C	Date essai :	25/04/22

Résultats

VB =	10.28	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	(Sans correction)		
VBs =	9.84	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	C =	95.8	W (%) : 14.6

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm ≤ 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP NANTES
ZAC DES HAUTS DE COUERON 3
23 RUE JAN PALACH
44220 COUERON

Informations générales

N° dossier :	ONA2.MG087.0001	Client / MO :	MAIRIE DE FENEU
Désignation :	AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460	Demandeur / MOE :	MAIRIE DE FENEU
Localité :	FENEU		
Chargé d'affaire :	CORTES CAMILLE		

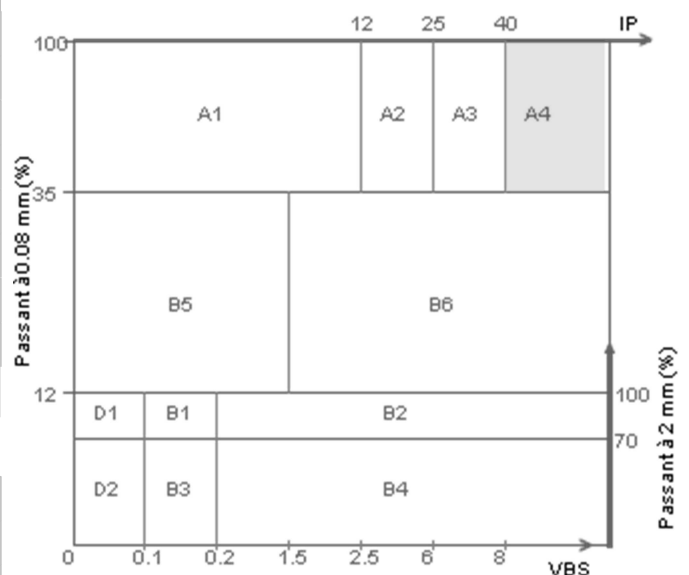
Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0099

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	TH1
Prélevé par :	POLE SONDRAGE	Profondeur :	0.50/1.50 m
Date prélèvement :	14/04/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	14/04/22		
Description :	Argile limoneux brun		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	10	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	90.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	67.3	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	9.84	g de bleu pour 100 g

CLASSIFICATION NF P 11-300: A4



Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050		%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078	8	
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	



Le Responsable du Laboratoire

Observations:

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Méthode par tamisage à sec après lavage

Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP NANTES
ZAC DES HAUTS DE COUERON 3
23 RUE JAN PALACH
44220 COUERON

Informations générales

N° dossier : **ONA2.MG087.0001**

Client / MO : MAIRIE DE FENEU

Désignation : AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460

Localité : FENEU

Demandeur / MOE : MAIRIE DE FENEU

Chargé d'affaire : CORTES CAMILLE

Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0100

Mode de prélèvement : Sondage tarière

Sondage : TH2

Prélevé par : POLE SONDAGE

Profondeur : 0.50/1.50 m

Date prélèvement : 14/04/22

Mode de conservation : Ech. prélevé en sac

Date de livraison : 14/04/22

dm (mm) : 10

Description : Argile brun orangé

Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage

Technicien : Arthur VANEY

Température : 105°C

Date essai : 25/04/22

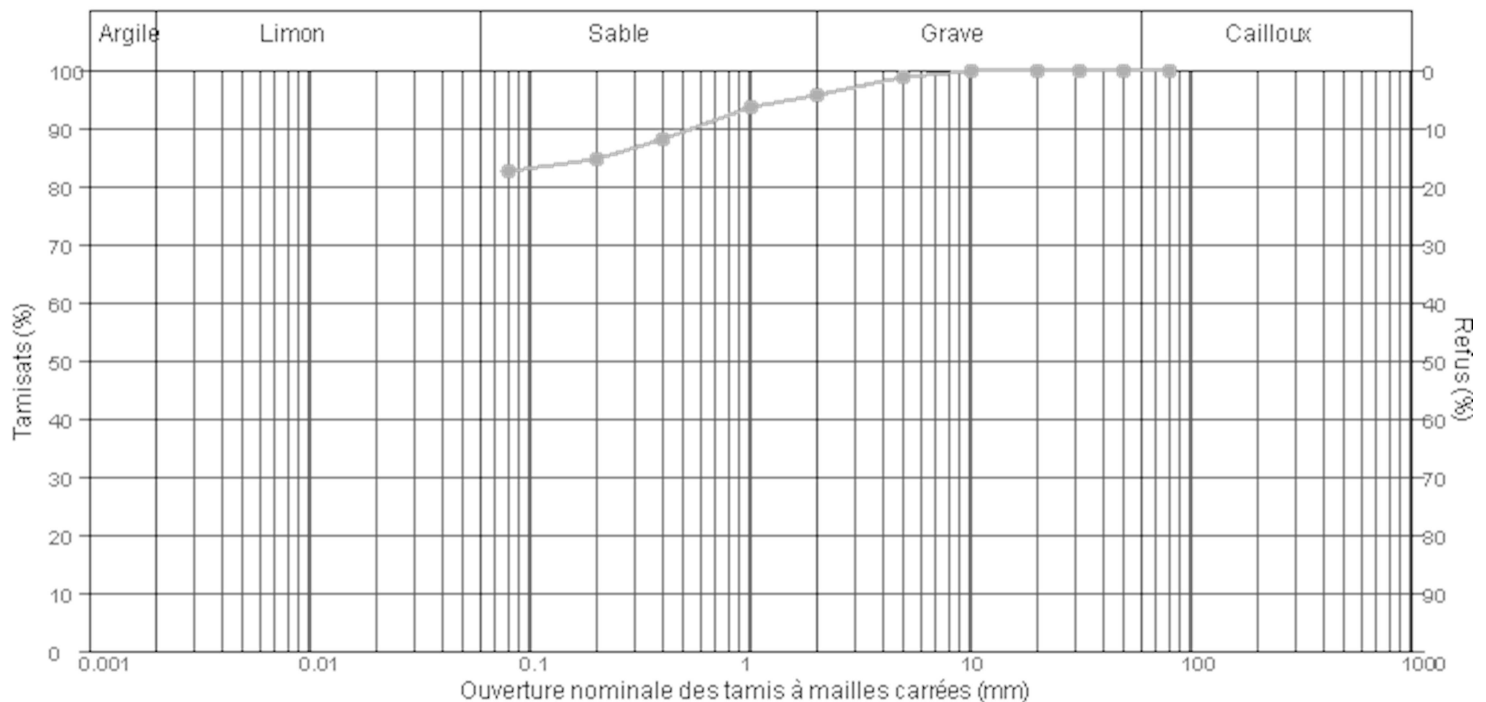
Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamais à mailles carrées (mm)	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	200 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	95.9	93.5	88.0	84.5	82.5

Facteur d'uniformité Cu = (N.D.)

Facteur de courbure Cc = (N.D.)

Facteur de symétrie Cs = (N.D.)



Observations :

Le Responsable du Laboratoire

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est déterminée visuellement

Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche **NF P 94-068**

Informations générales

N° dossier :	ONA2.MG087.0001	Client / MO :	MAIRIE DE FENEU
Désignation :	AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460		
Localité :	FENEU	Demandeur / MOE :	MAIRIE DE FENEU
Chargé d'affaire :	CORTES CAMILLE		

Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0100

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	TH2
Prélevé par :	POLE SONDAGE	Profondeur :	0.50/1.50 m
Date prélèvement :	14/04/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	14/04/22		
		dm (mm) :	10
Description :	Argile brun orangé		

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Arthur VANEY
Température :	105°C	Date essai :	25/04/22

Résultats

VB =	8.68	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	(Sans correction)		
VBs =	8.57	g de bleu pour 100 g de matériaux sec	C =	98.8	W (%) : 31.0

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm ≤ 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP NANTES
ZAC DES HAUTS DE COUERON 3
23 RUE JAN PALACH
44220 COUERON

Informations générales

N° dossier :	ONA2.MG087.0001	Client / MO :	MAIRIE DE FENEU
Désignation :	AVP PARC.37AB COMPLEXE SPORTIF BOIS AU JU49460	Demandeur / MOE :	MAIRIE DE FENEU
Localité :	FENEU		
Chargé d'affaire :	CORTES CAMILLE		

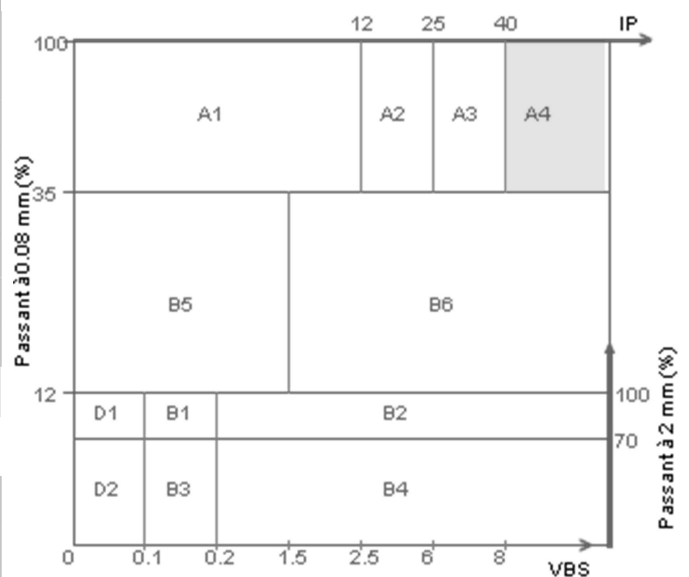
Informations sur l'échantillon N° 22ONA-0100

Mode de prélèvement :	Sondage tarière	Sondage :	TH2
Prélevé par :	POLE SONDRAGE	Profondeur :	0.50/1.50 m
Date prélèvement :	14/04/22		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	14/04/22		
Description :	Argile brun orangé		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	10	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	95.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	82.5	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - WL	ME selon NFP94-051		%
Limite de plasticité - WP	ME selon NFP94-051		%
Indice de plasticité - IP	WL - WP		
VBS	NF P94-068	8.57	g de bleu pour 100 g

CLASSIFICATION NF P 11-300: A4

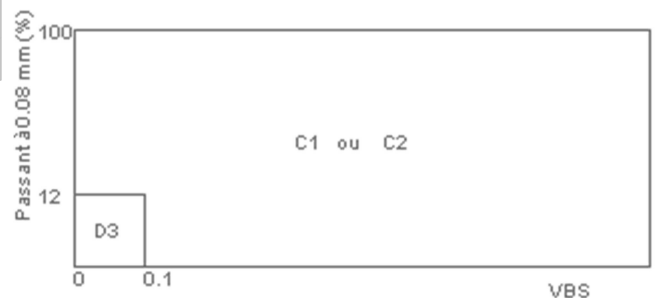


Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P 94-050		%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - Ic	(WL - Wn) / IP		
Wn / W OPN	NF P94-093		

Pour information:

Teneur en eau Optimale W OPN (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ OPN (Mg/m3) :	



Le Responsable du Laboratoire

Observations:



www.groupe-cebtp.com

Agence d'Angers

ZA de la Garde
Allée du 9 novembre 1989
49240 AVRILLE

Téléphone +33 (0)2 41 34 58 60

cebtp.angers@groupeginger.com

www.ginger-cebtp.com