

Ilot Mireur Théâtre

G5

Affaire : D240500419 G5

INDICE 1 du 04/09/2024



Projet : Diagnostic géotechnique d'un ensemble de 4 immeubles de ville mitoyens

Adresse : 4 rue Frédéric Mireur – Draguignan (83)

Client : SAIEM DRAGUIGNAN

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	6
2.3.1	Géologie	6
2.3.2	Retrait gonflement des argiles	6
2.3.3	Hydrogéologie	7
2.3.4	Séisme	7
2.3.5	Zone d'influence géotechnique (ZIG)	7
3	Investigations géotechniques	8
3.1	Programme réalisé	8
3.2	Résultats des sondages in situ	8
3.3	Modèle géotechnique	8
3.4	Fondations de l'existant	9
4	Application au projet	13
4.1	Contraintes admissibles à la base des fondations	13
4.2	Gestion des eaux et drainage	15
4.3	Synthèse	16
5	Application au projet	17
5.1	Contraintes du site	17
5.2	Evolution des désordres et préconisations	17
5.3	Création de nouveaux appuis	18
5.4	Tassements	19
6	Travaux de reprise en sous œuvre en cas d'augmentation des descentes charges	20
6.1	Règles générales	20
6.2	Sujétions d'exécution des fondations profondes :	21
7	Gestion des eaux	22
7.1	Phase chantier	22
7.2	Phase définitive	22
7.3	Eaux pluviales	22

7.4	Eaux souterraines _____	23
7.5	Protection et étanchéification des canalisations enterrées _____	23
7.6	Dispositif de drainage _____	23
8	<i>Aléa géotechnique résiduel</i> _____	24
8.1	Terrains en place _____	24
8.2	Phasage des travaux, en fonction des ouvrages retenus _____	24
8.3	Présence d'ouvrages enterrés existants _____	24
9	<i>Recommandations générales</i> _____	25
9.1	Etudes d'exécution _____	25
9.2	Supervision et suivi géotechnique d'exécution _____	25
9.3	Méthode observationnelle _____	25
Annexes	_____	26

1 Préambule

La SAIEM DRAGUIGNAN a confié à BEGT une mission G5 dans le cadre de la réhabilitation d'un ensemble de 4 immeubles de ville mitoyens située 4 rue Frédéric Mireur sur la commune de Draguignan (83).

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

Ce diagnostic géotechnique précise l'influence d'un ou des éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

2 Projet

2.1 Présentation du projet

Le projet comprend la réhabilitation d'un ensemble de 4 immeubles de ville mitoyens.

Documents communiqués

- Etude de faisabilité du 16 octobre 2023.

2.2 Situation géographique

2.2.1 Plans de localisation

Le terrain étudié se situe 4 rue Frédéric Mireur sur la commune de Draguignan (83). Il est situé sur les parcelles cadastrales AB 156, AB 158 et AB 160.



Figure 1 : Photo aérienne (Google Earth)

2.2.2 Description du site

La zone d'étude est accessible via la rue Frédéric Mireur. Les immeubles étudiés sont de type R+4/5 avec des niveaux partiels de caves en sous-sol.

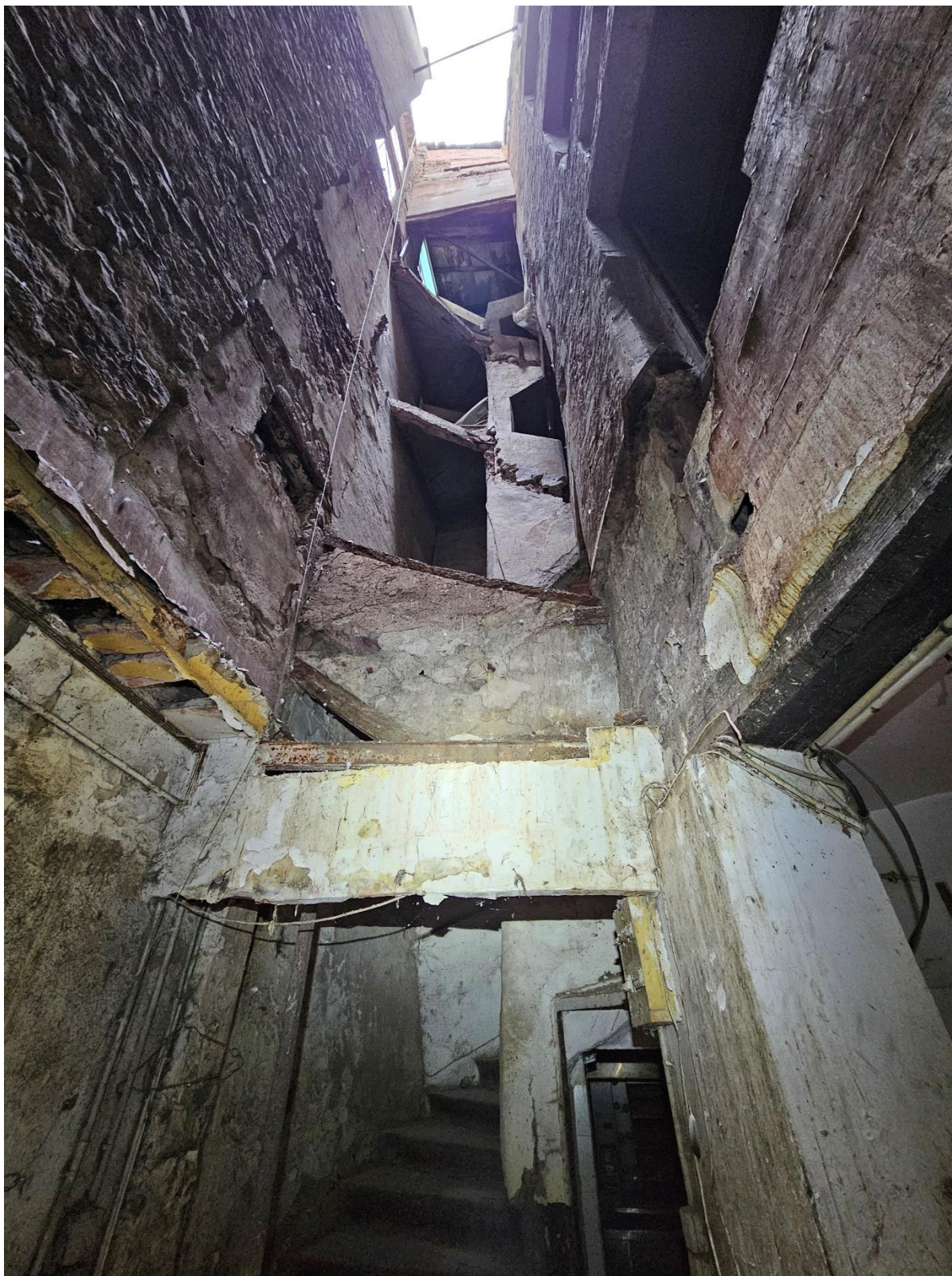


Figure 2

Les bâtiments présentent un état de délabrement avancé ainsi que des désordres de fissurations importants.



Figure 3

Le recensement complet des désordres affectant les bâtiments n'est pas l'objet du présent rapport. Néanmoins, l'importance de ces derniers entraînent des risques d'instabilité des constructions et devront faire l'objet d'un diagnostic structure poussé.

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 Muschelkalk supérieur composé de **dolomies**. Ces formations peuvent être recouvertes d'une épaisseur variable de remblais en fonction des aménagements du site.

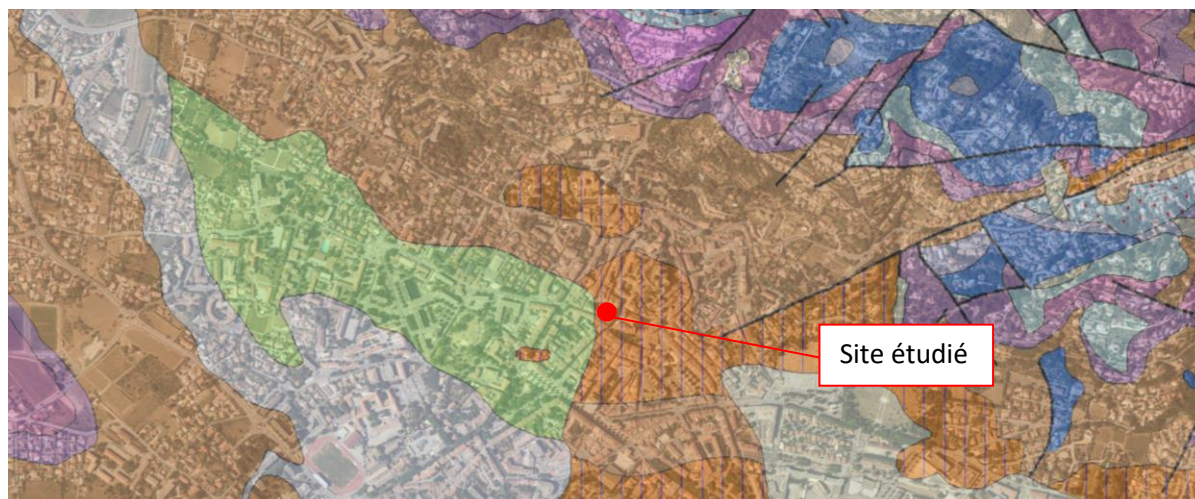


Figure 4 : Carte géologique (<http://infoterre.brgm.fr/>)

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**.

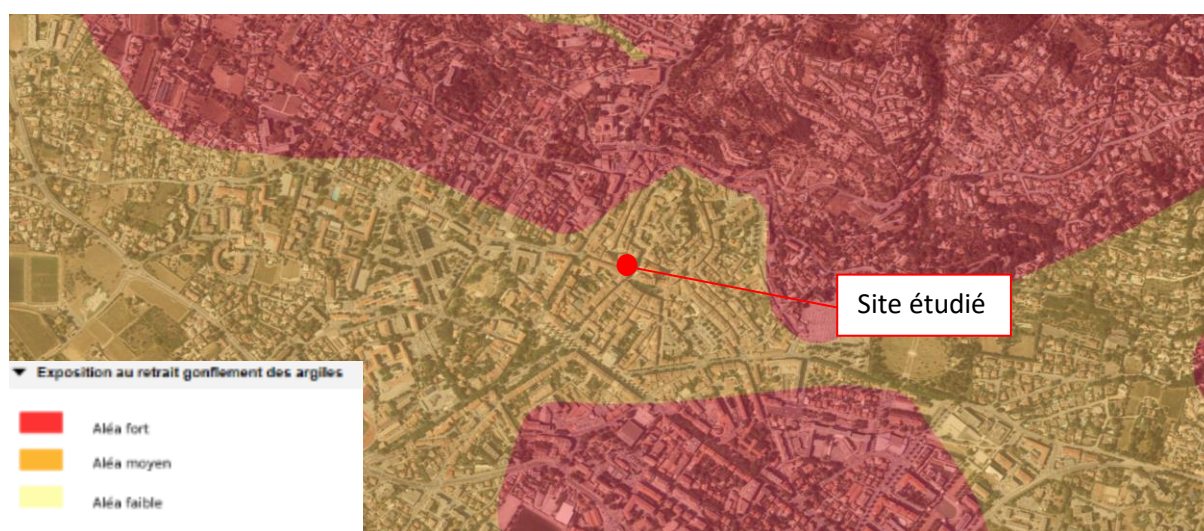


Figure 5 : Carte de l'exposition au retrait gonflement (<http://infoterre.brgm.fr/>)

2.3.3 Hydrogéologie

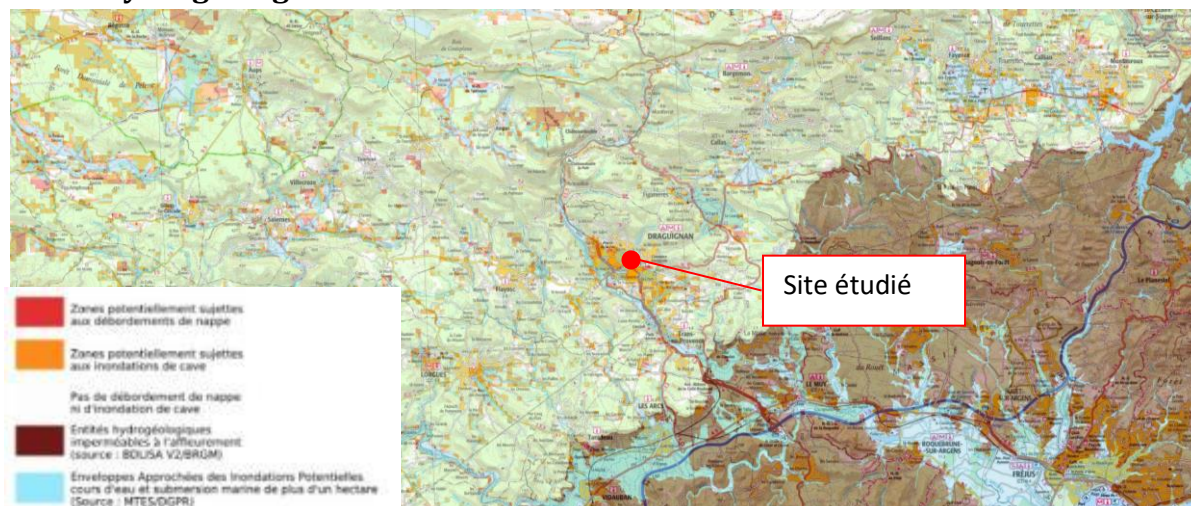


Figure 6 : Carte de l'exposition aux remontées de nappe (<http://infoterre.brgm.fr/>)

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, les caves étaient très humides et les sondages ont recoupé des circulations d'eau.

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/s²)	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 **04/08/2024**. La campagne de sondages se compose de :

- 1 campagne de sondages au pénétromètre dynamique lourd ;
- 1 campagne de fouilles de reconnaissance de fondation.

Le résultat 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 : Remblais**
 - Toit de la couche : 0m/TA ;
 - Base de la couche : 0.10m/TA à 0.60m/TA
 - Épaisseur : 0.10m 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 : Argiles à blocs**
 - Toit de la couche : 0.10m/TA à 0.60m/TA (sondages réalisés u niveau R-1)
 - Base de la couche : non reconnue
 - Épaisseur : importante
 - Terme de pointe : $Q_d > 10\text{MPa}$
 - Description : Argiles à cailloutis et blocs présentant des caractéristiques géomécaniques variables mais localement très faibles dans les zones recoupées par des circulations d'eau souterraines. Le terrassement y nécessite généralement des moyens lourds.

3.3 Modèle géotechnique

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

Formation	Toit (m)	$\gamma(*)$ (kN/m ³)	$\varphi'(*)$ (°)	$c'(*)$ (kPa)
1. Remblais	0.00	20	28	0
2. Argiles	0.10 à 0.60	20	27	5

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

3.4 Fondations de l'existant

Nous avons réalisé une campagne de reconnaissance de fondations aux niveaux R-1 des bâtiments existants.

Les reconnaissances ont montré des fondations de type moellons maçonnés à très faible ancrage, sans débords, et dont l'arrase inférieure se situe entre -0.20m et -0.40m par rapport au sol du niveau de caves R-1.

Fouille F1 :



Moellons sans débord ancré à -0.20m/TA.

Fouille F2 :



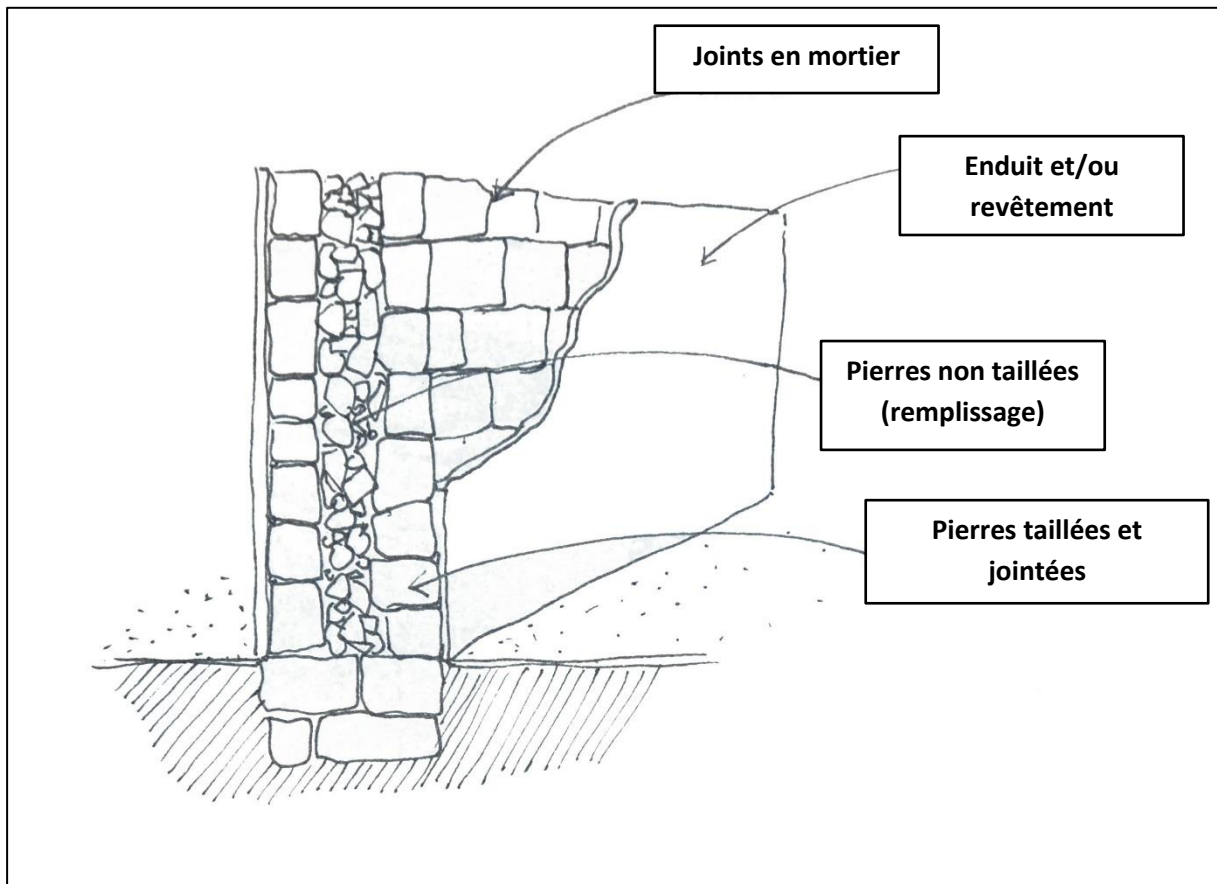
Moellons sans débord ancré à -0.40m/TA.

Fouille F3 :



Moellons sans débord ancré à -0.30m/TA.

Les reconnaissances ont montré des structures de murs maçonnés en pierre. Un sondage destructif par percement et inspection à l'endoscope a permis d'observer une structure telle que décrite dans le schéma ci-dessous.



Au niveau des façades mitoyennes, la structure semble être commune. L'interaction entre le projet et les mitoyens liés structurellement est donc à prendre en compte dans la conception du projet.

4 Application au projet

4.1 Contraintes admissibles à la base des fondations

Il est important d'asseoir toutes les fondations sur des horizons de caractéristiques géomécaniques comparables pour éviter les problèmes de tassements différentiels, ce qui n'est pas le cas au niveau des bâtiments composant l'ilot.

Lors de la réalisation de notre intervention sur site, le terrain était sec en surface mais des circulations d'eau ont été interceptées par nos sondages au travers de zones décomprimées à des profondeurs variables.

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

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

À partir des essais de pénétration dynamique (références DTU 13.12), on calcule **une contrainte de rupture qu** 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 qu** est obtenue par :

$$q_u = s_c c N_c + 1/2 \gamma s_\gamma B N_\gamma + s_q D \gamma N_q$$

Avec :

γ : masse volumique du sol éventuellement déjàugée

s_c, s_γ, s_q : coefficients de forme et

$s_c = 1 + 0,2 B/L$

$s_\gamma = 1 - 0,2 B/L$

$s_q = 1$

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

$$q_u = q_d/5 \text{ à } 7$$

- **CONTRAINTE DE CALCUL A L'ÉTAT LIMITE ULTIME (ELU)**

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

$$q_{ELU} = \frac{1}{q} (q_u - \gamma D) + \gamma D$$

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 prédimensionnement 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.

- **CONTRAINTE DE CALCUL A L'ÉTAT LIMITE DE SERVICE (ELS)**

Elle est calculée de la même façon qu'à l'ELU, le coefficient g_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 des fondations ancrées dans les argiles, les sondages pénétrométriques dynamiques offrent des valeurs de résistance dynamique q_d supérieures ou égales à 4.00MPa ;

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

$q_d = 4.00\text{MPa}$,
 q_u (contrainte de rupture moyenne) = 0.57MPa ($q_d/7$),
 q_{ELU} (contrainte de calcul ELU) = 0.28Ma ($q_u/2$),
 q_{ELS} (contrainte de calcul ELS) = 0.19MPa ($q_{ELU}/1,5$).

Au niveau de la base des fondations ancrées dans les zones décomprimées, siège de circulations d'eau souterraines, les sondages pénétrométriques dynamiques lourds offrent des valeurs de résistance dynamique q_d inférieures ou égales à 1.00MPa ;

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

$q_d = 1.00\text{MPa}$,
 q_u (contrainte de rupture moyenne) = 0.14MPa ($q_d/7$),
 q_{ELU} (contrainte de calcul ELU) = 0.07Ma ($q_u/2$),
 q_{ELS} (contrainte de calcul ELS) = 0.04MPa ($q_{ELU}/1,5$).

On note donc une variation très importante de la capacité portante des fondations en fonction du niveau d'assise ce qui peut être à l'origine d'un phénomène de tassement différentiel.

De plus, certaines zones présentes des valeurs de portance suffisamment faibles pour représenter potentiellement un défaut de portance.

4.2 Gestion des eaux et drainage

Au niveau des reconnaissances effectuées, aucun dispositif de drainage n'a été observé et des traces d'infiltration et de remontées humides étaient visibles.

De plus, Lors de la réalisation de notre intervention sur site, nos sondages ont recoupé des circulations d'eaux souterraines.



Compte-tenu de ces différents facteurs, l'inefficacité du système de gestion des eaux peut avoir joué un rôle dans l'apparition des désordres affectant le bâtiment en affectant les paramètres géomécaniques du sol d'assise.

4.3 Synthèse

Le diagnostic réalisé sur les bâtiments composant l'ilot Mireur-Théâtre a fait ressortir des carences liées à la fois à un aspect géotechnique et structurel.

Ces carences ont conduit à l'apparition de désordres qui résultent très certainement de la conjonction de plusieurs facteurs comme :

- Différence de capacité portante entre les différentes fondations liée à l'existence de circulations souterraines ;
- Défaut de portance localisé ;
- Absence de joints de fractionnement entre les différentes parties de la construction et **faiblesses structurels ?** ;
- Inefficacité du système de drainage et de gestion des eaux de pluies ;

L'ensemble de ces éléments peut avoir un impact sur les paramètres géomécaniques de la couche d'assise de la fondation et donc entraîner un phénomène de tassement différentiel.

Dans tous les cas, nous préconisons également de faire réaliser un diagnostic structure complet par un BET structure spécialisé de la construction afin de déterminer les carences structurelles et préconiser les renforcements nécessaires en fonction des futurs aménagements.

5 Application au projet

5.1 Contraintes du site

Les investigations réalisées ont montré que les bâtiments existants reposent sur des matériaux argileux peut compacts et présentant des caractéristiques géomécaniques faibles. Du point de vue hydrogéologique, des circulations d'eaux ont été interceptées au droit des sondages réalisés.

Au niveau des façades mitoyennes, la structure semble être commune aux deux bâtiments. L'interaction des deux bâtiments est donc à prendre en compte dans la conception du projet.

Quelles que soient les solutions choisies pour les travaux de rénovation, celles-ci devront être attentivement étudiées par les concepteurs, compte tenu des incertitudes sur les ouvrages mitoyens existants (mode de fondation, rigidité, ...), et donc sur les déformations admissibles de ces ouvrages.

5.2 Evolution des désordres et préconisations

Compte-tenu des faibles valeurs de contraintes admissible misent en avant par nos sondages, toute nouvelle charge pourrait entraîner un tassement supplémentaire potentiellement préjudiciable à la structure existante.

Avant toute modification, un bilan précis des descentes de charges est à réaliser impérativement.

Il est indispensable de déterminer les descentes de charges du bâtiment existant ainsi que les nouvelles charges engendrées par les futurs aménagements afin de préciser l'éventuel accroissement de charges.

Il est également nécessaire de déterminer les éventuelles carences du bâtiment existant et le cas échéant, définir les travaux de confortement nécessaires (rigidification de l'ossature du bâtiment, reprise en sous œuvre).

Compte-tenu de l'ancienneté des constructions, il est réaliste de prendre en compte que les sols d'assise à la base des fondations existantes soient sur-consolidés.

En effet, depuis la construction des bâtiments, les sols d'assise ont tassé dans le temps au fur et à mesure de l'édification et une consolidation s'est produite.

De ce fait, et dans le cas où les futurs aménagements n'apporteraient pas de charges supplémentaires, voir un allègement de la structure, il est possible de prendre en compte, au moins ponctuellement que les fondations du bâtiment travaillent en dehors des coefficients de sécurité actuels dans la conception des futurs aménagements.

5.3 Création de nouveaux appuis

L'assise de fondation des éventuels nouveaux appuis devra être homogène et constituée en tout point d'appui par les niveaux suffisamment consistants représentés par les argiles à cailloutis rencontrés à faible profondeur par rapport au niveau de la dalle du R-1.

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.

Compte-tenu de l'hétérogénéité des argiles ainsi que des purges des structures de l'existant à réaliser, des rattrapages en gros béton sont à prévoir.

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 les argiles relativement raides.

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.

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} égale à 0.19MPa (1.90bars).

5.4 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. **Dans le cas d'une structure complémentaire fondée indépendamment des existants, des tassements par influence pourront survenir sur ceux-ci nécessitant de prévoir la réfection des désordres éventuels.**

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,...).

6 Travaux de reprise en sous œuvre en cas d'augmentation des descentes charges

6.1 Règles générales

Dans le cas où les nouveaux aménagements engendreraient un accroissement des charges sur le système de fondation existant et/ou si le système de fondation existant s'avérait insuffisant pour supporter les charges de l'ouvrage, une solution de reprise en sous-œuvre par micropieux devra être réalisée.

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.

Dans le cas d'une reprise en sous-œuvre des fondations du bâtiment existant, il sera indispensable de vérifier que la structure existante présente une rigidité suffisante pour reprendre les charges transmises par la construction entre chaque micropieu.

Dans tous les cas, la réalisation en sous-œuvre d'une longrine de répartition sera à prévoir.

Compte-tenu des résultats des investigations réalisées, de la géométrie du futur projet, de la présence d'eau à faible profondeur et des caractéristiques géomécaniques des sols en place, le système de fondation retenu pourra être composé d'un ensemble de micropieux.

Le(s) type(s) de pieux, selon la norme NF P94-262, envisageable(s) pour la réalisation des fondations de l'ouvrage projeté est (sont) figuré(s) ci-dessous :

- Micropieu type II (classe 1bis / catégorie 18 / M2) ;
- Micropieu foré injecté mode IGU = type III (classe 8 / catégorie 19 / PIGU) ;

En première approche on pourra retenir les valeurs de q_s suivantes :

Couche	Q_s micropieu type II (kPa)	Q_s micropieu type III (kPa)
Remblais	0	0
Argiles	80	120

Des sondages complémentaires, de type forages destructifs avec essais pressiométriques sont indispensable afin de valider les valeurs de q_s . Ces sondages peuvent être réalisés dans le cadre d'une mission G2PRO.

Les règles de calcul à suivre pour le dimensionnement de ce type de fondations sont celles de l'application nationale de l'Eurocode 7 (norme NF P94-262, NF P 94-262/A1, EN 1993-5...).

Conformément à la norme NF P 94-262/A1, pour des pieux ne travaillant qu'en compression aux ELS QP, ELS CARA et ELU FD, un enrobage de 5cm convient comme protection contre la corrosion.

L'épaisseur sacrifiée à la corrosion est définie aux tableaux 4.1 et 4.2 de l'EN 1993-5.

6.2 Sujétions d'exécution des fondations profondes :

Les micropieux doivent être réalisés conformément à la norme NF EN 14199, pour les pieux foncés il convient de se référer à l'EN 12699 ;

Une neutralisation des remblais (chemisage) pour éviter les frottements négatifs est impérative ;

L'entreprise adaptera sa méthode de forage aux conditions d'exécution et à l'exiguïté du chantier ;

Le nombre et le type essais de portance des micropieux doivent être réalisés conformément au paragraphe 8.9 de la norme NF P 94-262 et 11 de la norme NF P 94-262/A1 ;

On portera une attention aux éventuelles variations de faciès ou anomalie lors de l'exécution de ces travaux qui seront considérés comme une reconnaissance de sol complémentaire :

- Les variations de faciès et anomalies de forages sont consignées sur les fiches de forage ;
- Un enregistrement des paramètres de forage est indispensable ;
- Il convient que le rapport eau/ciment soit adapté aux conditions réelles du terrain et il convient que ce rapport ne soit pas supérieur à 0,55 ;
- Sur le chantier, il convient de soumettre les coulis aux essais courants suivants :
 - Masse volumique au niveau du malaxeur et lorsque cela s'applique, à l'entrée et à la sortie du forage ;
 - Viscosité (valeur de Marsh), lorsque cela s'applique ;
 - Ressuage ;

Les enrobages minimaux sont donnés dans le tableau suivant (extrait NF EN 14199) :

Classe d'exposition ^a	Agressivité chimique	Élément porteur avec enrobage de coulis		Élément porteur avec mortier	
		Compression	Tension	Compression	Tension
X0	Avec tubage permanent	10	10	25	25
X0, XC1 - XC4	Absence d'agressivité	20 ^b	20 ^b	35	40
XD1, XD2	Chlorure, sauf eau salée	20	20	35	40
XS1	Chlorure, provenant d'eau salée	20	20	35	40
^a Pour les autres classes d'exposition de l'EN 206, l'enrobage minimal est indiqué dans l'EN 1992-1-1:2004, Article 4, et dans l'annexe nationale en vigueur.					
^b Pour une durée de vie en service de 5 ans maximum, l'enrobage minimal de coulis peut être réduit à 10 mm.					

Dans le cas d'une structure complémentaire fondée sur micropieux, cette solution doit prévoir une désolidarisation de la structure du plancher et de ses poteaux porteurs vis à vis des mitoyens. Des tassements par influence se produiront sur ceux-ci nécessitant de prévoir la réfection des désordres éventuels par influence sur l'existant.

7 Gestion des eaux

7.1 Phase chantier

Il conviendra de mettre en œuvre un dispositif de pompage adapté aux matériaux et débit du site.

La mise en place d'un décanteur est indispensable de manière à ne pas rejeter de particules dans l'exutoire. Dans tous les cas l'exutoire devra être adapté à recevoir ces eaux et le concessionnaire du réseau devra donner son accord. Un rejet dans le milieu naturel peut être soumis à autorisation.

L'entreprise en charge des travaux de pompage devra décrire sa méthodologie de travail et les moyens de contrôle du débit et des niveaux d'eau notamment à l'extérieur de l'enceinte périphérique.

En fonction de la durée du pompage et des volumes rejetés il appartient au Maître d'Ouvrage de réaliser une déclaration ou autorisation de rejet.

Les eaux présentes dans les fouilles de fondations devront être évacuées et les fond de fouilles curés de manière à éliminer toutes poches gorgées d'eau. Les fondations ne seront en aucun cas coulées en période défavorable.

7.2 Phase définitive

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.

7.3 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 renvoyer vers des ouvrages d'infiltrations **sous réserve que le 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.

Les prescriptions suivantes sont également à prendre en compte :

- L'infiltration des eaux pluviales aux abords des fondations doit être évitée par la création par exemple d'une zone de rétention au-dessus des semelles ;
- Le raccordement aux réseaux collectifs est à réaliser en respectant les directives sanitaires en vigueur.

7.4 Eaux souterraines

Dans le cas de suspicions ou de découverte de zones de circulation d'eau qui pourraient créer des variations hydriques il conviendra de prévoir un dispositif de drainage autonome conforme aux règles de l'Art.

Les ouvrages enterrés recevront une protection étanche type cuvelage ou membrane dont l'application sera conforme au DTU 20.1.

7.5 Protection et étanchéification des canalisations enterrées

Il convient de s'assurer de l'absence de fuite pouvant entraîner des variations locales d'humidité. Les fuites peuvent résulter d'un défaut de conception ou de mouvements différentiels du sol qui ne sont pas forcément liés au retrait / gonflement.

Les canalisations doivent être parfaitement étanchéifiées :

- Les tuyaux PVC sont collés pour les réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales ;
- Les liaisons des regards de pieds de chute des eaux de toiture avec les tuyaux sont parfaitement étanches ;
- Le tracé et la conception des réseaux sont à étudier de façon à minimiser le risque de rupture ;
- Utilisation de matériaux non fragile, flexible et protégée par un enrobage suffisant de sable ;
- Mise en place de joints souples dans zones de raccordement, ces produits doivent être conformes aux normes en vigueur et / ou faire l'objet d'un avis technique ;
- **En aucun cas les canalisations ne traverseront les fondations ;**
- Les canalisations longeront au minimum les ouvrages, limitant ainsi l'impact de fuites accidentelles en cas de rupture ;
- Un entretien régulier des ouvrages de collecte est à prévoir ;

7.6 Dispositif de drainage

Le dispositif de drainage doit permettre de capter les eaux de ruissellement et souterraines susceptibles de passer sous la construction. Les principes de réalisation de ces drains sont donnés par la norme NF DTU 20.1.

8 Aléa géotechnique résiduel

Des aléas géotechniques résiduels subsistent à l'issu de notre mission notamment au niveau des parties existantes inaccessibles au moment de notre intervention. De plus, l'exigüité de la zone d'étude a nécessité l'utilisation de matériel manuable de faible puissance.

8.1 Terrains en place

Si nécessaire, des sondages complémentaires seront réalisés une fois la méthodologie de construction arrêtée afin de valider et/ou adapter le modèle géotechnique.

8.2 Phasage des travaux, en fonction des ouvrages retenus

Compte tenu du contexte du site et du projet, le phasage des travaux est à analyser et à prévoir en détail en phase PRO et EXE. En effet, le phasage des travaux peut conditionner le choix des solutions à retenir.

8.3 Présence d'ouvrages enterrés existants

Des ouvrages enterrés existants potentiels (fosses, anciennes fondations, réseaux, ...) pourraient nécessiter des opérations de purge/substitution très soignées, notamment dans le cas d'ouvrages situés dans l'emprise des futures aménagements et appuis.

9 Recommandations générales

9.1 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, elle prévoira la réalisation de sondages complémentaires et ce avant remise de son offre.

9.2 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'œuvre/d'ouvrage. Elle permettra de vérifier la conformité de l'étude G3 vis-à-vis du projet.

9.3 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

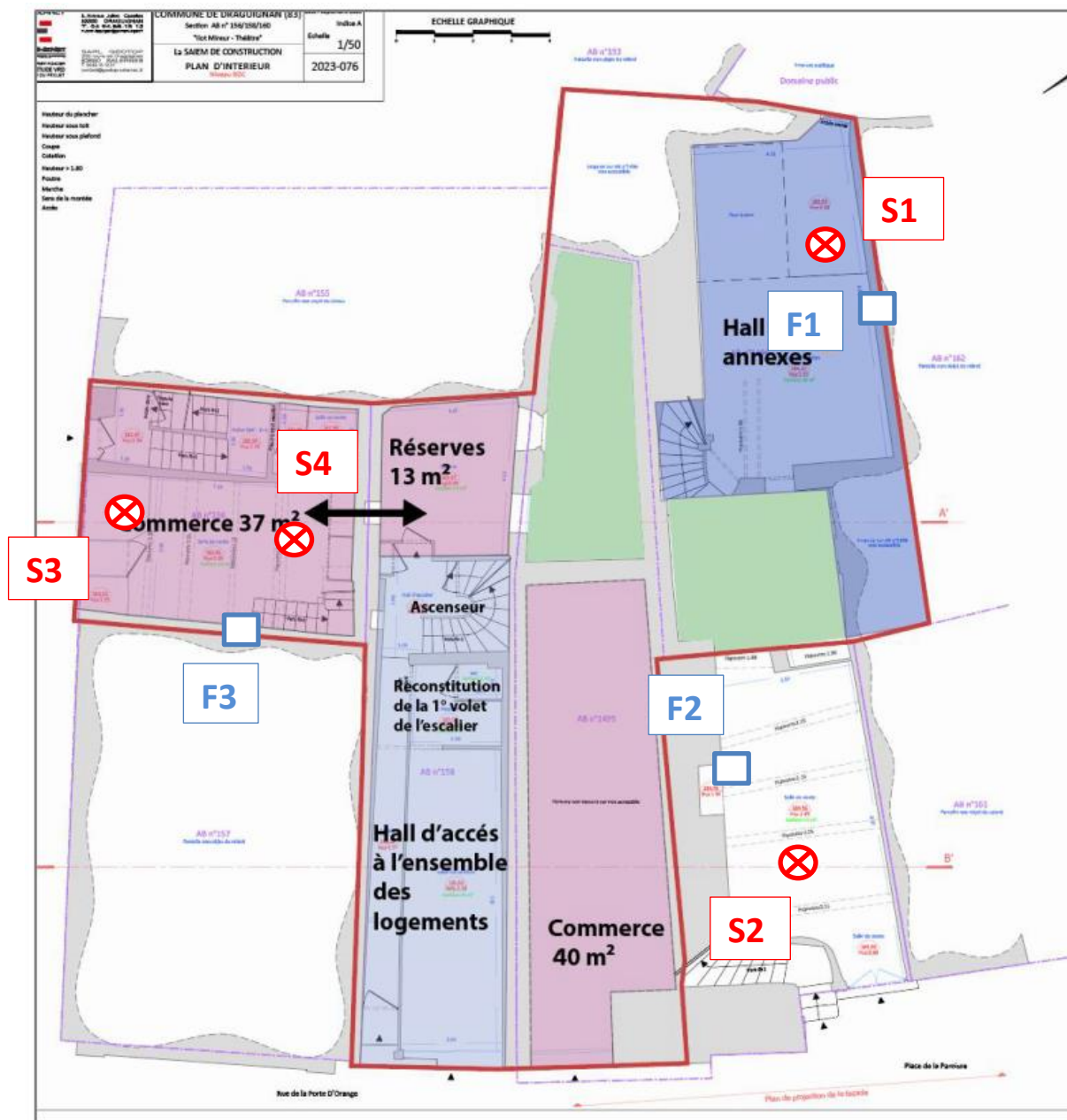
- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique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

