



LAVAL – 53

Impasse du Bourny

Construction de logements collectifs



ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION

Mission G2

Phase Avant-Projet (AVP)



DUNES DES FLANDRES

9 rue des Fossés

35 000 RENNES

					AFFAIRE N° RE004184
DATE	REDACTEUR	VERIFICATEUR	MODIFICATION	DOCUMENT	INDICE
15/09/2021	Marie AGOSSOU	Mickaël RODIEN		01	A



BRETAGNE

16, rue des Petits Champs
CS 66853
35768 ST GRÉGOIRE CEDEX
02 99 36 37 55
fondouest-bretagne@fondouest.com

SOMMAIRE

1.	PRESENTATION DE LA MISSION	3
2.	DOCUMENTS D'ETUDE.....	3
3.	CONTEXTE GENERAL.....	4
3.1	Situation – Etat des lieux	4
3.2	Géologie.....	6
3.3	Risques naturels.....	7
3.4	Historique	7
4.	RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	12
4.1	Programme réalisé.....	12
4.2	Topographie.....	12
4.3	Lithologie	13
4.4	Caractéristiques mécaniques.....	13
4.5	Hydrogéologie.....	14
5.	RECOMMANDATIONS TECHNIQUES	14
5.1	Données générales du projet.....	14
5.2	Zone d’Influence Géotechnique (Z.I.G.).....	15
5.3	Travaux préparatoires.....	16
5.4	Terrassements	16
5.5	Gestion de l’eau	16
5.6	Fondations de la structure	17
5.7	Niveau bas.....	18
5.8	Parasismique.....	19
6.	ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES.....	20

ANNEXES

- ▶ Sondages de reconnaissance avec essais pressiométriques (9 pages)
- ▶ Plan d'implantation des sondages (2 pages – Format A3)
- ▶ Conditions générales (2 pages)
- ▶ Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2013 (2 pages)



1. PRESENTATION DE LA MISSION

Le projet concerne la construction de logements collectifs impasse du Bourny à LAVAL (53).

Dans ce cadre, nous avons réalisé, à la demande du **GROUPE EDOUARD DENIS** et pour le compte des **DUNES DE FLANDRES**, une **étude géotechnique de conception (G2), phase Avant-Projet (AVP)** au sens de la norme NF P 94-500 qui a pour but de :

- décrire la structure géologique du site, et indiquer la nature des différentes assises rencontrées,
- préciser les niveaux de circulation aquifère et, éventuellement, celui de la nappe phréatique,
- définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet, en particulier les fondations de la structure et du dallage, et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (notamment terrassements, fondations, niveau bas, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants),
- donner le ou les principe(s) constructif(s) envisageable(s) et les principes d'adaptation sol-structure,
- fournir une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique : fondations et niveau bas.

Exclusions : cette étude ne comprend pas :

- les études structurelles,
- la mesure de la perméabilité des horizons en place,
- l'étude des voiries et places de parking VL,
- l'étude de l'espace communautaire,
- l'approche des quantités, coûts et délais.



2. DOCUMENTS D'ETUDE

Cette étude a été réalisée à partir des documents suivants :

▶ LES DOCUMENTS RELATIFS AU MARCHE

- offre technique et financière, référencée DRE014366, datée du 10/06/21 et acceptée le 20/07/21.

▶ LES DOCUMENTS D'ETUDE RELATIFS AU PROJET

- les documents de LAVAL AGGLOMERATION concernant l'ancienne carrière présente dans l'emprise de la parcelle étudiée :
 - article sur la carrière Sud du Bourny, daté du 03/04/2018,
 - article sur l'évolution du Bourny à l'époque moderne, non daté,
 - frise historique du quartier du Bourny,
 - article sur l'histoire de la carrière du Bourny, avec repérage des différentes zones de carrière,

- les documents fournis par le GROUPE EDOUARD DENIS, relatifs au projet :
 - plan de masse du projet, étude de faisabilité, échelle 1/1 000, daté du 02/04/21,
 - dossier de plans phase Esquisse 1, du 02/06/21, comprenant :
 - ▶ plans de masse du projet (V1 et V2), échelle 1/1 250,
 - ▶ tableau récapitulatif du projet,
 - ▶ plans RDC et R+1 à R+3 du projet, échelle 1/500,
 - plan de masse du projet, non daté et sans échelle.

Remarque : le plan topographique du site existant ne nous a pas été fourni dans le cadre de la présente étude.

▶ LES DOCUMENTS D'ARCHIVES FONDOUEST DANS LE SECTEUR D'ETUDE

- étude géotechnique G11, réalisée pour la création d'un lotissement résidentiel et commercial sur la zone du Bourny, référencée 99/6318, datée du 30/08/1999,
- rapport de mission G2 phase AVP, réalisé pour le compte de M. RECTON, pour la construction d'une maison individuelle, référencé RE02886-01A, daté du 29/06/2018.

▶ LES DOCUMENTS DE REFERENCE

Les principaux documents de référence utilisés pour cette étude sont :

- NF P 94-500 : Missions d'ingénierie géotechnique,
- NF EN 1997 : Eurocode 7 – Calcul géotechnique,
- NF P 11-213-2 : DTU 13.3 – Dallages, conception, calcul et exécution,
- NF P 94-261 : Fondations superficielles,
- NF DTU 13.1 : Travaux de bâtiment – Fondations superficielles,
- guide de réalisation des remblais et des couches de forme, LCPC/SETRA,
- guide de remblayage des tranchées, LCPC/SETRA.

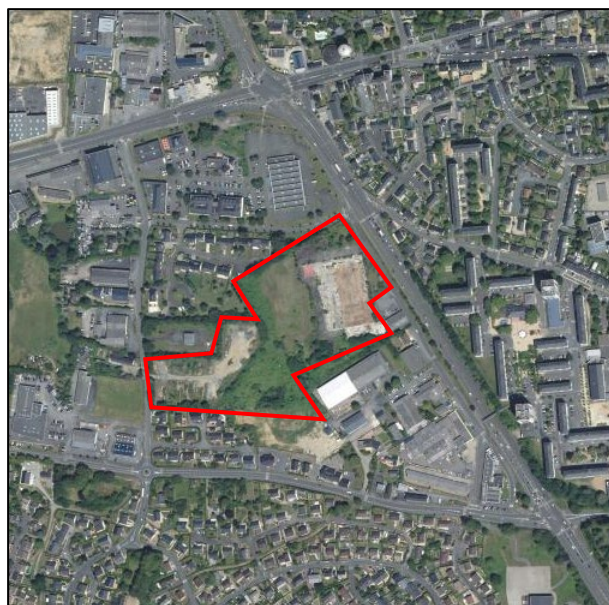
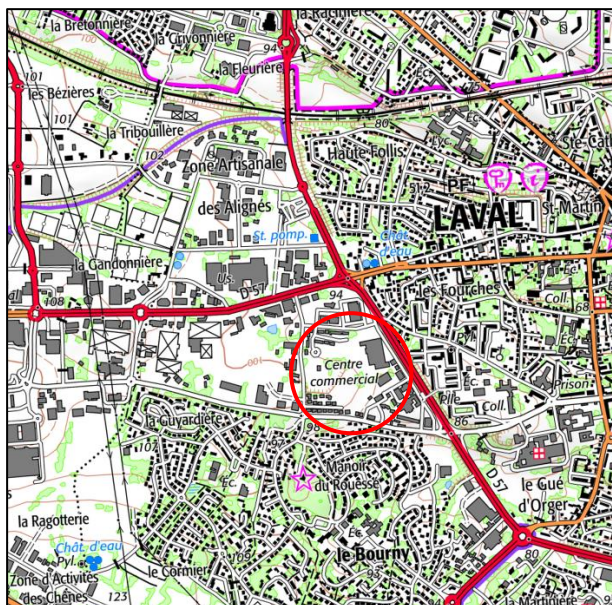


3. CONTEXTE GENERAL

3.1 SITUATION – ETAT DES LIEUX

3.1.1 SITUATION DU SITE

Le site étudié est situé entre la rue du Bourny et la rue Léon Jouhaux à LAVAL (53).



Plan de situation et vue aérienne du site – Source : Géoportail

3.1.2 DESCRIPTION DU SITE

Au moment de la réalisation de l'intervention, en août 2021, le site était libre de toute construction et occupé par :

- à l'Ouest : une plateforme de stockage de matériaux,
- à l'Est : une zone recouverte d'enrobé, et en partie enherbée et partiellement boisée, occupée en partie par la dalle béton d'un ancien bâtiment industriel aujourd'hui démoli.



Photographie de la zone Ouest du site – Source : Géoportail



Photographie de la zone Est du site – Source : visite FONDOUEST

3.2 GEOLOGIE

D'après la carte géologique de la région au 1/50 000, feuille n°319 de LAVAL (53), et les précédentes études réalisées sur le secteur, les formations présentes au droit du site sont les suivantes :

- des remblais liés à l'exploitation et au comblement de l'ancienne carrière présente en partie médiane du site étudié,
- des horizons limoneux sur des épaisseurs pouvant être importantes,
- le substratum calcaire plus ou moins argileux à altéré.



- X QUATÉNAIRE : FORMATIONS SUPERFICIELLES ET D'ALTÉRATION - Dépôts anthropiques - Dépôts anthropiques
- h1c-2c PALÉOZOÏQUE - Carbonifère - Formation de Laval - Sablé (Tournaisien supérieur à Viséen supérieur); calcaires bioclastiques à riche faune benthique et oolites; calcaires à grain fin micritiques; siltites pyriteuses à radiolaires
- h1c-2a PALÉOZOÏQUE - Carbonifère - Formation de Changé (Tournaisien supérieur-base du Viséen inférieur); grès quartzueux clairs hétérométriques, grès et siltites fossilifères brunâtres à ciment carbonaté

Extrait de la carte géologique de LAVAL – Source : Infoterre

3.3 RISQUES NATURELS

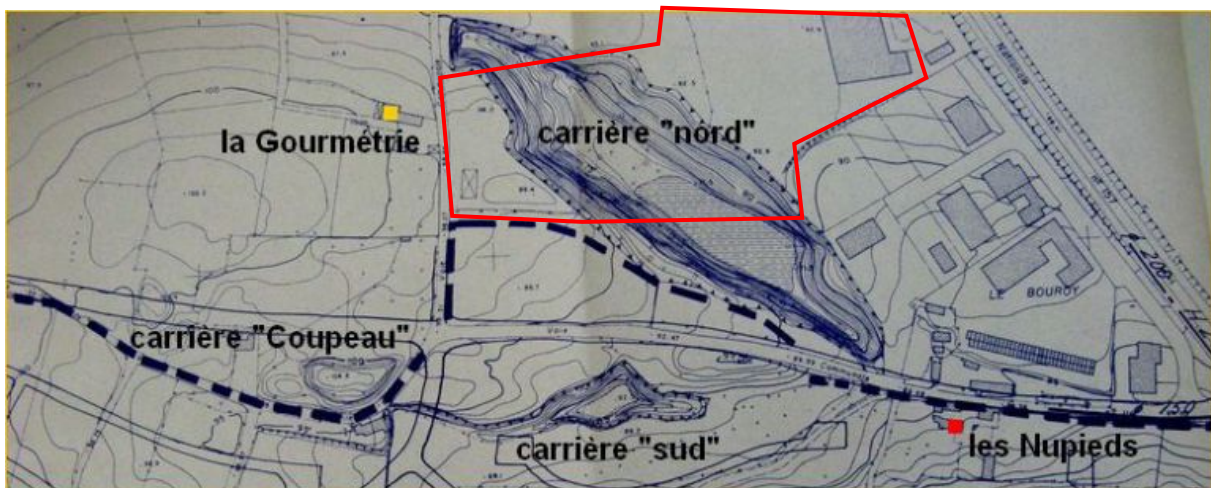
Le site étudié est répertorié :

- en **zone de sismicité faible** (zone 2), depuis le 1er mai 2011, d'après le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010,
- en **aléa faible** vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles sur les cartes d'aléas émises par le BRGM à ce jour (source : www.georisques.gouv.fr),
- dans **l'enveloppe approchée des inondations potentielles de cours d'eau** selon la cartographie établie par le BRGM concernant le risque de remontées de nappe (source : www.georisques.gouv.fr).

3.4 HISTORIQUE

D'après les informations fournies par LAVAL AGGLOMERATION et les données disponibles sur Wikipédia, l'historique du Bourny est le suivant :

- présence de carrières de calcaires exploitées et de fours à chaux à partir du XVIIe siècle et jusqu'au XXe siècle environ,
- implantation de centres d'équarrissages sur le site au XIXe et jusque dans les années 70,
- anciennes carrières laissées en plans d'eau puis utilisées comme espaces de dépôt d'ordures ménagères entre 1943 et 1975, à commencer par la carrière Sud, la carrière du Coupeau puis la carrière Nord (implantée sur le site étudié),
- des travaux d'urbanisation ont ensuite été envisagés pour la zone et les parcelles alentours ont été construites (maisons individuelles et commerces).



Repérage des anciennes carrières et du site étudié

Source : histoire de la carrière du Bourny fournie par LAVAL AGGLOMERATION

La carrière Nord est visible sur les vues aériennes historiques du site (source : site.remonterletemps.ign.fr) et l'emprise de l'exploitation est reportée en rouge sur le plan de masse du projet fourni par le Maître d'Ouvrage.



Superposition de la vue aérienne de 1949 et du plan de masse du projet

D'après la superposition précédente, les ouvrages projetés sont implantés en dehors de l'emprise de l'ancienne carrière Nord du Bourny. Le bâtiment E est cependant implanté dans un espace boisé accolé à l'Ouest de la carrière.

De plus, le bâtiment Espace Communautaire implanté à l'Est du bâtiment E est situé en limite d'exploitation de la Carrière Nord du Bourny. Dans le cadre de l'étude géotechnique G11 pour l'aménagement de la zone, les sondages avaient mis en évidence des sols limoneux sur une épaisseur importante (11 à 17 m).

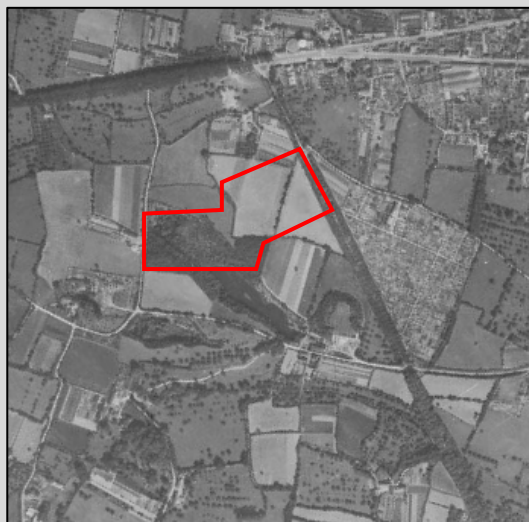
Les vues aériennes historiques du site disponibles sur le site www.remonterletemps.ign.fr sont présentées dans le tableau suivant, avec repérage du site étudié.

ANNEE

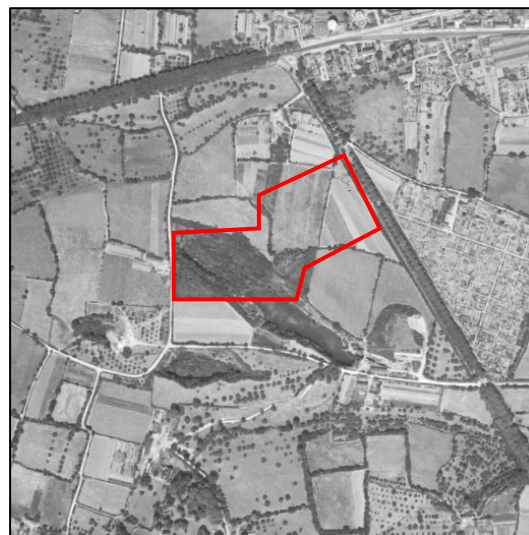
PHOTOGRAPHIE AERIENNE

1944

Le terrain correspond en partie à la carrière Nord du Bourny, à une zone boisée et à des champs agricoles libres de toute construction.

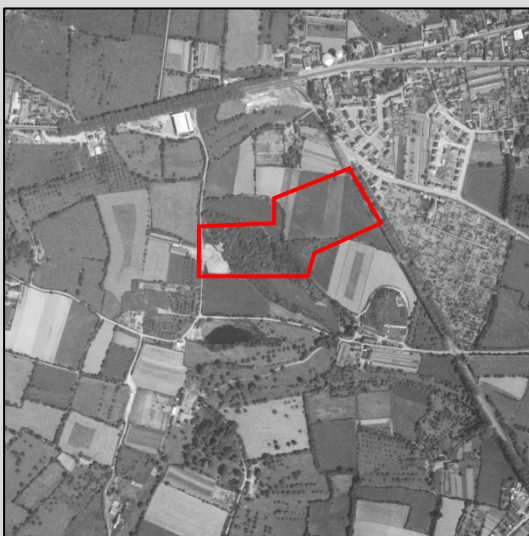
**1949**

Le terrain correspond en partie à la carrière Nord du Bourny, à une zone boisée et à des champs agricoles libres de toute construction.

**1958**

Le terrain correspond en partie à la carrière Nord du Bourny, à une zone boisée et à des champs agricoles libres de toute construction.

L'emprise du bâtiment E a été déboisée et des terrassements sont en cours dans l'ancienne zone boisée (préparation de la plateforme pour le futur bâtiment, cf. vue aérienne de 1964).



1964

Le bâtiment industriel anciennement existant à l'Est du site est visible sur cette vue aérienne.

En partie Ouest, les terrassements sont visibles et un bâtiment a été construit à l'extrémité Sud-Ouest de la parcelle.

Les travaux de comblement ont démarré au Nord-Ouest de l'ancienne carrière Nord du Bourny.

**1967**

Les travaux de comblement de la carrière Nord sont visibles au Nord-Ouest et Sud-Est de celle-ci.

**1973**

Les travaux de comblement de la carrière sont en cours et seule la partie médiane de l'ancienne carrière est encore visible.

Le bâtiment industriel existant en partie Est a subi des travaux d'extensions.

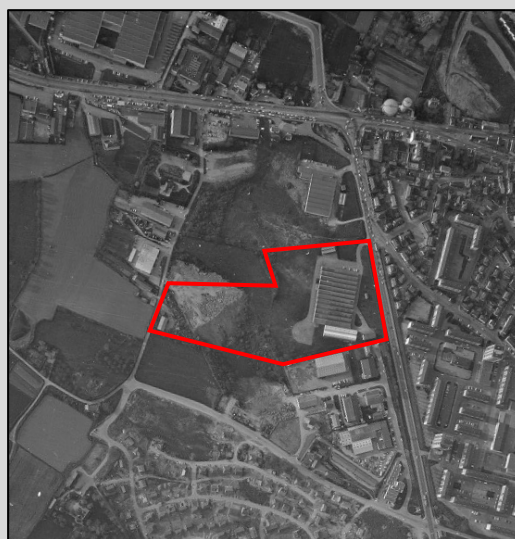
Les alentours du site sont de plus en plus urbanisés et construits.



1975

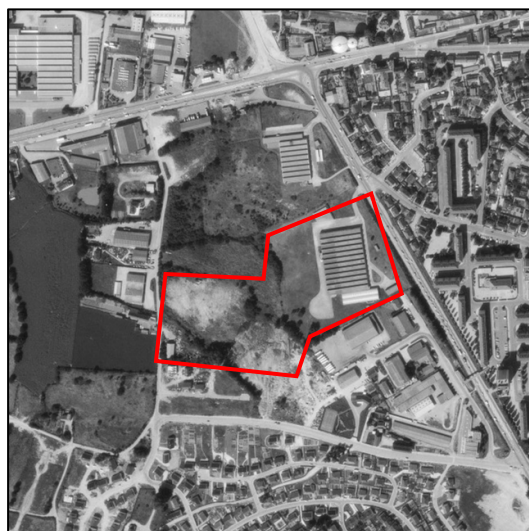
Les travaux de comblement sont toujours en cours.

La partie Ouest de la parcelle étudiée est occupée par des zones de stockage de matériaux.



1978

Les travaux de comblement de la carrière sont vraisemblablement terminés.



1985

Les parcelles alentours sont en cours d'aménagement (maisons individuelles et commerces principalement).

La partie médiane de la zone étudiée (emprise de la carrière Nord) reste majoritairement libre de toute construction.



D'après les informations disponibles sur Wikipédia, le quartier du Bourny a été affecté par des épisodes d'inondations à plusieurs reprises. Un bassin de rétention des eaux pluviales a été construit par la ville de LAVAL en 2012 pour répondre à cette problématique.



4. RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

4.1 PROGRAMME REALISE

Notre intervention a comporté l'exécution de :

- **9 forages de reconnaissance** jusqu'à **3 à 8 m** de profondeur, réalisés à la tarière hélicoïdale pour l'observation des sols et des niveaux d'eau, notés SP1 à SP9,
- **35 essais pressiométriques** répartis dans ces forages (soit 3 à 5 unités par forage) pour mesurer les caractéristiques mécaniques des formations en présence à différentes profondeurs (P_l^* : pression limite nette, E_m : module pressiométrique),
- le **nivellement des points de reconnaissance** par rapport à un repère sur le site.

Les résultats de la reconnaissance sont présentés sur les coupes de sondages et logs d'essais joints en annexe avec le plan d'implantation.

4.2 TOPOGRAPHIE

Les coordonnées planimétriques (Lambert 93 CC48) et altimétriques (m NGF) de chaque point de sondage ont été relevées à l'aide d'un GPS LEICA CS15, et sont reportées en tête des coupes de forages présentées en annexe.

Elles devront être vérifiées par un géomètre pour plus de précision.

Les altitudes des points de sondage sont globalement comprises entre :

- 98.85 m NGF (SP2) et 99.40 m NGF (SP1) pour la parcelle Ouest,
- 93.30 m NGF (SP6 et SP7) et 93.65 m NGF (SP3) pour la parcelle Est.

Le terrain présente une surface globalement plane et horizontale sur chaque zone d'étude.

4.3 LITHOLOGIE

La disposition géométrique des différents faciès géologiques est illustrée par les coupes des sondages, présentées en annexe. Au droit de nos sondages, la succession lithologique s'établit comme suit :

- de l'**enrobé** et une **dalle béton** sur 0,1 à 0,2 m d'épaisseur environ au droit de SP5, SP8 et SP9,
- des **remblais sablo-graveleux avec cailloux** en tête puis **limoneux +/- argileux** gris beige puis marron gris orangé avec cailloutis calcaires et cailloux jusqu'à 0,3 à 1,5 m de profondeur, au droit de tous les sondages, à l'exception de SP5,
- du **limon +/- argileux à sableux et calcaire** marron orangé ocre beige à gris avec éléments calcaires, jusqu'à 1,3 à 3,0 m de profondeur, jusqu'à la base de SP2 et SP6 respectivement à 8,0 et 4,5 m de profondeur, et non reconnu au droit du sondage SP3,
- du **calcaire +/- argileux à très compact** gris beige à beige blanchâtre +/- orangé, jusqu'à la base des sondages SP1, SP3 à SP5 et SP7 à SP9, entre 3,0 et 8,0 m de profondeur.

Remarques :

- des horizons de remblais plus épais seront potentiellement mis en évidence au droit des futurs ouvrages, en fonction de leur implantation définitive, notamment si ceux-ci sont situés à proximité directe de l'enveloppe de l'ancienne carrière,
- les limons correspondent à un complexe de formations de limons éoliens, de colluvions (dépôts de pente) et de limons d'altération du substratum sous-jacent.

4.4 CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Les caractéristiques mécaniques mesurées au pressiomètre (pression limite nette P_l^* et module pressiométrique E_m) sont :

- moyennes dans les **remblais** :
 $E_m = 3 \text{ à } 8 \text{ MPa}$
 $P_l^* = 0,4 \text{ à } 0,7 \text{ MPa}$
- moyennes à bonnes dans le **limon** :
 $E_m = 5 \text{ à } 17 \text{ MPa}$
 $P_l^* = 0,5 \text{ à } 1,4 \text{ MPa}$
- bonnes dans le **calcaire argileux** :
 $E_m = 9,5 \text{ à } 20 \text{ MPa}$
 $P_l^* = 1,0 \text{ à } 1,6 \text{ MPa}$
- bonnes à excellentes dans le **calcaire compact** :
 $E_m = 44 \text{ à } 263 \text{ MPa}$
 $P_l^* \geq 2,5 \text{ MPa}$

Remarque : les variations de consistance du limon sont liées à la typologie de cette formation.

4.5 HYDROGEOLOGIE

4.5.1 PIEZOMETRIE

Au moment de la réalisation des sondages, en août 2021, les forages sont restés secs pendant toute la durée de l'intervention.

Rappelons que les sondages réalisés restent ponctuels. Il est donc possible que des circulations aléatoires se produisent au sein du calcaire argileux à compact à la faveur de passages plus perméables (fractures, franges sableuses, etc...). Ces circulations sont directement liées à la pluviométrie et aux remontées de la nappe.

De plus, notons qu'à la suite d'épisodes pluvieux, les remblais et les horizons limoneux observés pourront être le siège de circulations et de rétentions d'eau dépendantes du contraste de perméabilité entre ces horizons et les matériaux sous-jacents.

4.5.2 INONDABILITE

D'après les informations disponibles sur le site www.georisques.infoterre.brgm.fr, le site se trouve « **dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles de cours d'eau** ».

Nous rappelons qu'il est du ressort du Maître d'Ouvrage de se renseigner sur le risque inondation auprès des administrations compétentes et, en zone inondable, de prendre toutes les dispositions vis-à-vis des risques majeurs de montée des eaux.



5. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

5.1 DONNEES GENERALES DU PROJET

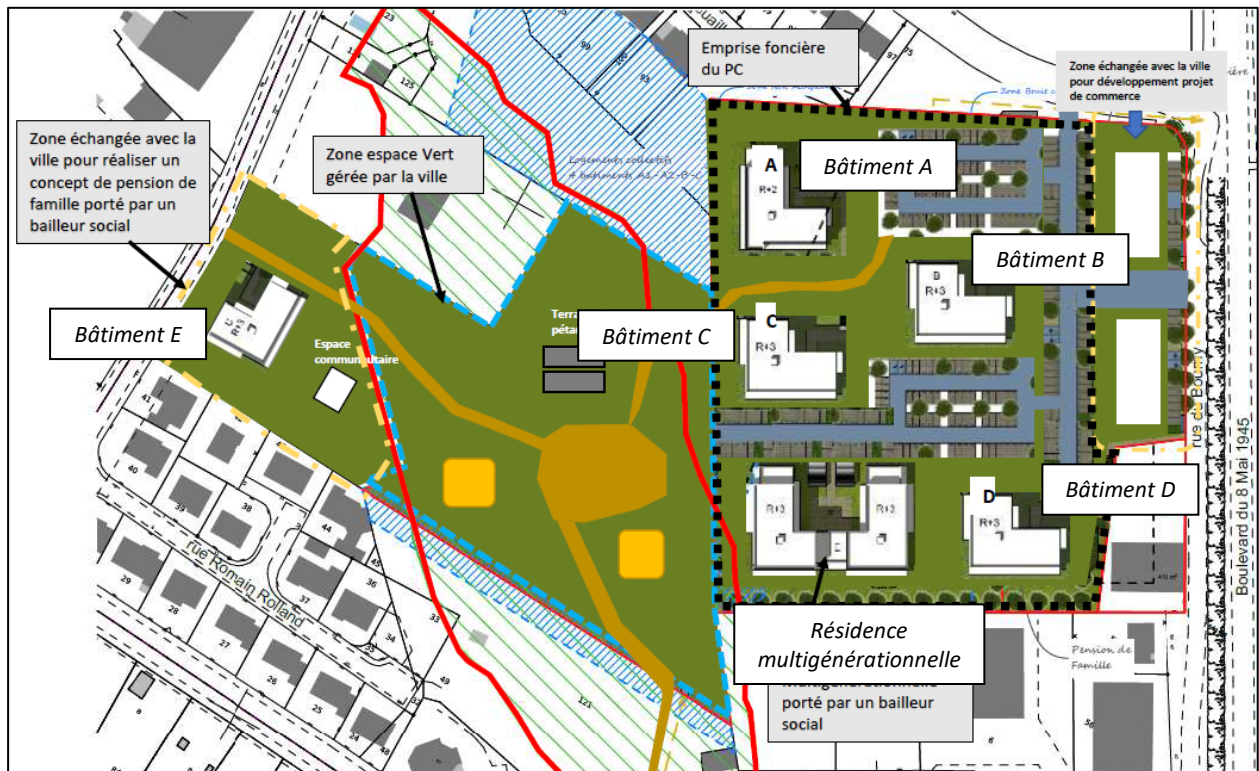
Le projet prévoit la construction de 6 bâtiments de logements au sein du quartier du Bourny, entre la rue du Bourny et la rue Léon Jouhaux à LAVAL (53).

Le projet prévoit, selon le plan d'aménagement daté du 07/07/21, la construction des ouvrages suivants :

- **bâtiment A** : de type R+2, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 30 m x 30 m,
- **bâtiment B** : de type R+3, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 35 m x 30 m,
- **bâtiment C** : de type R+3, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 30 m x 30 m,
- **bâtiment D** : de type R+3, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 30 m x 30 m,
- **bâtiment E** : de type R+3, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 30 m x 22 m,
- **une résidence multigénérationnelle** : de type R+3, sans niveau enterré, d'une emprise au sol de 52 m x 35 m.

Le calage altimétrique des ouvrages ne nous a pas été fourni et est supposé proche du niveau du TN actuel dans la suite du présent rapport d'étude.

D'après les informations fournies par le Maître d'Ouvrage, l'implantation des ouvrages étudiée dans le présent rapport n'est pas nécessairement définitive.



Plan de masse du projet fourni par le Maître d'Ouvrage

Les valeurs de descentes de charges n'étant pas encore définies au stade de notre étude, nous prendrons comme hypothèses au maximum :

- 600 kN sur appuis ponctuels,
- 200 kN/ml sur semelles filantes,
- 5 kN/m² réparties sur dallage.

Les hypothèses devront être confirmées pour préciser, ou si nécessaire, adapter les recommandations dans le cadre de l'étude géotechnique de projet.

5.2 ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (Z.I.G.)

La Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G.) correspond au volume de terrain au sein duquel il y a une interaction entre l'ouvrage et son environnement.

Une première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (Z.I.G.) comprend l'ensemble de la zone d'étude et les parcelles directement avoisinantes (voiries et bâtiments existants sur celles-ci).

5.3 TRAVAUX PREPARATOIRES

En amont des travaux, les dalles béton et fondations éventuelles existantes seront démolies et les éventuels ouvrages enterrés (réseaux, vestiges de fondations, éventuels ouvrages enterrés, etc...) seront systématiquement purgés. **L'entreprise en charge de la démolition devra fournir à la Maîtrise d'Ouvrage un plan et des coupes des purges réalisées au droit du projet.**

Les dalles béton et enrobé devront être déposés et les réseaux enterrés devront être dévotés / purgés et les fouilles remblayées et compactées par couches minces successives selon les règles de l'Art. **L'ensemble des vestiges enterrés devra être purgé.**

5.4 TERRASSEMENTS

Les terrassements concernent essentiellement la mise à niveau de la plateforme projetée et la réalisation des fondations.

Les terrassements concernent des matériaux meubles en surface (remblais, limon calcaire +/- argileux, calcaire argileux), puis rapidement compacts correspondant au calcaire compact, parfois à faible profondeur. Ils nécessiteront donc des moyens classiques et puissants, en particulier dans le calcaire franc. L'utilisation d'outils spécifiques au rocher (dent de déroctage, BRH, etc...) pourra être envisagée mais devra être limitée et contrôlée, en particulier à proximité d'avoisinants (bâtiments ou voiries existantes). La technique retenue devra être adaptée au contexte urbain (maîtrise des vibrations, du bruit, de la poussière, etc...).

Les matériaux fins observés au droit des sondages (remblais, limon et produits issus des terrassements du substratum) sont sensibles à l'eau et deviendront rapidement impraticables en période humide, sous l'effet conjugué de la circulation des engins et des apports météoriques. Des dispositions de nature à faciliter l'essorage et l'évacuation des eaux de ruissellement devront être mises en œuvre (fond de forme en pente, drainage, etc...).

Par conséquent, nous conseillons :

- de **réaliser des voies de circulation réservées aux engins**. Elles seront mises en place sur un géotextile à l'avancement ou clouées avec un matériau grossier,
- de réaliser les travaux de terrassements de préférence **en période de faible pluviosité** afin d'éviter toutes dispositions particulières,
- le cas échéant, d'installer des dispositifs d'épuisement en fonds de fouille.

5.5 GESTION DE L'EAU

Rappelons qu'au moment de la réalisation de l'intervention, en août 2021, aucune venue d'eau franche et aucun niveau d'eau n'ont été observés au droit des sondages.

Du fait de la présence de remblais superficiels et d'horizons limoneux parfois sur des épaisseurs très importantes ($\geq 8,0$ m), des circulations aléatoires et intermittentes sont à attendre au droit du projet. De ce fait, des venues d'eau pourront se manifester en fonds de fouille et sur la plateforme de travail lors des terrassements, en période pluvieuse. Il conviendra alors de prendre toutes les dispositions pour faire face à des sujétions d'épuisement (drainage de la plateforme associé à une évacuation, pompes en fonds de fouille, etc...).

5.6 FONDATIONS DE LA STRUCTURE

5.6.1 PRE-DIMENSIONNEMENT

Les remblais seront exclus pour l'assise des fondations.

Compte tenu des sols rencontrés, des caractéristiques du projet et des charges prises en hypothèse, un système de fondations superficielles par **semelles filantes ou isolées** encastrées indifféremment dans le limon calcaire +/- argileux ou dans le calcaire argileux à compact est envisageable.

Les semelles respecteront un **encastrement de 30 cm** dans l'horizon d'encastrement, soit des niveaux d'assise situés entre 0,4 à 1,8 m de profondeur au droit de nos sondages. Les semelles vérifieront les conditions de mise hors gel.

Dans ces conditions, les fondations pourront être dimensionnées à partir des hypothèses de calculs suivantes, conformément à la norme NF P 94-261 (Eurocode 7), pour $K_p = 0,8$; $i_\delta = 1$; $i_\theta = 1$:

$$q_{net} = 0,56 \text{ MPa}$$

$$\text{correspondant à l'ELU : } Vd/A' \leq 0,33 \text{ MPa et à l'ELS : } Vd/A' \leq 0,20 \text{ MPa}$$

avec Vd = Force verticale centrée appliquée à la base de la fondation
 A' = Surface effective de la base de la fondation

Nota : en fonction de l'implantation définitive du projet et du calage altimétrique retenu in fine, les contraintes de calcul pourront être réévaluées notamment dans le cas des bâtiments A et B où un mode de fondations établi dans le calcaire pourra être retenu.

A titre d'exemple, dans le cadre de ce pré-dimensionnement, pour un encastrement dans le limon calcaire +/- argileux ou dans le calcaire argileux à compact, pour une semelle isolée carrée chargée à 600 kN de 1,8 m de côté ou pour une semelle filante chargée à 200 kN/ml de 1,0 m de largeur, les tassements absolus seront de l'ordre du centimètre, voire du centimètre et demi.

Ces tassements devront être acceptables pour la structure et la destination de l'ouvrage, à valider par le Maître d'Ouvrage et son Maître d'Œuvre.

Remarque : en fonction de l'implantation définitive des ouvrages, et dans le cas où des remblais de comblement de la carrière seraient mis en évidence dans l'emprise des ouvrages projetés, notamment pour le bâtiment C, la résidence multigénérationnelle et l'espace communautaire, au moment de la réalisation du chantier, il pourra convenir :

- soit de mettre en œuvre des fondations profondes pour asseoir les ouvrages dans des horizons non remaniés,
- soit de contrôler les caractéristiques mécaniques, l'homogénéité et l'absence de matériaux évolutifs au sein des horizons de remblais.

5.6.2 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

L'entreprise veillera à purger les matériaux remaniés ou saturés en fonds de fouille avant le coulage du béton. Pour éviter toute imprégnation des fonds de fouille, le béton sera coulé sitôt l'ouverture.

L'entreprise adaptera ses moyens de terrassements à la compacité des terrains, notamment au sein du calcaire franc présentant des caractéristiques mécaniques excellentes. Une attention particulière sera portée à proximité des avoisinants afin de ne pas déstabiliser les fondations de ceux-ci.

L'entreprise respectera la condition de redan à savoir une pente de 3H/2V entre arêtes externes des fondations voisines.

Les fouilles de plus de 1,3 m de profondeur devront être blindées ou talutées.

5.7 NIVEAU BAS

Du fait des caractéristiques du projet et des résultats des investigations, la mise en œuvre d'une couche de forme pour supporter le **dallage sur terre-plein** sera envisageable.

Pour ne pas dégrader la portance du fond de forme, on veillera notamment à :

- terminer les terrassements à la pelle en rétro, sans circulation sur le fond de forme,
- contrôler soigneusement le fond de forme et faire des purges complémentaires de tous matériaux évolutifs, imbibés ou remaniés.

La réalisation d'un dallage sur terre-plein est envisageable sous réserve de la constitution d'une couche de forme d'excellente qualité selon les principes suivants :

- purge de la totalité des remblais mis en évidence au droit des sondages, des horizons remaniés et horizons de moindre consistance ou décomprimés lors des terrassements,
- mise en œuvre d'un rattrapage altimétrique en fonction des purges réalisées avec des matériaux d'apport de bonne qualité, insensibles à l'eau et correctement compactés, notamment dans les zones où des remblais ont été mis en évidence sur des épaisseurs pouvant atteindre 1,5 m,
- mise en œuvre à l'avancement d'une couche de forme en empierrement de qualité et insensible à l'eau (de type R₄₁ ou R₆₁ selon la classification GTR) au minimum de :
 - **60 cm** d'épaisseur dans le cas d'un fond de forme dans le **limon calcaire +/- argileux**,
 - **30 cm** d'épaisseur dans le cas d'un fond de forme dans le calcaire argileux,
 - et une couche de fin réglage de **20 cm** dans le cas d'un fond de forme dans le **calcaire compact**,
- compactage selon les règles de l'Art et contrôle par essais à la plaque pour vérifier en tout point sous dallage :
 - $K_{\text{WESTERGAARD}} \geq 50 \text{ MPa/m}$
 - $EV2/EV1 \leq 2,2$.

Dans ces conditions, et sous réserve de l'obtention des objectifs de réception, les dallages seront dimensionnés avec les modules suivants :

LITHOLOGIE	COEFFICIENT RHEOLOGIQUE	Es (MPa)
Limon calcaire +/- argileux	0,5	14
Calcaire argileux	0,5	28
Calcaire compact	0,67	80

Nous attirons également l'attention, dans le cadre de la solution de dallage sur terre-plein, sur la nécessité d'être particulièrement attentif au compactage de l'empierrement en rive des semelles de fondations et au droit des tranchées éventuelles.

Une solution de plancher porté par les fondations est également envisageable.

5.8 PARASISMIQUE

Depuis le 1^{er} mai 2011 (décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010), la commune de LAVAL (53) est classée en **zone de sismicité faible (zone 2)**.

De ce fait, conformément à « l'Arrêté du 22 octobre 2010, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal" », des dispositions spécifiques sont à prendre pour les ouvrages de catégories III et IV.

À ce stade des études et à défaut d'investigations géophysiques ayant mesuré les vitesses moyennes des ondes de cisaillement, nous proposons de retenir le classement suivant (basé sur des corrélations avec les essais pressiométriques) :

- **classes de sol A** dans les zones où le calcaire franc est rencontré à faible profondeur (< 5 m),
- **classe de sol B et C** dans les zones où le limon est présent sur des épaisseurs importantes.

Conformément à l'Arrêté du 22 octobre 2010, l'analyse de **la liquéfaction n'est pas requise en zone de sismicité 2**.



6. ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechniques définies par la norme NF P 94-500 doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques.

La présente phase avant-projet (phase AVP) de l'étude géotechnique de conception a été réalisée en fonction des seules informations fournies, citées au paragraphe 2. Ainsi, les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques énoncés dans ce rapport devront être précisés et validés dans le cadre de la mission G2 phase Projet (G2 PRO), cette phase permettant en particulier l'élaboration, par la Maîtrise d'œuvre, du dossier de consultation des entreprises (DCE) et par les entreprises, les études géotechniques d'exécution G3 phase étude.

Compte tenu du contexte géologique rencontré, une attention particulière sera portée pendant **les phases G2 PRO et DCE/ACT**, à l'étude des points singuliers suivants :

- l'adaptation des préconisations liées aux travaux de terrassements, de fondations et de niveau bas en fonction du calage altimétrique retenu pour le projet,
- le pré-dimensionnement des fondations et les calculs de tassements en fonction des descentes de charges réelles du projet,
- la réalisation éventuelle d'investigations complémentaires en fonction de l'implantation définitive des ouvrages projetés,
- la vérification de l'absence de remblais de comblement de la carrière dans l'emprise des ouvrages projetés, éventuellement par la réalisation de fouilles à la pelle mécanique si nécessaire.

Ensuite, la mission de **supervision géotechnique d'exécution G4, phases étude et suivi**, que nous pouvons assurer pour le compte du Maître d'Ouvrage, permettra de vérifier la conformité entre les objectifs du projet et l'étude géotechnique d'exécution G3 et, de formuler un avis sur les adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposés par l'entreprise, tant en phase étude qu'en phase travaux.

Toutes modifications du projet, et/ou de son environnement immédiat, devront nous être communiquées afin d'en vérifier l'incidence sur les ouvrages géotechniques.

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage et de son Maître d'œuvre pour leur fournir tout renseignement complémentaire.

Rédigé par

Marie AGOSSOU

Ingénieur Chargée d'Affaires

Vérifié par

Mickaël RODIEN

Responsable d'Agence

 **Fondouest**
BRETAGNE
BUREAU D'ETUDE ET D'INGENIERIE GEOTECHNIQUES
CS 66853 - 16, rue des PAYSANES - 35748 SAINT-GREGOIRE CEDEX
TEL. 02 99 36 37 00 - fondouest-bretagne@fondouest.com
Siege social : 72, rue du Pont Ce - 50290 LONGUEVILLE
SA au capital de 510 000 € - RCS 339 479 060

PIECES ANNEXES



Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP1

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 18/08/2021

X :

Y :

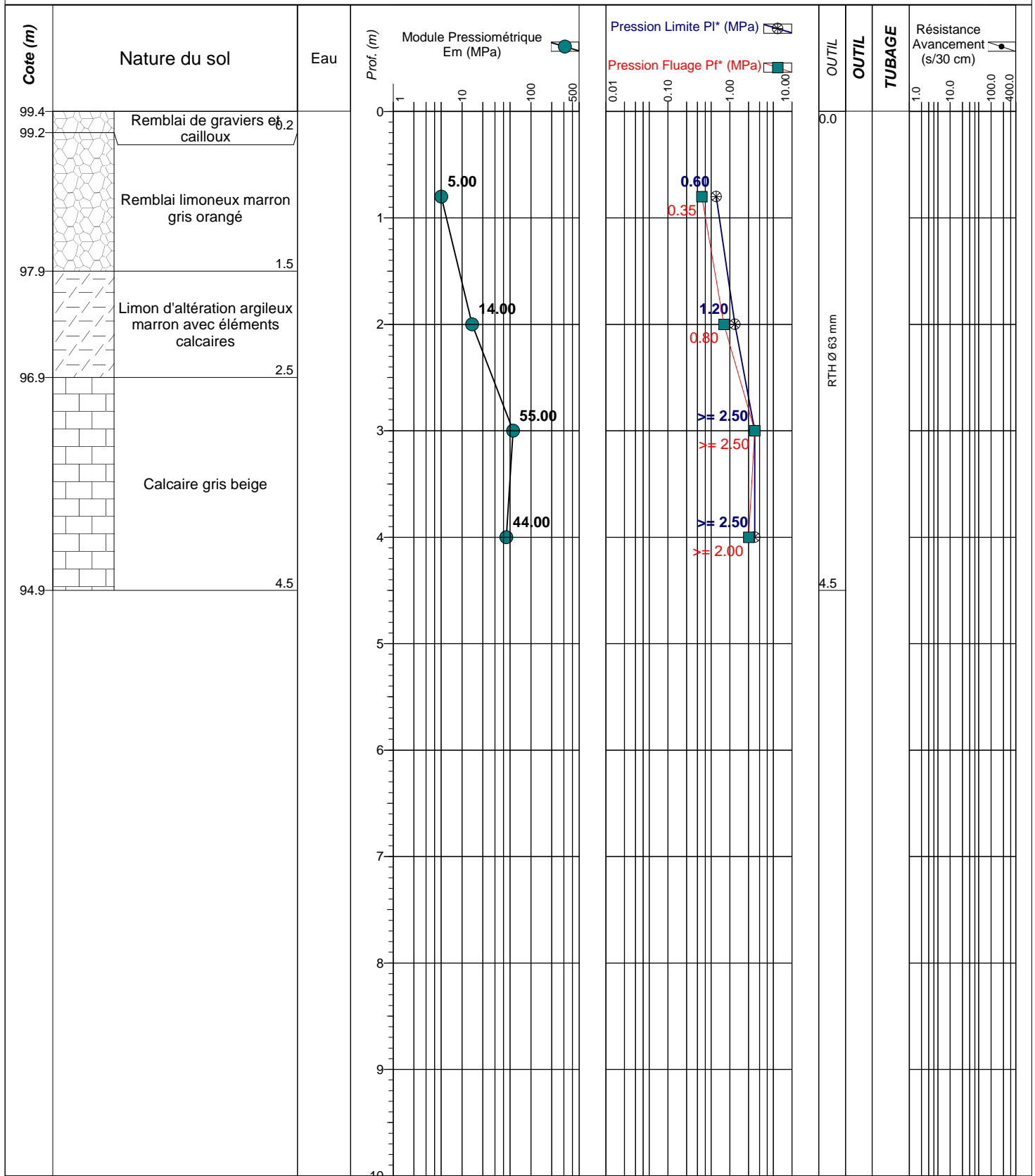
Z : 99,40 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Refus du sondage à 4,5 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP2

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 18/08/2021

X :

Y :

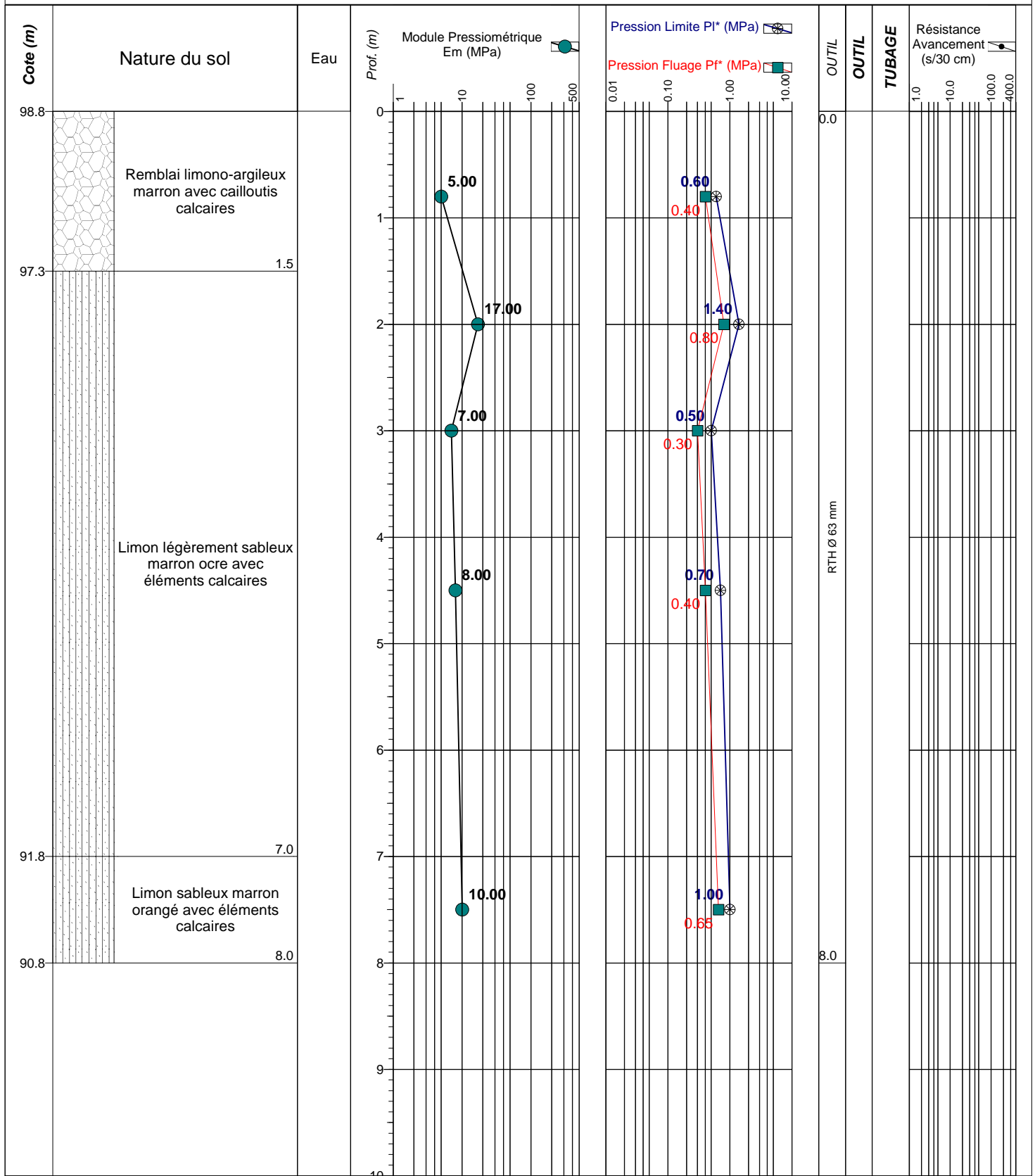
Z : 98,85 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Arrêt du sondage à 8,0 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP3

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 16/08/2021

X : 1417470,07

Y : 7214451,68

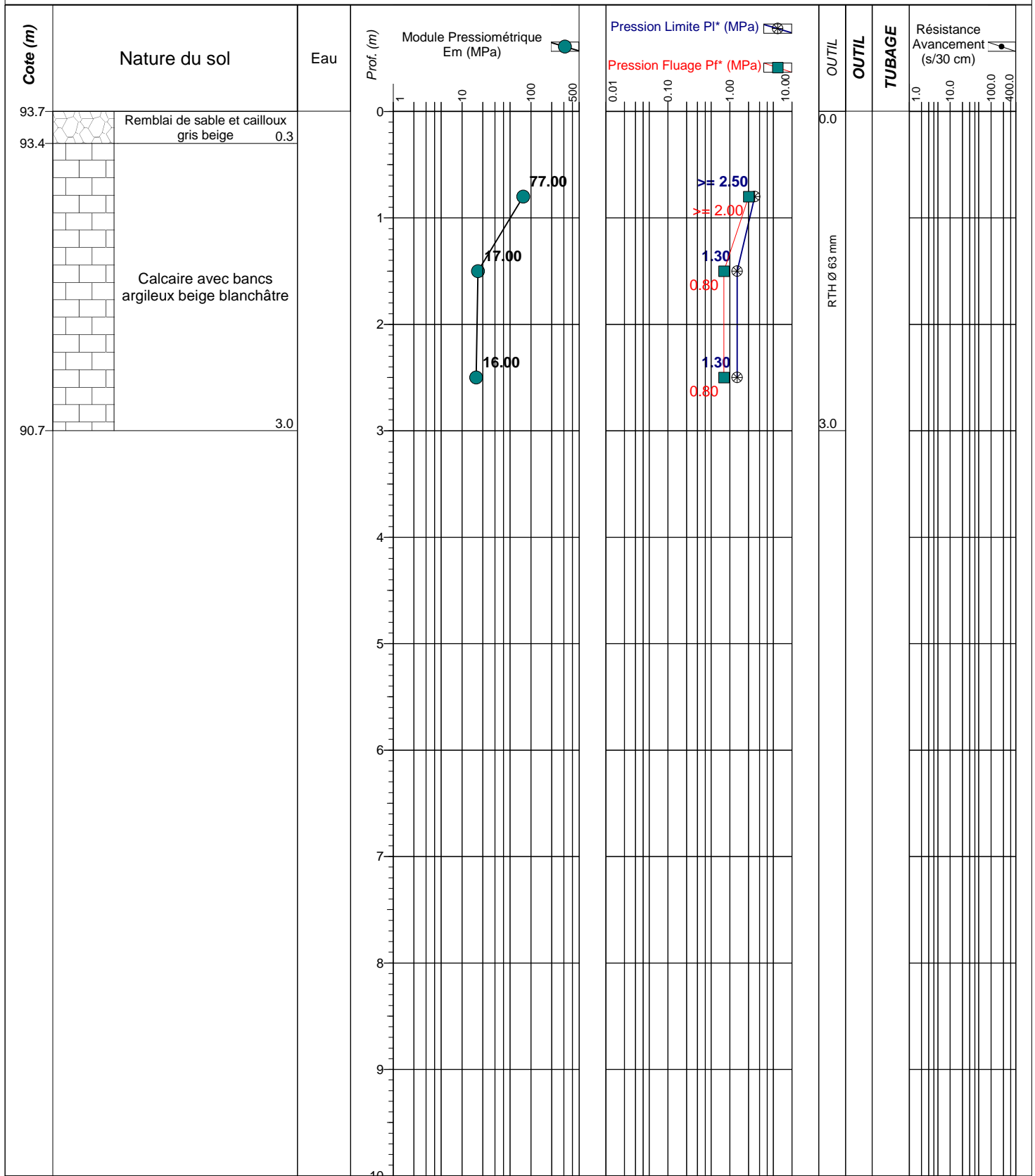
Z : 93,65 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Client : DUNES DE FLANDRES



Observations : Refus du sondage à 3,0 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP4

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 16/08/2021

X : 1417495,37

Y : 7214440,54

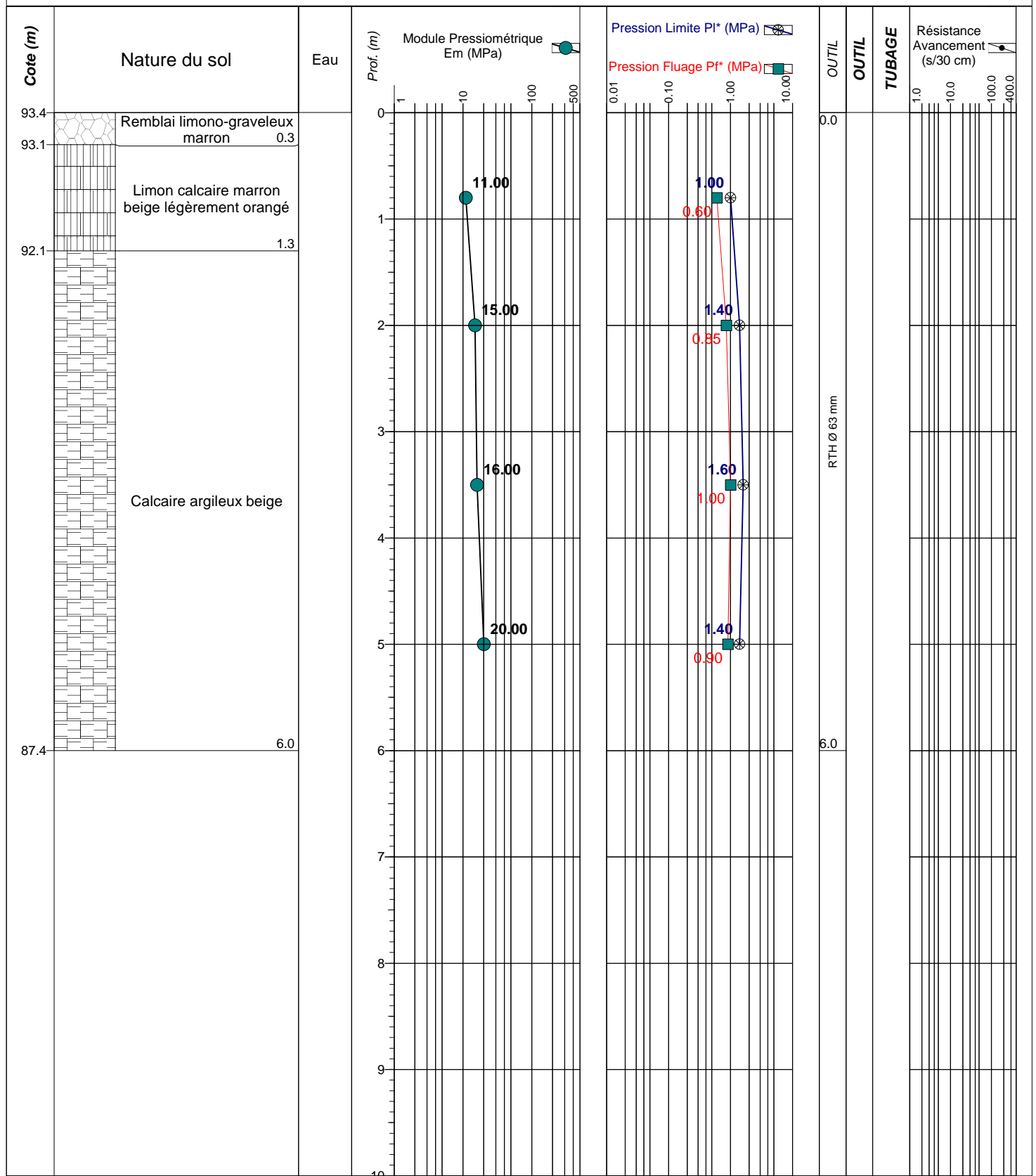
Z : 93,40 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Arrêt du sondage à 6,0 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP5

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 17/08/2021

X : 1417541,03

Y : 7214448,82

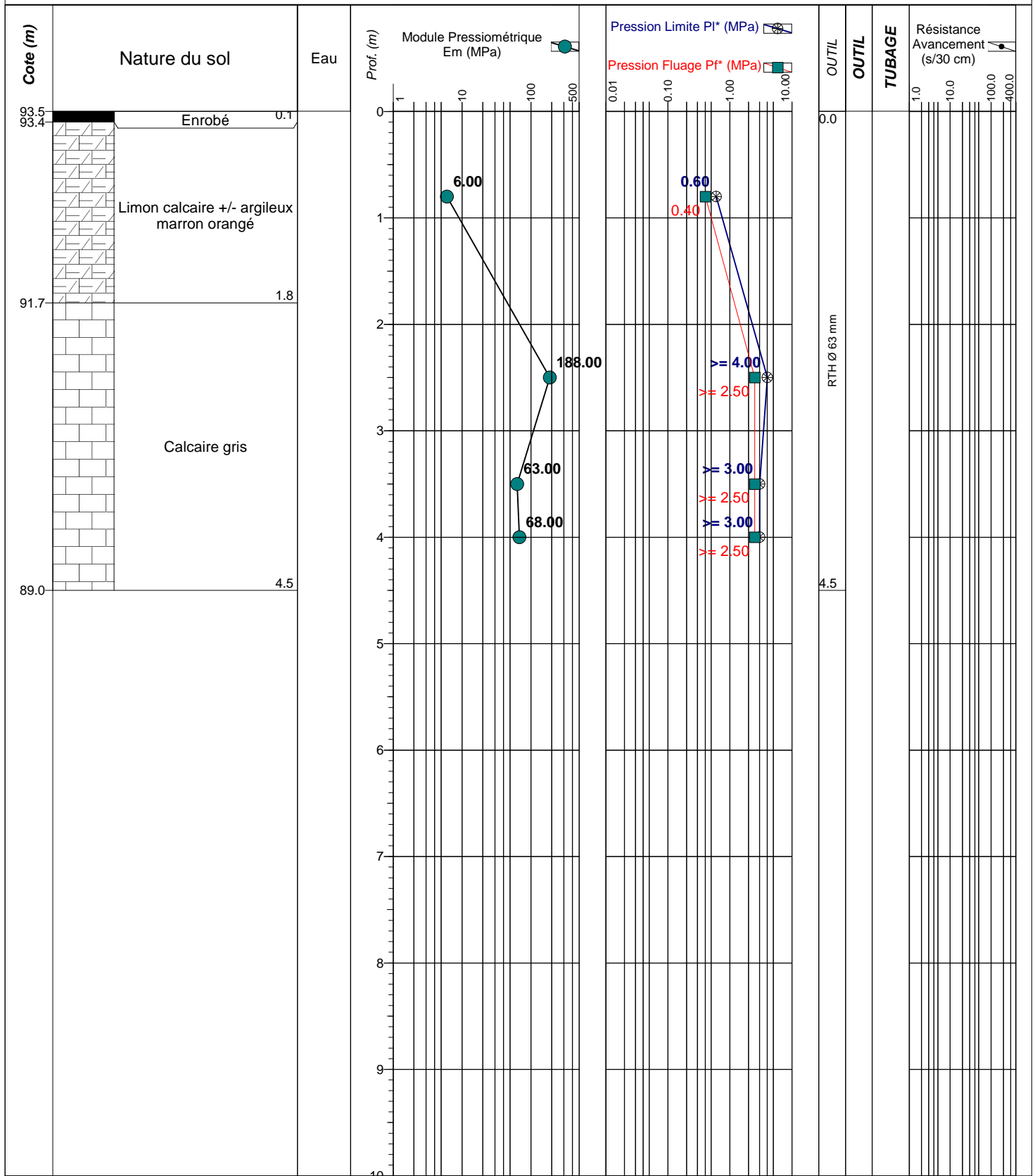
Z : 93,50 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Refus du sondage à 4,5 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP6

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 16/08/2021

X : 1417503,35

Y : 7214385,81

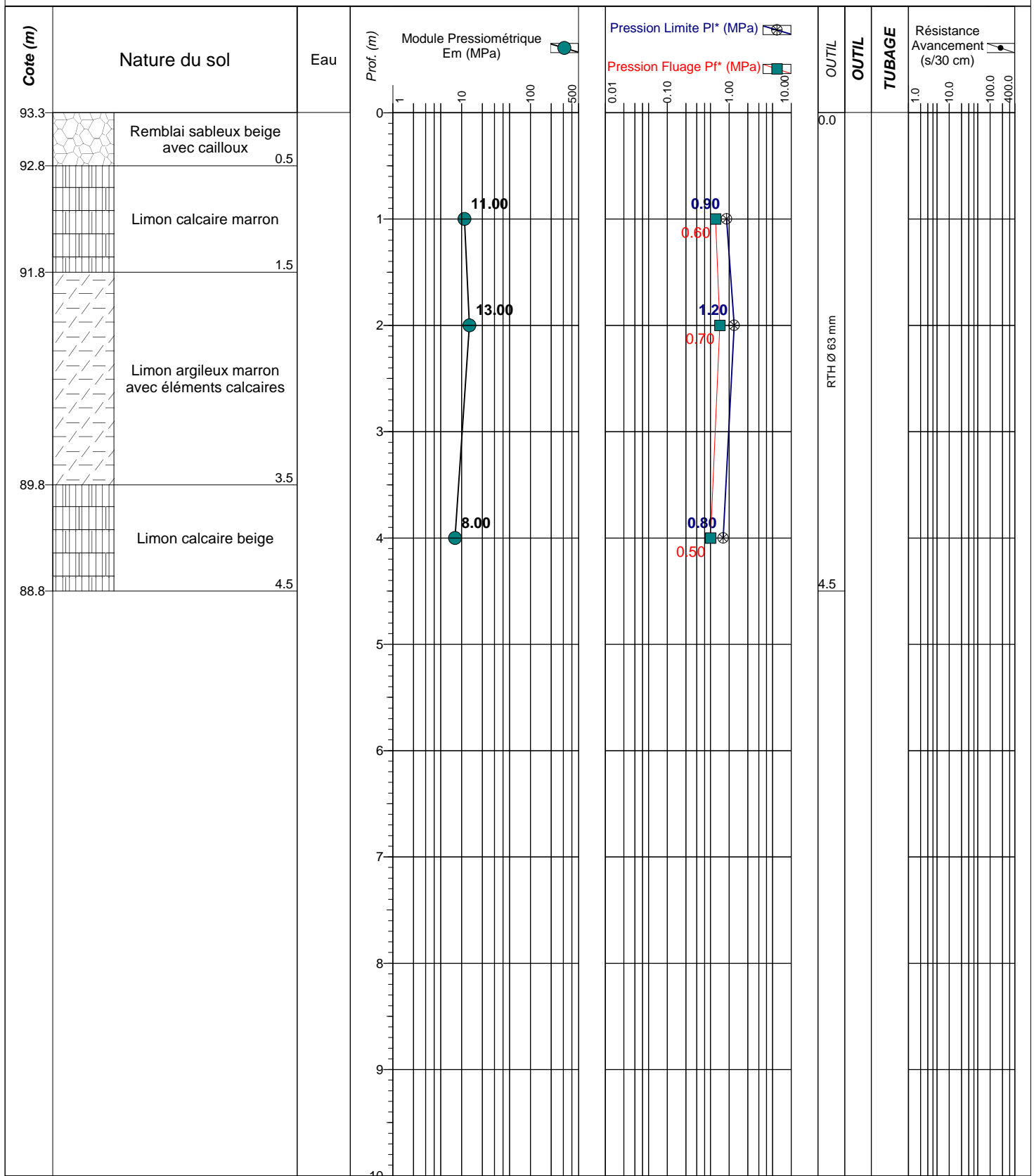
Z : 93,30 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Refus du sondage à 4,5 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP7

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 17/08/2021

X : 1417512,66

Y : 7214358,14

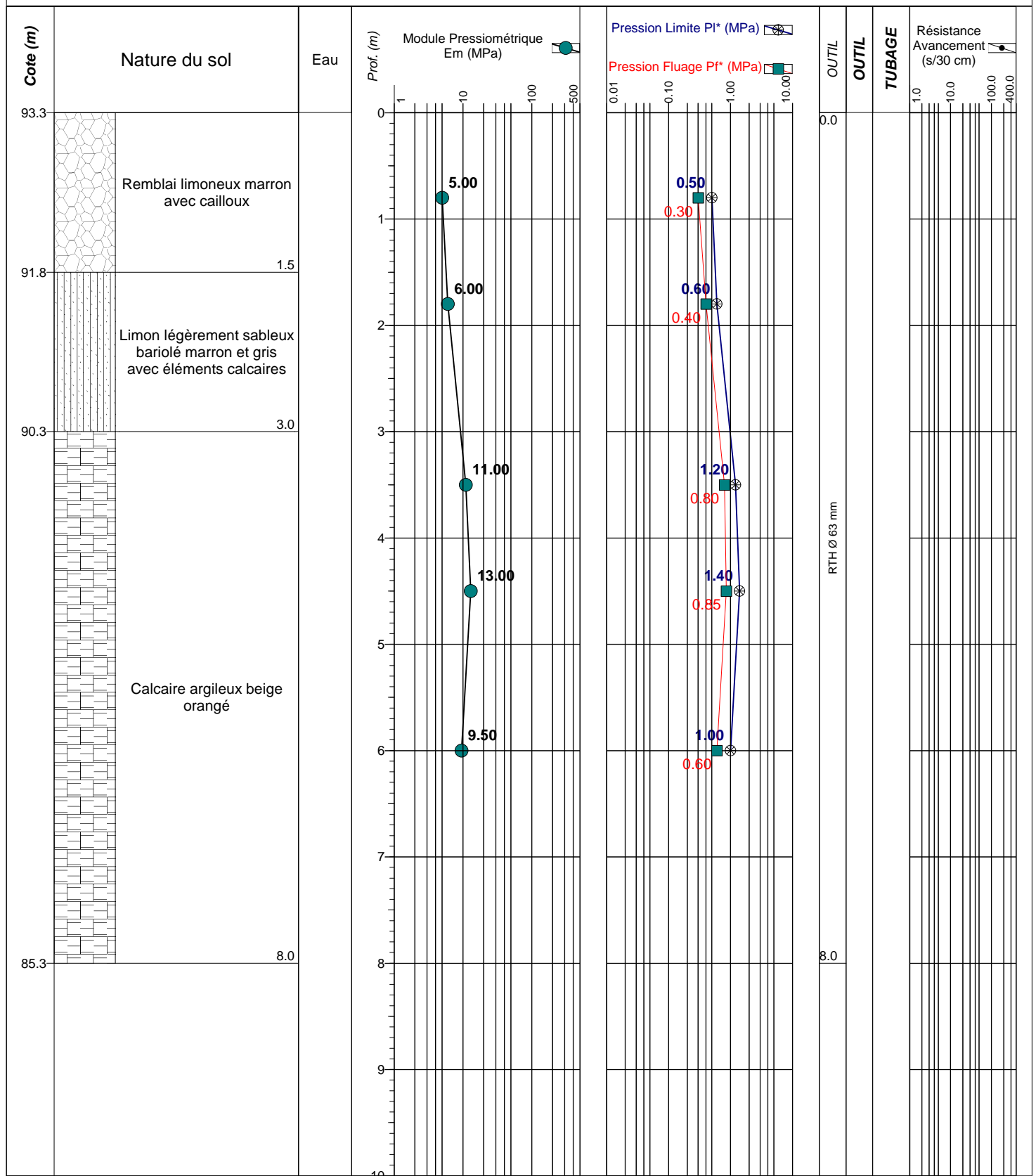
Z : 93,30 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Cliant : DUNES DE FLANDRES



Observations : Arrêt du sondage à 8,0 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements
collectifs - Impasse de Bourny -
LAVAL (53)

Sondage : SP8

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 17/08/2021

X : 1417564,82

Y : 7214359,38

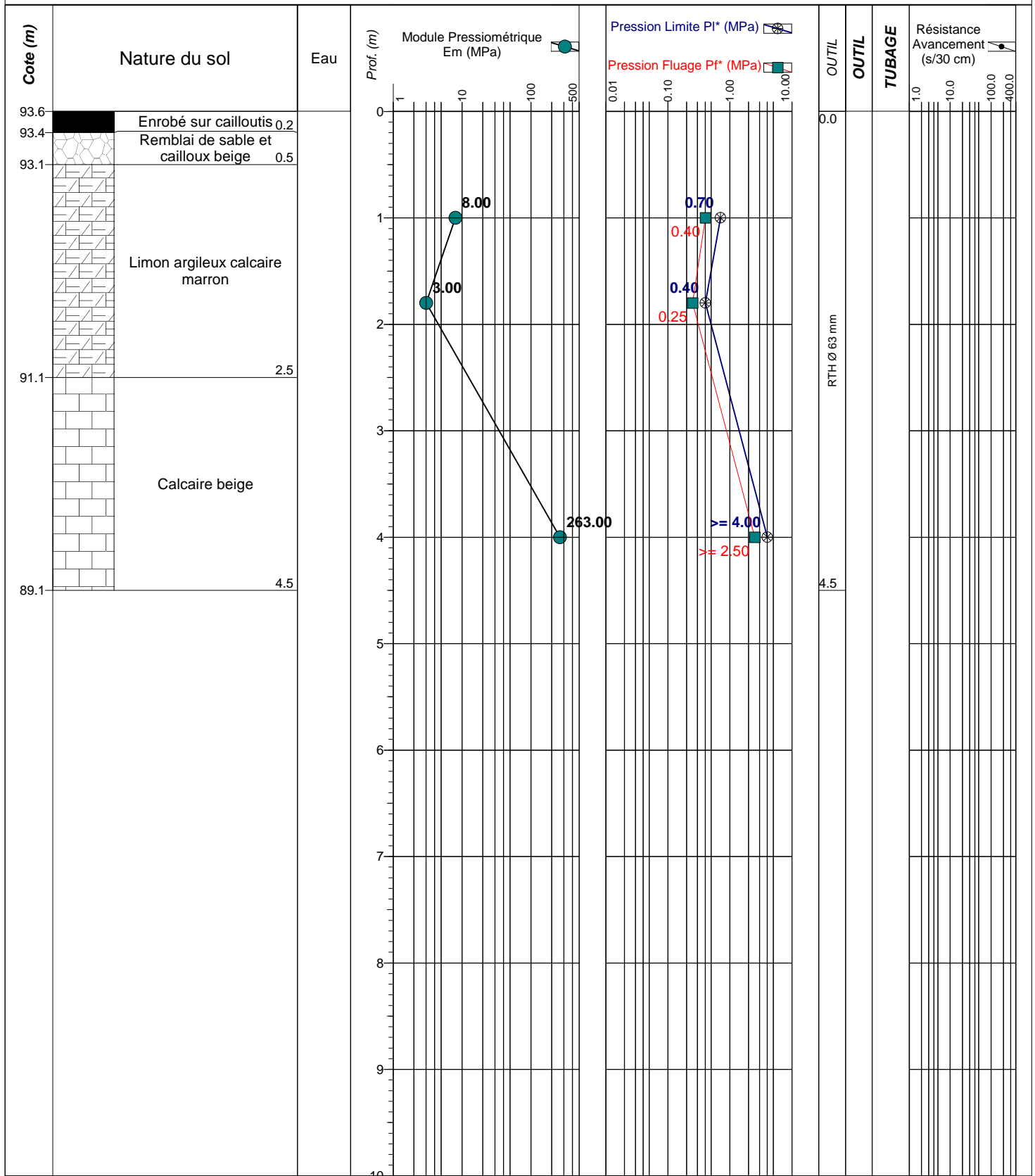
Z : 93,60 m NGF



Bureau d'Etudes
et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Client : DUNES DE FLANDRES



Observations : Refus du sondage à 4,5 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

Etude : Construction de logements collectifs - Impasse de Bourny - LAVAL (53)

Sondage : SP9

Type : PRESSIOMETRIQUE

Date : 17/08/2021

X : 1417615,46

Y : 7214391,24

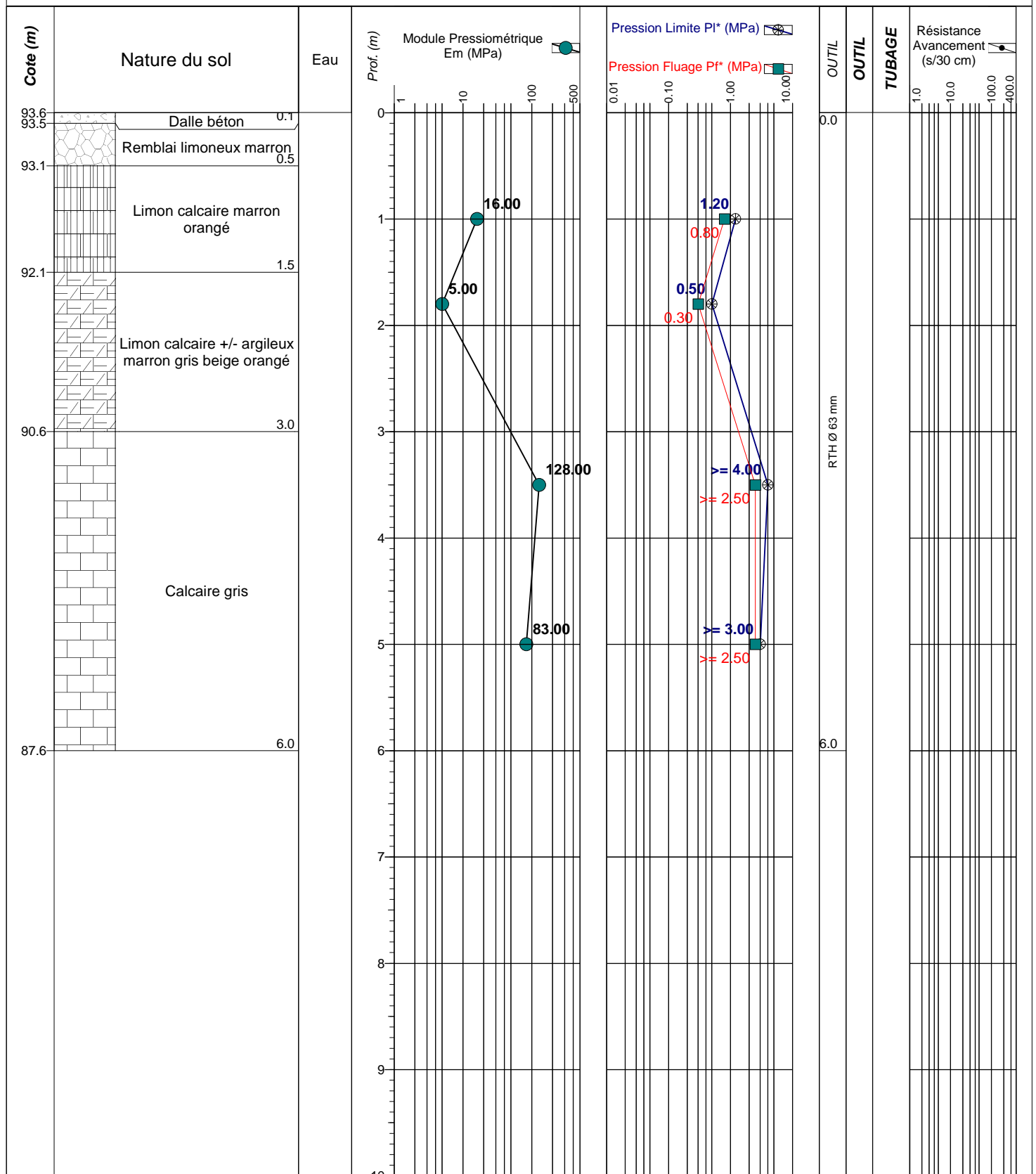
Z : 93,60 m NGF



Bureau d'Etudes et d'Investigations Géotechniques

N° : RE004184-01A

Client : DUNES DE FLANDRES



Observations : Arrêt du sondage à 6,0 m de profondeur. Aucune venue d'eau en cours de forage et aucun niveau d'eau en fin d'intervention

LAVAL (53) – Construction de logements collectifs

Impasse du Bourmy



CS 66853
16, rue des Petits Champs
35768 ST GREGOIRE
Tél. 02 99 36 37 55
Fax. 02 99 36 37 56

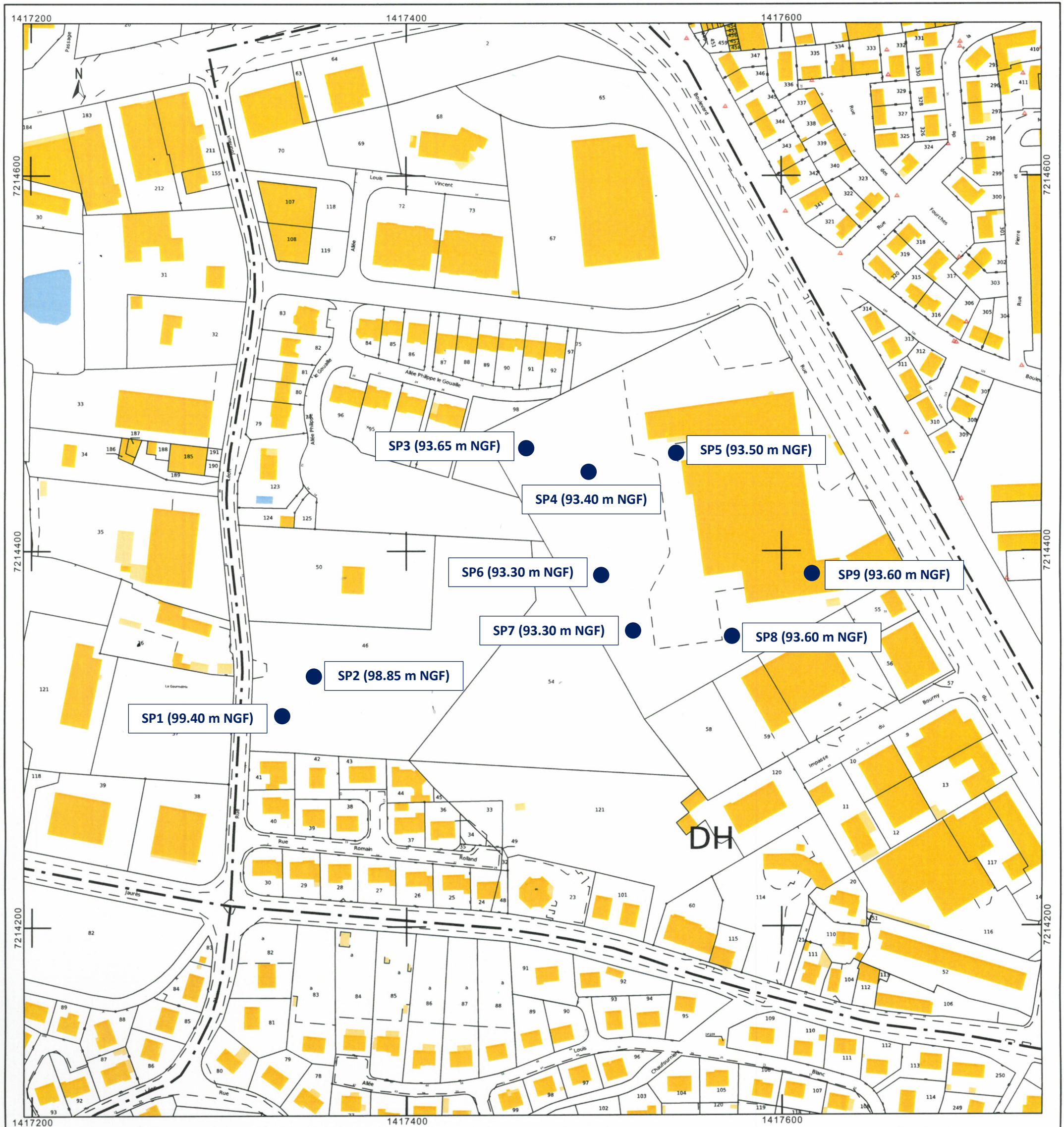
DUNES DE FLANDRES

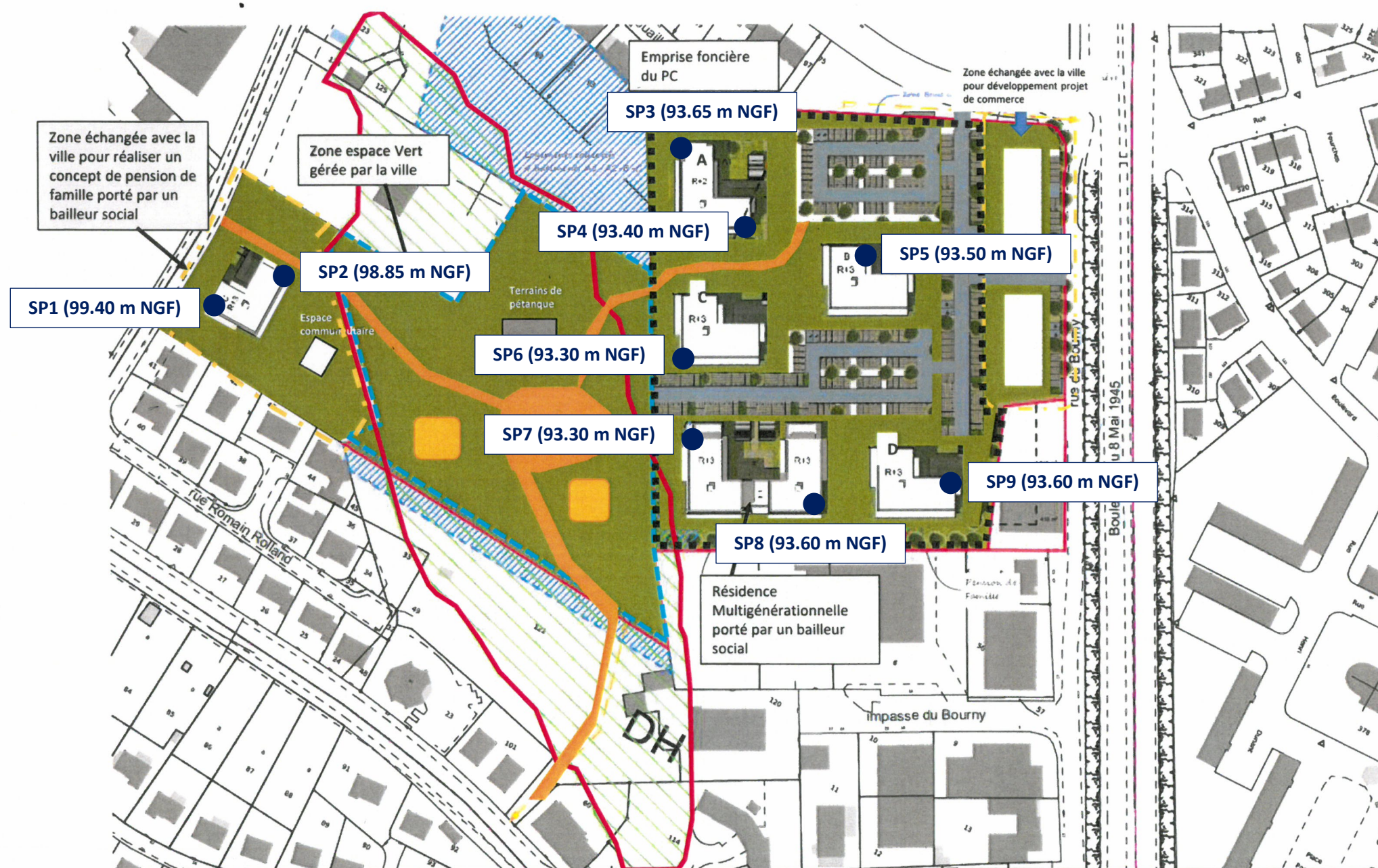
PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES SUR LE PLAN DE L'EXISTANT

Echelle : 1/2000

Date : 16-18 08 2021

REF. : RE004184-01A





LAVAL (53) – Construction de logements collectifs Impasse du Bourmy



CS 66853
16, rue des Petits Champs
35768 ST GREGOIRE
Tél. 02 99 36 37 55
Fax. 02 99 36 37 56

DUNES DE FLANDRES

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES SUR LE PLAN DU PROJET

Echelle : 1/2000

Date : 16-18 08 2021

REF. : RE004184-01A

Conditions Générales

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dérogée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inévitables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettrait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L241-I du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle surcotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages matériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

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 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes 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	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude 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 (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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)	Etude 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 (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	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
A 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

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.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PRELABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE 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'œuvre 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'œuvre 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'œuvre 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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:

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 GEOTECHNIQUE 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'œuvre 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 GEOTECHNIQUE (G5)

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