

Rapport

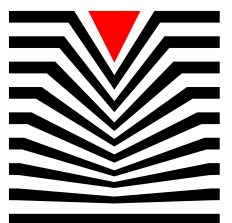
23061591-001

Rue de la Mutualité
4030 Grivegnée (Liège)
Belgique

Etude Géotechnique

GROUP VERBEKE

VERBEKE ESSAI DE SOL





DIEPSONDERINGEN FUNDERINGSADVIES VERBEKE bv
't Lindeke 13 - 8880 Sint-Eloois-Winkel
Tel 056/50 30 43

Numéro du rapport 23061591-001

Rapport rédigé le 03-07-2023

Pour le compte de

A la demande de

Adresse du chantier Rue de la Mutualité
4030 Grivegnée (Liège)
België

Rédigé par Francois Degois
Ingénieur de projet



Index

1 - Introduction	1
2 - Informations générales sur le projet	1
3 - Enquête documentaire	2
3.1 - Carte de synthèse	2
3.2 - Contexte géologique	2
3.3 - Aléa d'inondation	2
3.4 - Zones de consultation de la DRIGM	3
3.5 - Atlas du karst wallon	3
3.6 - Concessions minières	3
3.7 - Zones de protection des captages d'eau	4
4 - Investigations géotechniques réalisées	5
4.1 - Définition de la campagne de sondages et essais	5
4.2 - Implantation et nivellement	6
4.3 - Sondages CPT - profondeurs et résistances maximales	6
4.4 - Niveau d'eau dans le sol	7
4.5 - Interprétation géologique des sols	8
5 - Synthèse des résultats et avis	9
5.1 - Synthèse géotechnique	9
5.2 - Avis sur le mode de fondation envisageable	9
5.2.1 - Semelles filantes	9
5.2.2 - Radier général	10
5.2.3 - Remarques spécifiques au projet	11
5.3 - Remarques générales importantes	12
6 - Annexes	13
6.1 - Résultats des essais au pénétromètre statique (CPT)	14
Sondage au pénétromètre statique	14
Vue d'ensemble des résistances à la pointe - sondage pénétromètre statique	18
Tableau de valeurs - pénétromètre statique	19
6.2 - Estimation de la capacité portante du sol à partir des CPT	23
6.2.1 - Rappels théoriques	23
6.2.2 - Capacité portante prise en compte	24
Contrainte admissible du sol selon EC7 (graphique)	25
Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau)	26
6.3 - Estimation des tassements sous fondations à partir des CPT	29
6.3.1 - Rappels théoriques	29
6.3.2 - Remarques sur les calculs de tassement	30
Tableau de valeurs - pénétromètre statique	31
Estimation des tassements (Semelle filante)	32
Estimation des tassements (Semelle isolée)	35
Estimation des tassements (Radier général)	38
6.4 - Calculs de pieux	41
Capacité portante en tête de pieu selon 'De Beer'	42
6.5 - Plans et documents	43

1 - Introduction

A la demande de Mackels Geoffrey et pour le compte de KM réalisations SRL, il nous a été confié une mission de sondages géotechniques menée conformément aux procédures standard pour la reconnaissance géotechnique publiées par le GBMS (Groupement Belge de Mécanique des Sols et de la Géotechnique).

Nous vous renvoyons, pour ces procédures, aux documents établis par le GBMS ("Procédures standard pour la reconnaissance géotechnique") consultables sur le site internet www.bggg-gbms.be.

Les essais ont été effectués le 15-06-2023, sur le site suivant : Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège).

Pour mémoire, cette étude ne comprend notamment pas :

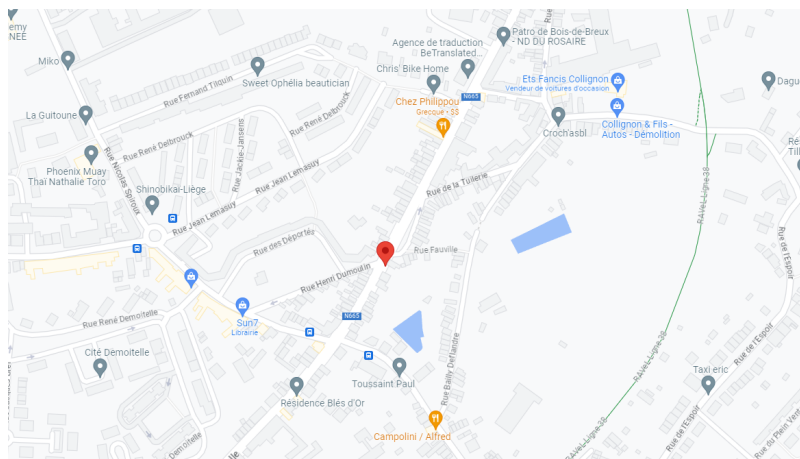
- de recherche de pollution ;
- de recherche de cavité ;
- d'étude hydrogéologique ;
- de dimensionnement de fondation ou de structure.

2 - Informations générales sur le projet

D'après les informations qui nous ont été fournies, le projet consiste en la construction d'un immeuble d'appartements mitoyen.

L'implantation des investigations in-situ a été réalisée sur la base des documents transmis par le client.

Un plan de situation du projet est présenté ci-dessous, celui-ci étant repéré par une marque rouge (source : <https://www.google.be/maps>).



3 - Enquête documentaire

L'enquête documentaire présente les informations géologiques et géotechniques disponibles pour le site étudié.

3.1 - Carte de synthèse

La carte ci-dessous apporte une synthèse visuelle des différents éléments analysés dans l'enquête documentaire et détaillés ci-après (source: WalOnMap - <http://geoportail.wallonie.be>).



3.2 - Contexte géologique

D'après la carte géologique nouvelle édition au 1/25000 (source <http://carto1.wallonie.be/geologie>), le proche sous-sol est naturellement constitué par les schistes et les grès du Groupe Houiller.

3.3 - Aléa d'inondation

D'après les cartes approuvées par le Gouvernement wallon (source: <http://geoportail.wallonie.be/walonmap>), l'aléa d'inondation pour le site étudié, par débordement de cours d'eau et par ruissellement, est :

X	A priori nul
■	Aléa faible
■	Aléa moyen
■	Aléa élevé

3.4 - Zones de consultation de la DRIGM

D'après la DRIGM (Direction des Risques Industriels Géologiques et Miniers) (source : <http://geoportail.wallonie.be/walonmap>), le site étudié est concerné par les risques industriels, géologiques et miniers suivants :

X	Aucune ou non référencée
	Présence de carrières souterraines
	Présence de puits de mines
	Présence potentielle d'anciens puits de mines
	Présence de minières de fer
	Présence de karst

Ces zones de consultation ne sont pas exhaustives. Elles sont basées sur le dernier état des données à jour détenues par l'administration et sont de nature à évoluer constamment. Il est recommandé de consulter la DRIGM et la DGO4 (Direction générale opérationnelle de l'Aménagement du territoire, du Logement, du Patrimoine et de l'Énergie) pour obtenir des informations complémentaires.

3.5 - Atlas du karst wallon

L'atlas du karst wallon constitue un inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et des rivières souterraines en Wallonie (source : <http://geoportail.wallonie.be/walonmap>).

Le site étudié est concerné par la présence des sites karstiques répertoriés par l'atlas du karst wallon suivants :

X	Aucun
	Abri sous-roche
	Cavité
	Doline-Dépression
	Dépression paléokarstique
	Perte-Chantoir
	Puits houiller
	Puits naturel
	Résurgence-Exsurgence
	Divers
	Formations carbonatées:

3.6 - Concessions minières

Le site étudié est concerné par la présence des concessions minières et les zones (du couchant de Mons) considérées comme déhouillées (source : <http://geoportail.wallonie.be/walonmap>) suivantes :

	Aucune
	Existante
X	 Existante (retrait en préparation ou en cours)
	Renoncée
	Déchue
X	Type: concession de mines de houille.



3.7 - Zones de protection des captages d'eau

Les zones de protection sont définies par arrêté ministériel. Il en existe trois types : la zone de prise d'eau (10 m minimum autour des installations), la zone de prévention (entre 25 et 1000 m autour de la prise d'eau) et la zone de surveillance (qui couvre l'ensemble du bassin d'alimentation).

Le site étudié est concerné par les zones de protection et les captages suivants (source : <http://geoportail.wallonie.be/walonmap>) :

X	Aucun
	Zone de Surveillance
	Zone Arrêtée
	Enquête en cours ou terminée
	Dossier à l'instruction
	Zone de prévention forfaitaire
	Captage d'eau souterrain
	Captage d'eau souterrain
	Captage d'eau souterrain
	Captage d'eau de surface



4 - Investigations géotechniques réalisées

4.1 - Définition de la campagne de sondages et essais

Les différentes investigations géotechniques réalisées sont listées ci-dessous.

En ce qui concerne le choix du nombre et du type de sondages, il est renvoyé aux recommandations établies par la GBMS dans le document : "Procédures standard pour la reconnaissance géotechnique : Essais de pénétration ; Partie 1: planification, exécution et rapportage des résultats".

Le tableau ci-dessous donne une vue d'ensemble du type de sondages effectué, du tonnage retenu (capacité de l'appareil en kN), du type et diamètre de la pointe conique, du type d'essai de pénétration et de la classe d'application pour le projet en question.

Essai	Type de sondage	Capacité de l'appareil (kN)	Type de cône	Ø cône (mm)	Type de test	Classe d'application
1	CPTM	100	Mécanique	36	TM1	5
2	CPTM	100	Mécanique	36	TM1	5
3	CPTM	100	Mécanique	36	TM1	5

Sondage CPT

Un sondage au pénétromètre statique (CPT) ou sondage (désignation internationale d'un essai CPT) est un essai normalisé consistant à enfoncer dans le sol, à l'aide de vérins hydrauliques et par l'intermédiaire d'un train de tiges, une pointe conique de diamètre standardisé à une vitesse normalisée constante de 2 cm/seconde.

Les résultats des mesures de pénétration statique sont fournis en annexe sous forme de tableaux de données et de diagrammes. Ils comprennent les éléments suivants :

- La résistance à la pointe q_c en N/mm^2 (pointe mécanique ou électrique) ;
- Le frottement total Q_{st} en kN (pointe mécanique) ;
- La résistance totale F_t en kN (pointe mécanique) ;
- Le frottement local f_s en N/mm^2 (pointe électrique) ;
- La pression interstitielle u_2 en kPa, le cas échéant.



4.2 - Implantation et nivellement

Le plan de localisation des essais est donné en annexe. Le niveau du sol à l'endroit des essais sur le site a été déterminé par rapport à un point de référence local (au point indiqué sur le plan joint en annexe) ou par rapport au DNG (Deuxième nivellement général).

Pour les essais au pénétromètre statique, les profondeurs de préforage le cas échéant et le niveau de début des sondages après préforage sont indiqués respectivement dans la 2^{ème} et la 3^{ème} colonne du tableau ci-dessous.

Essai	Niveau du terrain (m)	Préforage (m)	Niveau de début de l'essai (m)
1	0,35	0,00	0,35
2	0,30	0,00	0,30
3	0,36	0,00	0,36

4.3 - Sondages CPT - profondeurs et résistances maximales

Les sondages réalisés sont listés dans le tableau ci-dessous, qui indique également la profondeur réelle atteinte par chaque sondage et l'utilisation ou non d'un réducteur de frottement.

Le tableau ci-dessous précise par ailleurs la résistance maximale à la pointe (q_c , max) et la résistance totale maximale en tête (F_t , max) qui sont mesurées lors de l'exécution d'un sondage. Les éventuelles anomalies/remarques observées par le sondeur sont notées dans la dernière colonne.

Il est à noter que les valeurs maximales (q_c , max) et (Q_t , max) peuvent ne pas avoir été mesurées à la base d'un sondage, notamment en cas d'emploi d'un réducteur de frottement.

Par ailleurs, pour tout sondage exécuté avec un réducteur de frottement du sol sur les tiges, la valeur mesurée du frottement latéral total est nettement inférieure à la valeur normalement mesurée (sans réducteur de frottement).

Essai	Type de sondage	Réducteur de frottement	Profondeur (m)	q_c , max (N/mm ²)	Q_t , max (kN)	Remarque
1	CPTM	Oui	11,00	40,53	146,15	
2	CPTM	Non	9,20	48,00	119,92	
3	CPTM	Non	8,80	64,93	129,20	



4.4 - Niveau d'eau dans le sol

Le niveau d'eau, non stabilisé, est relevé dans chaque trou de sondage, après remonté des tubes et du cône de mesure, le jour de l'intervention.

Les mesures sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Essai	Colmatage du trou de sondage	Eau rencontrée	Profondeur (m) *
1	Oui	Non	1,35
2	Oui	Non	0,15
3	Oui	Non	0,15

* Profondeur du niveau d'eau ou du colmatage

Ces mesures sont données à titre indicatif uniquement, le niveau réel de la nappe phréatique pouvant s'écarter considérablement de cette valeur dans les deux sens. Les raisons les plus fréquentes et non exhaustives en sont :

- un rétrécissement, un colmatage ou un éboulement du trou de sondage pouvant se produire après l'enlèvement des tubes, rendant impossible la mesure du niveau d'eau ;
- une couche de sol supérieure saturée localement par exemple par l'eau de pluies récentes. Lorsque cette couche supérieure est plus perméable que les terrains sous-jacents, notamment dans le cas de remblais graveleux, l'eau s'écoule vers le trou de sondage et s'accumule dans celui-ci, d'autant plus si le forage s'est colmaté ou éboulé. Dans ce cas, le niveau d'eau mesuré est supérieur au niveau réel ;
- dans les terrains peu perméables, l'eau qui s'écoule à faible débit dans le sol remplit lentement le trou de sondage profond réalisé. Il peut se passer des jours, voire des semaines, avant que l'équilibre de la nappe ne soit atteint dans le trou de sondage. Le niveau d'eau mesuré est alors plus bas que le niveau réel de la nappe phréatique ;
- en présence d'une nappe artésienne ou captive, celle-ci est retenue sous pression sous un horizon étanche. Le niveau d'eau mesuré peut donc être supérieur à celui que l'on mesurerait si la couche imperméable au-dessus de la nappe phréatique n'avait pas été percée lors du sondage.

Par ailleurs le niveau d'une nappe phréatique varie en fonction des saisons. En règle générale, le niveau le plus haut est atteint vers le 15 avril et le plus bas vers le 15 octobre. Le niveau d'eau peut également varier fortement du fait d'un pompage réalisé à proximité du chantier, ou de l'influence des marées en bord de mer.

Pour définir précisément le niveau d'une nappe phréatique et ses fluctuations, il faut installer un ou plusieurs piézomètres de surveillance, avec des relevés du niveau d'eau régulièrement et sur une période de temps suffisamment longue.



4.5 - Interprétation géologique des sols

Il est fourni ci-dessous une description de la nature des sols au droit des sondages réalisés.

Cette description est basée sur :

- les cuttings (débris remaniés) éventuellement remontés sur des tubes de sondage CPT. Les tubes de sondage ont toutefois traversé différentes couches de sol, le mélange des particules de sol rendant l'interprétation exacte de ces résidus difficiles, voire impossible ;
- l'interprétation des résultats de sondage CPT, des relations existant entre les graphiques pénétrométriques et la nature des sols ;
- l'enquête documentaire.

Du fait des incertitudes sur les résultats, la nature du terrain établie à partir des essais de pénétration statique n'a qu'une valeur indicative, en particulier en cas de sols ayant des caractéristiques mécaniques faibles à très faibles.

Une description correcte de la nature des terrains n'est possible qu'en réalisant un forage d'échantillonnage.

Les profondeurs, indiquées en mètres, sont données pour chaque sondage par rapport au niveau du sol lors de la réalisation des essais.

Essai 1					
<i>De (m)</i>	<i>Jusqu'à (m)</i>	<i>Type de sol</i>		<i>Consistance / Compacité</i>	
0,00	2,00	Argile sableuse	Végétalisé en tête	Ferme	
2,00	3,00	Argile sableuse		Ferme	
3,00	8,00	Argile Limoneuse		Ferme	
8,00	11,00	Schiste	Voire grès	Compact	

Essai 2					
<i>De (m)</i>	<i>Jusqu'à (m)</i>	<i>Type de sol</i>		<i>Consistance / Compacité</i>	
0,00	2,80	Argile sableuse	Végétalisé en tête	Ferme	
2,80	5,60	Argile Limoneuse		Ferme	
5,60	8,00	Argile sableuse	Voire argile	Ferme	
8,00	9,20	Schiste	Voire grès	Compact	

Essai 3					
<i>De (m)</i>	<i>Jusqu'à (m)</i>	<i>Type de sol</i>		<i>Consistance / Compacité</i>	
0,00	0,80	Limon argileux	Végétalisé en tête	Ferme	
0,80	1,20	Argile sableuse		Très ferme	
1,20	5,40	Argile Limoneuse		Ferme	
5,40	6,40	Argile sableuse		Ferme	
6,40	8,00	Limon argileux	Voire argile	Moyennement ferme	
8,00	8,80	Schiste	Voire grès	Compact	



5 - Synthèse des résultats et avis

5.1 - Synthèse géotechnique

Les sondages réalisés indiquent la présence, sous les terrains de couverture, de formations essentiellement argilo-sableuses à argilo-limoneuses de compacité faible surmontant des terrains de compacité élevée, a priori des schistes ou des grès.

5.2 - Avis sur le mode de fondation envisageable

Au vu des caractéristiques du terrain décrites dans les chapitres précédents et du projet, il est proposé pour celui-ci le(s) mode(s) de fondation décrit(s) ci-après.

Le choix final du type de fondation et son dimensionnement doivent être effectués par l'ingénieur en charge du projet.

5.2.1 - Semelles filantes

Le tableau ci-dessous présente des exemples de résultats de calculs de tassement et de capacité portante du sol sous une semelle filante.

		Charge (kN/m)		60	
Largeur (m)		0,60		Type de fondation	
				Semelle filante	
Essai	Profondeur d'assise de la fondation (m)	Niveau d'assise de la fondation (m)	Tassement sous fondation (cm)	Contrainte sous fondation (N/mm ²)	Contrainte admissible du sol selon EC7 (N/mm ²)
1	0,80	-0,45	1,4	0,100	0,225
2	0,80	-0,50	1,2	0,100	0,239
3	0,80	-0,44	1,6	0,100	0,170

Le calcul des tassements ci-dessus tient compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). Les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées au sol à la base des fondations (incluant charge de structure dont les fondations elles-mêmes et charges d'exploitation).

Le tableau ci-dessus montre que les tassements absolus ne dépassent pas les limites fixées dans les Eurocodes 7 pour tous les cas de charge calculés.

La capacité portante du sol n'est pas dépassée.

Nota : le niveau du sol considéré pour les calculs est celui relevé lors de la réalisation des sondages.

Les charges indiquées sont celles appliquées à un tronçon de semelle de 1 mètre de longueur, la semelle étant considérée de longueur infinie.



5.2.2 - Radier général

Le tableau ci-dessous présente des exemples de résultats de calculs de tassement et de capacité portante du sol sous un radier.

Longueur (m) 7,00 Charge (kN/m²) 30
Largeur (m) 7,00 Type de fondation Radier

Essai	Profondeur d'assise de la fondation (m)	Niveau d'assise de la fondation (m)	Tassement sous fondation (cm)	Contrainte sous fondation (N/mm ²)	Contrainte admissible du sol selon EC7 (N/mm ²)
1	0,40	-0,05	1,8	0,030	0,254
2	0,40	-0,10	1,8	0,030	0,237
3	0,40	-0,04	2,0	0,030	0,142

Le calcul des tassements ci-dessus tient compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). Les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées au sol à la base des fondations (incluant charge de structure dont les fondations elles-mêmes et charges d'exploitation).

Le tableau ci-dessus montre que les tassements absolus ne dépassent pas les limites fixées dans les Eurocodes 7 pour tous les cas de charge calculés.

La capacité portante du sol n'est pas dépassée.

Nota : le niveau du sol considéré pour les calculs est celui relevé lors de la réalisation des sondages.

Si le radier ne repose pas à une profondeur hors gel, il est conseillé de prévoir une barrière de gel. Dans le cas de charges irrégulières ou importantes, nous conseillons d'armer cette barrière de gel.



5.2.3 - Remarques spécifiques au projet

Fondations superficielles et semi-profondes

En plus des tableaux présentés dans le chapitre "Avis sur le mode de fondation envisageable" du présent rapport, des exemples de calcul de tassement et de capacité portante du sol sont fournis en annexe pour différents types de fondations et cas de charge. En cas d'excavation (par exemple pour réaliser une cave ou une mise à niveau du terrain), les tassements prévisibles sous fondation seront inférieurs aux valeurs fournies dans le présent rapport. A l'inverse tout remblaiement du terrain occasionnera des tassements supplémentaires non pris en compte dans nos calculs.

Il s'impose évidemment que les tassements absolus et différentiels, les moments fléchissant et les efforts de cisaillements dans les fondations et la structure du projet restent dans des limites acceptables. Pour vérifier ces conditions, il convient de se référer notamment à la norme EN 1997-1.

Les fondations doivent être établies sur un sol homogène en nature et en portance, ce qui peut conduire à approfondir localement l'assise des fondations, notamment si des sols remaniés, organiques ou en remblai sont mis à jour pendant les travaux d'excavation. Les surprofondeurs sont à combler par un béton maigre ou un matériau stabilisé (ou un sable de bonne qualité et correctement compacté sous radiers ou dallages).

L'assise des fondations, ou la bêche périphérique pour les radiers, doit évidemment respecter dans tous les cas la mise au hors-gel.

Les éventuelles parties enterrées des ouvrages à réaliser seront dans tous les cas protégées des venues d'eau superficielles par tout moyen adapté tel qu'un drain périphérique relié à un exutoire pérenne et en contrebas de l'ouvrage ou un cuvelage étanche par exemple.

S'il est constaté lors de travaux d'excavation ou de forages que la nature du sol s'écarte notablement de la description des terrains fournies dans le présent rapport, il convient de le signaler à l'ingénieur en charge du dossier et de vérifier s'il y a lieu d'apporter des modifications au système de fondation adopté.



5.3 - Remarques générales importantes

Pour l'interprétation des résultats de sondage et de l'avis de fondation il faut s'arrêter dans un premier temps sur les limitations de la recherche effectuée : un pénétromètre statique est un essai standardisé avec lequel la résistance du sol est enregistrée en fonction de la profondeur. Sur base de ces valeurs on peut, via des méthodes définies de calculs, donner la capacité portante du sol et estimer les tassements prévisibles. Ces résultats sont utilisés afin de donner un avis de fondation. Celui-ci n'est valable que dans les limites des tests réalisés. C'est pourquoi il est très important que, outre les sondages, d'autres éléments soient examinés en amont de la conception des fondations/projets. Cette étude complémentaire doit se faire en connaissance de cause par une personne compétente.

Examen visuel du terrain

Les résultats donnés dans ce rapport ne sont valables qu'à l'endroit des sondages et essais réalisés :

- lors des travaux de terrassement et de fondation il est important de réaliser un contrôle visuel des fouilles afin de détecter toutes hétérogénéités du sol (par exemple : zones remblayées, anciens fossés ou lits de rivières, vestiges d'anciennes constructions, zones remaniées par le désouchage d'arbres ou des fouilles archéologiques) ;
- il faut tenir compte du fait que lors de la réalisation de sondages (pénétromètres) aucun échantillon n'est prélevé. La description des différentes couches de sol n'est donc fournie qu'à titre indicatif ;
- si des hétérogénéités du sol sont observées ou si il y a présomption de présence de remblais (tels que notamment décombres, ordures ménagères, scories, ...) ou de couches tourbeuses ou organiques il est nécessaire de réaliser des investigations complémentaires avant de réaliser les ouvrages projetés ;
- toutes anomalies observées doivent immédiatement être signalées au(x) concepteur(s) afin que, si nécessaire, le système de fondation ou les travaux soit adaptés en conséquence ;
- les sols avec un caractère argileux prononcé peuvent être sujets au retrait et gonflement liés à des fluctuations de teneur en eau du sol. Dans un tel sol il est important d'établir les fondations à une profondeur suffisante (minimum 1.50 m sous le niveau du terrain fini futur).

Examen visuel de l'environnement

Les résultats des sondages ne donnent aucune information sur les caractéristiques de l'environnement du site. Celles-ci ont pourtant une influence sur le système de fondation à mettre en œuvre. Une analyse approfondie de l'environnement est donc nécessaire :

- d'une part il y a l'environnement naturel. Il est important de vérifier si le terrain étudié ne se trouve pas dans un environnement de talus ou de pente importante et où le terrain se trouve par rapport à la pente éventuelle. Dans certains terrains en pente des problèmes d'arrivée d'eau, de glissement ou autres sont prévisibles. Il est alors important que le système de fondation soit adapté à cette situation. La présence d'arbres (aussi bien ceux existants que ceux à planter) peut également, par leurs réseaux de racines, être défavorable à la construction si les fondations ne sont pas adaptées ;
- d'autre part il y a l'environnement construit. L'important au sujet de l'environnement construit est de vérifier l'absence ou la présence de constructions mitoyennes. Celles-ci ont une influence importante sur les modes de fondation possible. Pour des constructions contre ou entre d'autres constructions il est toujours nécessaire de s'assurer qu'il n'y a aucun contact direct (dur) entre celles-ci. Ceci n'est pas toujours suffisant : en effet la nouvelle fondation va de toute manière influencer la fondation existante mitoyenne.

Concept structurel de la construction

Lors de la rédaction du présent rapport, des caractéristiques de la construction ne sont pas ou insuffisamment connues. Ce rapport est donc a priori écrit dans l'hypothèse d'une habitation normale ou d'un bâtiment industriel classique, sauf indication contraire. Si l'ouvrage s'écarte de la normale (construction haute, présence de sous-sol, construction industrielle sensible aux tassements, ...), l'avis donné dans le présent rapport n'est probablement plus applicable. Il en est de même en cas d'excavations importantes, un remblaiement ou une combinaison des deux. Il est alors nécessaire de nous en avertir à temps et par écrit, afin que nous puissions adapter notre avis.

Les points mentionnés ci-dessus constituent une liste non exhaustive des éléments à examiner, outre les investigations géotechniques. En cas de doute sur les remarques mentionnées ci-dessus ou tout autre élément qui serait observé sur le terrain, nous vous conseillons de vous faire assister par une personne compétente en géomécanique. Notre bureau est toujours disponible pour donner toutes informations complémentaires ou pour envoyer un ingénieur géotechnicien sur place.

Directeur
Frédéric Barnoud



6 - Annexes



6.1 - Résultats des essais au pénétromètre statique (CPT)

Légende

d: Profondeur de la mesure par rapport au niveau du sol lors de l'essai [m]

P: Niveau de la mesure par rapport au référentiel [m]

Pour les essais au pénétromètre à pointe mécanique:

qc: Résistance en pénétration du cône [N/mm²]

Qst: Frottement latéral total sur l'ensemble du train de tige, mesuré en tête [kN]

Ac : Aire de la section projetée du cône [mm²]

Qt = Ac.qc/1000+Qst : Effort total en tête [kN]

Pour les essais au pénétromètre à pointe électrique:

qc: Résistance en pointe du cône [N/mm²]

Fs: Frottement latéral local, à la profondeur de mesure [kN]

Rf: coefficient de frottement = 100. Fs/qc [%]



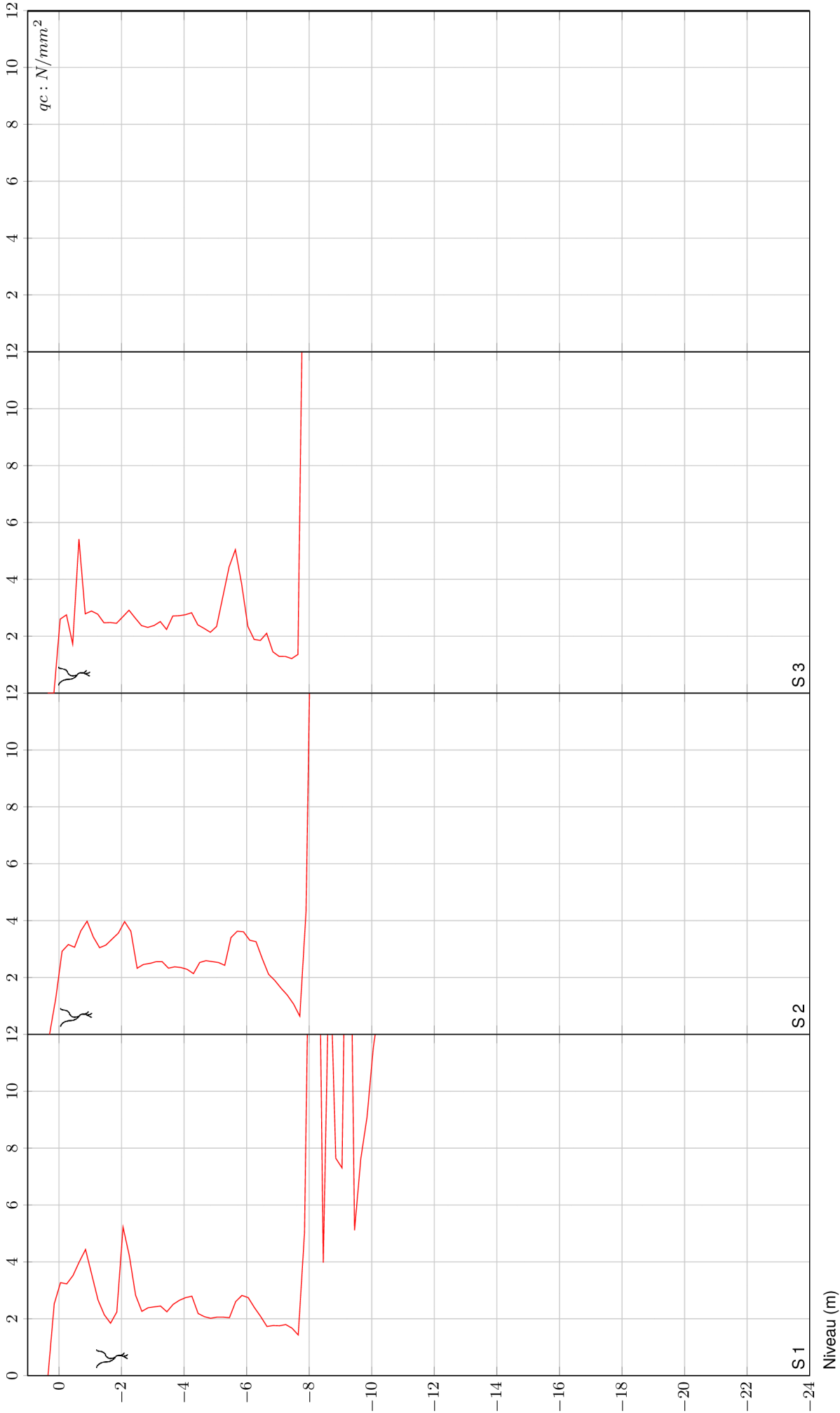
Dossier	Essai	Adresse du chantier	Typ de de mesure	Ø cône (mm)	Type de cône
23061591-001	1	Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège), België	CPTM - 100 kN	36	M1
Sondage au pénétromètre statique			Niveau de sondage: 0,35m		



Dossier	Essai	Adresse du chantier	Typ de de mesure	Ø cône (mm)	Type de cône
23061591-001	2	Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège), België	CPTM - 100 kN	36	M1
Sondage au pénétromètre statique					
Niveau de sondage: 0,30m					



Dossier	Essai	Adresse du chantier		Typ de de mesure	Ø cône (mm)	Type de cône
23061591-001	3	Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège), België		CPTM - 100 kN	36	M1
Sondage au pénétromètre statique						
Niveau de sondage: 0,36m						



Dossier	Adresse du chantier	
23061591-001	Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège), België	
Vue d'ensemble des résistances à la pointe - sondage pénétromètre statique		



Tableau de valeurs - pénétromètre statique

Essai 1

Niveau du terrain :	0,35 m	Type de sondage :	CPTM
Préforage :	0,00 m	Type de cône :	M1
Niveau de début de l'essai :	0,35 m	Ø cône (mm)	36
Niveau du terrain (TAW) :			

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Qst (kN)	Qt (kN)
0,20	0,15	2,53	3,72	6,29
0,40	-0,05	3,27	5,01	8,33
0,60	-0,25	3,23	5,43	8,71
0,80	-0,45	3,52	5,78	9,36
1,00	-0,65	4,00	8,07	12,14
1,20	-0,85	4,44	10,56	15,07
1,40	-1,05	3,55	9,93	13,54
1,60	-1,25	2,66	9,30	12,00
1,80	-1,45	2,14	8,84	11,02
2,00	-1,65	1,84	9,80	11,67
2,20	-1,85	2,24	11,79	14,06
2,40	-2,05	5,22	13,79	19,10
2,60	-2,25	4,22	15,79	20,08
2,80	-2,45	2,83	15,41	18,28
3,00	-2,65	2,26	16,31	18,60
3,20	-2,85	2,39	16,87	19,30
3,40	-3,05	2,42	17,41	19,87
3,60	-3,25	2,45	16,03	18,52
3,80	-3,45	2,25	17,99	20,27
4,00	-3,65	2,51	19,12	21,67
4,20	-3,85	2,65	20,04	22,73
4,40	-4,05	2,74	20,78	23,56
4,60	-4,25	2,79	19,34	22,17
4,80	-4,45	2,18	21,85	24,07
5,00	-4,65	2,07	21,84	23,94
5,20	-4,85	2,02	22,31	24,36
5,40	-5,05	2,06	22,48	24,57
5,60	-5,25	2,06	21,57	23,66
5,80	-5,45	2,04	24,96	27,03
6,00	-5,65	2,60	26,17	28,82
6,20	-5,85	2,82	26,57	29,43
6,40	-6,05	2,74	26,52	29,31
6,60	-6,25	2,39	26,56	28,99
6,80	-6,45	2,08	26,24	28,35
7,00	-6,65	1,73	26,75	28,51
7,20	-6,85	1,76	26,95	28,74
7,40	-7,05	1,75	27,43	29,21
7,60	-7,25	1,80	27,56	29,39
7,80	-7,45	1,67	27,04	28,74
8,00	-7,65	1,43	28,43	29,88
8,20	-7,85	5,02	34,11	39,21
8,40	-8,05	20,35	43,04	63,75
8,60	-8,25	22,58	55,19	78,17
8,80	-8,45	3,98	45,96	50,01
9,00	-8,65	15,41	37,31	52,98
9,20	-8,85	7,64	53,14	60,91
9,40	-9,05	7,30	45,02	52,45
9,60	-9,25	23,41	55,32	79,14
9,80	-9,45	5,11	63,84	69,03
10,00	-9,65	7,63	37,29	45,05
10,20	-9,85	9,10	38,48	47,74
10,40	-10,05	11,54	49,80	61,54



Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Qst (kN)	Qt (kN)
10,60	-10,25	13,08	57,83	71,14
10,80	-10,45	25,20	83,01	108,65
11,00	-10,65	40,53	104,90	146,14



Tableau de valeurs - pénétromètre statique

Essai 2

Niveau du terrain :	0,30 m	Type de sondage :	CPTM
Préforage :	0,00 m	Type de cône :	M1
Niveau de début de l'essai :	0,30 m	Ø cône (mm)	36
Niveau du terrain (TAW) :			

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Qst (kN)	Qt (kN)
0,20	0,10	1,28	5,19	6,48
0,40	-0,10	2,92	6,61	9,58
0,60	-0,30	3,16	7,12	10,33
0,80	-0,50	3,06	9,60	12,71
1,00	-0,70	3,64	12,59	16,29
1,20	-0,90	3,98	16,38	20,43
1,40	-1,10	3,42	20,27	23,75
1,60	-1,30	3,05	22,44	25,54
1,80	-1,50	3,14	26,05	29,24
2,00	-1,70	3,35	28,55	31,96
2,20	-1,90	3,56	30,58	34,20
2,40	-2,10	3,96	30,92	34,95
2,60	-2,30	3,62	29,04	32,73
2,80	-2,50	2,33	31,48	33,84
3,00	-2,70	2,46	33,42	35,92
3,20	-2,90	2,49	33,87	36,40
3,40	-3,10	2,55	34,09	36,69
3,60	-3,30	2,56	30,46	33,06
3,80	-3,50	2,33	31,93	34,29
4,00	-3,70	2,38	33,23	35,64
4,20	-3,90	2,35	33,38	35,77
4,40	-4,10	2,29	32,71	35,03
4,60	-4,30	2,14	30,81	32,97
4,80	-4,50	2,53	33,20	35,77
5,00	-4,70	2,59	35,65	38,29
5,20	-4,90	2,56	37,13	39,73
5,40	-5,10	2,53	37,54	40,11
5,60	-5,30	2,43	38,20	40,66
5,80	-5,50	3,40	39,66	43,12
6,00	-5,70	3,63	41,27	44,96
6,20	-5,90	3,61	42,92	46,58
6,40	-6,10	3,31	44,22	47,59
6,60	-6,30	3,26	45,65	48,97
6,80	-6,50	2,66	46,75	49,46
7,00	-6,70	2,12	49,62	51,76
7,20	-6,90	1,90	50,50	52,42
7,40	-7,10	1,63	50,39	52,04
7,60	-7,30	1,38	49,55	50,95
7,80	-7,50	1,07	49,60	50,68
8,00	-7,70	0,64	52,21	52,85
8,20	-7,90	4,33	55,40	59,80
8,40	-8,10	18,35	55,05	73,72
8,60	-8,30	20,08	55,62	76,06
8,80	-8,50	39,28	55,59	95,57
9,00	-8,70	46,28	60,51	107,62
9,20	-8,90	48,00	71,06	119,92



Tableau de valeurs - pénétromètre statique

Essai 3

Niveau du terrain :	0,36 m	Type de sondage :	CPTM
Préforage :	0,00 m	Type de cône :	M1
Niveau de début de l'essai :	0,36 m	Ø cône (mm)	36
Niveau du terrain (TAW) :			

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Qst (kN)	Qt (kN)
0,20	0,16	0,00	0,74	0,74
0,40	-0,04	2,60	1,09	3,73
0,60	-0,24	2,75	2,47	5,27
0,80	-0,44	1,72	3,58	5,33
1,00	-0,64	5,42	5,62	11,13
1,20	-0,84	2,79	9,17	12,00
1,40	-1,04	2,89	12,03	14,96
1,60	-1,24	2,78	14,65	17,47
1,80	-1,44	2,47	15,01	17,52
2,00	-1,64	2,48	16,46	18,98
2,20	-1,84	2,46	18,29	20,78
2,40	-2,04	2,68	19,43	22,15
2,60	-2,24	2,91	21,48	24,44
2,80	-2,44	2,64	21,82	24,50
3,00	-2,64	2,37	21,97	24,38
3,20	-2,84	2,31	23,53	25,88
3,40	-3,04	2,38	25,45	27,86
3,60	-3,24	2,52	23,45	26,01
3,80	-3,44	2,24	26,19	28,46
4,00	-3,64	2,71	27,16	29,91
4,20	-3,84	2,72	29,15	31,91
4,40	-4,04	2,76	30,54	33,34
4,60	-4,24	2,83	28,42	31,29
4,80	-4,44	2,40	31,12	33,56
5,00	-4,64	2,28	32,68	34,99
5,20	-4,84	2,14	35,47	37,64
5,40	-5,04	2,34	38,42	40,80
5,60	-5,24	3,39	39,27	42,71
5,80	-5,44	4,44	37,52	42,03
6,00	-5,64	5,05	39,51	44,64
6,20	-5,84	3,84	41,86	45,77
6,40	-6,04	2,34	43,29	45,67
6,60	-6,24	1,89	44,87	46,79
6,80	-6,44	1,85	44,76	46,64
7,00	-6,64	2,10	45,73	47,87
7,20	-6,84	1,45	46,79	48,26
7,40	-7,04	1,29	47,72	49,03
7,60	-7,24	1,29	47,14	48,45
7,80	-7,44	1,21	44,98	46,21
8,00	-7,64	1,36	47,22	48,60
8,20	-7,84	18,38	51,61	70,30
8,40	-8,04	32,57	50,47	83,62
8,60	-8,24	51,87	57,08	109,87
8,80	-8,44	64,93	63,11	129,20

6.2 - Estimation de la capacité portante du sol à partir des CPT

6.2.1 - Rappels théoriques

Pression admissible ultime

La pression admissible ultime est en principe la contrainte sous laquelle le tassement augmente sans augmentation de la charge appliquée. Un tel phénomène ne se produit en réalité que dans le cas d'un glissement général.

Dans tous les autres cas, la pression admissible ultime doit être déterminée de manière conventionnelle. Selon M. De Beer, Elle est atteinte lorsque $S/B = 10 \%$ (S étant le tassement du sol sous la semelle de fondation et B la largeur de cette semelle).

Capacité portante du sol en condition drainée

Selon l'Eurocode 7 (NBN EN 1997-1, annexe D), la capacité portante du sol en condition drainée peut être calculée avec la formule suivante :

$$q_{drained} = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \gamma \cdot D \cdot N_q + s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \frac{\gamma \cdot B' \cdot N_\gamma}{2}$$

Avec :

$q_{drained}$: Contrainte admissible ultime [N/mm²]

N_c : Terme de cohésion = $(N_q - 1) \cdot \cotg \varphi'$

N_q : Terme de surcharge = $[EXP(\pi \cdot \tan \varphi')] \cdot N_{\varphi'}$

N_γ : Terme de surface = $2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_{\varphi'}$: $= \tan^2 (\pi/4 + \varphi'/2)$

s_c, s_q, s_γ : Facteurs pour la forme de la fondation

i_c, i_q, i_γ : Facteurs pour l'inclinaison de la charge due à la charge horizontale H

d_c, d_q, d_γ : Facteur pour l'inclinaison de la base de la fondation

φ' : Angle de frottement interne drainé du sol (noté ϕ' dans les tableaux suivants) [°]



Capacité portante du sol en condition non drainée

Selon l'Eurocode 7 (NBN EN 1997-1, annexe D), la capacité portante du sol en condition non drainée peut être calculée avec la formule ci-dessous :

$$q_{undrained} = (\pi + 2) \cdot s_c \cdot i_c \cdot c_u + \sigma'_{v0}$$

Avec :

$q_{undrained}$: Contrainte admissible ultime [N/mm²]

c_u : Cohésion non drainée [N/mm²]

σ'_{v0} : Pression verticale initiale due au poids des terres ou à une pression de surcharge au niveau de la base de la fondation [N/mm²]

Détermination des paramètres de calcul

Pour calculer la capacité portante des fondations sont utilisés les paramètres de résistance au cisaillement des couches de sol. Ceux-ci sont déterminés à partir de la résistance du cône q_c et de la nature du sol (définie par l'ingénieur sur la base notamment des sondages et essais réalisés) sur la base du tableau de l'annexe 5 du document "Procédures standard pour la reconnaissance géotechnique: TCC ; Partie 2 : Conseils géotechniques à la conception" en l'absence d'essais en laboratoire lors de l'étude du sol, qui est extrait du document NBN EN 1997-1 ANB (2014).

6.2.2 - Capacité portante prise en compte

Pour les tableaux et graphiques ci-après, la capacité portante retenue est la valeur la plus faible entre la capacité portante en conditions drainées et celle en conditions non drainées (le cas échéant).

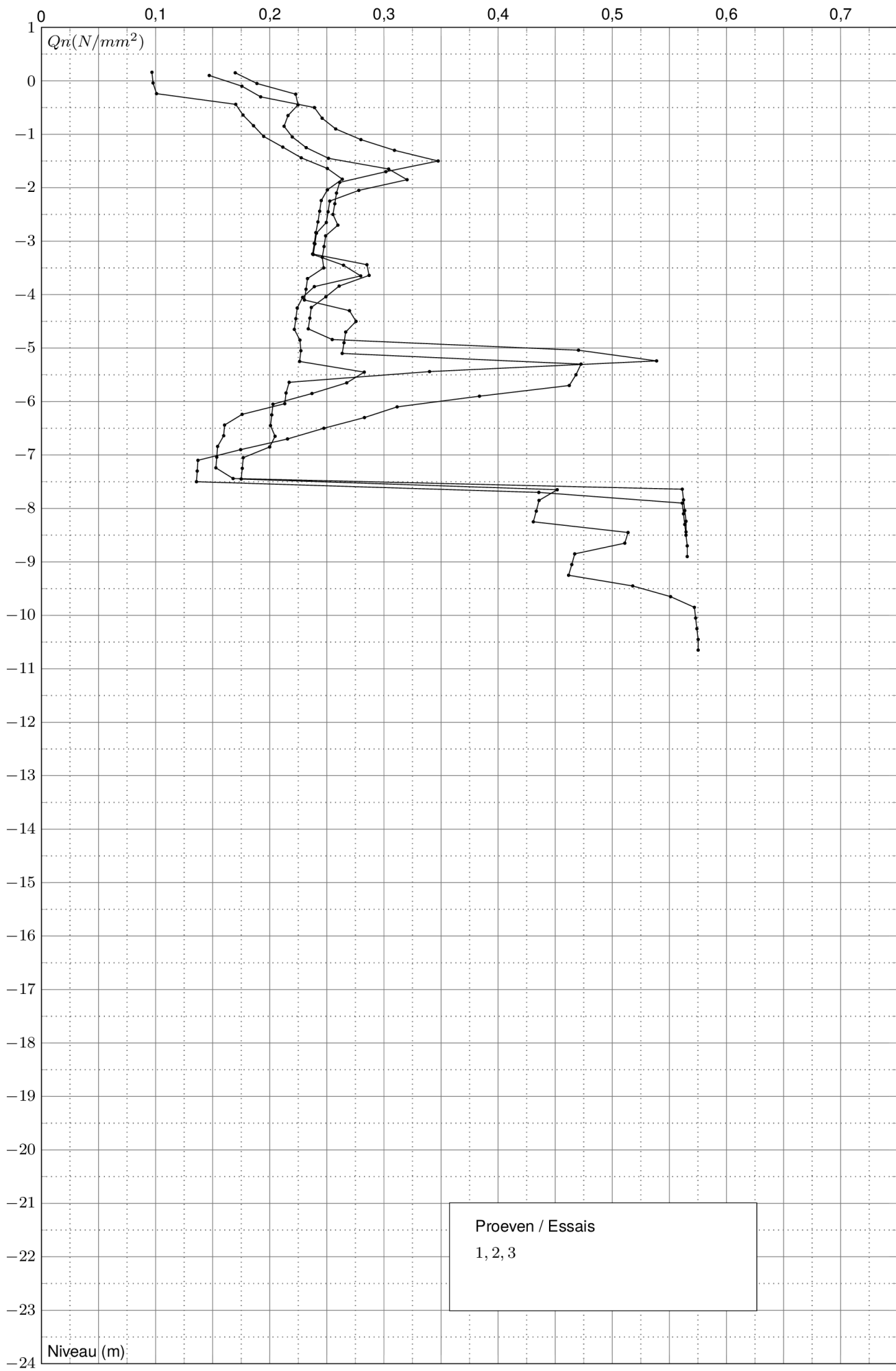
Comme les formules initiales ne sont valables que pour des sols homogènes, une méthode d'approximation est utilisée pour les sols de caractéristiques variables avec la profondeur. Il est utilisé ici la méthode de Trân-vô-Nhiem. Dans celle-ci, il est recherché la valeur la plus faible de la capacité portante limite calculée par couches (mais toujours avec une largeur ajustée) sur une zone d'influence de $2 \times B$ (B =largeur de la fondation).

Un coefficient de sécurité FS est appliqué à cette capacité portante. En général nous retenons $FS=2$.

Les capacités portantes présentées dans le graphique et les tableaux ci-après sont les contraintes admissibles utiles telles que :

$$q_n = Q_n = \min \left(\frac{q_{drained}}{FS}; \frac{q_{undrained}}{FS} \right)$$

Des exemples de calcul sont fournis dans les pages suivantes.



Dossier	Adresse du chantier	Type de fondation	Largeur (mm)
23061591-001	Rue de la Mutualité , 4030 Grivegnée (Liège), België	Semelle filante	600
Coefficient de sécurité: 2,00			



Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau)

Essai 1

Niveau du terrain 0,35 m

Largeur 600 mm

Préforage 0,00 m

Coefficient de sécurité 2,00

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Phi' (°)	σ'vo (N/mm ²)	Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau) (N/mm ²)
0,20	0,15	2,53	22	0,003	0,170
0,40	-0,05	3,27	22	0,005	0,189
0,60	-0,25	3,23	22	0,006	0,223
0,80	-0,45	3,52	22	0,008	0,225
1,00	-0,65	4,00	22	0,010	0,216
1,20	-0,85	4,44	22	0,012	0,213
1,40	-1,05	3,55	22	0,013	0,220
1,60	-1,25	2,66	22	0,015	0,232
1,80	-1,45	2,14	22	0,016	0,251
2,00	-1,65	1,84	22	0,018	0,304
2,20	-1,85	2,24	22	0,019	0,320
2,40	-2,05	5,22	22	0,021	0,278
2,60	-2,25	4,22	22	0,023	0,253
2,80	-2,45	2,83	22	0,025	0,251
3,00	-2,65	2,26	22	0,026	0,250
3,20	-2,85	2,39	21	0,028	0,241
3,40	-3,05	2,42	21	0,030	0,240
3,60	-3,25	2,45	21	0,031	0,238
3,80	-3,45	2,25	21	0,033	0,265
4,00	-3,65	2,51	21	0,035	0,280
4,20	-3,85	2,65	21	0,036	0,239
4,40	-4,05	2,74	21	0,038	0,229
4,60	-4,25	2,79	21	0,040	0,224
4,80	-4,45	2,18	21	0,041	0,223
5,00	-4,65	2,07	21	0,043	0,222
5,20	-4,85	2,02	21	0,045	0,226
5,40	-5,05	2,06	21	0,047	0,227
5,60	-5,25	2,06	21	0,048	0,226
5,80	-5,45	2,04	21	0,050	0,283
6,00	-5,65	2,60	21	0,052	0,267
6,20	-5,85	2,82	21	0,053	0,237
6,40	-6,05	2,74	21	0,055	0,203
6,60	-6,25	2,39	21	0,057	0,202
6,80	-6,45	2,08	21	0,058	0,201
7,00	-6,65	1,73	21	0,060	0,205
7,20	-6,85	1,76	21	0,061	0,200
7,40	-7,05	1,75	21	0,063	0,177
7,60	-7,25	1,80	21	0,064	0,176
7,80	-7,45	1,67	21	0,066	0,175
8,00	-7,65	1,43	21	0,067	0,452
8,20	-7,85	5,02	25	0,069	0,436
8,40	-8,05	20,35	30	0,071	0,433
8,60	-8,25	22,58	30	0,074	0,431
8,80	-8,45	3,98	20	0,075	0,514
9,00	-8,65	15,41	30	0,077	0,511
9,20	-8,85	7,64	25	0,079	0,467
9,40	-9,05	7,30	25	0,081	0,465
9,60	-9,25	23,41	30	0,083	0,462
9,80	-9,45	5,11	25	0,085	0,518
10,00	-9,65	7,63	25	0,087	0,551



Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau)

Essai 2

Niveau du terrain 0,30 m

Largeur 600 mm

Préforage 0,00 m

Coefficient de sécurité 2,00

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Phi' (°)	σ'_{vo} (N/mm ²)	Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau) (N/mm ²)
0,20	0,10	1,28	22	0,003	0,147
0,40	-0,10	2,92	22	0,005	0,176
0,60	-0,30	3,16	22	0,006	0,192
0,80	-0,50	3,06	22	0,008	0,239
1,00	-0,70	3,64	22	0,009	0,246
1,20	-0,90	3,98	22	0,011	0,258
1,40	-1,10	3,42	22	0,013	0,280
1,60	-1,30	3,05	22	0,014	0,309
1,80	-1,50	3,14	22	0,016	0,347
2,00	-1,70	3,35	22	0,017	0,302
2,20	-1,90	3,56	22	0,019	0,261
2,40	-2,10	3,96	22	0,021	0,258
2,60	-2,30	3,62	22	0,022	0,257
2,80	-2,50	2,33	22	0,024	0,255
3,00	-2,70	2,46	21	0,025	0,260
3,20	-2,90	2,49	21	0,027	0,249
3,40	-3,10	2,55	21	0,029	0,248
3,60	-3,30	2,56	21	0,031	0,246
3,80	-3,50	2,33	21	0,032	0,247
4,00	-3,70	2,38	21	0,034	0,233
4,20	-3,90	2,35	21	0,036	0,232
4,40	-4,10	2,29	21	0,037	0,230
4,60	-4,30	2,14	21	0,039	0,270
4,80	-4,50	2,53	21	0,041	0,276
5,00	-4,70	2,59	21	0,042	0,266
5,20	-4,90	2,56	21	0,044	0,265
5,40	-5,10	2,53	21	0,046	0,263
5,60	-5,30	2,43	21	0,048	0,473
5,80	-5,50	3,40	22	0,049	0,468
6,00	-5,70	3,63	22	0,051	0,462
6,20	-5,90	3,61	22	0,052	0,384
6,40	-6,10	3,31	22	0,054	0,312
6,60	-6,30	3,26	22	0,056	0,283
6,80	-6,50	2,66	22	0,057	0,247
7,00	-6,70	2,12	22	0,059	0,216
7,20	-6,90	1,90	22	0,060	0,175
7,40	-7,10	1,63	22	0,062	0,137
7,60	-7,30	1,38	22	0,063	0,136
7,80	-7,50	1,07	22	0,064	0,136
8,00	-7,70	0,64	22	0,066	0,436
8,20	-7,90	4,33	25	0,067	0,561
8,40	-8,10	18,35	30	0,070	0,562
8,60	-8,30	20,08	30	0,072	0,563
8,80	-8,50	39,28	30	0,074	0,565
9,00	-8,70	46,28	30	0,076	0,566
9,20	-8,90	48,00	30	0,078	



Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau)

Essai 3

Niveau du terrain 0,36 m

Largeur 600 mm

Préforage 0,00 m

Coefficient de sécurité 2,00

Profondeur (m)	Niveau (m)	qc (N/mm ²)	Phi' (°)	σ'_{vo} (N/mm ²)	Contrainte admissible du sol selon EC7 (tableau) (N/mm ²)
0,20	0,16	0,00	21	0,003	0,097
0,40	-0,04	2,60	21	0,005	0,098
0,60	-0,24	2,75	21	0,006	0,101
0,80	-0,44	1,72	21	0,008	0,170
1,00	-0,64	5,42	22	0,010	0,177
1,20	-0,84	2,79	22	0,011	0,186
1,40	-1,04	2,89	21	0,013	0,195
1,60	-1,24	2,78	21	0,015	0,211
1,80	-1,44	2,47	21	0,016	0,228
2,00	-1,64	2,48	21	0,018	0,250
2,20	-1,84	2,46	21	0,020	0,264
2,40	-2,04	2,68	21	0,021	0,250
2,60	-2,24	2,91	21	0,023	0,245
2,80	-2,44	2,64	21	0,025	0,244
3,00	-2,64	2,37	21	0,026	0,242
3,20	-2,84	2,31	21	0,028	0,240
3,40	-3,04	2,38	21	0,030	0,239
3,60	-3,24	2,52	21	0,032	0,238
3,80	-3,44	2,24	21	0,033	0,285
4,00	-3,64	2,71	21	0,035	0,287
4,20	-3,84	2,72	21	0,037	0,261
4,40	-4,04	2,76	21	0,038	0,249
4,60	-4,24	2,83	21	0,040	0,236
4,80	-4,44	2,40	21	0,042	0,235
5,00	-4,64	2,28	21	0,043	0,234
5,20	-4,84	2,14	21	0,045	0,255
5,40	-5,04	2,34	21	0,047	0,470
5,60	-5,24	3,39	22	0,048	0,539
5,80	-5,44	4,44	22	0,050	0,340
6,00	-5,64	5,05	22	0,052	0,217
6,20	-5,84	3,84	22	0,054	0,214
6,40	-6,04	2,34	22	0,055	0,213
6,60	-6,24	1,89	21	0,057	0,176
6,80	-6,44	1,85	21	0,058	0,160
7,00	-6,64	2,10	21	0,060	0,160
7,20	-6,84	1,45	21	0,061	0,154
7,40	-7,04	1,29	21	0,063	0,154
7,60	-7,24	1,29	21	0,064	0,153
7,80	-7,44	1,21	21	0,066	0,168
8,00	-7,64	1,36	21	0,067	0,561
8,20	-7,84	18,38	30	0,070	0,562
8,40	-8,04	32,57	30	0,072	0,563
8,60	-8,24	51,87	30	0,074	0,565
8,80	-8,44	64,93	30	0,076	

6.3 - Estimation des tassements sous fondations à partir des CPT

6.3.1 - Rappels théoriques

Formule de Terzaghi

Les tassements sous fondations superficielles (filantes, isolées et radiers) et semi-profondes sont calculés sur la base des sondages CPT à l'aide de la formule de Terzaghi :

$$z = \sum_{i=0}^n \frac{\Delta h}{C} \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v0} + i \cdot \Delta \sigma}{\sigma'_{v0}} \right)$$

Avec :

z : Tassement total du sol [cm]

Δh : Epaisseur de la couche comprimée [m]

C : Constante de compressibilité []

σ'_{v0} : Contrainte verticale effective initiale [N/mm²]

i : Coefficient d'influence en fonction de la profondeur []

$\Delta \sigma$: Augmentation de la contrainte verticale moyenne au niveau de la couche considérée, due à une surcharge ou à une fondation (déterminée par les formules de Steinbrenner ou Newmark par exemple)

Les calculs sont arrêtés à la profondeur à laquelle $\Delta \sigma < 10\%$ de la contrainte initiale ou jusqu'à la base de chaque sondage. Les tassements peuvent donc être sous-estimés en cas de sondage peu profond ou de fondation de grandes dimensions établie au-dessus d'un horizon compressible non reconnu par le sondage.

Constante de compressibilité

La constante de compressibilité est obtenue selon la formule suivante (théorie de Buisman) :

$$C = \alpha \cdot \frac{q_c}{\sigma'_{v0}}$$

Avec :

C : Constante de compressibilité []

q_c : Résistance en pointe au pénétromètre statique [N/mm²]

σ'_{v0} : Contrainte verticale effective initiale [N/mm²]

α : Coefficient de Sanglerat, dépendant de la nature du sol []

Dans les calculs de tassement fournis dans ce rapport, le coefficient α est défini par couche de sol, à l'appui de la littérature internationale. Il est dépendant de la nature du sol, déterminée par l'ingénieur sur la base du graphique de pénétration statique. Pour les sols sableux, α est généralement pris égal à 1.5. Pour les argiles et limons, $2 < \alpha < 8$. Pour les argiles organiques/tourbeuses et la tourbe, $\alpha = 0.5$ à 0.7 . En général, moins α est élevé, plus les tassements sont importants. Les valeurs retenues de α pour chaque couche de sol peuvent être fournies sur simple demande.

Tassements admissibles

En ce qui concerne la vérification des tassements admissibles, il convient de vérifier les tassements absolus et les tassements différentiels.

Les valeurs suivantes sont généralement retenues comme valeurs maximales de tassement absolu admissible (selon l'EC7 et la littérature internationale) pour les constructions neuves, partant du principe que ces valeurs n'entraînent pas des désordres conduisant à des gênes d'utilisation de l'ouvrage (pas de fissures importantes mais seulement de légères fissures) :

- Semelle filante ou isolée : 2cm
- Radier : 5cm

Il est généralement retenu comme valeur maximale de tassement différentiel admissible (selon l'EC7 et la littérature internationale), n'occasionnant pas de gêne d'utilisation :

$$\Delta z < \frac{L}{500}$$

Avec Δz le tassement différentiel entre deux appuis voisins et L la distance entre les appuis.

Le tassement différentiel peut être évalué en comparant d'un côté le tassement sous les charges les plus lourdes avec les valeurs de compressibilité les plus défavorables et de l'autre côté le tassement sous les charges les plus légères avec les valeurs de compressibilité les plus favorables.

Les valeurs de tassement admissible indiquées ici ne sont fournies qu'à titre indicatif. Dans le cas d'ouvrages anciens ou/et particulièrement sensibles aux tassements ces valeurs seront réduites. A l'inverse des tassements plus importants peuvent parfois être acceptables, en fonction des critères retenus et des conditions d'utilisation définis par le maître d'ouvrage.

6.3.2 - Remarques sur les calculs de tassement

Dans les annexes "radier", l'effet positif du poids des terres excavées (déduction du poids des terres initiales à la charge appliquée par le radier sur le sol) est pris en compte dans le calcul des tassements sous radier afin de tenir compte de l'effet de déchargement du sol dans le cas de niveau enterrées.

Le calcul du tassement dans les cas "Semelle isolée (ou puits béton)" et "Semelles filantes" ne tient pas compte du poids des terres enlevées au niveau d'assise de la fondation. De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en béton en considérant une fondation en béton sur toute la hauteur du sol et de largeur constante et égale à la largeur de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement fournis sont les charges appliquées sur les fondations (au-dessus de la semelle de la fondation), ce qui simplifie les analyses.

Les calculs de tassements sont basés une approximation simplifiée du comportement du sol. Il n'est notamment pas pris en compte les éléments suivants :

- L'influence mutuelle entre deux fondations rapprochées ;
- Les rehaussements de terrain et les tassements associés ;
- Le fluage et les tassements différés dans le temps des tourbes et des sols argileux et autres peu perméables ;
- Les phénomènes de retrait-gonflement des formations argileuses liés aux variations saisonnières de leur teneur en eau.



Constante de compressibilité C
23061591-001

Profondeur (m)	1	2	3
0,40	1738	1623	867
0,60	1281	1294	666
0,80	1114	995	672
1,00	1238	978	1711
1,20	1157	913	628
1,40	677	685	338
1,60	452	540	287
1,80	328	500	229
2,00	208	484	208
2,20	290	471	188
2,40	742	483	189
2,60	552	410	190
2,80	289	245	160
3,00	217	145	135
3,20	129	138	123
3,40	123	133	120
3,60	118	126	120
3,80	102	108	101
4,00	109	105	117
4,20	109	99	112
4,40	108	92	108
4,60	106	82	106
4,80	79	93	86
5,00	72	92	79
5,20	68	87	71
5,40	66	83	75
5,60	64	77	175
5,80	61	173	265
6,00	76	179	291
6,20	79	172	179
6,40	75	154	106
6,60	63	147	100
6,80	53	117	95
7,00	87	90	53
7,20	86	63	71
7,40	84	53	62
7,60	84	44	60
7,80	76	33	55
8,00	64	19	60
8,20	217	193	792
8,40	855	792	1361
8,60	920	840	2103
8,80	159	1595	2556
9,00	597	1825	*
9,20	290	1839	*
9,40	271	*	*
9,60	844	*	*
9,80	180	*	*
10,00	264	*	*



Tassement sous fondation (cm) - Semelle filante

Essai 1

Charge: 30 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,45	0,7	0,8	0,8	0,8
1,20	-0,85	0,9	0,9	0,9	0,9
1,80	-1,45	1,1	1,2	1,2	1,2
2,20	-1,85	1,1	1,2	1,2	1,3
2,80	-2,45	1,5	1,5	1,6	1,6

Charge: 60 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,45	1,8	1,6	1,6	1,6
1,20	-0,85	1,9	1,8	1,8	1,8
1,80	-1,45	2,2	2,1	2,1	2,2
2,20	-1,85	2,2	2,2	2,2	2,2
2,80	-2,45	2,6	2,5	2,6	2,6

Charge: 90 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,45	2,5	2,3	2,3	2,3
1,20	-0,85	2,6	2,5	2,5	2,5
1,80	-1,45	2,9	2,9	2,9	2,9
2,20	-1,85	2,9	2,9	2,9	2,9
2,80	-2,45	3,4	3,3	3,4	3,4

Charge: 120 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,45	3,1	2,9	2,9	2,9
1,20	-0,85	3,2	3,1	3,1	3,1
1,80	-1,45	3,6	3,5	3,5	3,5
2,20	-1,85	3,6	3,6	3,6	3,6
2,80	-2,45	4,1	4,0	4,0	4,0

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Semelle filante

Essai 2

Charge: 30 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,50	0,7	0,7	0,8	0,8
1,20	-0,90	0,8	0,9	0,9	0,9
1,80	-1,50	1,0	1,0	1,1	1,1
2,20	-1,90	1,1	1,2	1,2	1,2
2,80	-2,50	1,4	1,5	1,5	1,5

Charge: 60 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,50	1,7	1,4	1,5	1,5
1,20	-0,90	1,9	1,6	1,8	1,7
1,80	-1,50	2,0	2,0	2,0	2,1
2,20	-1,90	2,2	2,2	2,2	2,3
2,80	-2,50	2,6	2,6	2,6	2,6

Charge: 90 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,50	2,4	2,2	2,2	2,3
1,20	-0,90	2,5	2,4	2,4	2,4
1,80	-1,50	2,7	2,7	2,7	2,7
2,20	-1,90	2,9	2,9	2,9	2,9
2,80	-2,50	3,3	3,4	3,3	3,3

Charge: 120 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,50	2,9	2,7	2,8	2,8
1,20	-0,90	3,1	2,9	3,0	3,0
1,80	-1,50	3,3	3,3	3,3	3,3
2,20	-1,90	3,5	3,5	3,5	3,5
2,80	-2,50	4,0	4,0	3,9	3,9

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Semelle filante

Essai 3

Charge: 30 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,44	1,0	1,0	1,0	1,0
1,20	-0,84	1,2	1,2	1,2	1,2
1,80	-1,44	1,3	1,3	1,3	1,3
2,20	-1,84	1,4	1,4	1,4	1,4
2,80	-2,44	1,5	1,5	1,5	1,5

Charge: 60 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,44	2,0	1,8	1,9	1,8
1,20	-0,84	2,2	2,1	2,1	2,1
1,80	-1,44	2,4	2,3	2,3	2,3
2,20	-1,84	2,4	2,4	2,4	2,4
2,80	-2,44	2,5	2,5	2,5	2,4

Charge: 90 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,44	2,7	2,6	2,6	2,6
1,20	-0,84	2,9	2,8	2,8	2,8
1,80	-1,44	3,1	3,1	3,0	3,0
2,20	-1,84	3,2	3,1	3,1	3,0
2,80	-2,44	3,2	3,2	3,1	3,1

Charge: 120 kN/m

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,40	0,60	0,80	1,00
0,80	-0,44	3,2	3,1	3,1	3,1
1,20	-0,84	3,5	3,4	3,4	3,4
1,80	-1,44	3,7	3,7	3,6	3,6
2,20	-1,84	3,8	3,7	3,7	3,6
2,80	-2,44	3,8	3,8	3,7	3,7

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Semelle isolée carrée

Essai 1

Charge: 100 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,45	0,8	0,7	0,6	0,5
1,20	-0,85	1,0	0,8	0,7	0,6
1,80	-1,45	1,3	1,1	1,0	0,9
2,20	-1,85	1,2	1,1	1,0	1,0
2,80	-2,45	1,8	1,6	1,4	1,3

Charge: 200 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,45	1,2	1,1	1,1	1,0
1,20	-0,85	1,5	1,4	1,3	1,2
1,80	-1,45	2,0	1,8	1,6	1,5
2,20	-1,85	2,1	1,9	1,7	1,6
2,80	-2,45	2,9	2,5	2,2	2,0

Charge: 400 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,45	1,7	1,9	1,9	1,8
1,20	-0,85	2,1	2,3	2,1	2,1
1,80	-1,45	2,9	2,9	2,6	2,5
2,20	-1,85	3,0	3,1	2,8	2,6
2,80	-2,45	4,1	3,9	3,4	3,2

Charge: 600 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,45	2,1	2,7	2,5	2,4
1,20	-0,85	2,6	3,0	2,9	2,7
1,80	-1,45	3,5	3,7	3,5	3,3
2,20	-1,85	3,8	3,9	3,7	3,4
2,80	-2,45	5,0	4,9	4,4	4,0

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Semelle isolée carrée

Essai 2

Charge: 100 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,50	0,7	0,6	0,6	0,5
1,20	-0,90	0,9	0,8	0,7	0,6
1,80	-1,50	1,1	1,0	0,9	0,8
2,20	-1,90	1,3	1,2	1,1	1,0
2,80	-2,50	1,9	1,6	1,4	1,3

Charge: 200 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,50	1,1	1,1	1,0	1,0
1,20	-0,90	1,3	1,3	1,2	1,1
1,80	-1,50	1,8	1,6	1,5	1,4
2,20	-1,90	2,1	1,9	1,7	1,5
2,80	-2,50	2,9	2,5	2,1	1,9

Charge: 400 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,50	1,6	1,8	1,7	1,6
1,20	-0,90	2,0	2,1	2,0	1,8
1,80	-1,50	2,6	2,6	2,3	2,2
2,20	-1,90	3,1	2,9	2,6	2,6
2,80	-2,50	4,1	3,8	3,3	3,1

Charge: 600 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,50	2,0	2,5	2,3	2,2
1,20	-0,90	2,4	2,8	2,6	2,5
1,80	-1,50	3,2	3,3	3,2	3,0
2,20	-1,90	3,8	3,7	3,7	3,4
2,80	-2,50	4,9	4,7	4,3	4,0

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Semelle isolée carrée

Essai 3

Charge: 100 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,44	1,1	1,0	0,9	0,7
1,20	-0,84	1,4	1,2	1,0	0,9
1,80	-1,44	1,8	1,5	1,2	1,1
2,20	-1,84	1,8	1,5	1,3	1,2
2,80	-2,44	2,1	1,7	1,4	1,3

Charge: 200 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,44	1,7	1,6	1,4	1,3
1,20	-0,84	2,1	1,9	1,7	1,5
1,80	-1,44	2,7	2,3	1,9	1,7
2,20	-1,84	2,8	2,4	2,0	1,8
2,80	-2,44	3,1	2,6	2,2	1,9

Charge: 400 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,44	2,4	2,5	2,3	2,1
1,20	-0,84	3,0	2,9	2,6	2,4
1,80	-1,44	3,7	3,4	3,0	2,7
2,20	-1,84	3,9	3,6	3,1	2,9
2,80	-2,44	4,3	3,9	3,3	3,0

Charge: 600 kN

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	0,50	1,00	1,50	2,00
0,80	-0,44	2,9	3,3	3,0	2,8
1,20	-0,84	3,6	3,7	3,4	3,1
1,80	-1,44	4,4	4,2	3,9	3,6
2,20	-1,84	4,6	4,4	4,1	3,7
2,80	-2,44	5,1	4,8	4,3	3,8

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus ne tient pas compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation ($\sigma'v_0$). De plus il est pris en compte dans le calcul le poids de la fondation en considérant une fondation en béton ($\gamma=24$ kN/m³) sur toute la profondeur excavée et de dimensions constantes et égales à celles de la semelle en fond de fouille. Ainsi, les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées par l'ouvrage au niveau du sol, au-dessus de la semelle de la fondation, ce qui permet d'étudier directement les tassements en fonction des charges appliquées par l'ouvrage sur les fondations.



Tassement sous fondation (cm) - Radier (Rectangulaire l/b = 3/2)

Essai 1

Charge: 30 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,05	1,3	1,9	2,3	2,6
0,60	-0,25	1,2	1,8	2,2	2,5
1,20	-0,85	1,0	1,5	1,8	2,0
1,80	-1,45	0,8	1,1	1,4	1,5
2,80	-2,45	0,2	0,3	0,3	0,4

Charge: 40 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,05	1,8	2,5	3,1	3,4
0,60	-0,25	1,8	2,4	3,0	3,3
1,20	-0,85	1,7	2,2	2,7	2,9
1,80	-1,45	1,5	1,9	2,3	2,5
2,80	-2,45	1,0	1,3	1,6	1,7

Charge: 60 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,05	2,7	3,5	4,3	4,8
0,60	-0,25	2,7	3,5	4,3	4,7
1,20	-0,85	2,7	3,4	4,0	4,4
1,80	-1,45	2,6	3,3	3,8	4,1
2,80	-2,45	2,3	2,8	3,2	3,4

Charge: 80 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,05	3,4	4,4	5,3	5,9
0,60	-0,25	3,5	4,4	5,3	5,8
1,20	-0,85	3,5	4,4	5,2	5,6
1,80	-1,45	3,5	4,3	5,0	5,4
2,80	-2,45	3,4	4,0	4,5	4,7

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus tient compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). Les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées au sol à la base des fondations (incluant charge de structure dont les fondations elles-mêmes et charges d'exploitation).



Tassement sous fondation (cm) - Radier (Rectangulaire l/b = 3/2)

Essai 2

Charge: 30 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,10	1,1	1,8	2,3	2,5
0,60	-0,30	1,1	1,8	2,2	2,4
1,20	-0,90	0,9	1,4	1,8	2,0
1,80	-1,50	0,7	1,0	1,4	1,6
2,80	-2,50	0,3	0,4	0,4	0,5

Charge: 40 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,10	1,8	2,4	2,9	3,3
0,60	-0,30	1,7	2,3	2,9	3,2
1,20	-0,90	1,5	2,2	2,6	2,8
1,80	-1,50	1,4	1,9	2,3	2,5
2,80	-2,50	1,0	1,4	1,6	1,7

Charge: 60 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,10	2,6	3,4	4,1	4,6
0,60	-0,30	2,6	3,3	4,1	4,5
1,20	-0,90	2,6	3,3	3,9	4,2
1,80	-1,50	2,5	3,1	3,6	3,9
2,80	-2,50	2,3	2,8	3,1	3,3

Charge: 80 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,10	3,3	4,2	5,1	5,6
0,60	-0,30	3,3	4,2	5,1	5,6
1,20	-0,90	3,3	4,2	4,9	5,4
1,80	-1,50	3,3	4,1	4,8	5,1
2,80	-2,50	3,3	3,9	4,4	4,6

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus tient compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). Les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées au sol à la base des fondations (incluant charge de structure dont les fondations elles-mêmes et charges d'exploitation).



Tassement sous fondation (cm) - Radier (Rectangulaire l/b = 3/2)

Essai 3

Charge: 30 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,04	1,4	2,0	2,4	2,6
0,60	-0,24	1,4	1,9	2,3	2,5
1,20	-0,84	1,2	1,6	1,9	2,0
1,80	-1,44	0,8	1,1	1,4	1,5
2,80	-2,44	0,2	0,2	0,3	0,3

Charge: 40 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,04	2,1	2,6	3,1	3,4
0,60	-0,24	2,0	2,5	3,0	3,3
1,20	-0,84	1,8	2,3	2,7	2,9
1,80	-1,44	1,5	2,0	2,2	2,4
2,80	-2,44	0,9	1,2	1,4	1,4

Charge: 60 kN/m²

Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,04	2,9	3,6	4,3	4,6
0,60	-0,24	2,9	3,6	4,2	4,5
1,20	-0,84	2,8	3,4	3,9	4,2
1,80	-1,44	2,6	3,1	3,6	3,8
2,80	-2,44	2,1	2,5	2,7	2,9

Charge: 80 kN/m²

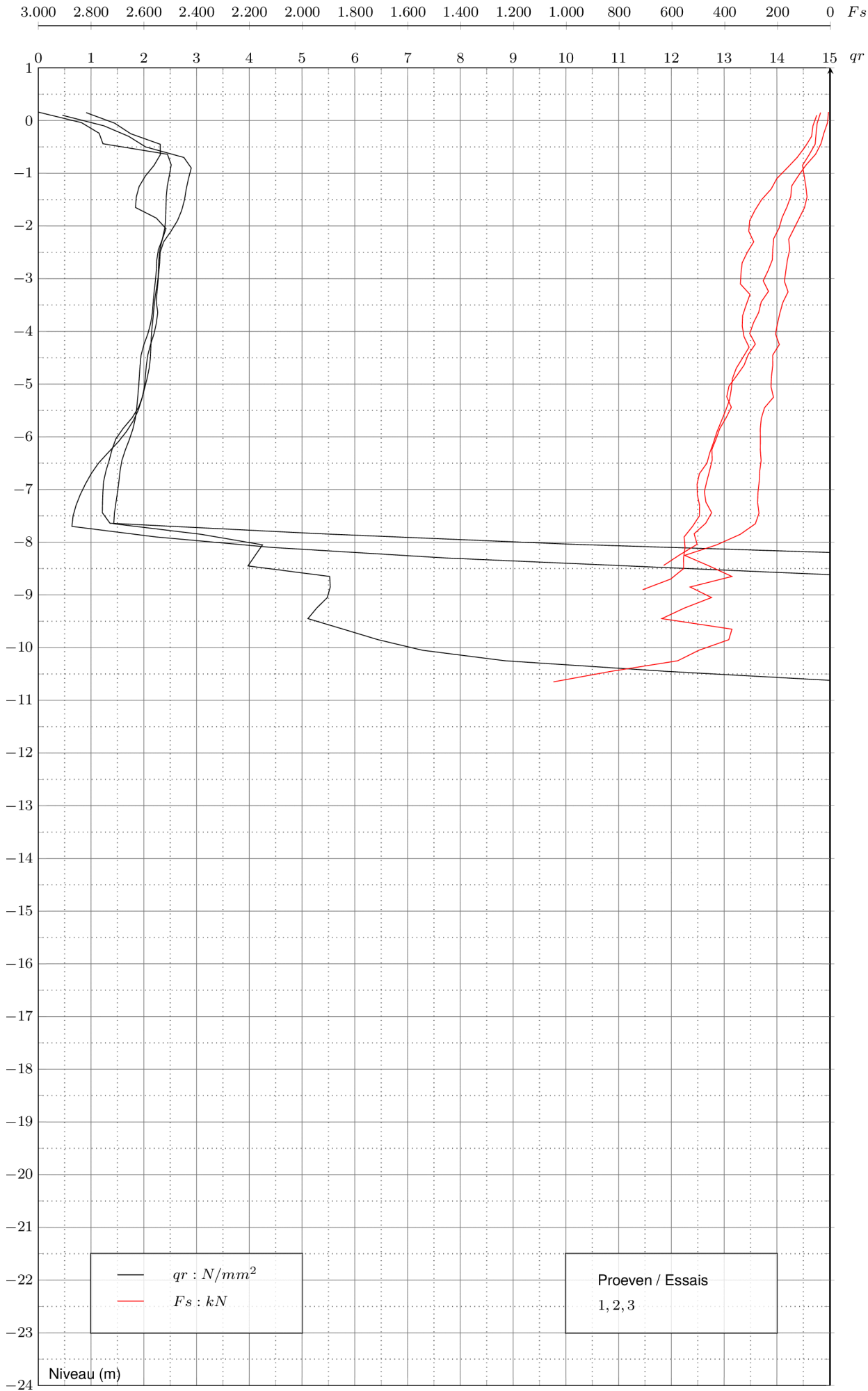
Assise de fondation (m)		Largeur (m)			
Profondeur	Niveau	4,00	6,00	9,00	12,00
0,40	-0,04	3,6	4,5	5,2	5,7
0,60	-0,24	3,6	4,4	5,2	5,6
1,20	-0,84	3,6	4,3	5,0	5,3
1,80	-1,44	3,5	4,1	4,7	4,9
2,80	-2,44	3,0	3,4	3,8	4,0

Remarque

Le calcul des tassements ci-dessus tient compte de l'effet positif du poids des terres excavées jusqu'au niveau d'assise de la fondation (σ'_{v0}). Les charges indiquées dans les calculs de tassement sont celles appliquées au sol à la base des fondations (incluant charge de structure dont les fondations elles-mêmes et charges d'exploitation).



6.4 - Calculs de pieux



Dossier	Adresse du chantier	Ø (mm)	Coefficient de sécurité
23061591-001	Rue de la Mutualité, 4030 Grivegnée (Liège), België	360	1,00
Capacité portante en tête de pieu selon 'De Beer'			

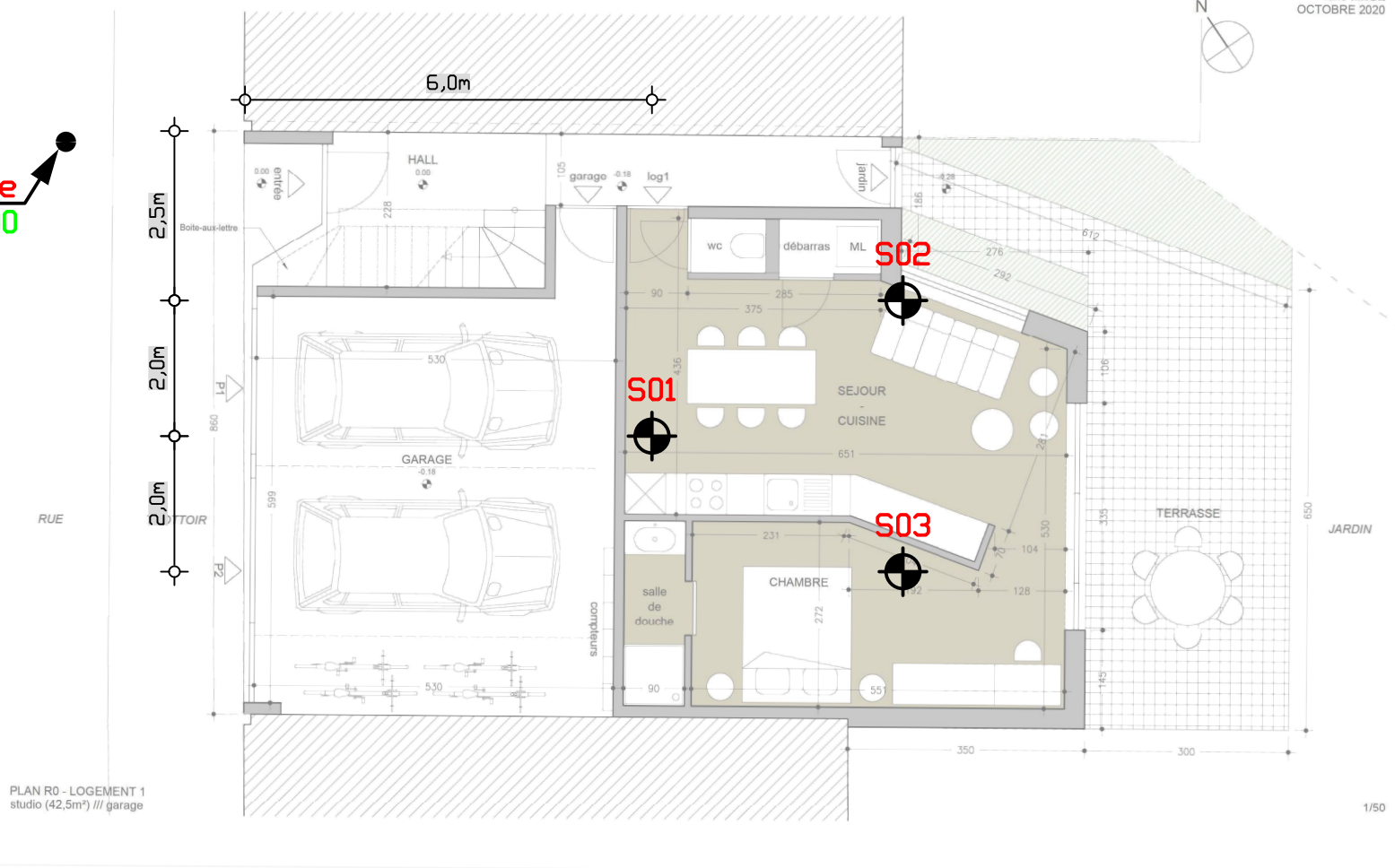


6.5 - Plans et documents

LORI
GAMI

AVANT-PROJET
KM REALISATION - Aldo MOREAU
Rue de la Mutualité 93
4020 LIEGE
OCTOBRE 2020

Axe de la route
Niv 0.00



Group Verbeke

't Lindeke 13
8880 Sint-Eloois-Winkel
056/50 30 43
info@verbeke.com

PLAN D'IMPLANTATION DES ESSAIS

23061591

Echelle

1/100