

**BUREAU D'ÉTUDES DE SOLS ET DE FONDATIONS**  
**INGÉNIEURS-CONSEILS**  
RENSEIGNEMENTS MINITEL 11 FONDASOL

Villeneuve d'Ascq, le 27.10.1998

---

Université du HAINAUT-CAMBRESIS

---

Construction d'un bâtiment OGP  
Site Universitaire de CAMBRAI

---

Etude de sols et de fondations

---

RAPPORT D'ETUDE n° ML 98.425

N° AFFAIRE		CENTRE	ANNÉE	N° D'ORDRE	PIÈCE N°	
		M   L	9   8	4   2   5	0   0   1	
C						
B						
A	27.10.98	C. LACHERÉ	O. SORIN	23		
INDICE	DATE	ÉTABLI PAR	VÉRIFIÉ PAR	Nbre de PAGES	PREMIÈRE DIFFUSION	C. LACHERÉ
					MODIFICATIONS - OBSERVATIONS	CONTRÔLÉ PAR

**DIRECTION - BUREAUX :  
LILLE**

59658 VILLENEUVE D'ASCQ  
PARC CLUB DES CANTONNIERS

**PARC CLUB DES PRÉS**  
1, rue Denis Papin - Bât. H  
59075 Lille

59658 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX  
Tél. 20.56.25.17

Fax 20.56.20.94

SIRET Lille 301.691.176.00053  
Code APE : 742 C

SIEGE SOCIAL - DIRECTION - LABORATOIRE : 1, rue des Couteliers - 57070 METZ - Tél. 87.74.96.77 - Fax 87.76.95.10  
SIRET Metz 301.691.176.00012 - R.C. B 301.691.176 Metz - IDENTIFICATION T.V.A. FR.05.301.691.176

BUREAUX :

PARIS : Tél. 16.1.42.60.21.43 - Fax 16.1.42.97.52.99  
REIMS : Tél. 26.82.13.00 - Fax 26.82.40.03  
NANCY : Tél. 83.37.85.22 - Fax 83.37.85.23  
STRASBOURG : Tél. 88.76.00.36 - Fax 88.78.78.04  
NANTES : Tél. 40.59.32.44 - Fax 40.59.50.37  
LE MANS : Tél. 43.76.23.50 - Fax 43.81.43.15  
BORDEAUX : Tél. 56.28.38.93 - Fax 56.28.43.45  
CAEN : Tél. 31.94.20.94 - Fax 31.47.47.90  
ROUEN : Tél. 32.91.01.11 - Fax 32.91.00.73  
AMIENS : Tél. 22.44.62.95 - Fax 22.44.63.90

LYON : Tél. 72.37.68.88 - Fax 72.37.68.52  
CLERMONT-FD : Tél. 73.90.10.51 - Fax 73.92.96.83  
GRENOBLE : Tél. 76.87.82.06 - Fax 76.46.05.19  
AVIGNON : Tél. 90.31.23.96 - Fax 90.32.59.83  
NICE : Tél. 93.14.12.88 - Fax 93.14.12.90  
MARSEILLE : Tél. 91.03.24.29 - Fax 91.03.23.75  
MONTPELLIER : Tél. 67.22.13.33 - Fax 67.22.14.33  
TOULOUSE : Tél. 61.20.55.16 - Fax 61.20.55.57  
MONTBÉLIARD : Tél. 81.91.77.92 - Fax 81.91.77.93

## SOMMAIRE

<b>I - NATURE DES TERRAINS TRAVERSES .....</b>	<b>4/23</b>
<b>II - RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES .....</b>	<b>4/23</b>
<b>III - INTERPRETATION</b>	
<b>1° Analyse du sol .....</b>	<b>5/23</b>
a) Description géologique .....	5/23
b) Nappe .....	5/23
c) Description géotechnique .....	6/23
<b>2° Description du projet .....</b>	<b>6/23</b>
<b>3° Etude des fondations .....</b>	<b>7/23</b>
a) Type de fondations et niveau d'assise .....	7/23
b) Fondations superficielles sur colonnes ballastées .....	7/23
c) Fondations profondes sur pieux .....	8/23
<b>IV - CONCLUSION.....</b>	<b>13/23</b>
<b>DEFINITION ET NORMALISATION DES MISSIONS DU GEOTECHNICIEN .....</b>	<b>14/23</b>
<b>CONDITIONS GENERALES D'EXPLOITATION D'UN RAPPORT D'ETUDES DES SOLS .....</b>	<b>15/23</b>
<b>CONTRAINTES DE CALCUL .....</b>	<b>17/23</b>
<b>Plan d'implantation .....</b>	<b>19/23</b>
<b>Coupes des sondages .....</b>	<b>20/23</b>
<b>Feuille de mise à jour .....</b>	<b>23/23</b>

L'Université du HAINAUT-CAMBRESIS a bien voulu nous confier la réalisation d'une étude de sols et de fondations en vue de la construction d'un bâtiment OGP sur le site de l'Université de CAMBRAI.

La présente étude correspond à une mission de type G0 et G13.

En conséquence, nous avons réalisé :

- 2 sondages de reconnaissance géologique avec essais pressiométriques notés SP1 et SP2 descendus respectivement à 16 et 13 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel

- 1 essai de pénétration stato-dynamique noté P1 descendu au refus jusqu'à 18,60 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel.

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

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

## **I - NATURE DES TERRAINS TRAVERSES**

On trouvera, sur les graphiques ci-joints, le détail des coupes des sondages effectués ainsi que les niveaux d'eau.

## **II - RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES**

Les essais ont été réalisés au moyen d'une sonde standard de 60 mm de diamètre dans les sols cohérents et d'une sonde de 44 mm de diamètre dans un pieu lanterné dans les sols pulvérulents.

### **Notations :**

pl : pression limite (en MPa)

pf : pression de fluage (en MPa)

E : module de déformation pressiométrique (module déviatorique)

po : pression horizontale (en MPa)

On trouvera, sur les graphiques ci-joints, les résultats des différents essais effectués.

### III - INTERPRETATION

#### 1° Analyse du sol

##### a) Description géologique

Le site est occupé actuellement par une aire quasiment plane ayant été remblayée.

Les sondages ont rencontré successivement :

- des remblais constitués de limons, brique et cailloutis divers jusqu'à 1,80 m de profondeur en SP2, 2,20 m en P1 et 2,50 m en SP1

- un ensemble de limons argileux et vasards gris-noir avec passages tourbeux jusqu'à 5,50 m de profondeur en SP2, 6 m en SP1 et 5,70 m en P1

- des sables et graviers de silex jusqu'à 11,50 m de profondeur en SP2, 12 m en SP1 et 11,80 m en P1

- une craie jaunâtre fracturée reconnue jusqu'à la base des sondages SP1 et SP2 et essai P1 soit entre 13 et 18,60 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel.

##### b) Nappe

Lors de notre intervention, des arrivées d'eau en cours de sondage ont été décelées vers 1,80 m/1,90 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel au droit des sondages SP1 et SP2 (Première quinzaine d'octobre 1998).

L'utilisation ultérieure de boue de forage à base de bentonite nécessaire à la réalisation des sondages ne nous a pas permis de suivre les fluctuations éventuelles de ces niveaux.

### c) Description géotechnique

Les caractéristiques mécaniques du sol sont :

- variables et très hétérogènes dans les remblais de surface, avec des pressions limites de 0,34 et 1,01 MPa, les efforts de pointe variant entre 3,5 et 7 MPa en moyenne

- très faibles dans les limons argileux vasards avec passages tourbeux, avec des pressions limites variant entre 0,11 et 0,36 MPa, les efforts de pointe étant inférieurs à 0,5 MPa

- médiocres à moyennes jusqu'à 8 m/8,50 m de profondeur dans les sables et graviers, avec des pressions limites de 0,39 et 0,94 MPa, les efforts de pointe variant entre 3,5 et 10 MPa

- très bonnes ensuite dans les sables et graviers à partir de 8,50 m de profondeur, avec des pressions limites variant entre 0,84 et 2,84 MPa, les efforts de pointe variant entre 10 et 20 MPa

- moyennes dans la craie, les efforts de pointe variant entre 5 et 7 MPa en moyenne avec des pics pouvant atteindre localement 15 MPa.

## 2° Description du projet

Il est prévu la construction d'un bâtiment s'inscrivant dans un rectangle de 30 m de longueur et 25 m de largeur.

Ce bâtiment sera en rez-de-chaussée avec étage partiel.

La surcharge sur dallage sera de l'ordre de 250 k/m<sup>2</sup> dans les zones bureaux et salles de cours et de l'ordre de 2 t/m<sup>2</sup> dans la partie ateliers.

Au moment de la rédaction de ce présent rapport, seul un plan masse du projet nous a été transmis (cf plan d'implantation).

### 3° Etude des fondations

#### b) Type de fondations et niveau d'assise

Compte tenu de la présence de remblais sur 1,80/2,50 m d'épaisseur suivis de limons à tendance organique et évolutifs générant des tassements absolus importants dans le temps, nous ne pouvons étudier une solution de fondations superficielles sur semelles filantes ou massifs isolés descendus dans les terrains en place.

Compte tenu de ces caractéristiques, nous avons étudié :

- une solution de fondations superficielles sur semelles filantes reposant sur des colonnes ballastées

- une solution de fondation profondes sur pieux forés descendus entre 13 et 15 m de profondeur par rapport au TN actuel.

#### b) Fondations superficielles sur colonnes ballastées injectées

Il s'agit d'une solution de fondations superficielles sur semelles filantes pour les charges réparties linéairement ou sur massifs isolés pour les charges ponctuelles reposant sur des colonnes ballastées injectées.

Il s'agit de réaliser des colonnes ballastées vibro-foncées en matériaux graveleux au droit des futurs appuis ainsi que les descentes de charges linéaires.

Ce système sera également mis en place sous le niveau bas rez-de-chaussée par la réalisation d'un maillage de colonnes ballastées.

La profondeur ainsi que le carroyage de ces colonnes ballastées seront déterminés par l'entreprise spécialisée en fonction des tassements absolus et différentiels tolérés par le maître d'ouvrage sous les fondations et sous le futur dallage.

Il conviendra que l'entreprise adjudicataire du marché vérifie que les tassements prévisibles sous massifs ou semelle filante soient compatibles avec la structure retenue pour le bâtiment.

Compte tenu du caractère organique des terrains rencontrés, ces colonnes ballastées seront injectées.

#### **c) Fondations profondes sur pieux**

Il s'agit d'une solution de fondations profondes sur pieux forés injectés faible pression descendus entre 13 et 15 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel actuel dans la craie.

#### **Capacité portante**

La capacité portante d'un pieu se décompose en deux termes : pointe et frottement latéral.

#### **Terme de pointe**

Il sera donné par la relation pénétrométrique :

$$q_{PL} = K_c \times q_{CE}$$

**Avec :**

$$K_c = 0,2$$

$$q_{CE} = 5 \text{ MPa}$$



**Frottement latéral**

On trouvera dans le tableau ci-après, le détail des frottements latéraux unitaires limites à prendre en compte pour le calcul de la capacité portante des pieux.

Ces valeurs ont été déduites du tableau de frottement latéral établi par BUSTAMENTE et GIANESELİ dans le D.T.U. 13.2 fondations profondes.

Profondeur	Nature du sol	$Q_{sl}$ (MPa)
de 0 à 6,00 m	Mort terrain	0
de 6,00 à 8,50 m	Sables et graviers	0,03
de 8,50 à 11,50 m	Sables et graviers compacts	0,11
de 11,50 à 18,00 m	Craie altérée	0,05

## CALCUL DES PARAMETRES DE CHARGE DES PIEUX FORES

### Sondages SP1 et SP2 et Essai de pénétration P1

#### Pieux forés injectés faible pression

Longueur de fiche : 13,00m

#### Frottement latéral unitaire limite $q_s$

Profondeur début de couche (m)	Profondeur fin de couche (m)	Hauteur du pieu dans la couche (m)	$q_s$ (kPa)	Nature du sol
0	6	6	0	Mort terrain
6	8,5	2,5	30	Sable et graviers
8,5	11,5	3	110	Sable et gravier compact
11,5	18	1,5	50	Craie

#### Contrainte de rupture sous la pointe $q_u$

La contrainte de rupture sous la pointe est donnée par la formule:

$$Q_u = K_c \cdot q_{c_e}^*$$

avec:  $Q_{c_e}^* = 5,00 \text{ MPa}$

$K_c = 0,20$

d'où  $q_u = 1,00 \text{ MPa}$

#### Capacité portante des pieux en kN

Diamètre pieu (cm)	40	50	60	70	80
$Q_{pl}$	126	196	283	385	503
$Q_{sl}$	603	754	905	1056	1206
$Q = Q_{sl} + Q_{pl}$	729	950	1188	1440	1709
Q ELU	515	664	820	984	1156
Q ELS	343	442	546	655	769
Taux de travail du béton aux ELS (MPa)	2,73	2,25	1,93	1,70	1,53

Avec :

$$Q_{ELU} = 0,5 Q_{pl} + 0,75 Q_{sl}$$

$$Q_{ELS} = 0,33 Q_{pl} + 0,5 Q_{sl}$$

## CALCUL DES PARAMETRES DE CHARGE DES PIEUX FORES

### Sondages SP1 et SP2 et Essai de pénétration P1

#### Pieux forés injectés faible pression

Longueur de fiche : 15,00m

#### Frottement latéral unitaire limite $q_s$

Profondeur début de couche (m)	Profondeur fin de couche (m)	Hauteur du pieu dans la couche (m)	$q_s$ (kPa)	Nature du sol
0	6	6	0	Mort terrain
6	8,5	2,5	30	Sable et graviers
8,5	11,5	3	110	Sable et gravier compact
11,5	18	3,5	50	Craie

#### Contrainte de rupture sous la pointe $q_u$

La contrainte de rupture sous la pointe est donnée par la formule:

$$Q_u = K_c \cdot q_{c^*}$$

avec:

$$Q_{c^*} = 5,00 \text{ MPa}$$

$$K_c = 0,20$$

$$\text{d'où } q_u = 1,00 \text{ MPa}$$

#### Capacité portante des pieux en kN

Diamètre pieu (cm)	40	50	60	70	80
$Q_{pl}$	126	196	283	385	503
$Q_{sl}$	729	911	1093	1275	1458
$Q = Q_{sl} + Q_{pl}$	855	1107	1376	1660	1960
Q ELU	609	781	961	1149	1345
Q ELS	406	520	640	765	895
Taux de travail du béton aux ELS (MPa)	3,23	2,65	2,26	1,99	1,78

Avec :

$$Q_{ELU} = 0,5 Q_{pl} + 0,75 Q_{sl}$$

$$Q_{ELS} = 0,33 Q_{pl} + 0,5 Q_{sl}$$

### Exécution

Bétonner les pieux à l'aide d'un béton non délavable et résistant aux eaux agressives à l'aide d'un tube plongeur.

On prévoira le ferrailage des pieux sur les 5 à 6 premiers mètres ou sur toute leur hauteur s'ils sont soumis à des efforts horizontaux ou à des efforts d'arrachement.

Les murs de remplissage reposeront sur des longrines en béton armé reposant elles-mêmes sur les pieux de fondations.

On prévoira un système d'asservissement permettant de garantir le bétonnage des fondations sous le niveau du béton ainsi que l'enregistrement des paramètres de forage (couple de rotation, pression d'injection, vitesse d'avancement, pression sur l'outil, profondeur).

Prévoir la réalisation d'avant-trous à la pelle mécanique afin de déceler et purger d'éventuels remblais de démolition ou de points durs pouvant être rencontrés au droit des futures fondations profondes sur pieux.

Ces avant-trous seront alors comblés à l'aide d'un matériau tout-venant sablo-graveleux permettant la foration des fondations profondes sur pieux à travers les matériaux mis en oeuvre.

Pour le niveau bas rez-de-chaussée, on prévoira la réalisation d'un plancher bas porté par les fondations par l'intermédiaire d'un réseau de longrines en béton armé elles-mêmes reposant sur les fondations.

L'étude de cette solution de fondations a été menée en prenant comme hypothèse qu'aucun remblai paysager ou autre ne viennent au droit du projet.

Dans le cas contraire, il conviendra de prendre en compte un terme de frottement négatif venant réduire la capacité portante des pieux.

#### IV - CONCLUSION

Les sondages rencontré successivement sous un recouvrement superficiel de remblais de 1,50 m à 1,80 m d'épaisseur, un ensemble de limons organiques constitués de limons argileux vasards avec passages tourbeux jusqu'à 5,50 m/6 m de profondeur, puis des sables et graviers jusqu'à 11,50 m/12 m de profondeur surmontant la craie jaunâtre d'âge Sénonien.

Lors de notre intervention, des arrivées d'eau en cours de sondage ont été décelées vers 1,80 m de profondeur (Octobre 1998).

Compte tenu des caractéristiques du projet et de la nature du sol, nous avons étudié :

- une solution de fondations superficielles sur semelles filantes ou massifs reposant sur des colonnes ballastées injectées.

On trouvera pages 7 et 8 le détail de cette solution de fondations.

- une solution de fondation profondes sur pieux forés injectés faible pression descendus entre 13 et 15 m de profondeur par rapport au TN actuel dans la craie jaunâtre.

On trouvera pages 8 à 12 le détail de cette solution de fondations.

Nous restons à la disposition de l'Université du HAINAUT-CAMBRESIS pour tous renseignements complémentaires.

O. SORIN

C. LACHERE



## UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE

**CLASSIFICATION DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES TYPES**

(projet de normalisation, version du 01/12/1997)

L'enchaînement des missions géotechniques suit les phases d'élaboration du projet. Les missions G 1, G 2, G 3, G 4 doivent être réalisées successivement. Une mission confiée à un géotechnicien peut contenir tout ou partie des prestations décrites dans chaque mission géotechnique type.

**G 0 EXÉCUTION DE SONDAGES, ESSAIS ET MESURES GÉOTECHNIQUES**

- Exécuter les sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire selon un programme défini dans les missions G 1 à G 5.
- Fournir un compte rendu factuel donnant la coupe des sondages, les procès-verbaux d'essais et les résultats des mesures.

*Cette mission d'exécution exclut toute activité d'étude ou conseil.*

**G 1 ÉTUDE DE FAISABILITÉ GÉOTECHNIQUE****G 11 Étude préliminaire de faisabilité**

- Faire une enquête documentaire sur le cadre hydrogéotechnique du site et préciser l'existence d'avoisinants.
- Définir si nécessaire un programme de reconnaissance préliminaire, suivre et contrôler son exécution (mission G 0), interpréter les résultats.
- Fournir un rapport d'étude préliminaire de faisabilité avec quelques principes généraux d'adaptation du projet au terrain, mais sans aucun élément de prédimensionnement.

*Cette mission G 11 doit être suivie d'une mission G 12 pour les hypothèses géotechniques nécessaires à l'établissement du projet.*

**G 12 Étude de faisabilité des ouvrages géotechniques (après une mission G 11)**

- Définir un programme de reconnaissance détaillé, suivre et contrôler son exécution (mission G0), interpréter les résultats.
- Fournir un rapport d'étude géotechnique donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification du projet, quelques exemples types de fondation (encastrement et portance) et les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, risque de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

**G 13 Étude de prédimensionnement des ouvrages géotechniques (après une mission G 12)**

- Donner des exemples de dimensionnement des principaux ouvrages géotechniques envisagés (soutènements, rabattements, fondations, calculs de tassements, amélioration de sols...) en complément d'une mission G 12.

*Ces missions G1 excluent tout engagement sur les quantités, coûts et délais d'exécution des ouvrages qui entre dans le cadre exclusif d'une mission d'étude de projet géotechnique G2.*

**G 2 ÉTUDE DE PROJET GÉOTECHNIQUE**

Cette étude spécifique doit être prévue et intégrée dans le cadre de la mission de maîtrise d'œuvre. Elle consiste à :

- Définir si nécessaire un programme de reconnaissance spécifique, suivre et contrôler son exécution (mission G 0), interpréter les résultats.
- Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, fondations, dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants), avec quelques notes de calculs de dimensionnement, une estimation des quantités, du coût et des délais d'exécution de ces ouvrages géotechniques.
- Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution de ces ouvrages (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le maître d'ouvrage pour le choix technique des entreprises spécialisées.

**G 3 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION**

- Définir si nécessaire un programme de reconnaissance complémentaire, suivre et contrôler son exécution (mission G 0), interpréter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, contrôles).

*Pour assurer la maîtrise des incertitudes et aléas géotechniques en cours d'exécution, ces missions G 2 et G 3 doivent être suivies d'une mission de suivi géotechnique d'exécution G 4.*

**G 4 SUIVI GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION**

- Suivre et adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques, avec définition d'un programme d'auscultation et des valeurs seuils correspondantes, analyse et synthèse périodiques des résultats des mesures.
- Définir éventuellement des reconnaissances complémentaires, suivre et contrôler leur exécution (mission G 0).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages.

**G 5 DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE****G 51 Avant, pendant ou après construction d'un ouvrage, en l'absence de sinistre**

- Étudier de façon approfondie un élément géotechnique spécifique (soutènement, rabattement,...) sur la base des données hydrogéotechniques fournies par une mission G 12, G 2 ou G 3 et validées dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans les autres domaines géotechniques de l'ouvrage.

**G 52 Sur un ouvrage avec sinistre**

- Rechercher les causes du sinistre constaté, donner une première approche des remèdes envisageables, une étude de projet géotechnique G 2 devant être réalisée ultérieurement.

*L'objet d'une mission G 5 est strictement limitatif : il ne porte pas sur la totalité du projet ou de l'ouvrage.*

**CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXPLOITATION D'UN RAPPORT D'ÉTUDES DES SOLS****(A) INTRODUCTION**

L'inventaire des recommandations et indications ci-après mentionnées a pour but d'éviter tout incident ou accident au cours ou à la suite de la réalisation des fondations des ouvrages et consécutif à une exploitation défectueuse du rapport de sol. Il ressort de l'expérience acquise au cours de la réalisation de 100 000 études environ.

D'autre part, le non respect de ces recommandations et indications, dégagerait contractuellement la responsabilité du bureau de sol et peut être un motif d'exclusion de la couverture d'assurance (UAP).

Les différents intervenants dans les projets et travaux liés aux sols, doivent passer en revue l'ensemble des recommandations et indications ci-après rappelées, afin de vérifier qu'elles sont effectivement bien prises en compte, si nécessaire, au cours de la réalisation des travaux liés aux sols.

**(B) RECOMMANDATIONS IMPORTANTES**

- (1) Le présent rapport et ses annexes constituent un ensemble indissociable. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis au bureau de sol au moment de l'investigation géotechnique.
- (2) Les conclusions du rapport ne peuvent être utilisées pour une forfaitisation du prix des fondations du fait des risques d'hétérogénéité soit naturelle, soit artificielle des sols. Une telle forfaitisation nécessite généralement une densité de sondages prévue en conséquence et à l'avance, qui seule pourrait engager la responsabilité du bureau de sol sur le forfait.
- (3) Toute étude réalisée à partir d'une esquisse, ou d'un plan de principe, nécessite obligatoirement une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu détaillé par un bureau d'études de structures.
- (4) Tout changement d'implantation ou d'importance des constructions par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement du rapport d'étude des sols, doit être communiqué au rédacteur de ce rapport et recevoir son accord par écrit, car ces changements peuvent modifier les conclusions de l'étude.
- (5) Le Maître d'Œuvre ou le Maître d'Ouvrage doit vérifier qu'il a donné au bureau de sol des éléments suffisants et fiables pour l'implantation des sondages.

**(C) INDICATIONS PARTICULIÈRES POUR L'ÉTABLISSEMENT DU PROJET**

- (6) Les sondages de reconnaissance se font sur une courte période et le niveau de la nappe phréatique indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximum. Il appartient alors à l'équipe de conception de se renseigner auprès des services compétents, sur les fluctuations possibles de cette nappe, soit naturelles, soit dues à des travaux voisins.
- (7) En cas de présence d'ouvrages mitoyens ou en cas de présence de talus en déblais de grande hauteur ou de remblais également de grande hauteur, une étude spécifique à ceux-ci doit obligatoirement être produite. Même si le rapport de sol initial ne mentionne rien sur ce sujet, par manque d'information ou parce que le plan initial n'en faisait pas mention, il appartient à la Maîtrise d'œuvre et au bureau de contrôle, d'en commander la fourniture, et aucuns travaux ne devront être engagés sans cette étude spécifique.
- (8) En cas de présence au projet d'ouvrages de soutènements ou de reprise en sous-œuvre, le recours à un Maître d'œuvre spécialisé pour la définition des travaux et leur suivi, est obligatoire.
- (9) Les profondeurs des couches de sols sont données par rapport à la plate-forme de travail du moment, dans l'hypothèse où aucune cote de niveau n'est connue. Il appartient alors aux concepteurs de recalculer le zéro s'il a été procédé à des mouvements de terres dans l'intervalle séparant la reconnaissance des sols et le début des travaux de fondations.



(10) Les fondations d'ouvrages réalisées dans des terrains sensibles à l'eau (argiles gonflantes, possibilités de dessiccation consécutives aux conditions climatiques ou à la végétation), nécessitent des études spécifiques et le projet devra être soumis à l'examen du bureau de sol, de façon à vérifier que les précautions élémentaires ont bien été prises en compte (drainage - étanchements - évacuation des eaux - planchers portés, etc.).

(11) La non réalisation d'investigations complémentaires préconisées au rapport de sol pour entériner ses conclusions, rendrait invalides ces conclusions.

(12) L'adaptation au sol des ouvrages annexes (canalisations, petit mur de soutènement, etc.) doit être soumise à l'examen du bureau de sol.

(13) En cas de découverte de situations évolutives (influence de l'eau ou du gel, phénomène de dissolution, etc.), la durée de validité du rapport de sol est limitée, et si celui-ci n'a pas été exploité rapidement, il faut interroger le bureau de sol sur son actualisation.

#### **(D) INDICATIONS PARTICULIÈRES EN COURS DE TRAVAUX**

(14) Les éléments nouveaux mis en évidence en cours des travaux de fondations et qui n'auraient pu être détectés au moment de la reconnaissance (venues d'eau ou rabattement de nappe, hétérogénéité locales, cavités de dissolution ou artificielles), doivent être immédiatement signalés, de façon à étudier les adaptations nécessaires.

(15) En cas de fondation profonde, par pieux, puits ou barrettes, et si l'assise de celle-ci se trouvait être à une distance en profondeur de moins de sept diamètres, avec un minimum de cinq mètres du fond du sondage de reconnaissance, un sondage de contrôle devrait obligatoirement être réalisé pour respecter les termes du DTU 13-2).

(16) Le rôle du bureau de sol est d'indiquer les objectifs à atteindre dans la mise en œuvre des fondations. Les procédés d'exécution, les moyens et méthodes de mise en œuvre, sont l'affaire de l'entreprise de fondation qui seule connaît le matériel dont elle dispose, ses caractéristiques et sa puissance, et le savoir-faire de son personnel. Toutefois, le bureau de sol est disponible pour assister le Maître d'Œuvre en vue de l'agrément des matériels et procédés prévus par l'entreprise de fondation. Dans le cas où cette assistance n'aurait pas été spécifiquement demandée au bureau de sol, la responsabilité de celui-ci ne pourrait en aucun cas être recherchée pour un mauvais déroulement du chantier.

(17) L'étude de sol étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet de fondation en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée au bureau de sol. Cependant, dans ce cas, le bureau de sol doit être immédiatement prévenu, de façon à préciser les conditions de fondation en relation avec cette hétérogénéité. Toute décision prise en dehors de ce bureau d'études de sol dégagerait celui-ci de toute responsabilité.

(18) Tout incident important survenant en cours d'exécution des travaux (glissements de talus, déformations d'existants proches...) doit être signalé afin de reconsidérer ou d'adapter les solutions initialement retenues.

(19) Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise, de charger le bureau de sol d'une mission d'assistance au Maître d'Œuvre au stade de la conception définitive des fondations, puis de vérification de l'exécution des travaux de fondations. Dans le cadre de cette mission d'assistance, qui doit être rémunérée, il sera procédé au moment de l'ouverture des fouilles, ou de la réalisation des premiers pieux ou puits, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur des niveaux de fondations, sont conformes aux données du rapport. Le bureau de sol doit en être avisé en temps utile et ces prestations complémentaires doivent obligatoirement donner lieu à l'établissement d'une note ou d'un compte-rendu.



CONTRAINTE DE CALCULI - DEFINITION

La contrainte de calcul est définie par la relation :

$$q' = \frac{1}{\Gamma_q} (q'_u - q'_o) \times i_{\delta\beta} + q'_o$$

Où :

- $q'_u$  est la contrainte effective de rupture du sol sous charge verticale centrée, en supposant le sol horizontal
- $q'_o$  est la contrainte effective verticale après travaux au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci
- $i_{\delta\beta}$  est un coefficient minorateur tenant compte de l'inclinaison de la charge et de la géométrie du sol de fondation
- $\Gamma_q$  est un coefficient des états limites pour lesquels la fondation doit être justifiée

II - DETERMINATION DE LA CONTRAINTE LIMITE ULTIME

La contrainte limite de rupture  $q'_u$  ou contrainte ultime est donnée par la relation :

$$q'_u - q'_o = K_p \cdot p_{le}^*$$

Où :

- $K_p$  est le coefficient de portance définissant le rapport des contraintes verticales aux contraintes horizontales. Ce coefficient dépend de la nature du terrain, de la forme de la fondation et de son encastrement relatif  $\frac{h_e}{R}$
- $p_{le}^*$  est la pression limite nette équivalente

La pression limite nette étant déduite de la pression limite brute  $pl$  par la relation :

$$pl^* = pl - po$$

$$\text{Avec : } po = u + \sigma'_{vo} \cdot ko$$

- $\sigma'_{vo}$  est la contrainte verticale effective dans le sol au niveau de l'essai
- $u$  est la pression interstitielle à ce même niveau
- $ko$  est le coefficient de poussée des terres au repos (en général voisin de 0,5).

### III - CONTRAINTES DE CALCUL

Les contraintes de calculs permettant de justifier la fondation aux états limites sont alors établies en considérant :

$$* \text{ Pour la justification aux ELS : } \Gamma_q = 3$$

$$* \text{ Pour la justification aux ELU : } \Gamma_q = 2$$

RESTAURANT UNIVERSTAIRE

PARKING 20 PLACES A CREEP

VOIE A CREEP

P22  $\nabla$ plezo 42.98

Zone Traitée en  
Parking

P3  $\nabla$ plezo 42.48

PARKING 8 PLV

COUR DE SERVICE

BATIMENT OGP

SP2

P1

SP1

25 m

S = 800 M<sup>2</sup>

Pl 1 handif.

GOLDEFY & ASSOCIÉS  
ARCHITECTES URBANISTES  
18 RUE CAMPBELL - 1000 CAMBELL CADIX  
TEL 02 27 61 16 82 / FAX 02 27 61 80 81  
E-MAIL: GOLF@TELUS.QUEBEC.CA

FONDASOL ML 98-425

BATIMENT OGP UNIVERSITE CAMBRAI

Sondage : SP1

Date: 10/98

Inclinaison°: 0.

Fichier: SP1

Sondage : SPI														Date: 10/98			
COTES	PROFONDEUR	DESCRIPTION GEOLOGIQUE		EAU	OUTIL	TUBAGE	ECHELLE DES PROFONDEURS	E <sub>m</sub> (MPa)				Pf	P1	Po	P1-Po		
								Ech.: 1/10				(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
	0.						0	10	20	30	40	50	60				
		Remblais: limon , briques, ...	R				1	4.40						0.21	0.35	0.01	0.34
	1.80	Remblais limono- sableux beige	R				2	1.20						0.11	0.21	0.02	0.19
	2.50		R				3	1.10						0.10	0.18	0.03	0.15
		Limon argileux et vasard gris-foncé + passages tourbeux noir					4	0.70						0.10	0.16	0.05	0.11
							5	1.20						0.12	0.22	0.07	0.15
	6.00						6										
		Sable et graviers de silice					7	4.00						0.14	0.48	0.09	0.39
							8							0.60	0.95	0.11	0.84
							9										
							10							1.80	2.97	0.13	2.84
							11							1.21	1.95	0.15	1.80
							12	7.20									
	12.00						13										
		Craie jaunâtre très fracturée					14										
							15										
	15.00						16										
Arrivée d'eau en cours de sondage : 1.90 m																	

Arrivée d'eau en cours de sondage : 1.90 m

FONDASOL ML 98-425

BATIMENT OGP UNIVERSITE CAMBRAI

Sondage : SP2

Date: 10/98

Inclinaison°: 0.

Fichier: SP2

COTES	PROFONDEUR	DESCRIPTION GEOLOGIQUE	EAU	OUTIL	TUBAGE	ECHELLE DES PROFONDEURS	$E_m$ (MPa) Ech.: 1/10	Pf (MPa)	P1 (MPa)	Po (MPa)	P1-Po (MPa)
	0.					0	10 20 30 40 50 60				
	1.80	Remblais de sable gris-noir avec limon et briques	R	C.B.	diam 68/83 mm	1	14.40	0.50	1.02	0.01	1.01
			R			2	1.90	0.22	0.38	0.02	0.36
	5.50	Limon argileux et vaseux gris-noir				3	1.10	0.10	0.20	0.03	0.17
						4	0.90	0.10	0.17	0.05	0.12
						5	1.10	0.10	0.18	0.06	0.12
						6					
						7	7.90	0.53	1.03	0.09	0.94
						8	7.60	0.55	1.21	0.10	1.11
		Sable et graviers de silice		Taillant + bentonite		9	42.10	1.25	2.82	0.12	2.70
						10	14.80	0.98	2.07	0.13	1.94
						11	23.50	1.36	2.64	0.14	2.50
	11.50					12	26.40	1.22	2.76	0.16	2.60
	13.00	Craie jaunâtre fracturée				13					

Arrivée d'eau en cours de sondage : 1.80m

## FONDASOL - PENETROMETRE DE 200KN

Chantier: UNIVERSITE CAMBRAI

tube 60

DATE: 23-10-98

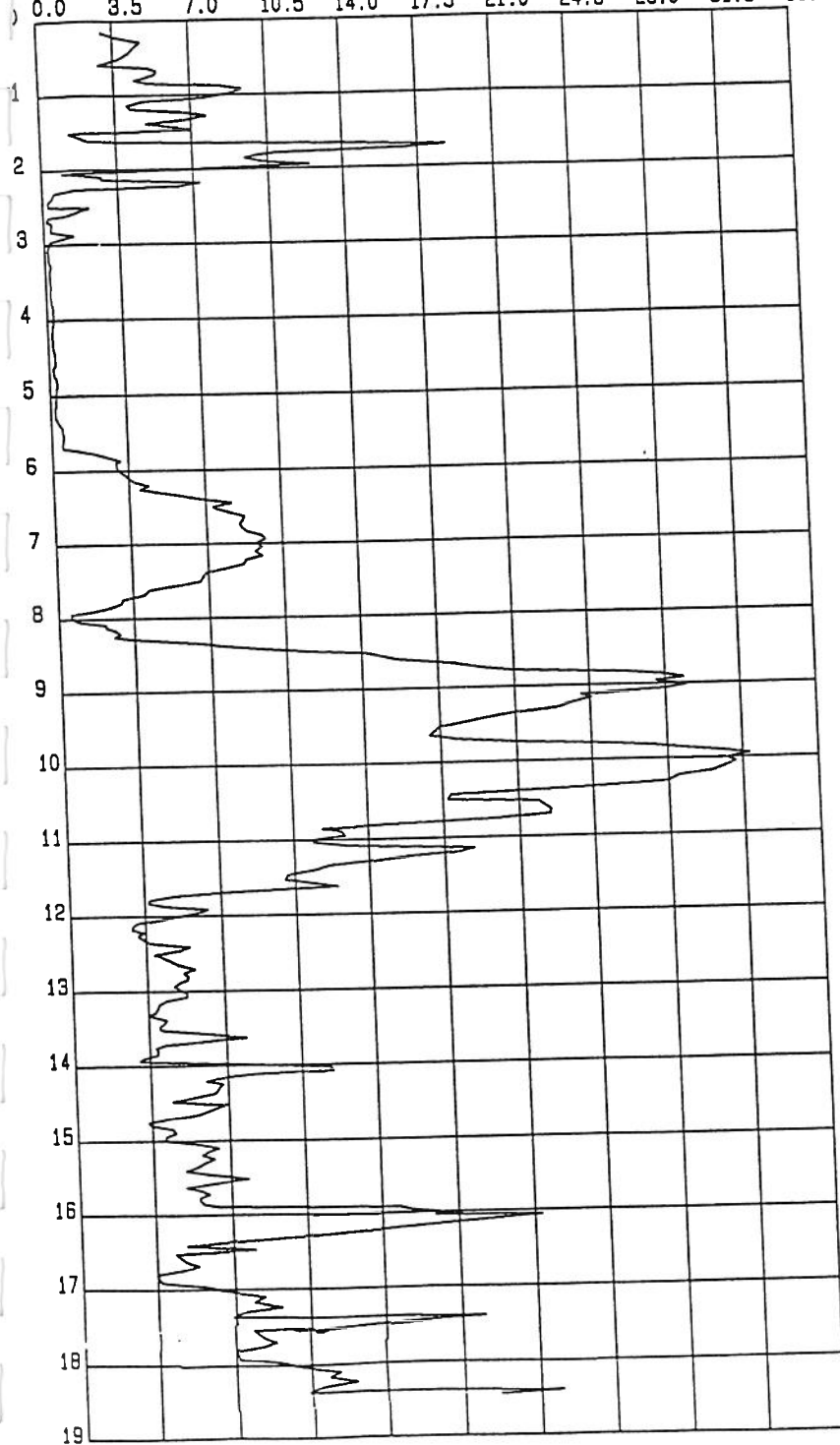
Penetration: P1

Altitude TN:

REV.: 1.6 ( STD: 3.3)

Terme de pointe en MPa

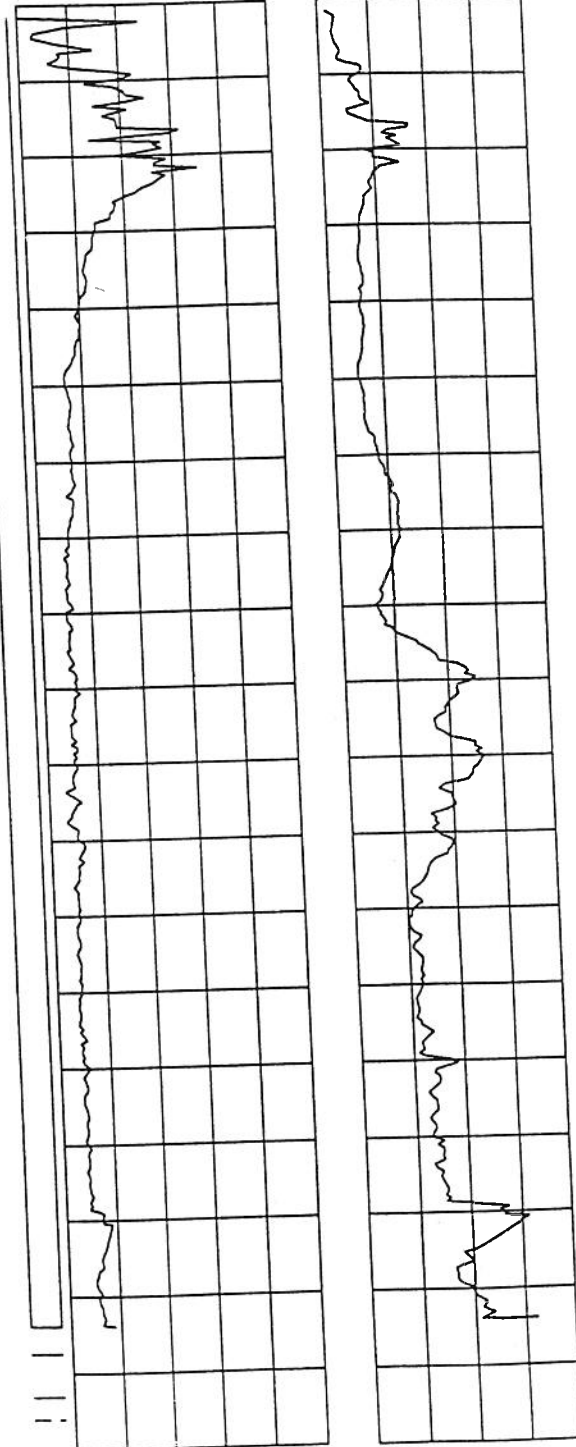
0.0 3.5 7.0 10.5 14.0 17.5 21.0 24.5 28.0 31.5 35.0



Frottement lateral en MPa Effort total en Kn

0.00 0.04 0.08 0.12 0.16 0.20

0 50 100 150 200



Arrêt profondeur: 18.60

total statique: 17.39

total dynamique: 1.21

### FEUILLE DE MISE A JOUR

[illegible]