

FONDASOL

AGENCE DE FONDASOL INTERNATIONAL
S.A.R.L. AU CAPITAL DE 240000 FRANCS



basse normandie

**BUREAU D'ÉTUDES DE SOLS ET DE FONDATIONS
INGÉNIEURS-CONSEILS**

RENSEIGNEMENTS MINITEL 11 FONDASOL

SONDAGES MÉCANIQUES
MÉCANIQUE DES SOLS
PRESSIOMÈTRES
PÉNÉTROMÈTRES
LABORATOIRE
GÉOTECHNIQUE ROUTIÈRE
ÉTUDES GÉOPHYSIQUES
RADIO-SONDAGES
ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
ASSISTANCE TECHNIQUE

AGENCE DECARIS

ARCHITECTE EN CHEF DES MONUMENTS HISTORIQUES

HOTEL DE BANVILLE A CAEN

ANALYSE DES DESORDRES / DISPOSITIF DE CONFORTEMENT

DESCENTE DE CHARGE

CAHIER DES CHARGES

PROJET DE CONFORTEMENT

ESTIMATION DES TRAVAUX DE REPRISE EN SOUS-OEUVRE

AVANT-PROJET SOMMAIRE

IC.94/071 du 30 Novembre 1994

| N° AFFAIRE | | CENTRE | ANNÉE | N° D'ORDRE | | PIÈCE N° | |
|------------|----------|------------|-------------|---------------|------------------------------|----------|--------------------|
| E | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| A | 30/11/94 | P.BAJART | P.BAJART | 16 | | | PREMIÈRE DIFFUSION |
| INDICE | DATE | ÉTABLI PAR | VÉRIFIÉ PAR | Nbre DE PAGES | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS | | CONTRÔLÉ PAR |

DIRECTION: 5 bis, rue du Louvre - 75001 PARIS - Tél. 16.1.42.60.21.43 et 16.1.42.60.93.10
Télex 670 230 - Fax 16.1.42.97.52.99

BUREAUX:

14000 CAEN

PARC D'ACTIVITE
DE LA FOLIE COUVRECHEF
24, rue Bailey
Tél. 31.94.20.94
Télex 670 230
Fax 31.47.47.90

BUREAUX:

METZ: Tél. 87.74.96.77 - Fax 87.76.95.10
LILLE: Tél. 20.57.01.44 - Fax 20.54.58.31
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. 56.81.24.67 - Fax 56.44.75.97

LYON: Tél. 72.61.15.29 - Fax 72.61.83.63
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

SOMMAIRE

I - PRESENTATION

II - RAPPEL DE L'ETUDE N° IC.93/065

III - RESULTAT DE COMPLEMENT D'ETUDE

IV - DESCRIPTION DES DESORDRES

V - NECESSITE DE CONFORTEMENT ET DES DESCRIPTIFS

VI - ESTIMATION SOMMAIRE DES DESCENTES DE CHARGES SUR LES FONDATIONS

VI - 1) Présentation

VII - NOMBRE DE MICROPIEUX

VIII - CAHIER DES CHARGES

IX - QUANTITATIF SOMMAIRE

X - ESTIMATION DES TRAVAUX

ANNEXE : RAPPORT N° IC.93/065

I - PRESENTATION

Monsieur DECARIS, Architecte en Chef des Monuments Historiques, a bien voulu nous confier une étude, afin d'analyser les désordres affectant l'Hôtel de BANVILLE à CAEN.

Cette étude complète une première étude faite en 1993 qui avait fait l'objet de notre rapport n° IC.94/065.

Cette étude a pour but d'apprécier la nécessité de confortement des fondations de l'hôtel de BANVILLE et de définir la nature des travaux à réaliser.

On trouvera ci-après :

- les résultats de complément d'étude
- la description des désordres observés
- la nature des travaux de confortement
- une descente de charges sommaire
- un cahier des charges
- un quantitatif
- une estimation des coûts des reprises en sous-oeuvres

II - RAPPEL DE L'ETUDE N° IC.93/065

Les sondages que nous avons réalisés avaient mis en évidence, sous une couverture de remblai d'épaisseur 1,90 m à 2,80 m :

- des alluvions limoneuses et vaseuses de faible consistance, jusqu'à 10 m de profondeur

- des alluvions anciennes sablo-graveleuses compactes, jusqu'à 13,80 m de profondeur

- du calcaire compact légèrement sabloneux et fracturé

Nous avons joint à ce document, en annexe, une copie du rapport d'étude n° IC.93/065.

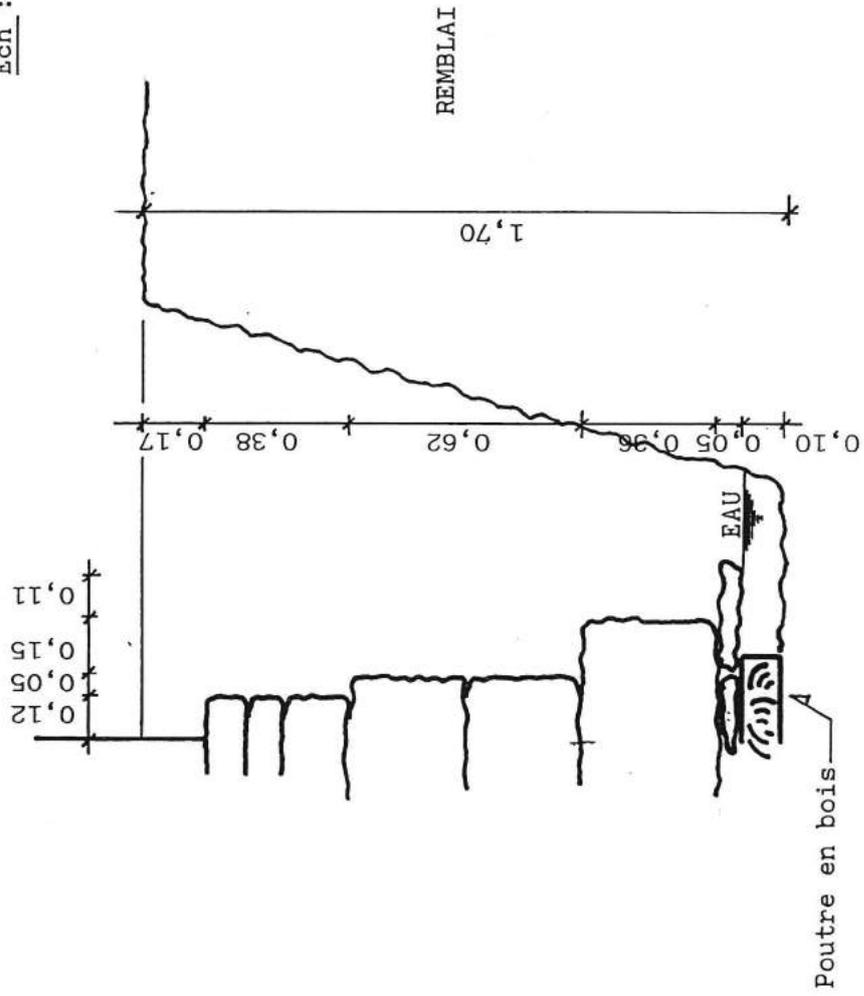
III - RESULTAT DE COMPLEMENT D'ETUDES

Dans le cadre de cette étude complémentaire, nous avons effectué un sondage de reconnaissance de la fondation de la façade principale de l'hôtel de BANVILLE.

On trouvera sur le graphique ci-après, les résultats de cette reconnaissance.

RECONNAISSANCE DE FONDATION

Ech : 1/20



Remarques : Présence d'eau à 1,60 m

Poutre en bois très dégradée

Contrairement aux résultats du sondage effectué par l'entreprise LEFEBVRE en 1993, il s'avère que la fondation ne repose pas à 1,20 m de profondeur, mais vers 1,70 m de profondeur.

Par ailleurs, comme l'indique le croquis de fondation, nous avons mis en évidence sous la fondation en maçonnerie de pierres de taille, une poutre en bois de faible section. Cette poutre était putréfiée et noyée dans des sols vaseux.

Lors de notre intervention, le niveau de la nappe se trouvait à 1,60 m de profondeur.

IV - DESCRIPTION DES DESORDRES

Descriptions des désordres

Nous décrivons ci-après, les principaux désordres observés lors de notre visite du site :

- déversement de la façade avec faux aplombs d'environ 10 à 20 cm entre le haut de la façade et sa base

- tassement du milieu de la façade par rapport aux extrémités. Nous estimons la valeur des tassements à 5 cm environ.

- affaissement de l'escalier en bois permettant la montée aux étages.

Il s'avère que malgré les désordres affectant la façade principale du bâtiment, l'état des maçonneries est généralement bon, et nous n'observons pas de fissures importantes en cours d'évolution ou récemment apparues.

Il n'est donc pas possible de définir si le bâtiment est actuellement en cours d'évolution ou non.

Mode de fondation

Le mode de fondation du bâtiment semble être le suivant :

- réalisation de pieux en bois qui ont dus être fichés jusque dans les sables et graviers compacts

- mise en place d'une paillasse constituée de poutres en bois sur lesquelles la maçonnerie a ensuite été montée. L'état des fondations actuel est correct dans la partie maçonnerie mais insuffisant en ce qui concerne la paillasse en bois, car la poutre que nous avons repérée sous la fondation est en très mauvais état.

L'état de putréfaction de la poutre en bois est due essentiellement à sa présence dans une zone de variation de niveau de la nappe phréatique entre les périodes estivales et hivernales.

En conséquence, la stabilité à long terme de la façade n'est pas assurée.

V - NECESSITE DE CONFORTEMENT ET DESCRIPTIF

Bien que la façade principale ne soit pas affectée de mouvements immédiats ou en cours d'évolution, il nous semble que le mode de fondation actuel de la façade n'est pas satisfaisant vu l'état de dégradation des parties en bois.

En conséquence, nous recommandons de prévoir une reprise en sous-oeuvre de cette façade.

Par ailleurs, comme il n'est pas concevable de reprendre uniquement la façade en raison du risque de tassements différentiels entre celle-ci et les parties non confortées, il conviendra de reprendre la totalité de la partie du bâtiment fondée superficiellement.

On pourra ne pas reprendre la partie arrière du bâtiment comportant un niveau de sous-sol, en assurant une désolidarisation des deux bâtiments.

Par ailleurs, nous préconisons de prévoir des tirants d'ancrage horizontaux au travers de la façade principale dont le rôle sera de l'accrocher aux refends du bâtiment. Ces ancrages seront disposés en haut du rez-de-chaussée et du premier étage. L'étude de ces tirants ne fait pas partie de ce dossier.

Nature de la reprise en sous-oeuvre

Il s'agira d'une reprise en sous-oeuvre réalisée par des micropieux descendus jusque dans les sols sablo-graveleux compacts.

Les micropieux seront réalisés conformément à notre rapport d'étude n° IC.93/065, pour lequel nous avons défini, d'une part, la description des micropieux, et d'autre part, leur capacité portante (voir annexe).

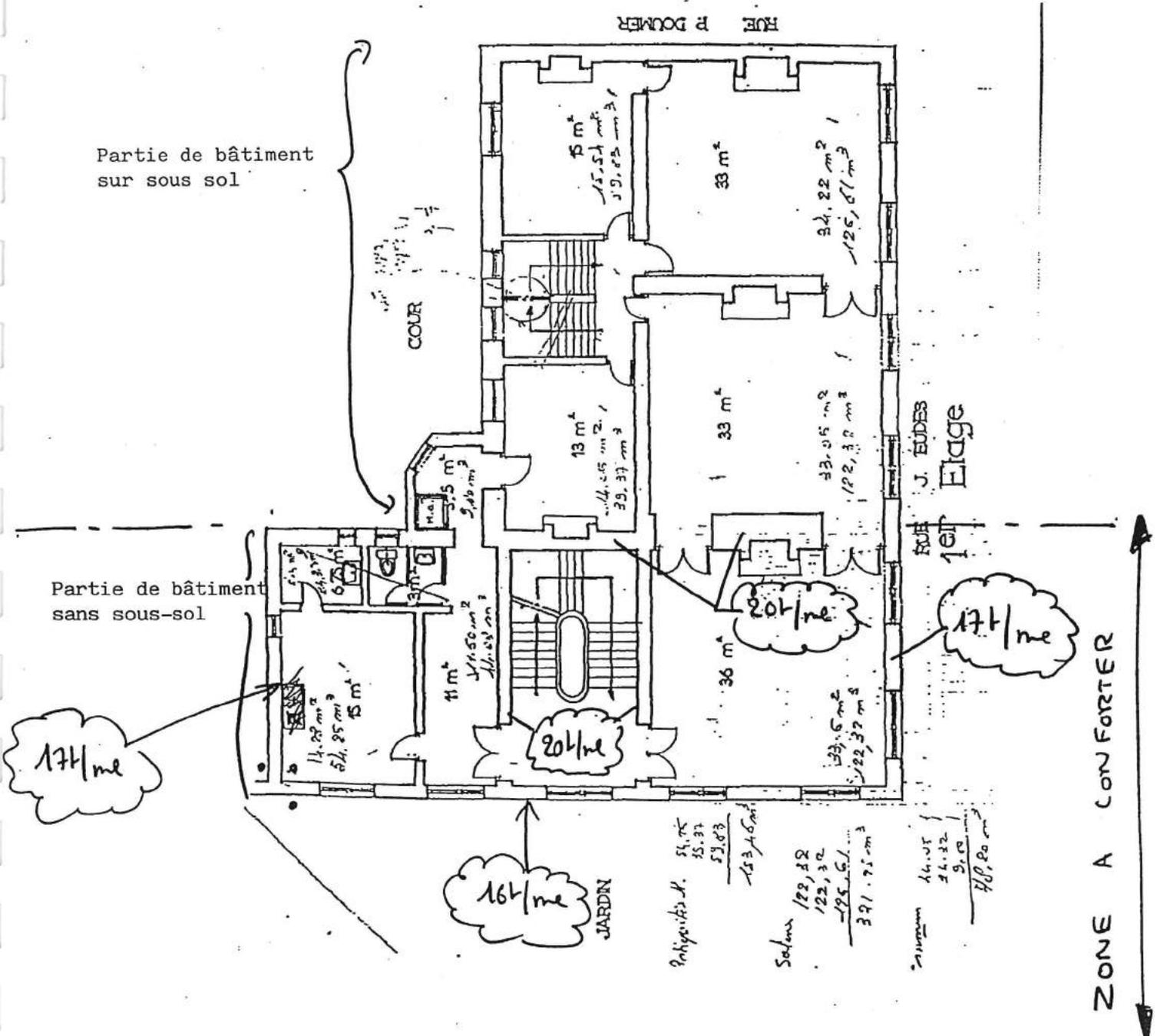
En tête, les micropieux seront liaisonnés à des longrines réalisées de part et d'autre de la maçonnerie. Il n'est pas envisageable de sceller directement les micropieux dans les murs de façade, en raison du risque de forage au travers des pieux bois, qui est une opération difficile, voire même impossible, à l'aide du matériel couramment utilisé.

Il conviendra de réaliser une longrine extérieure et une longrine intérieure, et de prévoir des dispositifs d'ancrage permettant de liaisonner les deux longrines avec la maçonnerie.

VI - ESTIMATION SOMMAIRE DES DESCENTES DE CHARGE SUR LES FONDATIONS

VI - 1) Présentation

Nous avons délimité la zone à reprendre sur le croquis ci-après.



Charges et surcharges à reprendre

Nous considérons les charges et surcharges ci-après :

- mur extérieur :

$$\underbrace{11 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 2 \text{ t/m}^3}_{\text{mur}} + \underbrace{0,80 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ t/m}^3}_{\text{fondation}} = 12 \text{ t/ml}$$

- plancher bois

$$3 \text{ planchers à } 350 \text{ kg/m}^2 = 900 \text{ kg/m}^2$$

- surcharge bureau

$$2 \text{ planchers à } 200 \text{ kg/m}^2 = 400 \text{ kg/m}^2$$

- surcharges combles

$$1 \text{ plancher à } 150 \text{ kg/m}^2 = 150 \text{ kg/m}^2$$

- toiture

$$300 \text{ kg/m}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

soit un total en charge et surcharge surfacique 1.800 kg/m^2 .

Nous en déduisons les surcharges de murs et de refends ci-après :

- murs de façade principale $\approx 16 \text{ t/ml}$

- murs de refend $\approx 20 \text{ t/ml}$

- pignons $\approx 17 \text{ t/ml}$

- murs intermédiaires entre les deux bâtiments = 20 t/ml

Ces descentes de charge sont données en première estimation et permettent de dégrossir la reprise en sous-oeuvre. Elles sont données à environ 10 à 15 % près.

Au stade de la définition du projet, il conviendra de reprendre précisément chacune des descentes de charge en regardant le sens de portée des planchers et les constitutions réelles de ces derniers, et d'affecter une surcharge correspondant à la future utilisation du bâtiment.

VII - NOMBRE DE MICROPIEUX

Micropieux

Nous avons prévu la mise en oeuvre de micropieux de diamètre 12 cm. Pour des raisons pratiques, les micropieux devront être disposés selon la façade tous les 2 à 3 m linéaire, ce qui conduit à une disposition de micropieux conformément au plan joint au dossier, soit un nombre total de 38 micropieux.

Les micropieux ont été disposés de manière arbitraire, et pourront être déplacés au stade du projet de définition en fonction des encombrements réels des machines utilisées et des dégagements qu'il sera possible d'assurer pour l'amenée de la machine de forage.

Compte-tenu de ces éléments, la charge à reprendre étant d'environ 980 tonnes à l'ELS, ceci conduit à une charge par micropieu de 26 tonnes environ.

Pour reprendre 26 tonnes, chaque micropieu devra avoir une longueur minimale de 17 m (voir étude géotechnique ci-jointe).

Longrines

Les longrines seront réalisés en béton armé de part et d'autre de la maçonnerie, et nous donnons ci-après un premier équarrissage. La longrine devra avoir une largeur minimale de 60 cm, compte-tenu de la nécessité d'insérer les micropieux et une hauteur de 50 cm. Le linéaire total de longrine est, pour l'ensemble du projet, environ 120 ml de longrines.

Il sera nécessaire de mettre en place des dispositifs d'ancrage, environ tous les 2 ml de mur, soit un total de 32 dispositif d'ancrage dont la capacité portante de mise en tension devra être de 20 à 30 tonnes.

Nous avons représenté sur le plan ci-joint, le principe de reprise en sous-oeuvre de l'ensemble du bâtiment.

VIII - CAHIER DES CHARGES

Les travaux à réaliser par l'entreprise titulaire de ce marché comprendront :

* la réalisation des micropieux conformément aux DTU 13.2 (micropieux de type III)

Les micropieux seront réalisés à partir du terrain naturel sur la périphérie, sauf à l'interface entre les deux bâtiments où il y aura à traverser un sous-sol. Il conviendra d'assurer le tubage définitif sur la hauteur du sous-sol afin de reporter les charges en-deçà du niveau de ce dernier.

Le diamètre de forage des micropieux sera de 120 mm minimum et on prévoira un tubage provisoire sur la hauteur des alluvions récentes et alluvions anciennes.

L'injection de scellement sera faite à l'aide d'un coulis de ciment constitué d'un mélange d'eau, de ciment avec adjuvant anti-retrait.

L'opération d'injection comprendra deux phases :

- une première phase d'injection gravitaire
- une deuxième phase de réinjection sous pression supérieure à 10 bars par des clapets disposés régulièrement le long des micropieux.

Les micropieux devront être équipés d'armatures pouvant reprendre la charge qui leur sera appliquée, c'est à dire environ 26 tonnes.

Nous préconisons de mettre en oeuvre des armatures tubulaires pour justifier les micropieux au flambement. Il s'agira de tubes de diamètre 88,9/76,3 mm.

En tête, les micropieux seront munis de plaques métalliques de dimension minimale 200 x 200 mm x 30 mm d'épaisseur. Les plaques métalliques seront entièrement noyées dans les longrines en béton armé.

Les longrines en béton armé devront être réalisées à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. Elles seront disposées entre -0,20 m et -0,70 m par rapport au niveau extérieur, ce qui nécessitera une surprofondeur de terrassement à l'intérieur du bâtiment.

Pour limiter les risques de déformation de la maçonnerie, nous préconisons de réaliser les longrines par parties sur des longueurs n'excédant pas 3 à 4 m.

Les dispositifs d'ancrage devront être insérés dans les longrines par l'extérieur, ce qui nécessitera des terrassements plus importants localement. Nous conseillons de mettre en oeuvre des dispositifs d'ancrage constitués d'armature de type Dywidag 25,6 mm protégée contre la corrosion (protection P2) et mise en tension.

On notera qu'une partie des terrassements sont à réaliser côté rue, et il conviendra de s'assurer de la faisabilité en fonction des réseaux pouvant exister sous le trottoir.

IX - QUANTITATIF SOMMAIRE

Exécution de longrines

$$120 \text{ ml} \times 0,60 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$$

Micropieux

$$38 \text{ unités} \times 17 \text{ ml} = 646 \text{ ml}$$

Réalisation des dispositifs d'ancrage

$$\approx 32 \text{ unités (voir plan)}$$

X - ESTIMATION DES TRAVAUX

Nous avons chiffré ci-après, l'estimation des travaux relatifs à l'exécution des micropieux, des longrines et des dispositifs d'ancrage, à l'exclusion de toute autre prestation.

Nous n'avons pas chiffré les travaux de terrassement nécessaires pour poser les longrines et les dispositifs d'ancrage, ainsi que les travaux de réfection des maçonneries et dallage à l'intérieur du bâtiment et à l'extérieur du bâtiment.

L'estimation est donnée à titre indicatif, et en fonction des prix correspondant au marché actuel. Bien entendu, dans l'hypothèse d'une évolution d'un marché dans un contexte concurrentiel ces prix peuvent varier en plus ou en moins de manière significative.

ESTIMATION DES TRAVAUX

| | |
|---|--------------|
| I - Amenée et repli du matériel : | |
| forfaitairement..... | 50.000,00 F |
| II - Mise en place sur chaque emplacement de micropieux : | |
| 38 unités à 1.100,00 F..... | 41.800,00 F |
| III - Réalisation de micropieux : | |
| 646 ml à 950,00 F..... | 613.700,00 F |
| IV - Réalisation de longrines en béton armé : | |
| 30 m3 x 4.000,00 F..... | 120.000,00 F |
| V - Dispositifs d'ancrage : | |
| 32 unités à 3.500,00 F..... | 112.000,00 F |
| | <hr/> |
| TOTAL GENERAL HORS TAXES | 937.500,00 F |

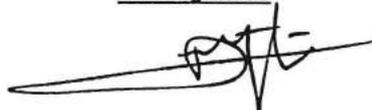
Ces prix s'entendent hors taxes, T.V.A., 18,6 % en sus.

Prestations non chiffrées :

- terrassement
- remise en état

Dressé par l'Ingénieur soussigné

P.BAJART



ANNEXE 1

RAPPORT N° IC.93/065 DU 10 JUIN 1994

FONDASOL

AGENCE DE FONDASOL INTERNATIONAL
S.A.R.L. AU CAPITAL DE 240000 FRANCS



basse normandie

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

SONDAGES MÉCANIQUES
MÉCANIQUE DES SOLS
PRESSIOMÈTRES
PÉNÉTROMÈTRES
LABORATOIRE
GÉOTECHNIQUE ROUTIÈRE
ÉTUDES GÉOPHYSIQUES
RADIO-SONDAGES
ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
ASSISTANCE TECHNIQUE

DIRECTION REGIONALE DES AFFAIRES CULTURELLES
DE LA BASSE-NORMANDIE

ARCHITECTE DES BATIMENTS DE FRANCE
BRUNO DECARIS

HOTEL DE BANVILLE

ETUDE DE SOL ET DE REPRISE EN SOUS-OEUVRE

RAPPORT D'ETUDE

IC.93/065 du 10 Juin 1994

| N° AFFAIRE | | CENTRE | ANNÉE | N° D'ORDRE | PIÈCE N° | |
|------------|---------|------------|-------------|---------------|------------------------------|--------------|
| | | I C | 9 3 | 0 6 5 | 0 0 1 | |
| E | | | | | | |
| D | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | | | | | | |
| A | 10/6/94 | P. BAJART | P. BAJART | 16 | PREMIÈRE DIFFUSION | |
| INDICE | DATE | ÉTABLI PAR | VÉRIFIÉ PAR | Nbre DE PAGES | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS | CONTRÔLÉ PAR |

DIRECTION : 5 bis, rue du Louvre - 75001 PARIS - Tél. 16.1.42.60.21.43 et 16.1.42.60.93.10
Télex 670 230 - Fax 16.1.42.97.52.99

BUREAUX:

14000 CAEN

ARC D'ACTIVITE
DE LA FOLIE COUVRECHEF
24, rue Bailey
Tél. 31.94.20.94
Télex 670 230
Fax 31.47.47.90

BUREAUX:

METZ: Tél. 87.74.96.77 - Fax 87.76.95.10
LILLE: Tél. 20.57.01.44 - Fax 20.54.58.31
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. 56.81.24.67 - Fax 56.44.75.97

LYON: Tél. 72.61.15.29 - Fax 72.61.83.63
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

SOMMAIRE

I - PRESENTATION

II - CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

II - 1) Caractéristiques géologiques du site

II - 2) Caractéristiques géotechniques du site

II - 3) Caractéristiques du projet

III - INTERPRETATION

III - 1) Description des fondations existantes

III - 2) Etude de reprise en sous-oeuvre

III - 3) Dimensionnement des micropieux

IV - CONCLUSION

I - PRESENTATION

La Direction Régionale des Affaires Culturelles de BASSE-NORMANDIE a bien voulu nous confier une étude de sol et de fondations, dans le cadre de la reprise en sous-oeuvre de l'HOTEL de BANVILLE, situé rue Jean Eudes à CAEN.

Les objectifs de cette étude étaient :

- de poser un piézomètre à proximité immédiate du mur du fond de la cour de cet immeuble, de manière à contrôler le niveau de la nappe phréatique

- de réaliser un sondage pressiométrique à côté du bâtiment, de manière à définir les conditions d'exécution de reprise en sous-oeuvre par micropieux.

Les sondages ont été nivelés en prenant comme référence locale la cote 100.00 sur le seuil d'entrée de l'hôtel de BANVILLE.

En conséquence, nous avons réalisé :

- en S1 ; 1 sondage de reconnaissance géologique descendu à 7 m de profondeur, avec pose de piézomètre

- en S2 ; 1 sondage de reconnaissance géologique descendu jusqu'à 20 m de profondeur, avec exécution de 13 essais pressiométriques.

Ce dernier sondage a été équipé également d'un tube piézométrique.

Des échantillons représentatifs des différentes couches traversées ont été prélevés au fur et à mesure de l'avancement, et la résistance du sol en place a été mesurée au moyen d'essais pressiométriques.

On trouvera sur les graphiques ci-joints, la coupe géologique des sondages et les résultats des essais, et, ci-après, leur interprétation pour l'étude géotechnique.

II - CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

Le terrain à étudier se situe en plein centre de la ville de CAEN dans la vallée alluviale de l'ORNE.

Les sols y sont constitués essentiellement d'alluvions récentes sur une épaisseur importante recouvrant les alluvions anciennes sablo-graveleuses, et le substratum calcaire.

Dans son ensemble, le site est pratiquement plat.

Le bâtiment existant présente une fissuration dans sa partie NORD-OUEST.

II - 1) Caractéristiques géologiques du site

Les sondages que nous avons réalisés ont mis en évidence, sous une couverture de remblai, d'épaisseur 1,90 m en S1 et 2,80 m en S2 :

- des alluvions récentes constituées par des limons vaseux de couleur gris vert de faible consistance, avec localement quelques intercalation de niveau de tourbe, jusqu'à une profondeur de 7 m en S1 et 10 m en S2.

Le sondage S1 a été arrêté dans cet horizon.

- des alluvions anciennes constituées de sables avec graviers, de couleur beige à blanc compacts, jusqu'à la profondeur de 13,80 m.

- des calcaires sableux en tête et fracturés en profondeur, jusqu'à 20 m de profondeur.

Lors de notre intervention, nous avons noté une arrivée d'eau à 2,50 m de profondeur en S2. En fin de chantier, le niveau stabilisé se trouvait à 1,10 m de profondeur en S1 et 1,10 m de profondeur également en S2.

Nous avons effectué un nouveau relevé, le 8 Juin 1994, qui a montré le niveau de la nappe aux profondeurs suivantes :

- en S1 à 2,10 m de profondeur
- en S2 à 1,45 m de profondeur

II - 2) Caractéristiques géotechniques du site

Les caractéristiques mécaniques mesurées au moyen d'essais pressiométriques s'avèrent :

- médiocres dans les remblais superficiels, avec des pressions limites allant de 0,25 MPa à 0,30 MPa

- faibles à médiocres dans les alluvions vaseuses, avec des pressions limites allant de 0,15 MPa à 0,36 MPa

- bonnes à excellentes dans les alluvions anciennes sablo-graveleuses, avec des pressions limites allant de 2,13 MPa à 2,63 MPa

- bonnes à excellentes dans les calcaires avec des pressions limites allant de 2,98 MPa à plus de 6 MPa.

II - 3) Caractéristiques du projet

Le projet, dans son stade actuel, n'est pas encore défini de manière précise, mais l'objectif serait de stabiliser le bâtiment dans son état actuel.

III - INTERPRETATION

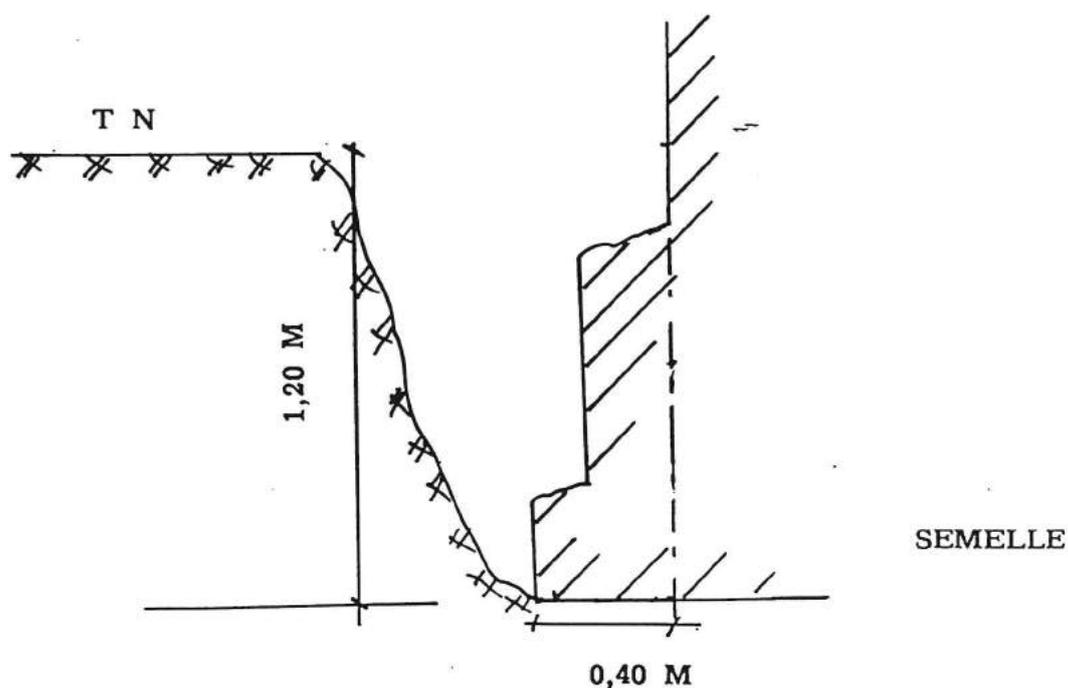
III - 1) Description des fondations existantes

Les fondations existantes sous l'hôtel de BANVILLE sont visibles au travers de 2 sondages manuels qui ont été réalisés par l'entreprise LEFEBVRE.

Seul un sondage est exploitable, le sondage R1, qui a mis en évidence une fondation de type semelle reposant vers 1,20 m de profondeur. Celle-ci présente un débord d'environ 40 cm par rapport au nu extérieur du mur, ce qui conduit à des semelles sous le mur d'environ 1 m à 1,20 m.

Il n'est bien entendu pas exclu que cette semelle repose sur des pieux (pieux en bois) mais, compte-tenu des mouvements observés sur le bâtiment, ceci reste peu probable.

Nous avons représenté ci-après, la description du sondage R1.



SCHEMA DU SONDRAGE R1

Le sondage R2 réalisé de l'autre côté du bâtiment n'est pas exploitable dans la mesure où il n'a pas atteint la base de la fondation.

III - 2) Etude de reprise en sous-oeuvre

Compte-tenu des très faibles caractéristiques des sols mesurées jusqu'à 10 m de profondeur et de la présence de la nappe phréatique, nous n'envisageons pas de reprise en sous-oeuvre à faible profondeur (semelle et mur).

Nous envisageons pour ce projet, la reprise en sous-oeuvre par micropieux, réalisés de part et d'autre du mur porteur du bâtiment.

III - 3) Dimensionnement des micropieux

D'après les DTU 13.2, 4 types de micropieux sont envisageables, mais compte-tenu de la nature des sols, et pour obtenir une qualité suffisante de scellement dans ces derniers, nous préconisons de retenir des micropieux au moins de type III.

Définition des micropieux

Le micropieux est un pieu de petit diamètre, en général de 10 à 20 cm, scellé dans les terrains compacts et consistants.

Généralement, ces micropieux sont équipés d'armature de type tubulaire ou monobarre. Dans le cas présent, nous préconisons la mise en oeuvre d'armatures tubulaires, pour limiter tout risque de flambement dans la couche compressible.

Le scellement est assuré par un coulis à base d'eau et de ciment, injecté en deux phases :

- une première phase où l'on met en oeuvre le coulis de gaine gravitairement

- une deuxième phase où l'on réinjecte le scellement sous pression.

Cette injection est faite en tête du forage, avec une pression supérieure ou égale à 1 MPa. Elle est considérée comme une injection de type IGU, c'est à dire injection globale et unitaire.

Nous rappelons que le coulis de gaine devra être mis en oeuvre avec un tube plongeur descendant jusqu'à la base de l'armature.

Capacité portante des micropieux

La capacité portante d'un micropieu est conditionnée par :

- les caractéristiques géotechniques des sols dont dépend frottement entre micropieux et le terrain
- les caractéristiques de cisaillement du coulis de ciment, dépendant des conditions de mise en oeuvre
- les caractéristiques de l'armature et les DTU fixent les sollicitations à l'ELS égales à la moitié de la limite élastique de l'armature et les sollicitations à l'ELU égales au 3/4 de cette limite élastique. Cette donnée dépend du diamètre du tube mis en oeuvre.

Nous nous intéressons donc ici au dimensionnement des micropieux uniquement à partir des données géotechniques. Les autres critères devront être vérifiés lors de leur conception et réalisation.

La capacité portante d'un micropieu est uniquement donnée par le frottement latéral entre le micropieu et le terrain. Dans le cas de micropieux, le terme de pointe, qui est en général très faible, est négligée, car il est difficile lors du forage de ne garantir aucune retombée de boue en fond de forage.

Pour un micropieu de type III, le frottement s'établit sur une colonne de béton correspondant au diamètre de forage multiplié par 1,2 pour tenir compte de l'augmentation de bulbes sous injection à 1 MPa.

Par ailleurs, les DTU imposent de procéder à un essai de contrôle de portance du micropieu tous les 200 unités.

A défaut d'essais de chargement, il faudra appliquer sur le terme de frottement un coefficient minorateur de 1,5. Dans le calcul que nous avons effectué ci-après, nous avons supposé qu'il serait réalisé un essai de contrôle et donc nous n'avons pas appliqué ce coefficient minorateur de 1,5.

En ce qui concerne la valeur de frottement, nous appliquons les caractéristiques d'un micropieu avec injection faible pression :

$$1 < P < P_1.$$

Dans ces conditions, le frottement latéral unitaire serait :

- de 0 à 10 m ; Q_S limite = 0 compte-tenu de la faible consistance des sols
- de 10 m à 13,80 m ; Q_S limite = 0,15 MPa (courbe C du DTU).
- en 13,80 m et 25 m ; Q_S limite = 0,3 MPa (courbe F du DTU).

Dans ces conditions, nous indiquons ci-après la capacité portante de micropieux de diamètre D par la formule ci-après.

$$Q_L = 1,2 \times \pi \times D \times \sum_i Q_{Si} \times H_i$$

ou : D = diamètre de micropieu

Q_{Si} = Frottement latéral

H_i = Hauteur de la couche i

$$Q_C = 0,7 Q_L$$

| | |
|---------|-----------------------------|
| à l'ELS | $Q_{ELS} = \frac{Q_C}{1,4}$ |
| à l'ELU | $Q_{ELU} = \frac{Q_C}{1,4}$ |

A titre indicatif, un micropieu de diamètre 12 cm et de longueur 20 m aurait une capacité portante de :

$$Q_L = 936 \text{ kN}$$

$$Q_C = 655 \text{ kN}$$

d'où :

$$Q_{ELS} = 470 \text{ kN}$$

$$Q_{ELU} = 670 \text{ kN}$$

Nous restons à la disposition du concepteur pour effectuer tout calcul de micropieux complémentaire, en fonction des descentes de charges qu'il aura à mettre en oeuvre.

Il conviendra, ultérieurement, de vérifier que les micropieux résistent correctement au flambement vis à vis de la charge de compression qui lui sera appliquée.

Conditions d'exécution des micropieux

- Les micropieux devront être nécessairement tubés sur toute la hauteur des limons vaseux et sables et graviers, soit environ 14 à 15 m.

- Le forage devra être réalisé et soigneusement nettoyé avant le bétonnage des micropieux.

- Les opérations de mise en oeuvre de l'armature devront être réalisées conformément au DTU 13.2.

- A l'issu d'exécution des micropieux, en tête, nous préconisons de mettre en oeuvre des longrines qui assureront la liaison entre les micropieux et la maçonnerie.

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.

IV - CONCLUSION

Les sondages que nous avons réalisés ont mis en évidence, sous une couverture de remblai d'épaisseur 1,90 m à 2,80 m :

- des alluvions limoneuses de faible consistance, jusqu'à 10 m de profondeur

- des alluvions anciennes sablo-graveleuses de forte consistance, jusqu'à 13,80 m de profondeur.

- des calcaires compacts et légèrement sableux à fracturés.

Compte-tenu de ces éléments, le meilleur mode de reprise en sous-oeuvre du bâtiment sera de réaliser des micropieux scellés largement dans les graviers et calcaires.

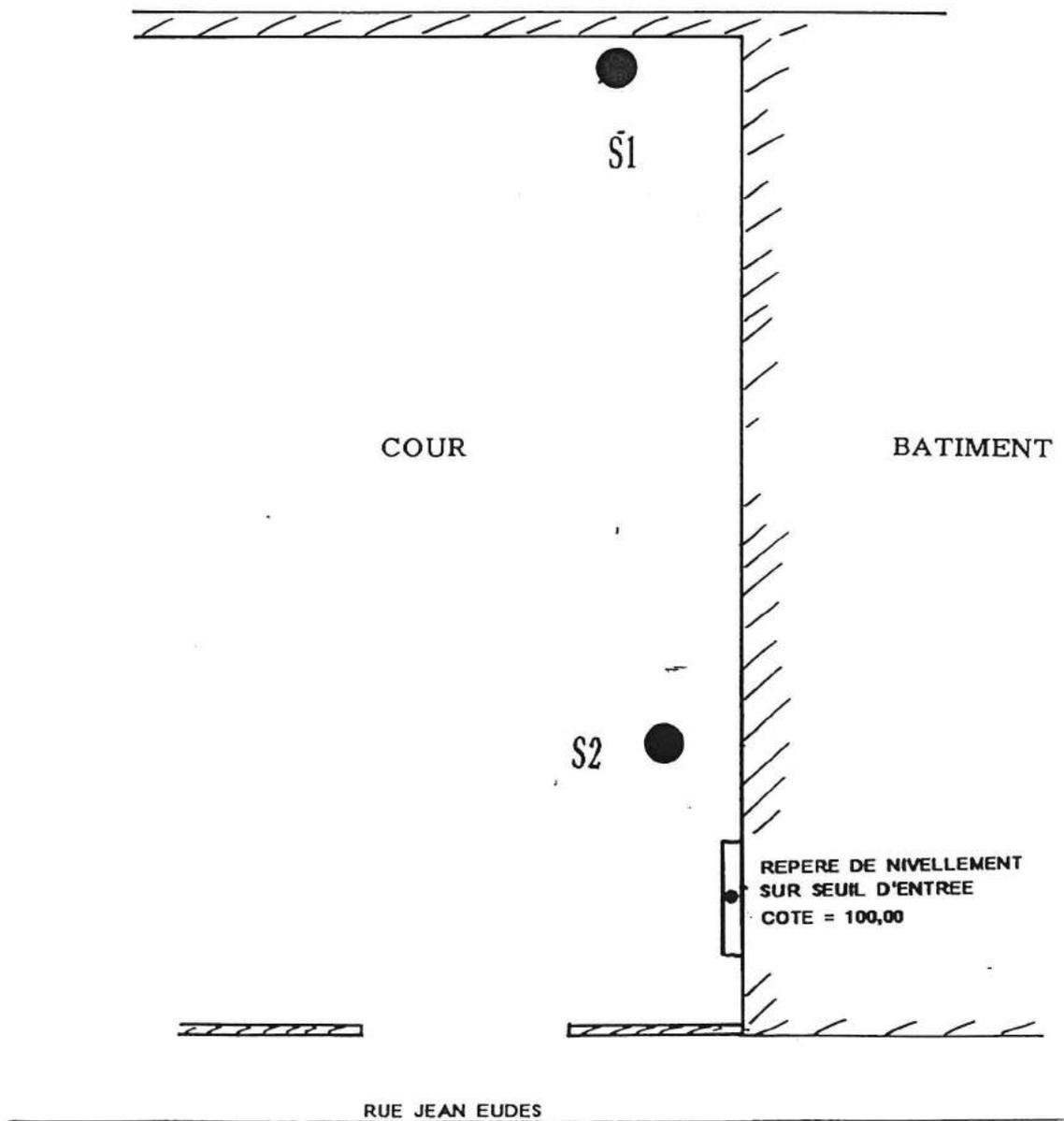
Nous avons détaillé dans notre rapport, la capacité portante des micropieux et le mode opératoire de leur exécution.

Enfin, nous avons indiqué les relevés piézométriques des différents sondages réalisés.

FONDASOL est à la disposition des différents intervenants pour participer à l'élaboration du projet et à la vérification de la bonne adaptation des travaux mis en oeuvre aux conditions de sol.

P.BAJART





PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

HOTEL BANVILLE CAEN

ECHELLE = 1/200

FONDASOL IC.93/065 HOTEL BANVILLE CAEN

Sondage : S1 PIEZO

Date: 1/6/94

Inclinaison°: 0.

Fichier: S1

| COTES | PROFONDEUR | SCHEMA | COUPE LITHOLOGIQUE | EAU | OUTIL | TUBAGE | ECHANTILLONS | PIEZOMETRE | SR | 75 |
|-------|------------|--------|--|-----|-------|--------|--------------|------------|----|----|
| | | | TN 99.92 (cote locale) | | | | | | | |
| 99.92 | 0. | | | | | | | | | |
| 99.52 | 0.40 | TR | Remblai terre, graviers + morceaux de briques | | | | | | | |
| | | TR | Remblai limon verdâtre avec blocs calcaires et morceaux de briques | 1.1 | | | | | | |
| 98.02 | 1.90 | TR | | 3) | | | | | | |
| | | | Limon vaseux brun vert | | | | | | | |
| 96.82 | 3.10 | | | | | | | | | |
| | | | Limon vaseux gris vert | | | | | | | |
| 95.62 | 4.30 | | | | | | | | | |
| | | | Limon gris vert avec intercalation de niveaux tourbeux | | | | | | | |
| 94.92 | 5.00 | | | | | | | | | |
| | | | Limon gris vert + sableux | | | | | | | |
| 93.72 | 6.20 | | | | | | | | | |
| | | | Limon gris noir tourbeux | | | | | | | |
| 92.92 | 7.00 | | | | | | | | | |
| | | | 3) Niveau d'eau en fin de chantier | | | | | | | |

FONDASOL IC.93/065

HOTEL BANVILLE CAEN

Sondage : S2 PIEZO

Date: 31/5/94

Inclinaison: 0.

Fichier: 82

