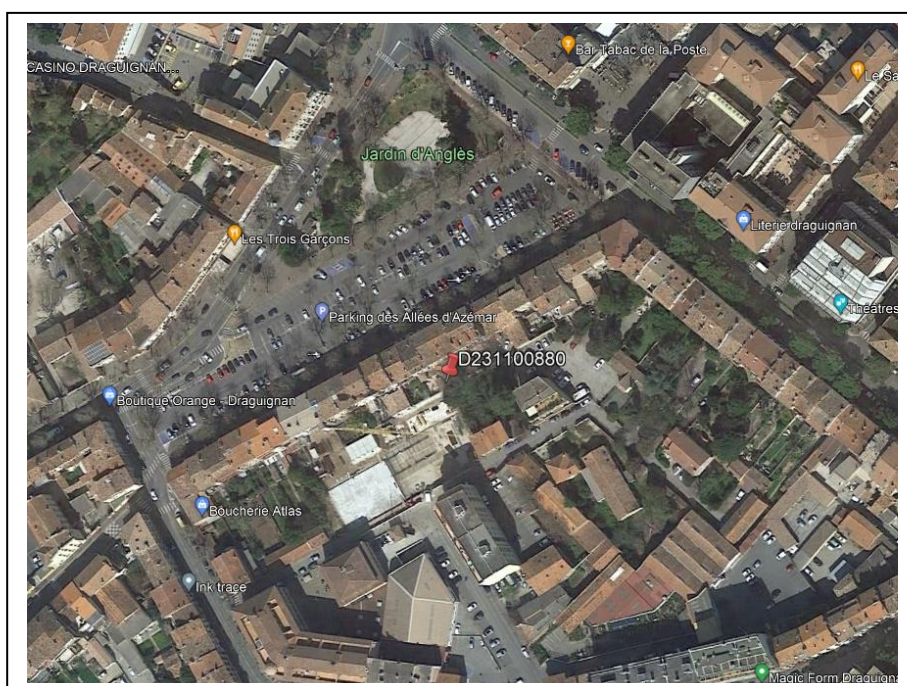


Aménagement VRD 15 rue des Allées d'Azémar

G2 PRO

Affaire : D231100880 G2 PRO

INDICE 1 du 19/12/2023



Projet : Aménagement des VRD

Adresse : 15 rue des Allées d'Azémar – Draguignan (83)

Client : SAIEM

Sommaire

1	Préambule	3
2	Projet	3
2.1	Présentation du projet	3
2.2	Situation géographique	3
2.2.1	Plans de localisation	3
2.2.2	Description du site	4
2.3	Contexte géotechnique	5
2.3.1	Géologie	5
2.3.2	Retrait gonflement des argiles	5
2.3.3	Hydrogéologie	6
2.3.4	Séisme	6
2.3.5	Zone d'influence géotechnique (ZIG)	6
3	Investigations géotechniques	7
3.1	Programme réalisé	7
3.2	Résultats des sondages in situ	7
3.3	Modèle géotechnique	7
3.4	Classification GTR	8
4	Application au projet	9
4.1	Modes de fondations des futurs aménagements	9
4.2	Tassements	11
4.3	Terrassement / soutènement	11
5	Voirie	12
5.1	Partie Supérieure des Terrassements (PST) et classe d'arase	12
5.2	Couche de forme	12
5.3	Structure type de chaussée voie d'accès	13
6	Dispositions constructives	14
6.1	Conditions environnementales	14
6.2	Règles générales	14
6.2.1	Gestion des eaux	14
6.2.2	Eaux pluviales	14
6.2.3	Gestion de la végétation	15
6.2.4	Construction suivant les règles de l'Art	15
7	Recommandations générales	16
7.1	Etudes d'exécution	16
7.2	Supervision et suivi géotechnique d'exécution	16

7.3	Méthode observationnelle	16
------------	---------------------------------	-----------

Annexes		17
----------------	--	-----------

1 Préambule

La SAIEM a confié à BEGT une mission G2 PRO dans le cadre de l'aménagement des VRD 15 rue des Allées d'Azémar sur la commune de Draguignan (83).

Cette mission s'inscrit dans le cadre de la norme NF-P-94-500 de novembre 2013.

Elle a pour objectif de définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte ainsi que de fournir une ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques du projet.

2 Projet

2.1 Présentation du projet

Le projet comprend l'aménagement des VRD.

Documents communiqués

- Plan de situation ;
- Plan de principe schématique ;

2.2 Situation géographique

2.2.1 Plans de localisation

Le terrain étudié se situe 15 rue des Allées d'Azémar sur la commune de Draguignan (83). Il est situé sur la parcelle cadastrale AL 252.

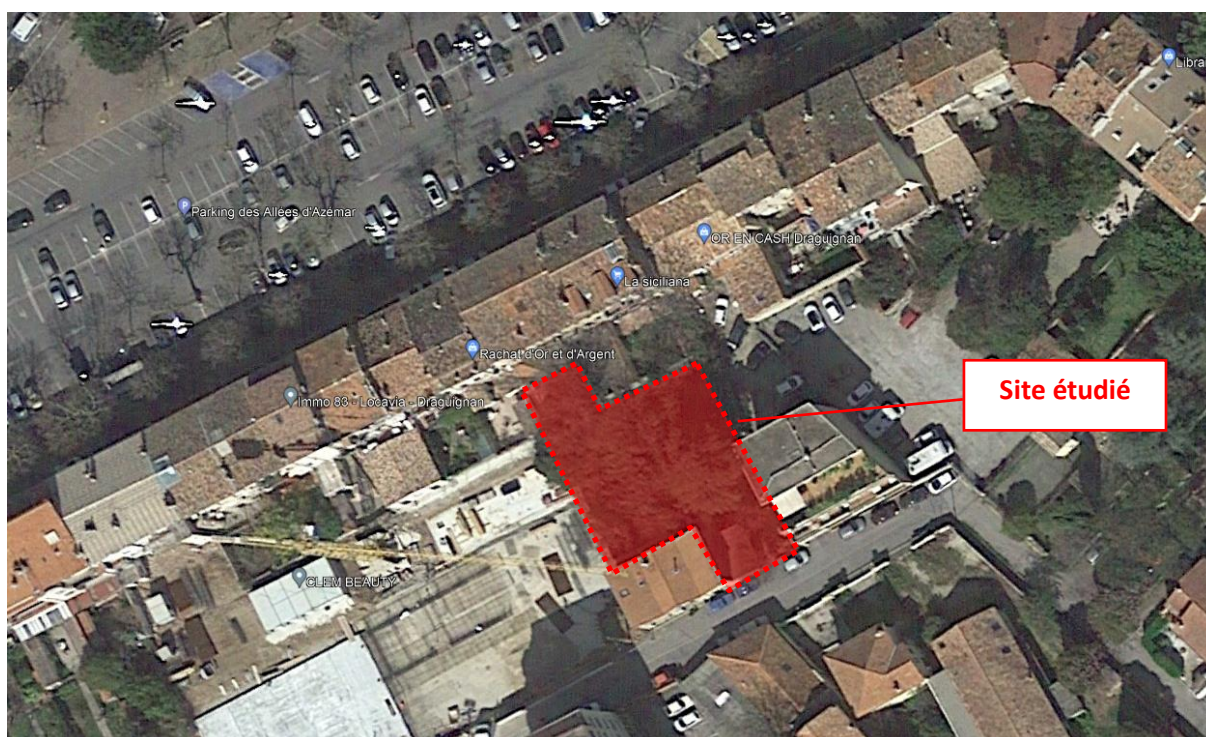


Figure 1 : Photo aérienne (Google Earth)

2.2.2 Description du site

Le terrain est accessible via la rue des Allées d'Azémar. Actuellement le lieu devant accueillir le futur parking correspond à deux espace vert séparés par un muret. Le terrain est globalement plat.



Figure 2

Lors de la réalisation de notre intervention sur site, le terrain était sec et aucune circulation d'eau n'a été recoupée par nos sondages, néanmoins, la végétation présente traduit la présence de zones humides.



Figure 3

2.3 Contexte géotechnique

2.3.1 Géologie

D'après la carte géologique au 1/50000 de la région, le terrain se situe dans la formation du **Würm** composé de cailloutis, de graviers, et de sables. Ces formations peuvent être recouvertes d'une épaisseur variable de remblais en fonction des aménagements du site.

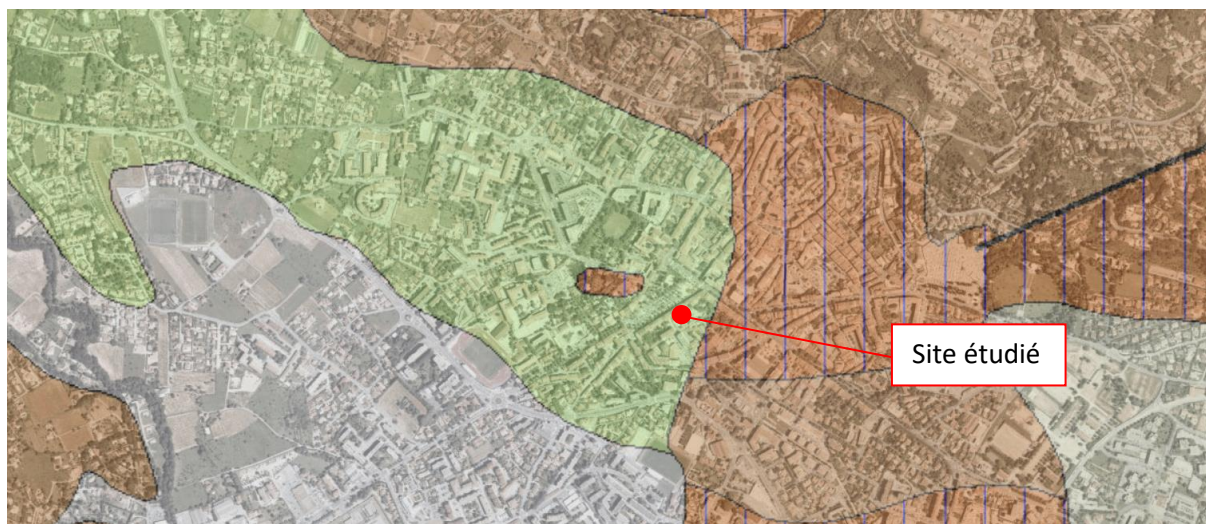


Figure 4 : Carte géologique (<http://infoterre.brgm.fr/>)

2.3.2 Retrait gonflement des argiles

Un sol argileux a la particularité de présenter un comportement très différent selon sa teneur en eau : humide il devient collant et plastique alors qu'il est généralement cassant voire pulvérulent à l'état sec. Ces matériaux naturels sont également affectés par des variations de volume, directement reliées aux modifications de leur état hydrique : un sol argileux humidifié sous contraintes constantes a tendance à gonfler alors que son dessèchement se traduit par une diminution de volume.

La parcelle étudiée dans le cadre de cette étude présente ainsi, d'après les informations du site <http://www.georisques.gouv.fr/>, un **aléa moyen**.



Figure 5 : Carte de l'exposition au retrait gonflement (<http://infoterre.brgm.fr/>)

2.3.3 Hydrogéologie

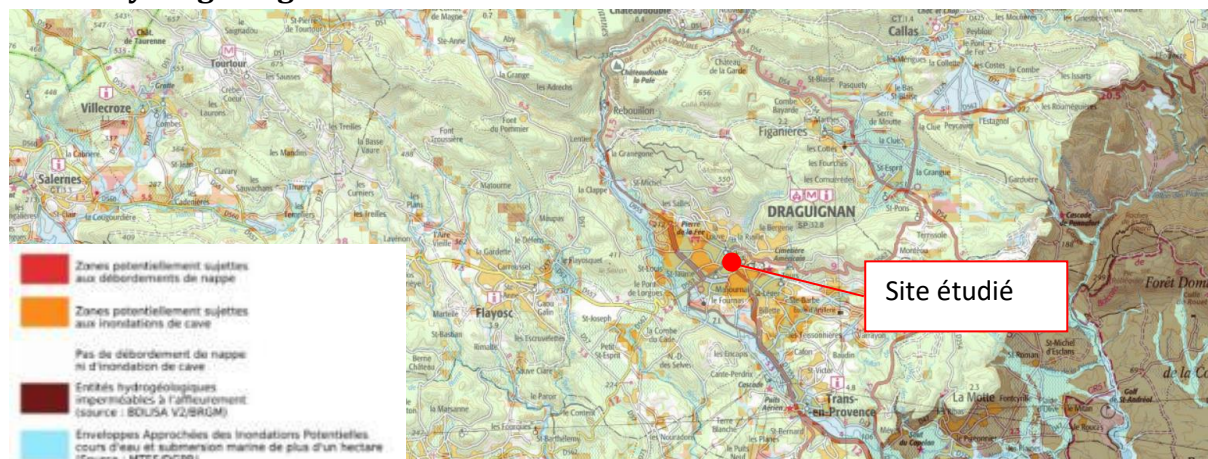


Figure 6 : Carte de l'exposition aux remontées de nappe (<http://infoterre.brgm.fr/>)

Selon la carte issue du site BRGM du secteur concernant l'exposition aux remontées de nappes, la propriété est classée en zone d'**Enveloppes Approchées des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare**.

Des circulations d'eau « en draperie » peuvent s'écouler au contact entre les couches de sol de perméabilités différentes ; ces écoulements d'eau peuvent se produire à la suite d'épisodes pluvieux abondants. Lors de la réalisation de notre intervention sur site, le terrain était sec et aucune circulation d'eau n'a été recoupée par nos sondages, néanmoins, la végétation présente traduit la présence de zones humides.

Des informations plus précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

2.3.4 Séisme

D'après le zonage sismique, le site est classé en **zone 3**. Les coefficients à prendre en compte dans le calcul des ouvrages sont les suivants :

Zone 3	
a_{gr} (m/s ²)	1.1
Classe de sol	C
Coefficient de sol	1.5
Catégorie d'importance de l'ouvrage	II
Coefficient d'importance (γ_i)	1

2.3.5 Zone d'influence géotechnique (ZIG)

Selon la norme NF P 94-500, la ZIG correspond volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part, l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrains ou biens environnants).

Pour les terrassements nous recommandons de considérer une ZIG équivalent à au moins 3 fois la hauteur des terrassements prévus.

3 Investigations géotechniques

3.1 Programme réalisé

Les investigations in situ ont été réalisées le **14/12/2023**. La campagne de sondages se compose de :

- 4 sondages au pénétromètre dynamique lourd ;
- 1 classification GTR.

L'ensemble des coupes de sondages et résultats des essais in situ est donné en annexe du présent rapport.

3.2 Résultats des sondages in situ

Les profondeurs indiquées dans la suite du présent rapport sont données en mètres par rapport au terrain tel qu'il était le jour des investigations (m/TA).

L'analyse des résultats des sondages in situ, ainsi que leur synthèse, a permis de dresser la coupe lithologique suivante :

- **Formation 1 : Terre végétale et remblais**
 - Toit de la couche : 0m/TA ;
 - Base de la couche : 0.50m/TA à 0.60m/TA
 - Épaisseur : 0.50m à 0.60m
 - Terme de pointe : $Q_d < 10\text{MPa}$
 - Description : Terrains de couverture et d'aménagement au sein duquel se développe les systèmes racinaires superficiels. Hétérogène par nature, ils sont impropres à fonder des ouvrages.
- **Formation 2 : Alluvions sablo argileuses**
 - Toit de la couche : 0.50m/TA à 0.60m/TA
 - Base de la couche : non reconnue
 - Épaisseur : importante
 - Terme de pointe : $Q_d > 10\text{MPa}$
 - Description : Alluvions sablo-argileuses avec présence de cailloutis et de blocs. Ces formations présentent des caractéristiques géomécaniques faibles à moyennes.

3.3 Modèle géotechnique

Des résultats précédents, il peut être retenu le modèle géotechnique suivant :

Formation	Toit (m)	$\gamma(^{\circ})$ (kN/m ³)	$\varphi'(^{\circ})$ (°)	$c'(^{\circ})$ (kPa)
1. Terrain de couverture	0.00	20	28	0
2. Alluvions	0.50 à 0.60	20	30	0

3.4 Classification GTR

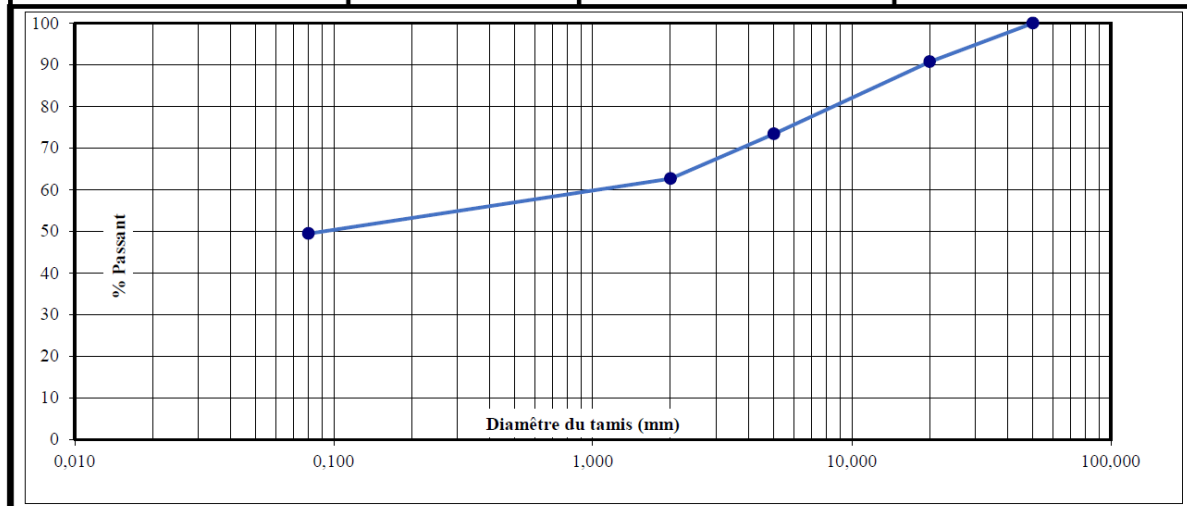
Norme ISO 17892-1	Teneur en eau (%W) :	10,39%
-------------------	----------------------	--------

Norme NF P 94-068	Proportion de la fraction 0/5mm (C) :	73,39%
	Valeur de bleu rapportée à la fraction 0/5mm:	2,04
	Indice de plasticité* :	23,91

**Valeur privilégiée pour la détermination de la classe de sol.*

Tamis (mm)	63	50	20	12,5	8	6,3
Passant (%)		100,00	90,75			
Tamis (mm)	5	3,15	2	1,25	0,8	0,5
Passant (%)	73,39		62,70			
Tamis (mm)	0,315	0,2	0,125	0,08	Dmax :	<50mm
Passant (%)				49,46		

Facteur d'uniformité	Néant	Facteur de courbure	Néant
----------------------	-------	---------------------	-------



Nature du sol :	Argile sableuse à cailloutis	Classe de sol :	A2
-----------------	------------------------------	-----------------	----

4 Application au projet

4.1 Modes de fondations des futurs aménagements

L'assise de fondation des éventuels futurs aménagements (lampadaires, murets,...) devra être homogène et constituée en tout point d'appui par les niveaux d'alluvions **rencontrés entre 0.50m et 0.60m de profondeur par rapport au terrain actuel.**

Des curages de matériaux mous (remblais, matériaux décomprimés) seront impérativement entrepris avant le coulage des fondations pour retrouver en tout point d'appui l'assise préconisée.

De même, les blocs devront être purgés et les cavités comblées par un rattrapage en gros béton.

Il est important d'asseoir toutes les fondations sur des horizons de caractéristiques géomécaniques comparables pour éviter les problèmes de tassements différentiels. **En aucun cas, les constructions ne pourront être fondées sur des niveaux de remblais.**

Compte-tenu de l'encastrement prévisible des constructions dans le terrain existant, le système de fondation des futurs aménagements pourra consister par exemple :

- **En semelles traditionnelles de type semelles filantes et/ou isolées** en respectant un ancrage de 0.50m dans l'assise préconisée.

Dans tous les cas, avant coulage des fondations, il conviendra de procéder à un nettoyage du fond de fouilles et rigoles de fondation. La charge verticale devra être correctement centrée sur les fondations afin de ne pas engendrer de phénomènes de rotation de ces dernières. De même, l'inclinaison d'une charge sur une fondation superficielle engendrera une diminution de la capacité portante de l'assise de fondation.

- **CALCUL DE LA CONTRAINTE DE RUPTURE QU**

L'essai au pénétromètre dynamique permet de mesurer un profil continu donnant **la résistance dynamique Q_d** en fonction de la profondeur.

À partir des essais de pénétration dynamique (références DTU 13.12), on calcule **une contrainte de rupture Q_u** correspondant à la contrainte ultime du sol à la rupture.

Pour une semelle soumise à une charge verticale centrée de largeur B, de longueur L et d'encastrement D, **la contrainte de rupture Q_u** est obtenue par :

$$Q_u = sc \cdot c \cdot N_c + 1/2 \cdot \gamma \cdot s_\gamma \cdot B \cdot N_\gamma + sq \cdot D \cdot \gamma \cdot N_q$$

Avec :

- γ : masse volumique du sol éventuellement déjaugée
- sc, s_γ, sq : coefficients de forme
- $sc = 1 + 0,2 \cdot B/L$
- $s_\gamma = 1 - 0,2 \cdot B/L$
- $sq = 1$

Pour un essai de pénétration dynamique, on peut également admettre la corrélation suivante :

$$Q_u = Q_d / 5 \text{ à } 7$$

➤ **CONTRAİNTE DE CALCUL A L'ÉTAT LIMITE ULTIME (ELU)**

La contrainte de calcul à l'état limite ultime notée Q_{ELU} est égale à :

$$Q_{ELU} = \frac{1}{\gamma} (Q_u - \gamma D) + \gamma D$$

Avec un coefficient γ_q pris en général égal à 2 et avec :

- D : encastrement de la fondation
- γ : masse volumique

La contrainte Q_{ELU} peut également être déduite approximativement des essais de pénétration dynamique :

$$Q_{ELU} = Q_d / 10 \text{ à } 14 \text{ soit } Q_{ELU} = Q_u / 2$$

Ces valeurs permettent d'effectuer un pré dimensionnement sommaire mais dans tous les cas, seuls les calculs présentés précédemment permettent d'obtenir une valeur de Q_{ELU} suffisamment précise pour le dimensionnement des fondations.

➤ **CONTRAİNTE DE CALCUL A L'ÉTAT LIMITE DE SERVICE (ELS)**

Elle est calculée de la même façon qu'à l'ELU, le coefficient γ_q étant pris égal à 3 en général.

Par ailleurs, l'ordre de grandeur de la **contrainte de calcul à l'état limite de service** Q_{ELS} peut être déduit approximativement par les essais de pénétration dynamique :

$$Q_{ELS} = Q_d / 15 \text{ à } 21 \text{ soit } Q_{ELS} = Q_{ELU} / 1,5$$

Au niveau de la base prévisible des fondations de l'aménagement, dans l'assise préconisée, les sondages pénétrométriques dynamiques lourds offrent des valeurs de **résistance dynamique Q_d supérieures ou égales à 3.00 MPa** :

Avec cette valeur de résistance dynamique Q_d , et en respectant le déroulement du dimensionnement mentionné plus haut, on aboutit aux résultats suivants :

$$Q_d = 3.00 \text{ MPa},$$

$$Q_u \text{ (contrainte de rupture moyenne)} = 0.42 \text{ MPa } (Q_d / 7),$$

$$Q_{ELU} \text{ (contrainte de calcul ELU)} = 0.21 \text{ MPa } (Q_u / 2),$$

$$Q_{ELS} \text{ (contrainte de calcul ELS)} = 0.14 \text{ MPa } (Q_{ELU} / 1,5).$$

En définitive, pour le dimensionnement des futures fondations d'une construction et par mesure de précaution compte-tenu des éventuelles hétérogénéités des sols d'assise, on pourra retenir une valeur de contrainte de :

- $q_{ELS} = 0.10 \text{ MPa}$;

4.2 Tassements

Il est important d'asseoir toutes les fondations sur des horizons de caractéristiques géomécaniques comparables pour éviter les problèmes de tassements différentiels.

Des tassements différentiels pourront s'opérer au contact entre les fondations présentant des cas de charges différents.

Il appartiendra au B.E.T. « Structure » et au Maître d'Œuvre de vérifier et de valider l'adaptation du projet vis-à-vis des tassements différentiels (rigidification des structures, joints de fractionnement,...).

4.3 Terrassement / soutènement

En phase chantier, les talus pourront être réalisés avec une pente de 3H/2V dans les formations meubles. On veillera toutefois à les protéger des intempéries par un polyane.

La réalisation des terrassements dans les matériaux limoneux ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Dans les formations rocheuses, l'emploi de moyens lourds voire d'un BRH, dérocteur ou autre outil seront nécessaires. L'entreprise adaptera ses outils de terrassement en fonction de la dureté des matériaux rencontrés. Le cas échéant, la mise en place d'un suivi vibratoire pourra être nécessaire.

Pour le dimensionnement des ouvrages de soutènement et des structures enterrées de construction devant soutenir les talus, l'ingénieur de structures pourra prendre en compte en première approche, les hypothèses de caractéristiques physiques et mécaniques suivantes :

Formation	Toit (m)	$\gamma^{(*)}$ (kN/m ³)	$\varphi^{(*)}$ (°)	$c^{(*)}$ (kPa)
1. Terrain de couverture	0.00	20	28	0
2. Alluvions	0.50 à 0.60	20	30	0

(*) Ces paramètres ont été estimés d'après notre expérience dans ce type de formations et devront être validés par des essais en laboratoire.

5 Voirie

Le projet prévoit la création d'un parking.

Au stade de l'étude on peut retenir une classe de trafic équivalente à une TC3₂₀ pour le futur parking.

Pour le prédimensionnement des structures types, nous avons utilisé :

- Le guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme SETRA & LCPC de septembre 1992 (GTR),
- Le catalogue des structures types de chaussées neuves du réseau routier national (1998).

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

La partie supérieure des terrassements est constituée par des sols limono-argileux de type A1.

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, entre PST n°1, AR1 et PST n°2, AR1.

Des essais IPI et Proctor seront à réaliser afin de déterminer l'état hydrique du matériau.

Compte tenu de la nature du matériau et de la voirie à réaliser, il conviendra d'atteindre à minima une PF2, c'est-à-dire un module de 50 à 120MPa.

Cette classe peut évoluer en fonction des conditions météorologiques et chuter en **PST n°0 avec AR0**. Dans ce cas on cherchera à réaliser une purge et une substitution du matériau sur une forte épaisseur moyen d'un matériau granulaire insensible à l'eau type R2. Le support doit pouvoir être reclassé en AR1 avant exécution de la couche de forme.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté.

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.

On prévoira la réalisation d'essai à la plaque pour valider la portance.

5.2 Couche de forme

Les caractéristiques de la couche de forme (matériaux utilisés et épaisseurs) sont fournies dans le fascicule II du GTR 92, en fonction des classes de PST et AR. Dans le cas d'une PST n°1 avec AR1, une solution d'amélioration de sol par liant hydraulique et à la chaux jusqu'à 50cm d'épaisseur selon une technique remblai peut conduire à une PST 2, 3 ou 4 selon le contexte.

On pourra également prévoir une purge du matériau pour exécuter la couche de forme au moyen d'un matériau granulaire insensible à l'eau type R2. On veillera à respecter les recommandations GTR lors de la mise en œuvre.

Les travaux devront être réalisés en période météorologique favorable afin d'obtenir des matériaux en état hydrique moyen à sec et pour permettre une circulation des engins sur la PST sans difficulté. 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.

On prévoira la réalisation d'essai à la plaque pour valider la portance.

5.3 Structure type de chaussée voie d'accès

Sur la base d'une assise de classe PF2, on peut proposer, à titre de prédimensionnement, les structures de chaussée suivantes :

Couches	Epaisseur
Surface	8 cm de BBSG (0/10)
Base	32cm GB3
Fondation	-
Plateforme	PF2 (EV2 > 50 MPa)

L'entreprise pourra proposer des structures différentes à justifier par note technique.

La structure de chaussée devra être vérifiée en fonction de la circulation effective prévue sur les voiries et de la tenue au gel. Lors de la réalisation des travaux, la plus grande attention sera portée sur les points suivants :

- Contrôle du niveau de portance de la plateforme,
- Respect des épaisseurs préconisées,
- Contrôle de la qualité des matériaux mis en œuvre et de leur compacité.

Par ailleurs, les GB et les BBSG seront conformes à la norme NF EN 13108 - 1

Les granulométries des matériaux hydrocarbonés seront fonction des épaisseurs mises en œuvre, qui pourront être les suivantes :

- GB (0/14 pour des épaisseurs de 8 à 14 cm),
- BBSG (0/10 pour des épaisseurs de 5 à 7 cm).

Leurs conditions de mise en œuvre sont définies par la norme NF P98-150. Les liants utilisés pour la couche d'accrochage seront adaptés au matériau hydrocarboné choisi.

Remarque : Ceci n'est donné qu'à titre d'exemple. Les matériaux disponibles sur place peuvent conduire à des dimensionnements de structure très différents. Nous nous tenons à disposition pour en vérifier la définition et les possibilités, dans le cadre d'une étude de projet.

6 Dispositions constructives

6.1 Conditions environnementales

Afin d'adapter les dispositions constructives il est nécessaire de prendre en compte l'environnement de la construction en étudiant certains facteurs pouvant avoir un effet défavorable.

- Usuellement une pente supérieure à 3% constitue un élément défavorable dans la prise en compte des conditions environnementale.
- De même, la présence de zone de stagnation d'eau témoigne de l'existence de sols imperméables qui sont généralement argileux.
- La présence de végétation est également un vecteur favorisant le retrait / gonflement.
- Le dessouchage d'arbres dans l'emprise de la construction imposera automatiquement la réalisation de fondations plus profondes de manière à fonder la maison sur un sol homogène non remanié.

6.2 Règles générales

Les recommandations générales s'appliquent à **tous les chantiers** de constructions **y compris en terrain peu ou pas sensible** au phénomène de retrait / gonflement.

6.2.1 Gestion des eaux

Les apports d'eau provenant des terrains environnants (eaux de ruissellement superficiel ou circulations souterraines) contribuent à l'apparition de mouvements différentiels du sol (phénomène de retrait-gonflement, modification des propriétés mécaniques des sols, etc.). La collecte et l'évacuation, ou le drainage, de ces apports permettent de minimiser les mouvements différentiels du sol.

La gestion des eaux, naturelles ou domestiques, doit donc être efficace. Il est nécessaire d'éviter toute rétention dommageable aux ouvrages environnant. L'étude de l'exutoire est primordiale avant de définir les moyens de captage des eaux.

L'étude et la conception pour la gestion des eaux (domestiques et naturelles) sont réalisées par un BET spécialisé. Les recommandations ici ne constituent que des préconisations générales destinées à alerter le Maître d'Ouvrage.

Compte-tenu de l'encastrement des futurs ouvrages, une installation de pompage pourra être

6.2.2 Eaux pluviales

Les eaux pluviales peuvent être redirigées vers un réseau d'assainissement pluvial collectif, un fossé ou autre type d'ouvrage prévu à cet effet.

Les eaux captées par les surfaces imperméabilisées du projet peuvent être renvoyées vers des ouvrages d'infiltrations **sous réserve que la réglementation locale l'y autorise**. Il convient d'être vigilant au respect de la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA).

De la même manière que pour la gestion des eaux domestiques, ce réseau doit être le plus visitable et curable possible, pour cela des regards doivent être implantés aux principaux changements de directions et en amont et aval des ouvrages particuliers.

6.2.3 Gestion de la végétation

Les souches et racines les plus grosses peuvent, en pourrissant, créer des zones de décompression ou de circulation d'eau préférentielle.

Le dessouchage des arbres doit être réalisé avec le plus grand soin. Les fondations de l'ouvrage doivent reposer sur un terrain homogène non remanié.

Cette opération doit être maîtrisée par l'ensemble des intervenant concernés (constructeurs, maîtres d'œuvre, maçons...).

6.2.4 Construction suivant les règles de l'Art

Il conviendra de respecter un angle de fuite au plus égal à 3H/2V (3 horizontalement, 2 verticalement) entre les bases des fondations voisines établies à des cotes différentes et entre les bases de fondations et les pieds de talus et/ou d'ouvrages voisins.

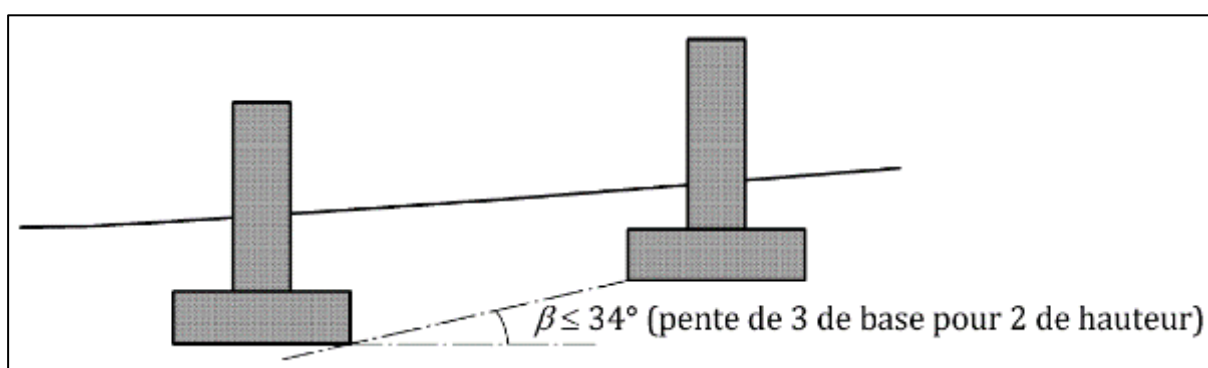


Figure 7

Pour les fondations implantées à proximité des têtes de talus, une diminution de la capacité portante des sols d'assiette devra être prise en compte ; cette diminution est d'autant plus importante lorsque la pente du talus augmente. L'inclinaison des charges sur la fondation, selon la direction opposée à la pente du talus, limitera voire négligera la perte de portance des sols.

7 Recommandations générales

7.1 Etudes d'exécution

L'entreprise en charge de la réalisation des travaux devra dimensionner ses ouvrages dans le cadre d'une mission G3 phase étude. Si l'entreprise juge insuffisantes les données géotechniques présentes dans les études G2, elle prévoira la réalisation de sondages complémentaires et ce avant remise de son offre.

7.2 Supervision et suivi géotechnique d'exécution

Des contrôles et vérifications devront être réalisés durant l'exécution des travaux afin de valider les hypothèses retenues et de les adapter si nécessaire. Parallèlement à la mission G3 phase suivi de l'entreprise, une mission de supervision géotechnique d'exécution (mission G4) devra être prévue par la maîtrise d'oeuvre/d'ouvrage. Elle permettra de vérifier la conformité de l'étude G3 vis-à-vis du projet.

7.3 Méthode observationnelle

Il est indispensable de mettre en place un suivi observationnel suivant la méthode observationnelle (Eurocode 7). Ce suivi consiste en :

- Définition d'un programme de mesure et de contrôle ;
- Définition des seuils d'alertes pour chaque phase de la construction ;
- Analyse des résultats des mesures et adaptation du projet et des méthodes de réalisation ;

Annexes

Annexe 1 : Tableau des missions géotechniques normalisées

Annexe 2 : Classification des missions d'ingénierie géotechnique

Annexe 3 : Plan d'implantation des sondages

Annexe 4 : Sondages pénétrométriques

Annexe 1 : Tableau des missions géotechniques normalisées

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'oeuvre	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

Annexe 2 : Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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 :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir 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.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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.

— 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).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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'oeuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

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

— 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.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'oeuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— 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.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en oeuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir 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.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- 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)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'oeuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

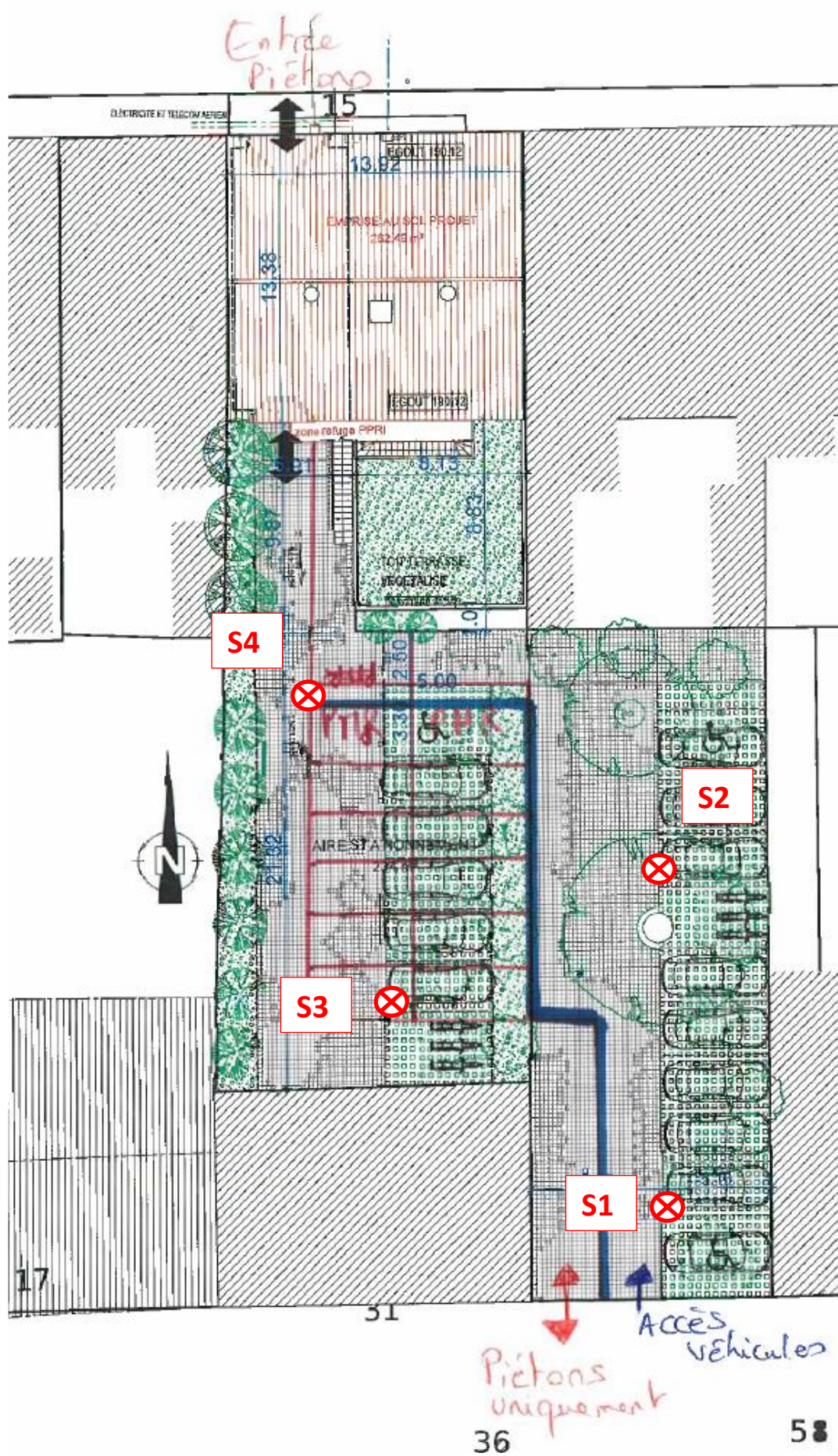
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'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 3 : Plan d'implantation des sondages



Annexe 4 : Sondages pénétrométriques

Mesures de couple :

[illegible]

Mesures de couple :

[illegible]

Mesures de couple :

[illegible]

Mesures de couple :

[illegible]