

fondasol

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

Agence de Saint Omer

93 rue Nationale

62151 BURBURE

Tél. 03.21.27.91.38



SARL MORDACQ Immobilier

AIRE SUR LA LYS (62)

Construction d'un bâtiment industriel

Rue Constantinople

Etude géotechnique G2 - AVP

NSO 18.210 – Pièce n° 001 – Provisoire

Suivi des modifications et mises à jour

FTQ.261-A

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
				Nom, Visa	Nom, Visa
Prov	17/09/2018	55		J. BARROIS	J-M. VAILLANT
1 ^{ère} Edition					
A					

PAGE	REV	Provisoire	1 ^{ère} Edition	A	B		PAGE	REV	Provisoire	1 ^{ère} Edition	A	B	
1		x					41	x					
2		x					42	x					
3		x					43	x					
4		x					44	x					
5		x					45	x					
6		x					46	x					
7		x					47	x					
8		x					48	x					
9		x					49	x					
10		x					50	x					
11		x					51	x					
12		x					52	x					
13		x					53	x					
14		x					54	x					
15		x					55	x					
16		x					56						
17		x					57						
18		x					58						
19		x					59						
20		x					60						
21		x					61						
22		x					62						
23		x					63						
24		x					64						
25		x					65						
26		x					66						
27		x					67						
28		x					68						
29		x					69						
30		x					70						
31		x					71						
32		x					72						
33		x					73						
34		x					74						
35		x					75						
36		x					76						
37		x					77						
38		x					78						
39		x					79						
40		x					80						

Sommaire

Présentation de notre mission	5
1 – Mission selon la norme NF P 94-500	5
2 – Programme d’investigation	5
Descriptif général du site et approche documentaire	7
1 – Description du site	7
2 – Contexte géologique	7
3 – Enquête documentaire	8
3.1 – Renseignements publics	8
3.2 – Renseignements transmis	9
4 – Zonage sismique	10
5 – Documents à notre disposition pour cette étude	10
Résultats de la campagne d’investigation géotechnique	11
1 – Nivellement des sondages	11
2 – Analyse lithologique	11
3 – Aspects géomécaniques	12
4 – Niveaux d’eau	12
5 – Résultats des essais en laboratoire	13
6 – Résultats des essais de perméabilité MATSUO	13
Application au projet	15
1 – Description générale du projet	15
2 – Cas des terrassements	16
3 – Préambule déformation de sol	16
4 – Solution de fondations superficielles sur massifs isolés	17
4.1 – Hypothèses de calculs à retenir	17
4.2 – Estimation des tassements	18
4.3 – Précautions d’exécution	19
5 – Cas du dallage	19
5.1 – Modèle géotechnique	20
5.2 – Principes d’amélioration	20
5.3 – Ebauche dimensionnelle	20
6 – Cas des voiries projetées	21
6.1 – Utilisation d’un matériau d’apport pour la couche de forme	21
6.2 – Réutilisation des matériaux en place	22
6.3 – Précautions d’exécution	22
Conditions Générales	24
Enchaînement des missions types d’ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)	26
Missions types d’ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)	27

ANNEXES	28
Notations pour la justification d'une fondation superficielle	29
Tassements par la méthode pressiométrique	30
Plan de situation et plan d'implantation	35
Coupes des sondages réalisés	38
Fouilles à la pelle mécanique	42
Essais de pénétration dynamique	50
Résultat essais de perméabilité MATSUO	53

Présentation de notre mission

La SARL MORDACQ Immobilier nous a confié la réalisation d'une étude géotechnique d'avant-projet dans le cadre de la construction d'un bâtiment industriel à AIRE SUR LA LYS (62).

Cette étude géotechnique a été confiée à FONDASOL, agence de Saint Omer, suite à l'acceptation de notre devis DE.NSO.17.08.043 - Ind B daté du 26 juillet 2017 par votre lettre de commande du 27 juillet 2018.

I – Mission selon la norme NF P 94-500

Il s'agit de la phase AVP (avant-projet) de la mission G2 au sens de la norme NFP 94-500 (Missions Géotechniques Types – Révision de Novembre 2013).

Les objectifs de notre rapport sont de développer les points suivants :

- la synthèse de l'enquête de sols réalisée,
- la description lithologique des terrains traversés,
- les niveaux d'arrivées d'eau en cas de rencontre,
- le résultat des essais de pénétration,
- le résultat des essais de perméabilité,
- le résultat des essais en laboratoire,
- les coupes de sondage et les essais pressiométriques interprétés,
- la faisabilité d'un mode de fondations adapté pour le projet,
- les sujétions d'exécution en cours de travaux liées à ce mode de fondations,
- le cas des niveaux bas de rez-de-chaussée,
- le cas des voiries.

2 – Programme d'investigation

Il a été réalisé le programme d'investigation suivant :

- **1 sondage de reconnaissance lithologique avec essais pressiométriques** noté SPI descendu à 21,00 m de profondeur sous le niveau du terrain actuel,
- **2 sondages de reconnaissance lithologique avec essais pressiométriques** notés SP2 et SP3 descendus à 16,50 m de profondeur sous le niveau du terrain actuel,
- **2 essais de pénétration dynamique** notés PDI et PD2 descendus entre 4,10 et 5,00 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel,

- **7 fouilles à la pelle mécanique** notées P1 à P7 descendues à 2,00 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel.

Les fouilles P3 à P7 ont été mises à contribution pour le prélèvement d'échantillons remaniés afin de permettre la réalisation d'essais d'identification en laboratoire.

Ces essais étant en cours de réalisation (raison par laquelle le présent rapport est provisoire). Le rapport définitif sera établi dès réception du résultat de ces essais.

Les fouilles P1 et P2 ont été mises à contribution pour la réalisation de **2 essais de perméabilité de type MATSUO** (1 essai par fouille) notés M1 et M2.

Les sondages ont été nivelés et rattaché au plan topographique (réputé NGF) qui nous a été transmis pour l'étude.

Des échantillons représentatifs ont été prélevés en cours de sondages de reconnaissance pour identification visuelle des horizons traversés et la résistance du sol a été mesurée au moyen d'essais pressiométriques et pénétrométriques.

On trouvera ci-après les résultats de ces sondages et essais, ainsi que leur interprétation pour l'ébauche dimensionnelle des fondations.

I – Description du site

Le terrain étudié est situé rue Constantinople à AIRE SUR LA LYS (62).

Il s'agit d'une parcelle agricole sensiblement plane.

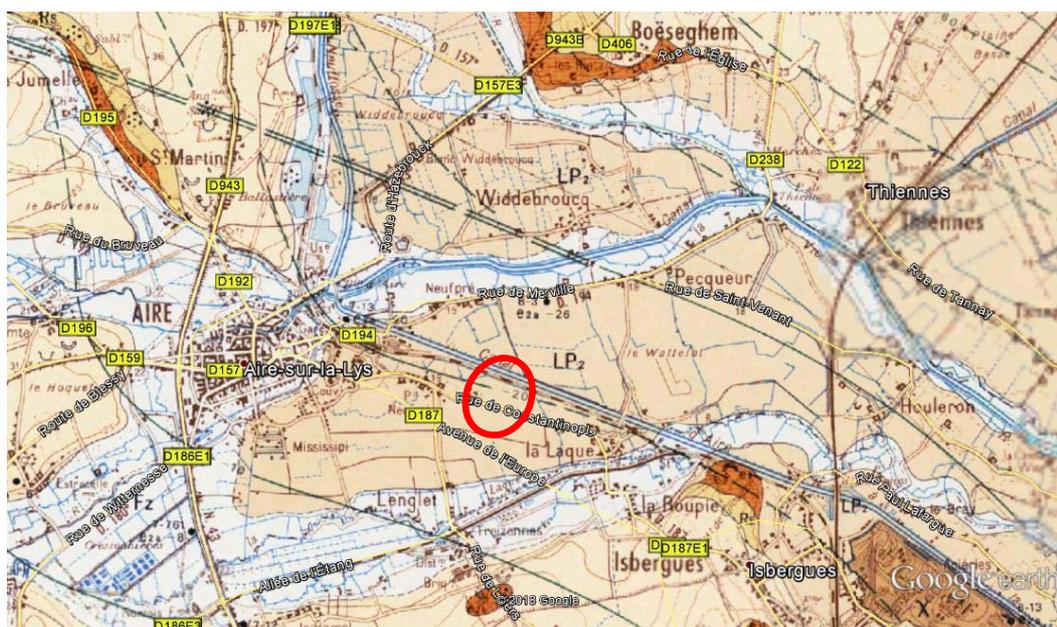
On trouvera, ci-après, une photographie aérienne de la zone d'étude.



Nous ne connaissons pas plus précisément les antécédents de la zone d'étude.

2 – Contexte géologique

D'après les renseignements fournis par la carte géologique au 1/50000ème du BRGM de la région de SAINT OMER, nous devrions rencontrer sous une épaisseur de **terre végétale** ou **remblais**, des **limons Quaternaires** surmontant des **argiles et sables Tertiaires**.



Extrait de la carte géologique de SAINT OMER

3 – Enquête documentaire

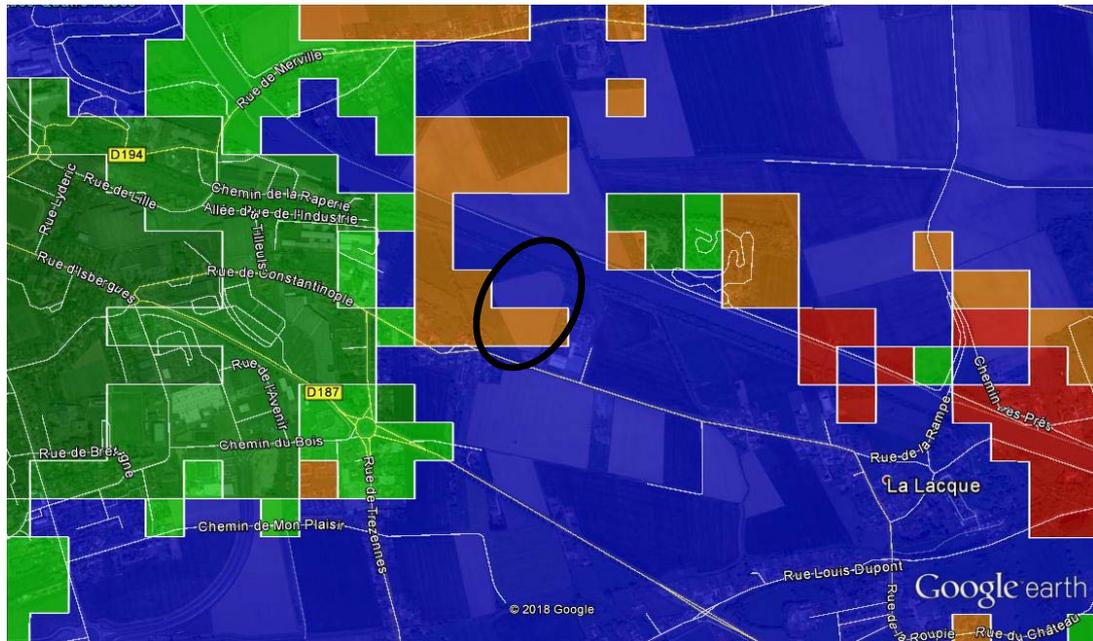
3.1 – Renseignements publics

La zone d'étude est concernée par un **aléa moyen** vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles.



Extrait de la carte aléa retrait - gonflement

D'après le site prim.net, le site étudié est concerné par une **sensibilité forte à très forte (nappe subaffleurante)** vis-à-vis du phénomène remontée de nappe-inondation.



Extrait de la carte du risque de remontée de nappe – inondation

Selon le site georisques.gouv.fr (extrait de carte ci-après), la zone d'étude n'est pas concernée par l'aléa « cavités souterraines ».

3.2 – Renseignements transmis

CG2i nous a transmis un rapport d'étude établi par la société GEOMECA le 10 juin 2008, sous la référence 08-188, pour la construction d'un bâtiment de stockage à proximité de la zone d'étude.

Cette prestation a mis en évidence :

- une lithologie composée (sous la terre végétale et les remblais superficiels) de **limon et argiles** surmontant des **sables**,
- des caractéristiques mécaniques **faibles à moyennes dans les limons et argiles** puis **moyennes à bonnes dans les sables**,
- un **niveau d'eau** situé **entre 2,00 et 3,00 m de profondeur** par rapport au niveau du terrain actuel (juin 2008),
- une **perméabilité relativement faible** (de l'ordre de 10^{-7} m/s) des horizons limono-argileux superficiels,
- les matériaux limono-argileux superficiels appartenant à la **classe A2 du GTR**, et n'appartenant pas à la catégorie des matériaux potentiellement sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement.

4 – Zonage sismique

Selon le décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 la Commune de AIRE SUR LA LYS est située en zone de sismicité faible (zone 2).

Selon l'arrêté du 22/10/10, article 5, en zone de sismicité très faible à faible, l'analyse de la liquéfaction des sols n'est pas requise.

La classe d'importance du projet ne nous a pas été communiquée, nous supposons donc celle-ci, par hypothèse, de type I ou II selon l'Eurocode 8 (à confirmer par le maître d'ouvrage) ; ce qui ne nécessite pas l'application des règles parasismiques.

5 – Documents à notre disposition pour cette étude

Pour l'élaboration du programme d'investigation géotechnique énoncé ci-avant, nous avons en notre possession :

- I plan de masse du projet sous format numérique,
- I rapport d'étude établi par la société GEOMECA sous la référence 08-188 et daté du 10 juin 2008, sous format numérique.

Résultats de la campagne d'investigation géotechnique

I – Nivellement des sondages

Les sondages ont été nivelés et rattachés au plan topographique (réputé NGF).

On trouvera, dans le tableau ci-après, les cotes NGF relevées :

Sondage	Cote NGF (m)
SP1	19,08 m
SP2	19,14 m
SP3	19,21 m
PD1	19,10 m
PD2	19,11 m
PI	19,10 m
P2	18,99 m
P3	19,05 m
P4	19,43 m
P5	19,09 m
P6	19,15 m
P7	19,25 m

Ce levé confirme une zone d'étude sensiblement plane.

2 – Analyse lithologique

Les sondages de reconnaissance lithologique notés SPI à SP3 et PI à P7 ont rencontré successivement sous **la terre végétale** de surface :

- un **ensemble limono-argileux gris, roux, beige à roux à brun localement sableux et/ou avec veines rouilles et concrétions** jusque 2,00 à 10,00 m de profondeur (base des fouilles PI à P7),
- un **sable argileux vert avec graviers de silex** reconnu jusqu'à la base des sondages SPI à SP3 ; c'est-à-dire jusque 16,50 à 21,00 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel.

Cette succession est légèrement différente par rapport à celle décrite par GEOMECA ; à savoir le toit d'apparition des sables est beaucoup plus profond.

On notera qu'il est possible de rencontrer localement des épaisseurs de remblais (en fonction des éventuels antécédents de la parcelle étudiée).

3 – Aspects géomécaniques

Les reconnaissances lithologiques et essais mécaniques (pressiométriques et pénétrométriques) ont permis de mettre en évidence :

- un **ensemble limoneux mou à ferme** jusque 3,00 à 4,00 m de profondeur avec des pressions limites nettes variant de 0,27 à 0,52 MPa, des modules pressiométriques variant de 2,2 à 4,5 MPa et des résistances à l'enfoncement dynamique de la pointe généralement comprises entre 1 et 2 MPa,
- un **ensemble argileux ferme** au-delà avec des pressions limites nettes variant de 0,39 à 1,09 MPa, des modules pressiométriques variant entre 2,2 et 15,1 MPa et des résistances à l'enfoncement dynamique de la pointe généralement supérieures à 2 MPa,
- un **sable dense à très dense** avec des pressions limites nettes variant de 1,80 à 4,23 MPa, des modules pressiométriques variant de 16,5 à 53,5 MPa.

Ces caractéristiques mécaniques sont sensiblement meilleures que celles obtenues par la société GEOMECA à proximité de la zone d'étude.

4 – Niveaux d'eau

Lors de notre intervention (début septembre 2018), des arrivées d'eau ont été décelées en cours de forage entre 1,10 et 1,90 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel au droit des fouilles à la pelle mécanique.

Ces niveaux d'eau sont moins profonds que ceux mis en évidence par la société GEOMECA en 2008.

Ces niveaux peuvent fluctuer en fonction des saisons et années.

On notera qu'il est possible de rencontrer des eaux d'infiltration d'origine météorologique à la circulation anarchique, dans les horizons superficiels dont le niveau et le débit peuvent varier selon les conditions climatiques.

Il est également possible de rencontrer périodiquement la présence des rétentions superficielles d'eau (nappe « perchée ») compte tenu de la présence de limons et argiles (généralement peu perméables) au droit de la zone d'étude.

L'intervention ponctuelle du géotechnicien, dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée, ne lui permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où les niveaux d'eau mentionnés dans le rapport d'étude correspondent nécessairement à un relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Pour obtenir des indications plus précises, une étude hydrogéologique pourra être envisagée.

5 – Résultats des essais en laboratoire

Il a été prélevé, au droit des sondages P3 à P7, des échantillons remaniés superficiels afin de permettre la réalisation d'**essais en laboratoire**.

Ces essais en laboratoire sont actuellement en cours de réalisation ; raison pour laquelle le présent rapport d'étude est provisoire.

Une mise à jour du présent rapport sera donc effectuée dès réception du résultat des essais en laboratoire.

On notera toutefois que la société GOEMECA a identifié des matériaux de classe A2 selon le GTR, à proximité du projet.

Ce sont des sols fins qui peuvent changer brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Leur temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court mais peut tout de même varier assez largement selon la granulométrie, la plasticité et la compacité des matériaux.

Ce sont des matériaux sensibles à très sensibles à l'eau et gélifs.

6 – Résultats des essais de perméabilité MATSUO

Deux essais de perméabilité de type MATSUO noté M1 à M2 ont été réalisés au droit des fouilles P1 à P2 de la manière suivante :

- réalisation d'une fouille rectangulaire avec levé de la géométrie de celle-ci,
- injection d'eau afin de saturer le terrain,
- mesure de la descente du niveau d'eau en fonction du temps.

Les essais réalisés ont permis de mettre en évidence les résultats suivants :

Nom de la fouille	Nom de l'essai	Profondeur de la fouille *	Nature du sol	Perméabilité K (m/s)
P1	M1	1,00 m	Argile limoneuse	$6,6 \cdot 10^{-7}$
P2	M2	0,90 m	Argile limoneuse	$4,7 \cdot 10^{-7}$

(*) par rapport au niveau du terrain actuel

La perméabilité mesurée dans les horizons limono-argileux est relativement faible mais cohérente avec la nature des matériaux.

On trouvera la restitution graphique de ces essais de perméabilité jointe ci-après.

Préconisations d'usage :

Les essais de perméabilité étant ponctuels, la perméabilité peut donc fluctuer en fonction de l'implantation et de la profondeur du ou des éventuel(s) ouvrage(s) d'infiltration.

Dans le cadre de la réalisation d'un éventuel ouvrage d'infiltration, l'entreprise chargée des travaux devra réaliser un essai en vraie grandeur, afin d'ajuster si nécessaire la surface d'infiltration, compte tenu de la présence de matériaux fins (limon et argile) décelés au droit du site.

Le dimensionnement de ces ouvrages est du ressort d'un Bureau d'Etudes VRD qui devra prendre en compte l'hétérogénéité des sols (prise en compte d'un coefficient de sécurité).

On prévoira un entretien régulier du système d'infiltration (curage, décalcification etc.) qui pourra se colmater au cours du temps compte tenu de la présence de fines.

D'autre part, l'implantation de tout éventuel ouvrage d'infiltration et de rétention d'eau devra être suffisamment éloignée des existants (bâtiments, voiries, talus) et des ouvrages projetés afin d'éviter toute déstabilisation de ces derniers.

Les éventuels systèmes d'infiltration projetés devront avoir reçu l'agrément des autorités compétentes.

I – Description générale du projet

Il est projeté la construction d'un bâtiment de type industriel (R+0 sans sous-sol) d'environ 3600 m² d'emprise au sol.

Le projet n'aura pas de partie mitoyenne avec des ouvrages existants.

Les charges associées au projet sont de :

- 50 kPa pour la surcharge d'exploitation sur le dallage,
- 500 kN pour les appuis ponctuels projetés par la structure.

Nous ne connaissons pas le calage altimétrique, ni les tolérances de déformation du projet.

Nous prenons donc comme hypothèse, pour le présent rapport, que le niveau bas du projet sera sensiblement égal au niveau du terrain actuel (pas de remblaiement pour exhaussement altimétrique).

Le projet comprend également la réalisation de voiries lourdes pour lesquelles nous ne connaissons ni le trafic, ni le calage altimétrique.

Nous prenons comme hypothèse pour le présent rapport :

- une voirie projetée en profil rasant vis-à-vis de la topographie actuelle,
- un trafic projeté de type TCI₂₀ selon le catalogue des structures type chaussées neuves SETRA/LCPC.

La classe d'importance du projet ne nous a pas été communiquée ; nous supposons celle-ci par hypothèse de type I ou II selon l'Eurocode 8 (à confirmer par le maître d'ouvrage), ce qui ne nécessite pas l'application des règles parasismiques.

2 – Cas des terrassements

Compte tenu des matériaux en place, les terrassements pourront être réalisés à la pelle mécanique.

Les travaux de terrassement pourront être concernés par la nappe d'eau souterraine (compte tenu de sa faible profondeur).

Nous rappelons également la possibilité de circulations d'eau d'origine météorique et de rétentions superficielles d'eau (nappe « perchée »).

L'entreprise prévoira donc le matériel adapté à l'évacuation de toute arrivée d'eau pouvant se produire en cours de terrassement au moyen d'un dispositif adapté et les talus devront être protégés du ruissèlement.

Les matériaux en place étant sensibles à l'eau, on privilégiera une période climatique favorable pour la réalisation des terrassements.

Compte tenu de la faible profondeur de la nappe, la mise en œuvre d'un dispositif de drainage pour le bon essorage des plateformes pourra s'avérer nécessaire.

3 – Préambule déformation de sol

Nous avons estimé, dans un premier temps, le tassement de sol selon la méthode pressiométrique, sous l'effet d'une surcharge d'exploitation dallage de 50 kPa.

Le tassement estimé est de l'ordre de 5 à 6 cm au centre du dallage et 3 à 4 cm en périphérie de dallage.

Ces valeurs de tassements sont a priori trop importantes pour un dallage sur terre-plein traditionnel ; il conviendra donc d'envisager, pour cette partie de l'ouvrage, la mise en œuvre d'une amélioration de sol.

Nous avons également estimé le tassement absolu du sol, selon la méthode pressiométrique, sous une fondation ponctuelle chargée à 500 kN ; celui-ci sera de l'ordre de 1 cm (ce qui semble admissible pour le projet).

Nous développons donc, dans la suite du présent rapport, une solution de fondations superficielles sur massifs pour les appuis de la structure envisagée.

Dans le cas où les déformations de sol sous fondations, estimés ci-avant, sont trop importantes pour le projet, ou envisagera de faire reposer celles-ci sur l'amélioration de sol décrite pour le dallage.

Ceci est bien entendu à confirmer par le BET structure en fonction de la tolérance de déformation des ouvrages.

4 – Solution de fondations superficielles sur massifs isolés

En fonction des charges et tolérances de déformations (cf. préambule ci-avant), nous avons étudié en première approche pour le projet, **une solution de fondations sur massifs isolés coulés en pleine fouille**, ancrés d'au minimum 30 cm dans les **limons ou argiles en place et non remaniés**, en respectant une profondeur minimale de 1,00 m sous le niveau du terrain actuel et/ou du terrain fini (prendre le cas le plus défavorable).

Le niveau d'assise sera approfondi en cas de rencontre de remblai ou de sol remanié.

Le cas échéant, les règles relatives aux fondations posées à des niveaux différents devront être respectées

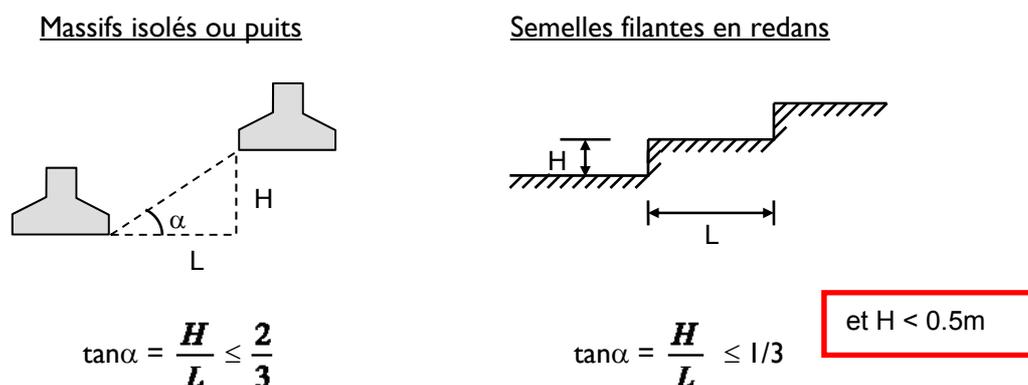


Schéma de principe de la règle relative aux fondations posées à différents niveaux

4.1 – Hypothèses de calculs à retenir

Pour une fondation isolée descendue dans les limons ou argiles en place et non remaniés, la pression limite nette équivalente est :

$$P_{le}^* = 0,36 \text{ MPa}$$

$$k_p = 0,8$$

$$i_\delta = 1 \text{ (charges supposées verticales)}$$

$$i_\beta = 1 \text{ (charge éloignée de tout talus)}$$

$$D_e/B = \text{Négligé}$$

On a alors dans ce cas selon la norme NFP 94-261 (détaillée en annexe), la contrainte nette évaluée à :

$$q_{net} = k_p \cdot P_{le}^* \cdot i\delta \cdot i\beta$$

Soit :

$$\text{Contrainte caractéristique : } q_{v;k} = \frac{q_{net}}{1,2}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELS : } q'_{ELS} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{2,3}$$

$$\text{Contrainte de calcul à l'ELU : } q'_{ELU} - q_0 = q_{v;d} = \frac{q_{v;k}}{1,4}$$

Les contraintes de calcul sont, en négligeant q0 :

$$q'_{ELS} = 0,10 \text{ MPa}$$

$$q'_{ELU} = 0,17 \text{ MPa}$$

Ces valeurs seront à minorer par le coefficient $i\delta$ en cas de charges inclinées et/ou excentrées reprises par les fondations.

4.2 – Estimation des tassements

Pour un massif isolé de 2,25 m de côté apportant une contrainte au sol de 0,10 MPa aux ELS (valeurs arbitraires), les tassements absolus prévisibles estimés par la méthode pressiométrique seront de l'ordre de 1 cm sous réserve d'une bonne exécution des fondations.

Les tassements différentiels ne peuvent pas être calculés à ce stade du projet car nous ne connaissons pas les descentes de charge du projet en détail ; ceux-ci seront toutefois du même ordre de grandeur que les tassements absolus estimés ci-avant.

Il appartiendra au BET structure de vérifier la compatibilité des déformations vis-à-vis du projet.

4.3 – Précautions d'exécution

Il conviendra de bien vérifier la nature et l'homogénéité des fonds de fouille et de purger toute poche de sol mou (et de remblais éventuels) que l'on pourrait rencontrer au niveau d'assise prévu.

On prévoira le talutage des fouilles et éventuellement leur blindage jointif si nécessaire (selon la tenue des sols en place).

On respectera un ancrage minimal de 0,30 m dans les limons, en place et non remaniés ainsi qu'une profondeur minimale de 1,00 m sous le niveau du terrain actuel et /ou du terrain fini (prendre le cas le plus défavorable).

En cas de doute sur la nature du sol d'assise des fondations, on prévoira le contrôle des fouilles par un géotechnicien avant leur bétonnage.

On prévoira le curage soigné de la base des fouilles de fondations avant leur bétonnage.

Les dénivellations entre les niveaux d'assise des fondations seront alors reprises par redans successifs en respectant la proportion $H/l < 2/3$ et en partant du point le plus bas.

Le bétonnage devra se faire aussitôt après les terrassements, ou sinon on coulera un béton de propreté à l'avancement.

L'entreprise de travaux aura à sa charge l'évacuation immédiate de toute éventuelle arrivée d'eau pouvant se produire en fond de fouille au moyen d'un dispositif adapté.

Tous les éléments porteurs (façade, poteaux, refends) devront être portés par des fondations.

On évitera toute infiltration d'eau à proximité des fondations et/ou toute plantation d'arbres ou arbustes ; les limons et argiles étant très sensibles aux variations de leur teneur en eau.

5 – Cas du dallage

Compte tenu du préambule ci-avant, nous avons étudié en première approche pour le niveau bas de rez-de-chaussée projeté, une solution d'amélioration de sol par inclusions rigides descendus dans les sables.

5.1 – Modèle géotechnique

Dans le cadre de l'étude d'avant-projet, nous proposons le modèle géotechnique suivant :

Nature du sol	Classe de terrain selon NF 94-262	Profondeur/TA*	Pf* (MPa)	PI* (MPa)	EM (MPa)	α
Limon/Argile	Argile et Limon mou	Jusque 4,00 m	0,20	0,36	3,0	1/2
Argile	Argile ferme	Jusque 10,00 m	0,35	0,64	5,3	1/2
Sable	Sable dense à très dense	Jusque 21,00 m	1,50	2,15	22,5	1/3

TA* = niveau du terrain actuel

5.2 – Principes d'amélioration

Le procédé consiste à réaliser des colonnes en mortier de diamètre 30 à 40 cm, mises en œuvre par exemple par une tarière à refoulement. Un matelas de répartition en matériaux granulaires assurera la transmission des charges aux colonnes et au sol.

Nous assimilons ici, la méthode d'exécution à une méthodologie de type pieu battu moulé de classe 4 et catégorie II.

5.3 – Ebauche dimensionnelle

Inclusions :

En première approche, compte tenu du modèle de sol proposé, une inclusion de diamètre 360 mm, ancrée de 1,00 m dans la couche de sable dense à très dense (soit ici à partir de 10 m de profondeur) peut reprendre une charge de l'ordre de 700 kN.

Pour une contrainte répartie de 50 KPa, on peut envisager un maillage d'inclusions de 2,40 m x 2,40 m.

La distance maximale entre inclusions sera de 3 m, et la distance minimale de 1,5 m.

La contrainte en tête des inclusions n'excèdera pas 3 MPa aux ELS, ceci pour être compatible avec la résistance des matériaux du matelas de répartition.

Matelas de répartition :

Le matelas de répartition en tête des inclusions aura une épaisseur minimale de 60 cm. Son épaisseur ne sera pas inférieure à 1,5 fois le diamètre des inclusions.

Le sol support étant sensible à l'eau, l'épaisseur du matelas sera aussi fonction de la portance du sol support lors des travaux, et donc des conditions météorologiques et des modalités de drainage de la plateforme.

Il sera constitué de matériaux granulaires d'apport de type D2I ou D3I selon le GTR avec $31,5 \text{ mm} \leq D_{\text{max}} \leq 80 \text{ mm}$; son épaisseur et ses performances seront à déterminer par l'étude de projet G2 phase PRO.

La mise en œuvre de cette couche ne devra induire aucun dommage aux inclusions.

Le prédimensionnement de l'amélioration de sol et les préconisations de réalisation et de contrôle devront être définis dans le cadre d'une mission géotechnique G2, phase PRO. Ils devront être conformes à la norme NF-P94-262, aux recommandations ASIRI, et celles de l'AFPS pour les sollicitations sismiques, sachant que l'objectif du traitement est de réduire les tassements globaux et différentiels qui seront bornés par les valeurs fixées par le maître de l'ouvrage.

6 – Cas des voiries projetées

Le sol support de la voirie sera constitué de limons et argiles.

Par conséquent, en fonction de la portance de la plateforme ainsi que des conditions climatiques au moment des travaux, la partie supérieure des terrassements sera à classer en PST1 à PST3 et la classe de l'arase des terrassements sera en ARI.

6.1 – Utilisation d'un matériau d'apport pour la couche de forme

On purgera au préalable la terre végétale sur toute son épaisseur et les éventuels remblais évolutifs ou fortement hétérogènes pouvant apparaître en fond de fouille.

La couche de forme sera mise en œuvre avec un matériau d'apport insensible à l'eau (BI, B3 ou D2 du GTR).

Dans le but d'obtenir une PF2, en fonction des conditions climatiques de la portance du sol au moment des travaux, on mettra en place une épaisseur comprise entre 30 et 70 cm de matériau (éventuellement avec correcteur granulométrique) avec mise en place d'un géotextile entre la couche de forme et le sol support.

L'épaisseur finale de couche de forme sera à déterminer au début des travaux par une planche d'essai.

6.2 – Réutilisation des matériaux en place

Ce chapitre sera étudié dès réception du résultat des essais en laboratoire.

6.3 – Précautions d'exécution

Les matériaux en place étant sensibles aux variations de teneur en eau, la traficabilité du chantier sera difficile lors de périodes de pluie. On envisagera en conséquence la réalisation des travaux de terrassement durant une période climatique favorable.

On évitera la circulation d'engin sur l'arase de terrassement afin d'éviter le matelassage de cette dernière.

D'une manière générale, l'entreprise prendra toutes les dispositions nécessaires pour garantir sur l'arase de la couche de forme un module EV2 > 50 MPa (PF2) pour les voiries, à confirmer par essais de chargement à la plaque selon la procédure LCPC.

Compte tenu de la nature limoneuse du sol d'assise, nous recommandons la mise en œuvre d'une structure de chaussée souple.

Pour un trafic de type TCI₂₀ par hypothèse et à partir d'une PF2, on pourra envisager la mise en œuvre des différentes épaisseurs de structure de chaussée suivantes :

- 6 cm de béton bitumineux,
- 8 cm de grave bitume 3.

Ce rapport conclut provisionnement la phase AVP (avant-projet) de la mission G2 qui nous a été confiée pour cette affaire.

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et ne constituent pas un dimensionnement du projet.

Selon la norme NF P 94-500, cette mission est insuffisante pour consulter les entreprises.

Elle doit être suivie d'une mission d'études géotechniques de projet G2 PRO avant d'établir le DCE. Elle permettra de :

- optimiser et justifier les choix constructifs, définir le phasage des travaux et les dispositions particulières,

- établir les notes de dimensionnement niveau projet de tous les ouvrages, pour toutes les phases,
- prendre en compte des éventuels effets des sollicitations sismiques sur la conception des ouvrages géotechniques,
- donner les incertitudes qui subsistent et les risques géotechniques résiduels, ainsi que les dispositions constructives à envisager et les études à mener pour les lever,
- fournir un avis sur les valeurs seuils.

Cette mission devra être suivie d'études et de suivi géotechniques d'exécution G3 à la charge de l'entreprise ; parallèlement, le maître d'ouvrage devra confier à un géotechnicien une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution.

FONDASOL est à la disposition de SARL MORDACQ Immobilier pour réaliser toutes ou parties de ces missions.

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'article 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 ingénieurs 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'investigation 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 indemnisations 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 inéluctables 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 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge, une indemnité fixée à 15% du montant en principal TTC de la créance avec un minimum de 150 euros et ce, à titre de dommages et intérêts conventionnels et forfaitaires. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date.

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 L.241-1 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 sur cotisation 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).

Dans le cas où le prestataire intervient en tant que sous-traitant, si le sinistre est supérieur à 3 M€, le client traitant direct et ses assureurs renoncent à tous recours contre le Prestataire et ses assureurs.

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.

Juillet 2014

Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

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 ci-après. 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 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)	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

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

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 PREALABLE (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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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 G4, 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 avoisnants 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.

A TOUTES ETAPES : 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'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).

Février 2014.



Contrainte de calcul sous charge verticale centré

Contrainte nette du terrain sous la fondation superficielle

Selon la norme NF P 94-261, la contrainte de rupture du sol nette a pour expression :

$$q_{\text{net}} = k_p \cdot P_{le}^* \cdot i\delta \cdot i\beta \quad \text{ou} \quad q_{\text{net}} = k_c \cdot q_{ce} \cdot i\delta \cdot i\beta$$

(méthode pressiométrique) (méthode pénétrométrique)

Avec :

k_p, k_c : facteurs de portance

P_{le}^* : pression limite nette équivalente

q_{ce} : résistance de pointe équivalente

$i\delta$: coefficient de réduction lié à l'inclinaison du chargement

$i\beta$: coefficient de réduction lié à la proximité d'un talus

les valeurs de $i\delta$ et $i\beta$ sont données dans l'annexe D de la norme, elles sont égales à 1 pour une charge verticale et un terrain plat

Contrainte caractéristique du terrain sous la fondation superficielle

La contrainte caractéristique verticale $q_{v;k}$ est déduite de q_{net} par application d'un coefficient de modèle $\gamma_{R;d,v}$ égal à 1,2.

$$q_{v;k} = \frac{q_{\text{net}}}{1.2}$$

Contrainte de calcul

On note :

q_d : contrainte sous fondation relative aux charges de structure, poids du béton de fondation compris

q_0 : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

La contrainte de calcul doit vérifier :

$$\text{aux Etats Limites Ultimes} \quad q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{1,4} = q_{v;d}$$

$$\text{aux Etats Limites de Service} \quad q_d - q_0 \leq \frac{q_{v;k}}{2,3} = q_{v;d}$$

Tassements par la méthode pressiométrique

Selon l'annexe H de la norme P94-261, le tassement final d'une fondation s'exprime par la relation :

$$sf = \left(\frac{\alpha_c B \lambda_c}{E_c} + \frac{2B_0}{E_d} \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^{\alpha_d} \right) \frac{(q' - \sigma'_{v0})}{9}$$

Où :

E_c, E_d : modules pressiométriques représentatifs de la couche compressible située sous la fondation (E_c : domaine sphérique, E_d : domaine déviatorique)

α_c, α_d : coefficients rhéologiques dans les domaines sphérique et déviatorique

λ_c, λ_d : coefficients de forme fonction du rapport L/B

où : L = Longueur de semelle
B = Largeur de semelle

B_0 : largeur de référence égale à 0.60 m

σ'_{v0} : contrainte verticale effective dans le sol au niveau de la base de la fondation avant travaux

q' : contrainte verticale moyenne, calculée à l'ELS quasi-permanent, appliquée au sol par la fondation

Les valeurs de calcul de E_c et E_d sont calculées conformément à l'annexe H de la norme P94-261.

Calcul d'une fondation sur pieux

I. Principes de calcul

La capacité portante des pieux s'exprime à partir de l'effort mobilisable à la base R_b et de celui mobilisable en frottement axial R_s , à partir des relations suivantes :

Terme de pointe :

➤ **Méthode pressiométrique :**

$$R_b = A_b \times k_p \times p_{le}^* \quad (p_{le}^* : \text{pression limite nette équivalente})$$

➤ **Méthode pénétrométrique :**

$$R_b = A_b \times k_c \times q_{ce} \quad (q_{ce} : \text{résistance de pointe équivalente})$$

Terme de frottement axial :

$$R_s = P_s \int_0^D q_s(z) \times dz$$

On définit ensuite les valeurs caractéristiques de pointe et de frottement :

$$R_{b;k} = \frac{R_b}{\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

$$R_{s;k} = \frac{R_s}{\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

Puis, les valeurs de calcul :

E.L.U:
$$R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

E.L.S:
$$R_{c;cr;k} = 0.5 R_{b;k} + 0.7 R_{s;k} \quad (\text{charge de fluage})$$

 Pour les pieux réalisés sans refoulement.

$$R_{c;cr;k} = 0.7 R_{b;k} + 0.7 R_{s;k} \quad (\text{charge de fluage})$$

 Pour les pieux réalisés avec refoulement.

$$R_{c;cr;d} = \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}} \quad (\text{charge de service})$$

2. Coefficients de modèle

$\gamma_{R;d1}$ et $\gamma_{R;d2}$ sont des coefficients de modèle dépendant de la méthode d'évaluation utilisée et du type de pieux réalisé.

➤ Méthode pressiométrique :

	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	$\gamma_{R;d1}$ Compression	$\gamma_{R;d1}$ Traction	$\gamma_{R;d2}$ Compression	$\gamma_{R;d2}$ Traction
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,15	1,4	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	1,4	1,7		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	2,0	2,0		

➤ Méthode pénétrométrique :

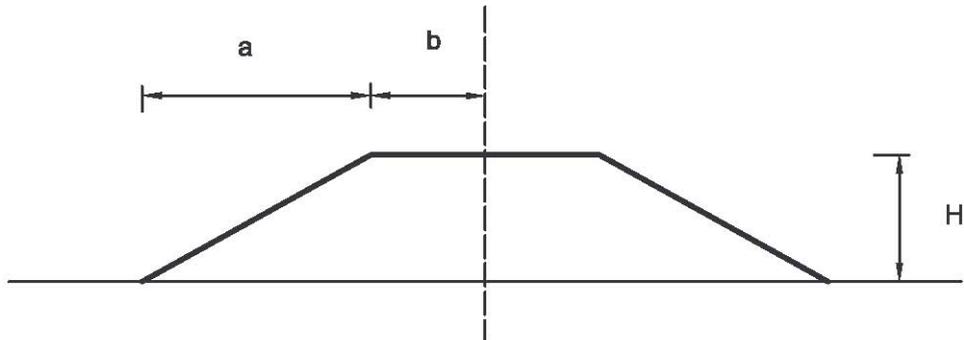
	Procédure du « pieu modèle » (utilisation des coefficients ξ ou de l'annexe D de la norme NF EN 1990)		Procédure du « modèle de terrain »	
	$\gamma_{R;d1}$ Compression	$\gamma_{R;d1}$ Traction	$\gamma_{R;d2}$ Compression	$\gamma_{R;d2}$ Traction
Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15	1,18	1,45	1,1	
Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	1,45	1,75		
Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20	2,0	2,0		

3. Coefficients partiels

Les coefficients dépendent de la classe et de la catégorie du pieu :

	Compression	Traction
γ_b, γ_s ELU durables et transitoires	1.1	1.15
γ_b, γ_s ELU accidentels	1.0	1.05
γ_{cr} ELS caractéristiques	0.9	1.1
γ_{cr} ELS quasi-permanent	1.1	1.5

TASSEMENTS SOUS UN REMBLAI INFINI DE SECTION TRAPEZOÏDALE



- 1) Le sous-sol est divisé en couches horizontales de caractéristiques homogènes. Le calcul est conduit sur l'axe du remblai.
- 2) Au centre de chaque couche, on calcule la contrainte σ_z due au remblai par la formule d'Osterberg :

$$\sigma(z) = \frac{2 \cdot \gamma_r \cdot H}{\pi} \left[\left(1 + \frac{b}{a}\right) \operatorname{Arctg}\left(\frac{a+b}{z}\right) - \frac{b}{a} \operatorname{Arctg}\frac{b}{z} \right]$$

Avec :

z : profondeur
 γ_r : densité apparente du remblai
 a : largeur du talus
 b : demi-largeur de la plateforme
 H : hauteur du remblai

- 3) Le tassement de chaque couche est obtenu en appliquant la formule suivante, dans le cas de coefficients de sécurité à la rupture usuels de l'ordre 1,5.

$$W_i = \frac{\alpha_i \cdot \sigma(z)}{E_i} \cdot h_i$$

Où :

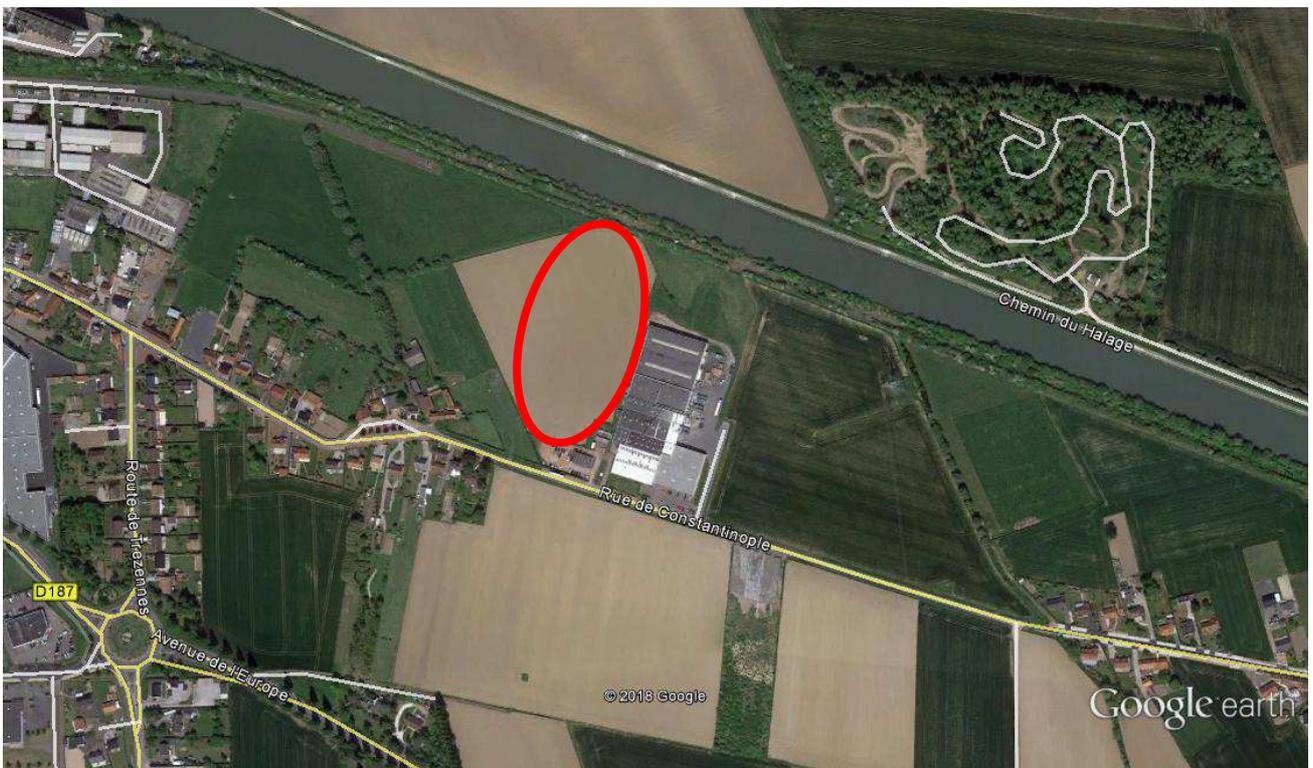
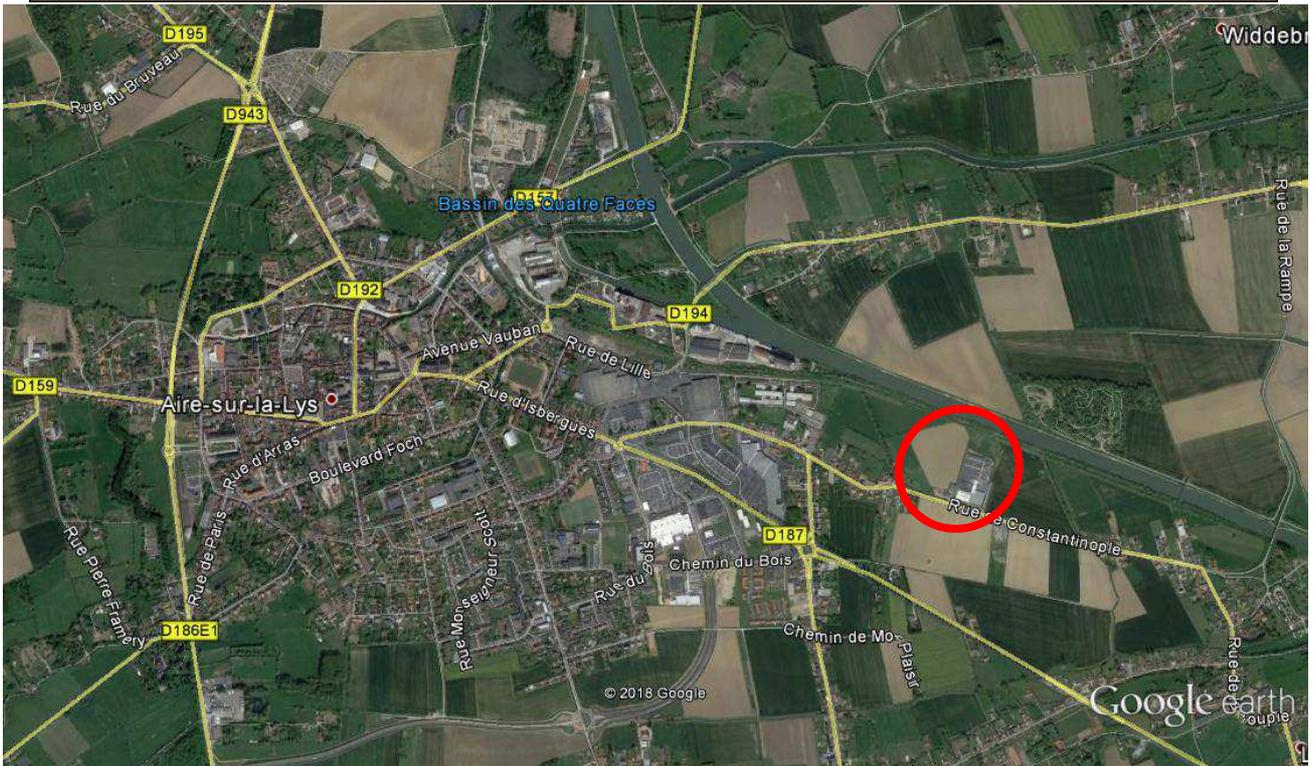
$\sigma(z)$: contrainte au centre de la couche considérée
 α_i : coefficient rhéologique dépendant de la nature du sol de la couche "i"
 E_i : module pressiométrique de la couche de sol "i"
 h_i : épaisseur de la couche de sol "i"

- 4) Le tassement total dû au remblai est la somme des tassements élémentaires de chaque couche :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i$$

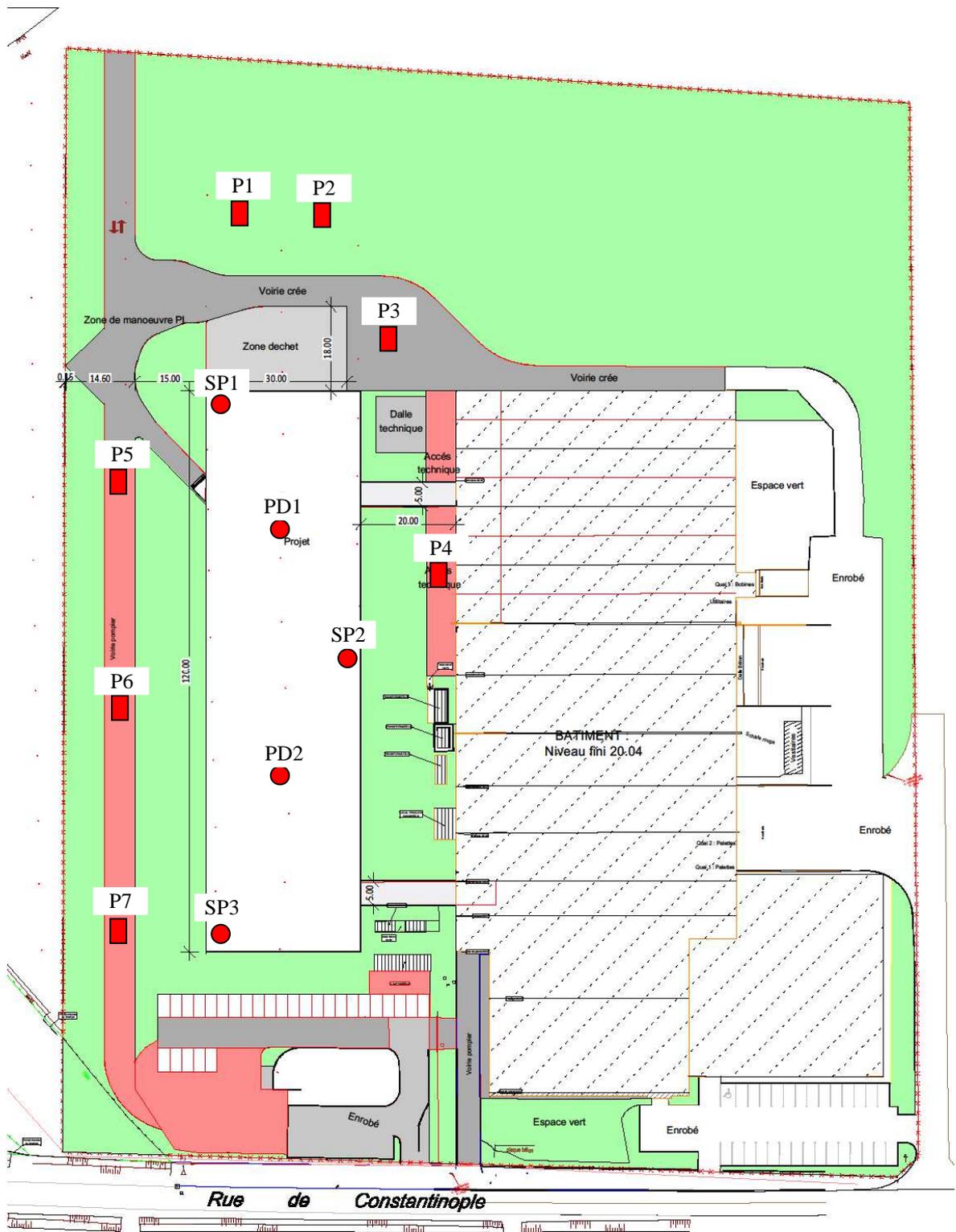
**Plan de situation
et plan d'implantation**

SITUATION

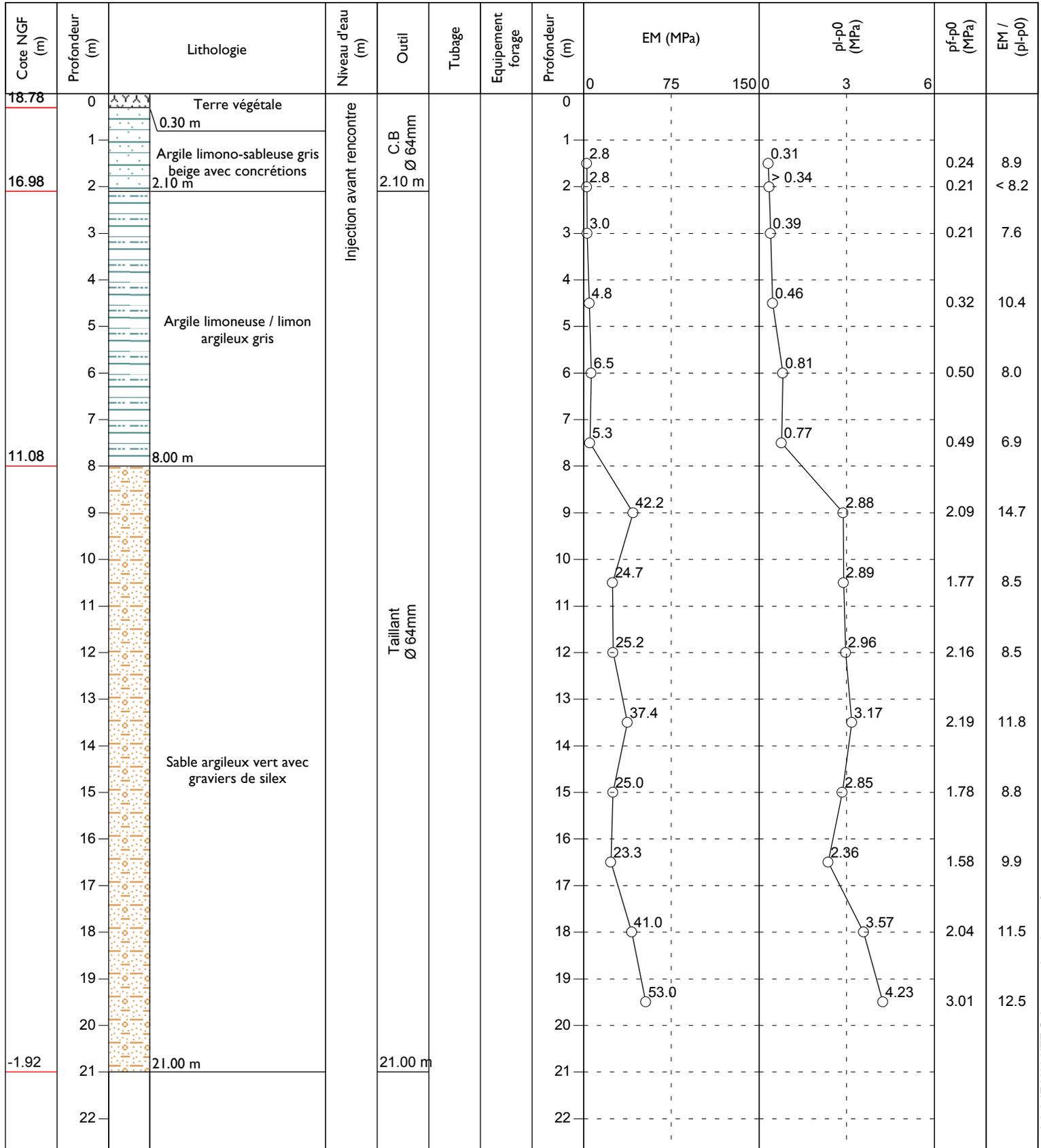


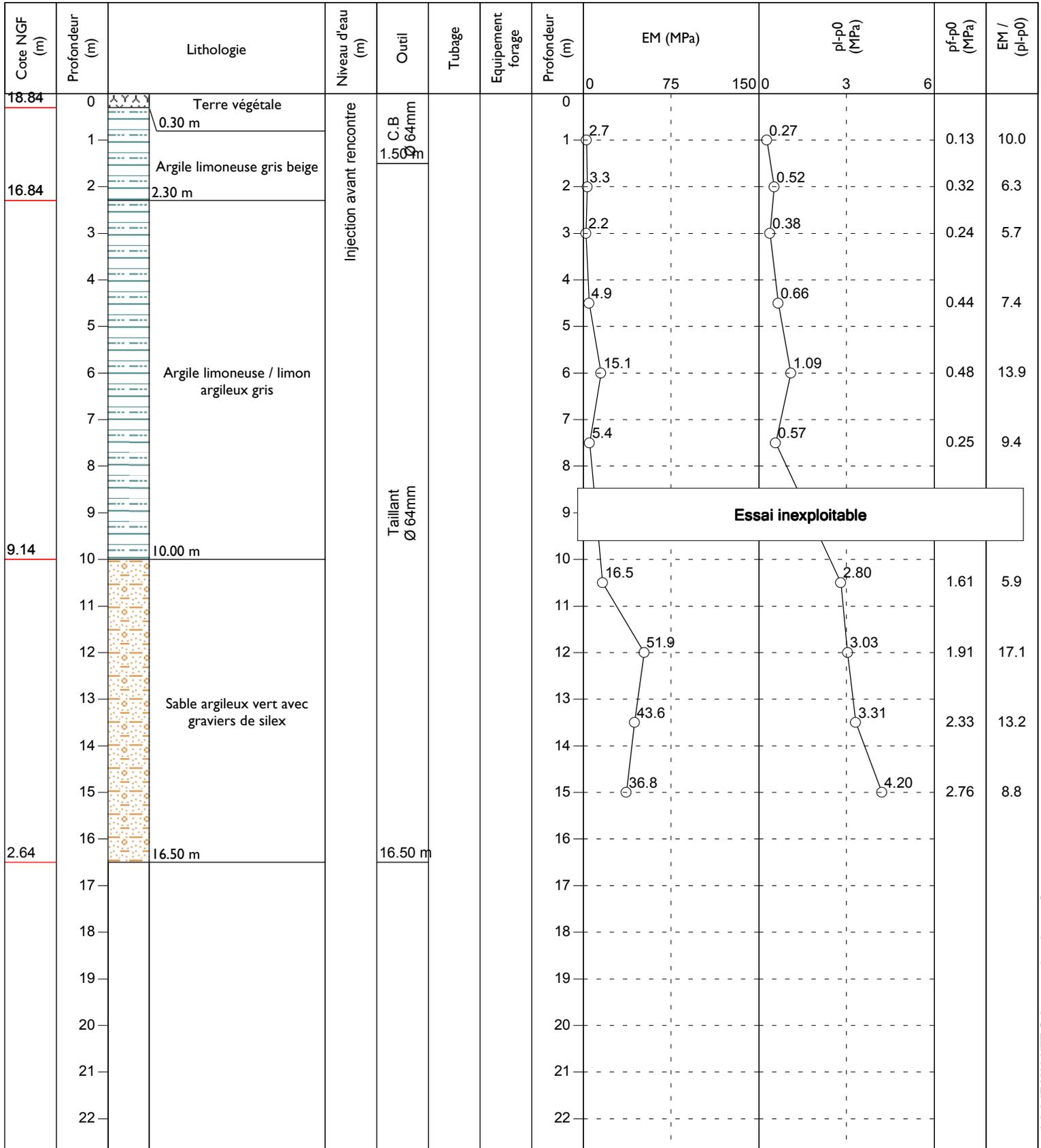
fondasol

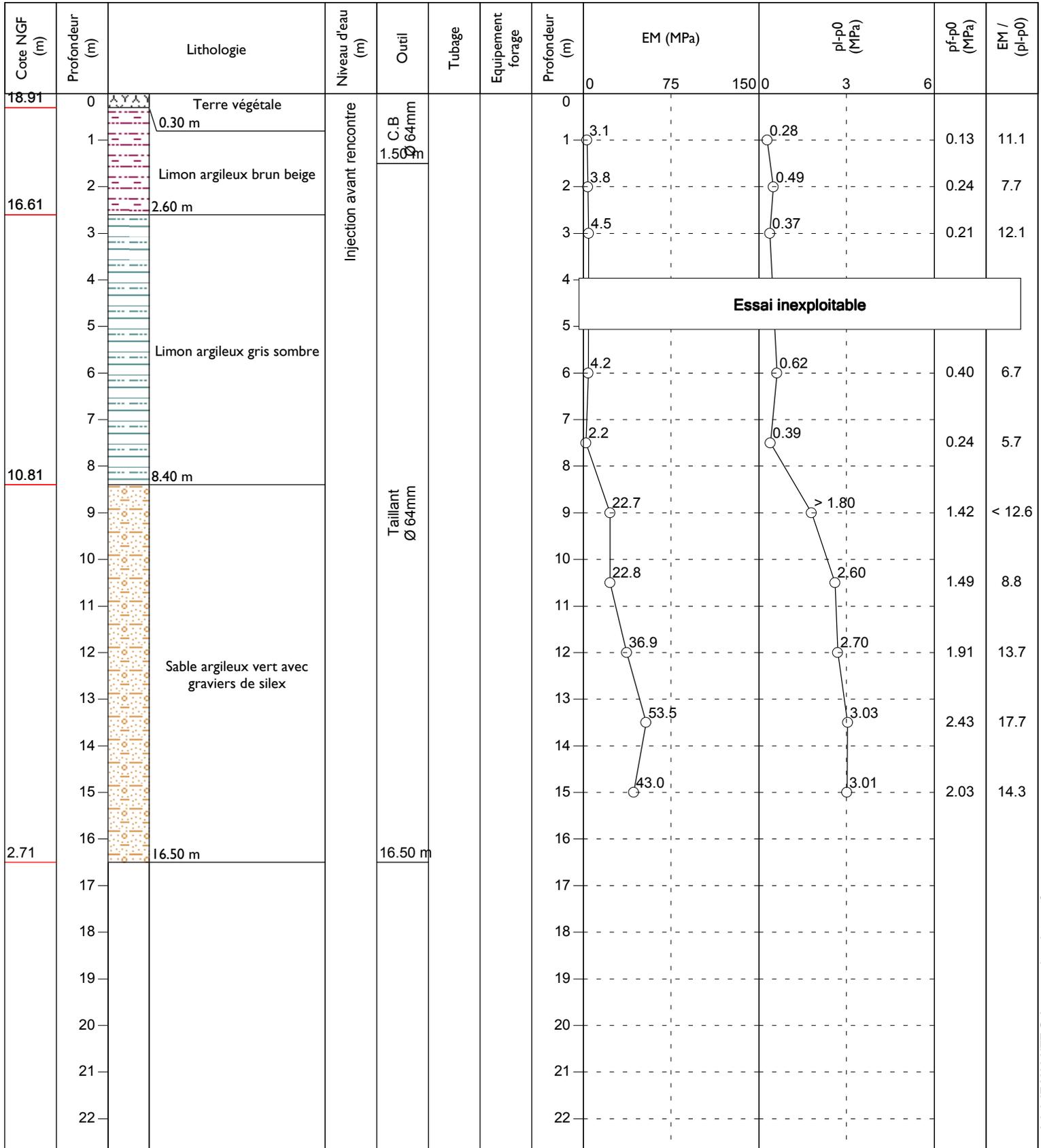
REPERAGE DES SONDAGES



Coupes des sondages réalisés







Fouilles à la pelle mécanique



**CONSTRUCTION D'UN BATIMENT INDUSTRIEL
A AIRE SUR LA LYS (62)**

N° affaire NSO.18.210

Date : 04/09/2018

Cote NGF (m) : 19.10

Profondeur : 0.00 - 2.00 m

Machine : Equipe légère

1/50

Fouille : P1

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.80	0	Terre végétale			
	1	Argile limoneuse grise et beige avec concrétions noires	En cours de sondage 1.90 m	Pelle mécanique 2.00 m	MATSUO M1
17.10	2				



**CONSTRUCTION D'UN BATIMENT INDUSTRIEL
A AIRE SUR LA LYS (62)**

N° affaire NSO.18.210

Date : **04/09/2018**

Cote NGF (m) : **18.99**

Profondeur : **0.00 - 1.10 m**

Machine : **Equipe légère**

1/50

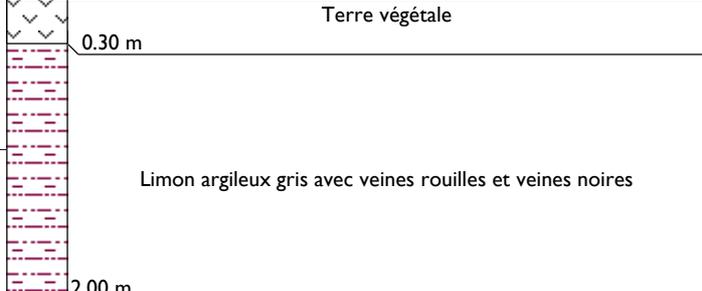
Fouille : P2

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.69	0	<p>Terre végétale 0.30 m</p> <p>Argile limoneuse grise et rousse avec concrétions grises 1.10 m</p>			
17.89	I		En cours de sondage 1.10 m	Pelle mécanique 1.10 m	MATSUO M2

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.75	0	Terre végétale			
	1	Limon argileux gris avec veines rouilles et veines noires	En cours de sondage 1.90 m	Pelle mécanique	
17.05	2				



Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
19.13	0	 0.30 m Terre végétale	En cours de sondage 1.90 m	Pelle mécanique 2.00 m	
18.23	1	 1.20 m Argile limoneuse gris beige avec concrétions grises			
17.43	2	 2.00 m Argile limoneuse grise et beige avec concrétions grises et veines noires			

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.79	0	Terre végétale			
	0.30 m				
	1	Limon argileux gris et roux avec concrétions noires		Pelle mécanique	
17.19 17.09	1.90 m		En cours de sondage 1.90 m	2.00 m	
	2	Argile grise avec veines limoneuses rouilles			
	2.00 m				



**CONSTRUCTION D'UN BATIMENT INDUSTRIEL
A AIRE SUR LA LYS (62)**

N° affaire NSO.18.210

Date : 04/09/2018

Cote NGF (m) : 19.15

Profondeur : 0.00 - 2.00 m

Machine : Equipe légère

1/50

Fouille : P6

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.85	0	Terre végétale			
	0.30				
	1	Limon argileux gris et roux avec concrétions grises		Pelle mécanique	
17.25	1.90		En cours de sondage		
17.15	2	Argile grise et rousse avec fragments de végétaux noirs	1.90 m	2.00 m	
	2.00				

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr



**CONSTRUCTION D'UN BATIMENT INDUSTRIEL
A AIRE SUR LA LYS (62)**

N° affaire NSO.18.210

Date : 04/09/2018

Cote NGF (m) : 19.25

Profondeur : 0.00 - 2.00 m

Machine : Equipe légère

1/50

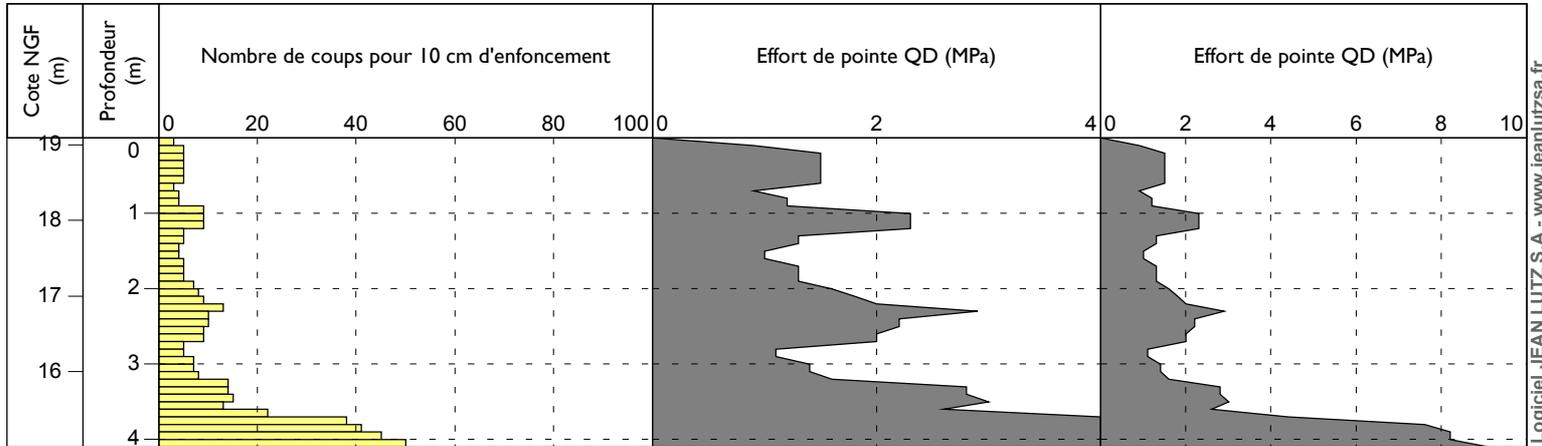
Fouille : P7

EXGTE 3.20/GTE

Cote NGF (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Essai
18.95	0	Terre végétale			
	0.30 m				
	1	Limon argileux gris beige avec concrétions grises		Pelle mécanique	
17.35	1.90 m		En cours de sondage		
17.25	2	Argile grise avec veines limoneuses rouilles et concrétions noires	1.90 m	2.00 m	
	2.00 m				

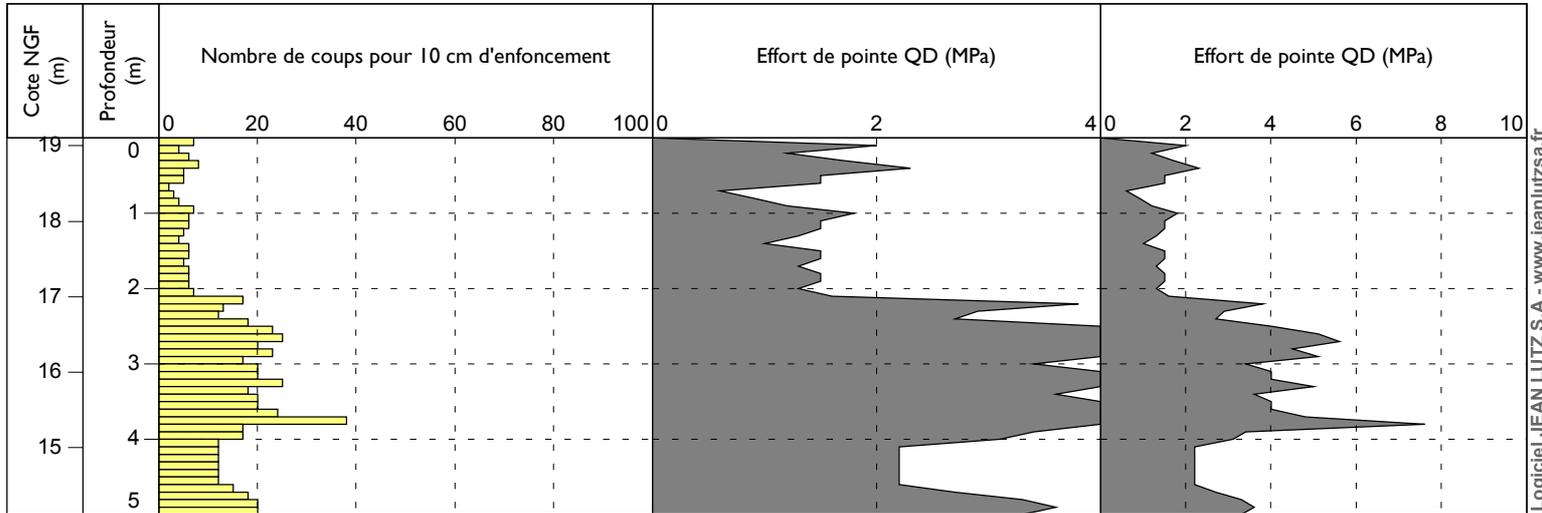
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr

Essais de pénétration dynamique



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Refus au battage à 4.10 m de profondeur



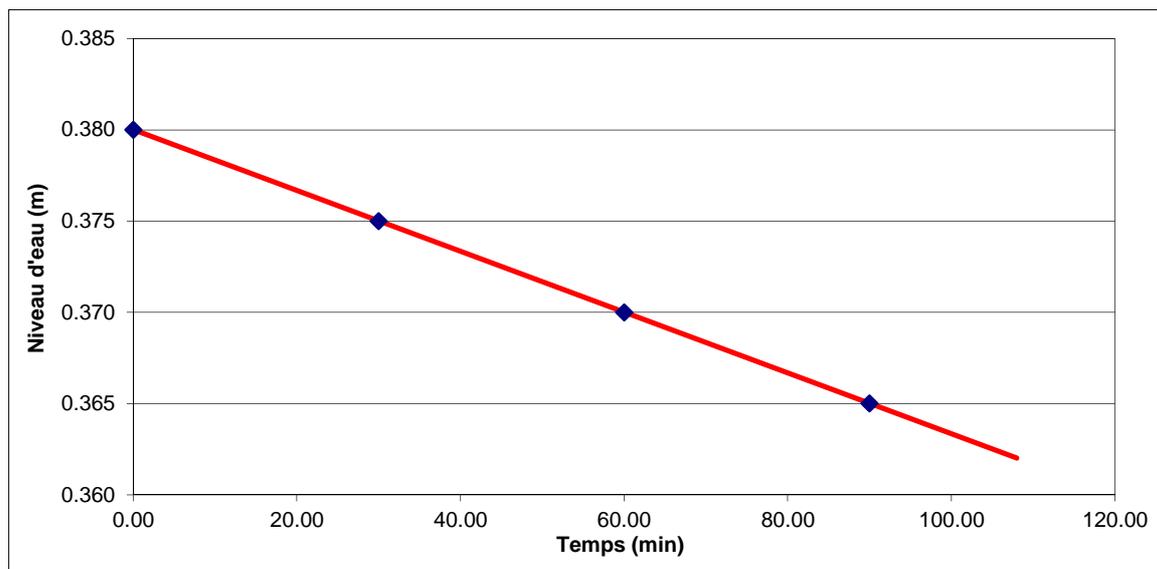
Résultat essais de perméabilité MATSUO

Essai M1 (fouille P1)	Longueur fouille (m)	1.00
	Largeur fouille (m)	0.30
	Coeff. de forme (m)	0.115
	Coeff. de sécurité	1
	Profondeur (m)	1.00

Calcul de la descente

Temps (min)	Hauteur d'eau (m)	Temps (min)	Hauteur d'eau (m)
0.00	0.380	20.00	
1.00		25.00	
2.00		30.00	0.375
3.00		35.00	
4.00		40.00	
5.00		50.00	
6.00		60.00	0.370
8.00		70.00	
9.00		80.00	
10.00		90.00	0.365
12.00			
13.00			
15.00			
18.00			

Phase linéaire de : 0 min
à : 90 min

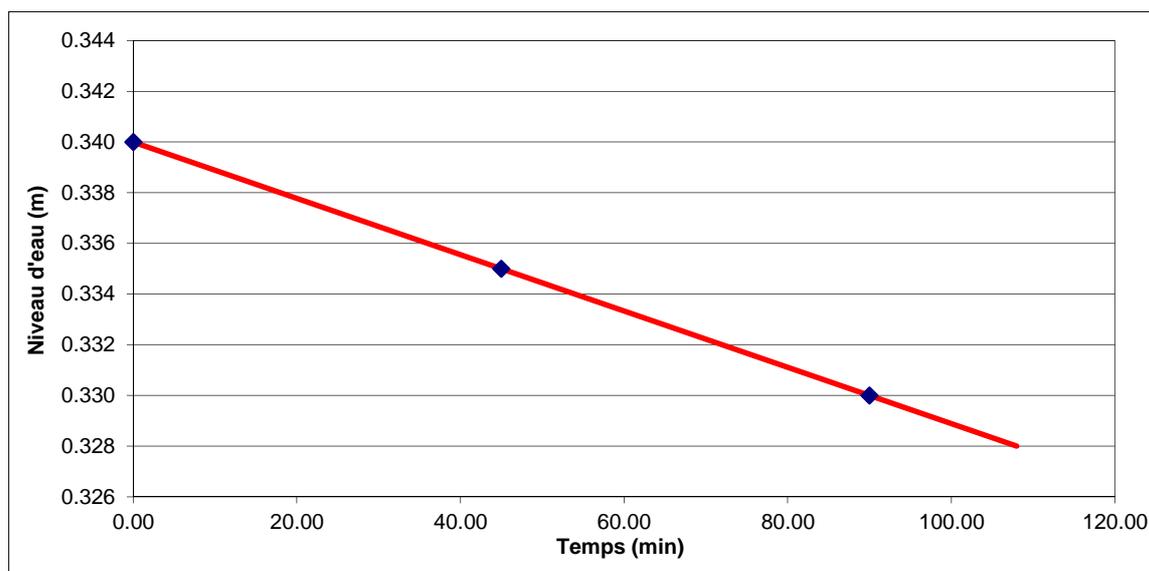
Perméabilité k (m/s)**6.57E-07**

Essai M2 (fouille P2)	Longueur fouille (m)	1.00
	Largeur fouille (m)	0.30
	Coeff. de forme (m)	0.115
	Coeff. de sécurité	1
	Profondeur (m)	0.90

Calcul de la descente

Temps (min)	Hauteur d'eau (m)	Temps (min)	Hauteur d'eau (m)
0.00	0.340	20.00	
1.00		25.00	
2.00		30.00	
3.00		35.00	
4.00		45.00	0.335
5.00		50.00	
6.00		60.00	
8.00		70.00	
9.00		80.00	
10.00		90.00	0.330
12.00			
13.00			
15.00			
18.00			

Phase linéaire de : 0 min
à : 90 min

Perméabilité k (m/s)**4.74E-07**



fondasol

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

www.fondasol.fr

