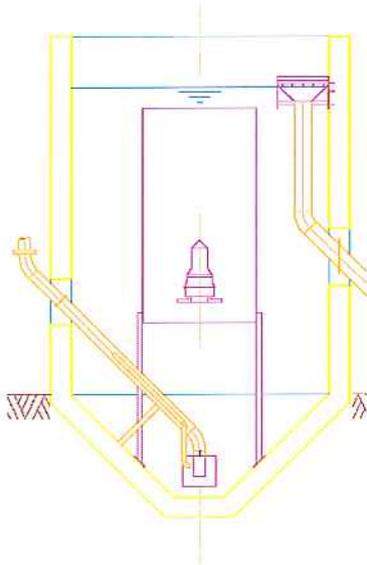


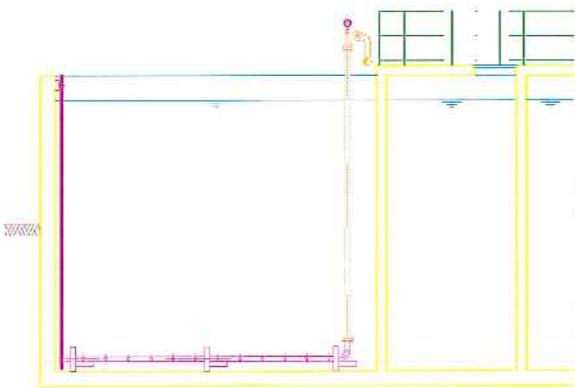
VII. DESCRIPTIF DES OUVRAGES

Dégraisseur - dessableur combiné :



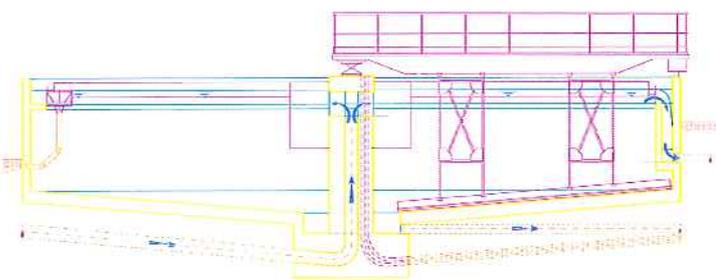
Paramètres	Unité	Valeur
Diamètre	m	4
Hauteur liquide	m	5

Bassin d'aération :

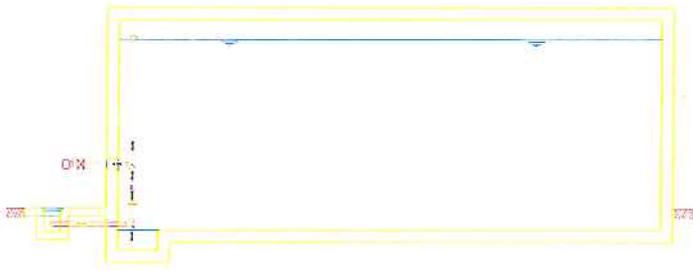


Paramètres	Unité	Valeur
Diamètre	m	14,5
Hauteur liquide	m	6

Clarificateur :

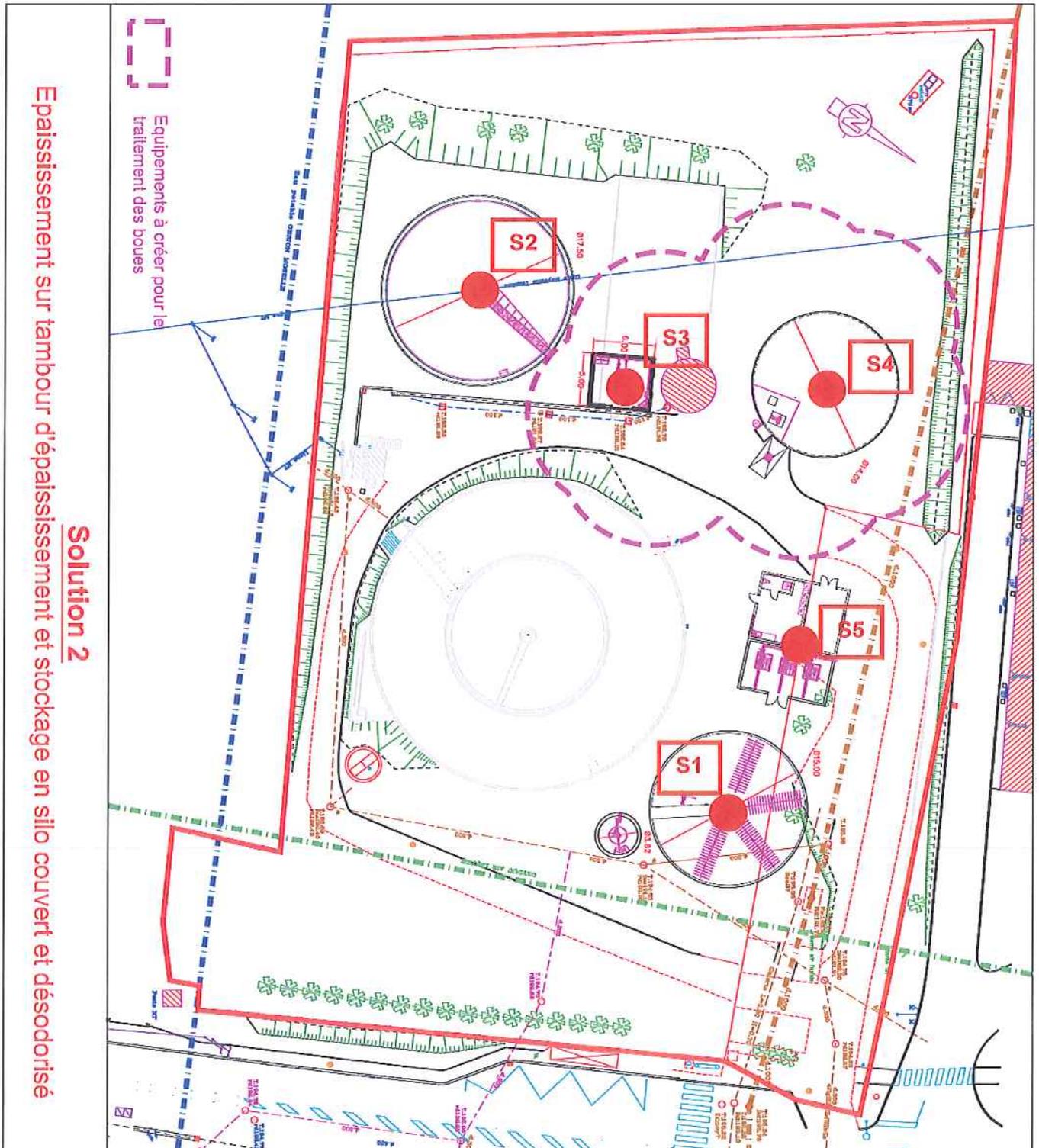


Paramètres	Unité	Valeur
Diamètre	m	17,5
Hauteur liquide	m	3,5

Silo de stockage des boues :

Paramètres	Unité	Valeur
Diamètre	m	14
Hauteur liquide	m	5

VIII. IMPLANTATION DES SONDAGES ●





Sondages et essais - Etudes de sol
Ingénierie - Instrumentation
Laboratoire - Expertises

ZAC Euromoselle
3, rue du Grand Pré - FEVES
BP 50135
F-57281 MAIZIERES-LES-METZ Cédex
Tél. : 33 (0)3 87 51 23 23
Fax : 33 (0)3 87 51 23 24
www.competence-geotechnique.fr

Diffusion :

2 exemplaires dont 1 reproductible à la MAIRIE de BOUXIERES-AUX-DAMES
1 exemplaire à IRH INGENIEUR CONSEIL, Monsieur POLISSE

MAIRIE

BOUXIERES-AUX-DAMES
(Meurthe-et-Moselle)

Rénovation de la Station de traitement des eaux usées

Sondages et essais de sol

RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE

<i>N° Affaire :</i>	<i>Année</i>		<i>N° Ordre</i>	Fèves, le 13 janvier 2011
	M	10	650	
G. CAUDRELIER	F. FILIPE	47	Première diffusion	
<i>Nom</i>	<i>Nom</i>			
<i>Etabli par</i>	<i>Vérifié par</i>	<i>Nombre de feuilles</i>	<i>Modifications - Observations</i>	

SOMMAIRE

I - MISSION	4
II - PROJET	5
III - ETUDE GEOTECHNIQUE	5
3.1 METHODE DE TRAVAIL	5
3.2 RESULTATS ET INTERPRETATION	6
3.2.1 LE SITE.....	6
3.2.2 NATURE DU SOL	6
3.2.3 L'EAU DANS LE SOL.....	9
3.2.4 CARACTERISTIQUES MECANQUES.....	10
IV - FONDATIONS DES DIFFERENTS OUVRAGES DE LA STATION D'EPURATION	11
NOTA CONCERNANT LA PRESENCE DE TOURBE	11
4.1 FONDATION DU LOCAL D'EPASSISSEMENT DES BOUES (SONDAGE CG3)	13
4.1.1 FONDATION PAR RADIER	13
4.1.1.1 NIVEAU D'ASSISE.....	13
4.1.1.2 JUSTIFICATION VIS-A-VIS DU POINCONNEMENT.....	13
4.1.1.3 TASSEMENT PREVISIBLE	14
4.1.1.4 PRECAUTIONS DE MISE EN ŒUVRE	15
4.1.1.5 PROTECTION.....	16
4.1.1.6 COEFFICIENT DE REACTION VERTICAL DU SOL kv.....	16
4.2 FONDATION DU SILO A BOUES (SONDAGE CG4)	17
4.2.1 FONDATION PAR RADIER	17
4.2.1.1 NIVEAU D'ASSISE.....	17
4.2.1.2 JUSTIFICATION VIS-A-VIS DU POINCONNEMENT.....	17
4.2.1.3 TASSEMENT PREVISIBLE	18
4.2.1.4 PRECAUTIONS DE MISE EN ŒUVRE	19
4.2.1.5 PROTECTION.....	20
4.2.1.6 COEFFICIENT DE REACTION VERTICAL DU SOL kv.....	20

4.3 FONDATION DES OUVRAGES LOURDS (CLARIFICATEUR, BASSINS D’AERATION, LOCAL TECHNIQUE), DU LOCAL D’EPAISSEMENT DES BOUES ET DES SILOS DE STOCKAGE DES BOUES PAR FONDATIONS PROFONDES.....	21
4.3.1 RADIER SUR COLONNES BALLASTEES INJECTEES OU DE BETON PRET A L’EMPLOI : PREDIMENSIONNEMENT.....	21
4.3.1.1 CARACTERISTIQUES DES COLONNES.....	21
4.3.1.2 LONGUEUR DES FICHES.....	21
4.3.1.3 HYPOTHESES DE CALCUL.....	22
4.3.1.4 DONNEES POUR LES JUSTIFICATIONS DES COLONNES BALLASTEES SOUS CHARGE VERTICALE.....	23
4.3.1.5 VERIFICATION DE LA CHARGE.....	23
4.3.1.6 MAILLE.....	23
4.3.1.7 PRECAUTIONS DE MISE EN OEUVRE.....	24
4.3.1.8 SEMELLES ET/OU MASSIFS RIGIDIFIES.....	24
4.3.2 RADIER SUR COLONNES A MODULES MIXTES.....	25
4.3.2.1 CARACTERISTIQUES DES COLONNES.....	25
4.3.2.1 LONGUEUR DES INCLUSIONS RIGIDES.....	25
4.3.2.3 VERIFICATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE DANS LA PARTIE INFERIEURE DES COLONNES A MODULE MIXTE.....	26
4.3.2.4 DONNEES POUR LES JUSTIFICATIONS DES INCLUSIONS RIGIDES SOUS CHARGE VERTICALE.....	27
4.3.2.5 VERIFICATION DE LA CHARGE INTRINSEQUE.....	28
4.3.2.6 VERIFICATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE DANS LA PARTIE SUPERIEURE DES COLONNES A MODULE MIXTE.....	28
4.3.2.7 PORTANCE.....	28
4.3.2.8 CALCUL DES TASSEMENTS.....	30
V – LE PROBLEME DE L’EAU DANS LE SOL.....	31
VI – TERRASSEMENTS.....	32
CONCLUSIONS.....	33

I - MISSION

A la demande de IRH INGENIEUR CONSEIL et pour le compte de la MAIRIE de BOUXIERES-AUX-DAMES, notre société a réalisé 5 sondages de reconnaissance avec essais de sol au pressiomètre, à l'emplacement envisagé pour la construction de nouveaux ouvrages sur le site de la station de traitement des eaux usées de BOUXIERES-AUX-DAMES (54).

Notre mission consistait en une étude de faisabilité géotechnique d'avant-projet du type G12, de la norme NF P 94-500 de décembre 2006 :

Union Syndicale Géotechnique

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Décembre 2006)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.

Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ETAPE 1 - ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

L'unique document remis à notre société pour remplir sa mission a été un plan de masse du projet avec le positionnement des points de sondage.

II - PROJET

Le projet consiste en la rénovation de la station de traitement des eaux usées avec la construction de :

- 1 local d'épaississement des boues,
- 1 silo de stockage des boues,
- 1 local technique,
- 1 bassin d'aération,
- 1 clarificateur.

Les niveaux bas des ouvrages ne nous ont pas été communiqués.

III - ETUDE GEOTECHNIQUE

3.1 METHODE DE TRAVAIL

Le Maître d'Ouvrage nous a demandé de réaliser 5 sondages de reconnaissance descendus aux profondeurs suivantes par rapport à la surface topographique du terrain au moment du chantier :

CG N°	Prof. (m)
1	12
2	10
3	10
4	12
5	10

Notés CG, leur implantation est reportée sur le plan annexé.

Les sondages ont été forés en Ø 63 mm à la tarière mécanique hélicoïdale continue et au tube carottier battu en Ø 63 mm et terminés au taillant à l'air en Ø 64 mm.

Des échantillons remaniés représentatifs des différentes couches traversées ont été prélevés au fur et à mesure de l'avancement pour leur identification géologique ; leur résistance a été mesurée au moyen d'essais au **pressiomètre (Norme NF P 94-110)**.

Faute de référence topographique, les têtes de sondages ont été nivelées par nos soins en prenant comme référence une plaque située sur la partie haute de la parcelle (altitude locale de + 100). Ce point référence est reporté sur le plan annexé.

Ces altitudes locales sont inscrites sur les feuilles de sondages annexées.

La coupe géologique de chacun des sondages et les résultats des essais sont joints sur les feuilles placées en annexe.

3.2 RESULTATS ET INTERPRETATION

3.2.1 LE SITE

La situation du terrain étudié est indiquée sur l'extrait de la carte IGN à 1/25000, placé au verso du plan d'implantation des sondages.

Le site est localisé en contrebas de la rue Raymond Poincaré. Il est en légère pente vers l'Ouest.

Le terrain se situe en zone d'aléa faible à moyen de la cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles de la commune (voir carte jointe en annexe).

La commune de BOUXIERES-AUX-DAMES est couverte par le Plan de Surface Submersibles (PSS) de la vallée de la Meurthe de septembre 1956.

3.2.2 NATURE DU SOL

D'après les renseignements en notre possession, notamment la carte géologique de NANCY à 1/50000, les couches que l'on devait normalement rencontrer dans le secteur sont, de haut en bas :

- d'éventuels remblais d'occupation antérieure,
- des alluvions de la Moselle,
- le substratum composé par des **marnes**.

Les 5 sondages de reconnaissance ont permis de distinguer les formations ci-après, de haut en bas :

■ Couche 1 :

- des **remblais** composés par des **sables de crasse** gris-noir, des **argiles** brune à brun-kaki parfois à **graviers siliceux** et blocailles calcaires, des **sables** grisâtre à fragments divers (graviers, fragments noir, etc), des **argiles** légèrement **vasardes et sableuses** kaki-verdâtre à **morceaux de verre noir et fragments de calcaire** et de bois, sur les épaisseurs suivantes :

CG N°	Ep. (m)
1	3,2
2	4,0
3	3,5
4	1,5
5	1,2

■ Couche 2 :

- des **Alluvions Récentes molles** composées par des **argiles +/- sableuses** grise, kaki et brun-jaune à traces de **végétaux et passages à graviers et fragments calcaires**, des **argiles silteuses** parfois légèrement sableuses kaki parfois à **quelques graviers**, des **argiles à sables argileux** brun, brun-jaune à **graviers** ainsi que des **argiles vasardes à tourbeuses à tourbes argileuses** gris-noir en partie inférieur, jusqu'aux profondeurs suivantes :

CG N°	Prof. (m)
1	7,4
2	8,5
3	8,5
4	8,5
5	7,2

Des essais de laboratoire ont été réalisés sur les échantillons prélevés dans les lentilles tourbeuses. Les résultats de ces essais sont donnés ci-après :

Sondage N°	Echantillon	Wn (%)
CG1	1	145,9
	2	146,4
CG5	1	107,9

Notes : Wn : teneur en eau naturelle

De plus, une détermination de la teneur en Matière organique a été réalisé sur l'échantillon 2 du sondage CG1 et a donné la valeur de :

% MO : 8,6 %

% MO : Teneur en Matière Organique.

■ **Couche 3** :

- des **Alluvions Anciennes denses** composées par des **sables** grisâtre à gris foncé à **graviers**, jusqu'à la profondeur de 7,8 mètres et uniquement en CG1 et CG5.

■ **Couche 4** :

- des **marnes altérées** grises parfois **sableuses** en tête.

■ **Couche 5** :

- des **marnes schistoïdes** composées par des **marnes** grises à partir de 9,5 mètres en CG1.

3.2.3 L'EAU DANS LE SOL

Des arrivées d'eau ont été reconnues en cours de perforation à la profondeur de 4,3 mètres en CG2 et 3 mètres en CG4.

Des niveaux d'eau ont été relevés dans les piézomètres laissés en place dans les sondages CG1 et CG2 aux profondeurs suivantes, le 9 janvier 2011 :

CG n°	Prof. (m)
1	6,25
2	4,75

Il s'agit vraisemblablement de circulations d'eau en relation avec la nappe de la Meurthe circulant de l'autre côté de l'autoroute A31.

3.2.4 CARACTERISTIQUES MECANQUES

Les caractéristiques mécaniques mesurées au moyen d'essais au pressiomètre (Norme NF P 94-110) s'avèrent :

■ Couche 1 :

- **Faibles à bonnes** dans les *remblais* avec un module pressiométrique (E_m) compris entre 3,1 et 24 MPa, et une pression limite effective (PI^*) comprise entre 0,30 et 1,08 MPa.

■ Couche 2 :

- **Faibles à moyennes** dans les *Alluvions Récentes molles* avec un module pressiométrique (E_m) compris entre 3,2 et 14,4 MPa, et une pression limite effective (PI^*) comprise entre 3,32 et 1,29 MPa.

■ Couche 4 :

- **Bonnes à très bonnes** dans les *marnes altérées* avec un module pressiométrique (E_m) compris entre 15,1 et 42,8 MPa, et une pression limite effective (PI^*) comprise entre 0,43 et 3,16 MPa.

■ Couche 5 :

- **Excellentes** dans les *marnes schistoïdes* avec un module pressiométrique (E_m) de + de 5,0 MPa, et une pression limite effective (PI^*) de + de 5,86 MPa.

IV - FONDATIONS DES DIFFERENTS OUVRAGES DE LA STATION D'EPURATION

De l'analyse des résultats des sondages et des essais présentés plus haut, il ressort principalement la présence d'une couche de remblais hétérogènes (couche 1) surmontant directement des Alluvions Récentes molles (couche 2) contenant des **lentilles de tourbe éparses** puis des Alluvions Anciennes denses (couche 3).

Plus profond, les sondages font apparaître le substratum de marnes altérées (couche 4) puis schistoïdes (couche 5).

NOTA CONCERNANT LA PRESENCE DE TOURBE

Le terrain étudié comporte des couches de Tourbe.

Ce matériau constitue un sol particulièrement dangereux sur lequel il convient d'attirer l'attention des projeteurs.

Les Tourbes sont un produit encore incomplet de la décomposition de végétaux croissants en terrain marécageux : roseaux, nénuphars, mousses ...

Elles se présentent sous forme d'un feutrage de débris végétaux inclus dans une matière brune pulvérulente : l'humus.

Elles constituent une masse vivante éminemment compressible, susceptible même de tasser sous son propre poids, sans aucune intervention extérieure.

Elles sont impropres à toute construction d'ouvrage, sauf dispositions très spéciales.

Dans ces conditions, il est possible d'envisager les systèmes de fondations suivants, au choix :

a) Fondation du local d'épaississement des boues (sondage CG3) :

- **RADIER** général assis dans les remblais (couche 1),
- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées** ou de **Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4),
- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4).

b) Fondation du silo à boues (sondage CG4) :

- **RADIER** général assis sur le toit des Alluvions Récentes molles (couche 2),
- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4),
- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4).

La solution radier général assis dans les remblais (couche 1) ou les Alluvions Récentes molles (couche 2) pour ces 2 ouvrages nécessitera la réalisation de sondages de reconnaissance complémentaires afin de vérifier l'absence de couches tourbeuses sous ces ouvrages.

c) Fondation du clarificateur, du bassin d'aération et du local technique (sondages CGI, CG2 et CG5) :

- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4),
- **RADIER** assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4).
- Un système de fondation de type **MICROPIEUX** ou **PIEUX** est envisageable mais nécessitera la réalisation de sondages plus profonds.

4.1 FONDATION DU LOCAL D'ÉPAISSISSEMENT DES BOUES **(Sondage CG3)**

4.1.1 FONDATION PAR RADIER

4.1.1.1 NIVEAU D'ASSISE

Le radier sera assis dans les remblais (couche 1), à la profondeur minimale de 1 mètre, par l'intermédiaire d'un massif de substitution compacté pour le rendre incompressible ou en gros béton coulé pleine fouille.

En conséquence, la profondeur minimale d'assise sera de 1 mètre par rapport à la surface topographique actuelle.

4.1.1.2 JUSTIFICATION VIS-A-VIS DU POINCONNEMENT

En utilisant les règles du D.T.U. 13-12 "fondations superficielles" (voir méthode de calcul n°1 annexée), le taux de travail admissible des remblais (couche 1) aux Etats Limites de Service "q_{ELS}" est avec :

$$\begin{aligned} p_l^* &= 0,35 \text{ MPa (valeur la plus faible dans les remblais (couche 1))} \\ q_0 &= 0 \text{ MPa} \\ K &= 0,8 \end{aligned}$$

d'où

$$q_{ELS} = 0,1 \text{ MPa}$$

Compte tenu de l'importance de la construction, la pression moyenne "p" exercée sur le sol par la fondation sous E.L.S. est estimée en première approche à :

$$p_{ELS} = 0,05 \text{ MPa (à vérifier par le B.E.T.)}$$

La comparaison entre "p_{ELS}" et "q_{ELS}" montre que la stabilité est assurée.

Il appartient au B.E.T. et/ou aux concepteurs, de vérifier si la condition $q_{ELS} \geq p_{ELS}$ est vérifiée, sachant que p_{ELS} est la pression moyenne exercée sur le sol par la fondation.

Note : 0,1 MPa = 1 bar = 1 daN/cm² = 100 kPa = 10 T/m² = 100 kN/m²

4.1.1.3 TASSEMENT PREVISIBLE

Les tassements totaux W ont été calculés par la méthode pressiométrique L. MENARD exposée dans le D.T.U. 13.12. (voir note de calcul et méthode de calcul n° 2 annexées) en considérant un radier de dimensions 5 x 6 mètres sous différentes contraintes de service p_{ELS} .

Ils sont regroupés dans le tableau ci-après au droit du sondage CG3 :

P_{ELS} (kPa)	W (cm)
30	0,7
40	0,9
50	1,1
60	1,3
70	1,6

Ces tassements sont a priori admissibles pour les futurs ouvrages ; ils seront soumis à l'appréciation du Bureau d'Etudes de Génie Civil qui rigidifiera le radier en conséquence.

4.1.1.4 PRECAUTIONS DE MISE EN ŒUVRE

Le radier sera mis sur les terrassements en respectant les modalités de réalisation suivantes :

1. **Purge et substitution du premier mètre de remblais (couche 1)**, et des sols détériorés par les engins de terrassement, ou par les eaux de pluie, et des anciennes maçonneries enterrées.
2. Réalisation d'un **cloutage** par incorporation par compactage, et jusqu'au refus, d'éléments durs et inertes 50/200 mm, c'est la meilleure solution pour obtenir l'effet de "couche enclume".
3. Compactage à au moins 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.) du massif de substitution, en matériaux grossiers et propres, d'apports locaux.
4. Mise en place d'une couche de forme de **50 cm d'épaisseur minimale** en grave non traitée compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.) ou en matériaux d'apports locaux.
5. Contrôle de la couche de forme, à l'aide d'**essais de plaque**. La valeur minimale du coefficient de réaction K (Westergaard) devra être de 50 MPa/m, soit 5 bar/cm, du module EV2 de 60 MPa avec un rapport $EV2/EV1 \leq 2,5$. Ces essais à la plaque devront être réalisés par notre société *Compétence Géotechnique*, sachant que dans le cas contraire, notre société ne peut être engagée sur une quelconque responsabilité vis-à-vis de la bonne portance de ces remblais de reconstitution de sol.

4.1.1.5 PROTECTION

- contre le gel

Afin d'assurer la protection contre le gel, le radier général sera bordé si nécessaire par une bêche périphérique encastree d'au moins 0,8 m sous le niveau fini extérieur.

- contre l'eau

Prévoir un drainage périphérique eu égard à la nature argileuse des sols reconnus, qui collectera les eaux d'infiltration et les évacuera vers un exutoire existant ou à construire.

4.1.1.6 COEFFICIENT DE REACTION VERTICAL DU SOL k_v

Il s'exprime par la formule générale : $k_v = \sigma \text{ sol} / \text{Tassement total à long terme } W$

avec : W = tassement en mètre = $1,1 \cdot 10^{-2}$ mètres en CG3

k_v = coefficient de réaction vertical du sol en kN/m^3

$\sigma \text{ sol}$ = contrainte effective moyenne appliquée en $\text{kN/m}^2 = 50 \text{ kN/m}^2$

D'où :

$$k_v = 4545 \text{ kN/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^3 = 10^{-3} \text{ MN/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^3 = 10^{-3} \text{ MPa/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$$

4.2 FONDATION DU SILO A BOUES (Sondage CG4)

4.2.1 FONDATION PAR RADIER

4.2.1.1 NIVEAU D'ASSISE

Le radier sera assis sur le toit des Alluvions Récentes molles (couche 2), à la profondeur minimale de 1 mètre, par l'intermédiaire d'un massif de substitution compacté pour le rendre incompressible ou en gros béton coulé pleine fouille.

En conséquence, la profondeur minimale d'assise sera de 1,5 mètre par rapport à la surface topographique actuelle.

4.2.1.2 JUSTIFICATION VIS-A-VIS DU POINCONNEMENT

En utilisant les règles du D.T.U. 13-12 "fondations superficielles" (voir méthode de calcul n°1 annexée), le taux de travail admissible des Alluvions Récentes molles (couche 2) aux Etats Limites de Service " q_{ELS} " est avec :

$$\begin{aligned} p_l^* &= (0,53 \times 0,31 \times 0,42)^{1/2} = 0,41 \text{ MPa en CG4} \\ q_0 &= 0 \text{ MPa} \\ K &= 0,8 \end{aligned}$$

d'où

$$q_{ELS} = 0,1 \text{ MPa}$$

Compte tenu de l'importance de la construction, la pression moyenne " p " exercée sur le sol par la fondation sous E.L.S. est estimée en première approche à :

$$p_{ELS} = 0,08 \text{ MPa (à vérifier par le B.E.T.)}$$

La comparaison entre " p_{ELS} " et " q_{ELS} " montre que la stabilité est assurée.

Il appartient au B.E.T. et/ou aux concepteurs, de vérifier si la condition $q_{ELS} \geq p_{ELS}$ est vérifiée, sachant que p_{ELS} est la pression moyenne exercée sur le sol par la fondation.

Note : $0,1 \text{ MPa} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2 = 100 \text{ kPa} = 10 \text{ T/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2$

4.2.1.3 TASSEMENT PREVISIBLE

Les tassements totaux W ont été calculés par la méthode pressiométrique L. MENARD exposée dans le D.T.U. 13.12. (voir note de calcul et méthode de calcul n° 2 annexées) en considérant un radier de dimensions 12,5 x 12,5 mètres sous différentes contraintes de service P_{ELS} .

Ils sont regroupés dans le tableau ci-après au droit du sondage CG4 :

P_{ELS} (kPa)	W (cm)
80	2,5
90	2,8
100	3,2

Ces tassements sont a priori admissibles pour les futurs ouvrages ; ils seront soumis à l'appréciation du Bureau d'Etudes de Génie Civil qui rigidifiera le radier en conséquence.

4.2.1.4 PRECAUTIONS DE MISE EN ŒUVRE

Le radier sera mis sur les terrassements en respectant les modalités de réalisation suivantes :

1. **Purge et substitution de la totalité de remblais (couche 1)**, et des sols détériorés par les engins de terrassement, ou par les eaux de pluie, et des anciennes maçonneries enterrées.
2. Réalisation d'un **cloutage** par incorporation par compactage, et jusqu'au refus, d'éléments durs et inertes 50/200 mm, c'est la meilleure solution pour obtenir l'effet de "couche enclume".
3. Compactage à au moins 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.) du massif de substitution, en matériaux grossiers et propres, d'apports locaux.
4. Mise en place d'une couche de forme de **50 cm d'épaisseur minimale** en grave non traitée compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (O.P.M.) ou en matériaux d'apports locaux.
5. Contrôle de la couche de forme, à l'aide d'**essais de plaque**. La valeur minimale du coefficient de réaction K (Westergaard) devra être de 50 MPa/m, soit 5 bar/cm, du module EV2 de 60 MPa avec un rapport $EV2/EV1 \leq 2,5$. Ces essais à la plaque devront être réalisés par notre société *Compétence Géotechnique*, sachant que dans le cas contraire, notre société ne peut être engagée sur une quelconque responsabilité vis-à-vis de la bonne portance de ces remblais de reconstitution de sol.

4.2.1.5 PROTECTION

- contre le gel

Afin d'assurer la protection contre le gel, le radier général sera bordé si nécessaire par une bêche périphérique encadrée d'au moins 0,8 m sous le niveau fini extérieur.

- contre l'eau

Prévoir un drainage périphérique eu égard à la nature argileuse des sols reconnus, qui collectera les eaux d'infiltration et les évacuera vers un exutoire existant ou à construire.

4.2.1.6 COEFFICIENT DE REACTION VERTICAL DU SOL k_v

Il s'exprime par la formule générale : $k_v = \sigma \text{ sol} / \text{Tassement total à long terme } W$

avec : W = tassement en mètre = $2,5 \cdot 10^{-2}$ mètres en CG4

k_v = coefficient de réaction vertical du sol en kN/m^3

$\sigma \text{ sol}$ = contrainte effective moyenne appliquée en $\text{kN/m}^2 = 80 \text{ kN/m}^2$

D'où :

$$k_v = 3\,200 \text{ kN/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^3 = 10^{-3} \text{ MN/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^3 = 10^{-3} \text{ MPa/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$$

4.3 FONDATION DES OUVRAGES LOURDS (CLARIFICATEUR, BASSINS D'AERATION, LOCAL TECHNIQUE), DU LOCAL D'ÉPAISSEMENT DES BOUES ET DU SILO DE STOCKAGE DES BOUES PAR FONDATIONS PROFONDES

4.3.1 RADIER SUR COLONNES BALLASTEES INJECTEES OU DE BETON PRET A L'EMPLOI : PREDIMENSIONNEMENT

4.3.1.1 CARACTERISTIQUES DES COLONNES

Il pourra s'agir de :

- Colonnes Ballastées Injectées d'agrégats, et/ou ciment moulées dans le sol (C.B.I.)
ou
- Colonnes Ballastées de Béton Prêt à l'Emploi moulées dans le sol (C.B.P.E.)
- Diamètre minimum : 0,6 m en fût courant

4.3.1.2 LONGUEUR DES FICHES

Les colonnes seront foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit les fiches minimales approximatives suivantes :

Sondage CG n°	Fiche (m)
1	8,5
2	9,0
3	9,5
4	9,0
5	8,5

⇒ Note :

L'épaisseur des remblais (couche 1) et des Alluvions Récentes molles (couche 2) et Anciennes denses (couche 3) pouvant varier sensiblement entre les sondages, seul le critère de refus dans les marnes altérées (couche 4) devra être retenu. A cet effet, nous conseillons de commencer les fouilles des fondations au droit des sondages, afin de s'étalonner.

4.3.1.3 HYPOTHESES DE CALCUL

■ Méthode de calcul :

Le calcul des charges applicables sur les colonnes ballastées a été réalisé à l'aide des règles du cahier des charges particulières approuvé par Véritas et de la méthodologie du Fascicule n° 62 - Titre V, édité par le Ministère Français de l'Équipement, du Logement et des Transports.

■ Diamètre équivalent

Le diamètre pris dans les calculs est celui d'une colonne de 600 mm de diamètre.

■ Frottement latéral unitaire limite (sans coefficient de sécurité)

Aucun frottement positif sur le fût ne sera pris en compte eu égard au frottement négatif développé surtout dans les Alluvions Récentes molles (couche 2) contenant des lentilles de tourbe.

■ Effort de pointe limite (sans coefficient de sécurité) :

$$\begin{aligned} q_{pu} &= k_p \cdot pl^* \\ \text{Section} &= 0,282 \text{ m}^2 \\ k_p &= 2,6 \text{ dans les marnes altérées (couche 4)} \end{aligned}$$

La pression limite moyenne s'obtient par la formule suivante :

$$Pl^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} Pl(z) \cdot dz \quad \text{avec : } a = b/2 \text{ ou } 0,5 \text{ si } b < 1,0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,5 \text{ m} \\ h &= 0 \text{ à } 0,5 \text{ m} \\ b &= \min(a, h) = 0 \text{ à } 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

D'où :

Sondage	D (m)	h (m)	b (m)	D - b (m)	D + 3a (m)	Pl* (MPa)	k _p
1	8,5	0,5	0,5	8,0	10,0	3,87	2,6
2	9,0			8,5	10,5	3,16	
3	9,5			9,0	11,0	1,43	
4	9,0			8,5	10,5	3,09	
5	8,5			8,0	10,0	1,73	

4.3.1.4 DONNEES POUR LES JUSTIFICATIONS DES COLONNES BALLASTEES SOUS CHARGE VERTICALE

- Q_u = Q_{pu} = charge limite de rupture en compression et en kN = $(k_p \cdot P_l^*) 0,282$
 Q_c = $0,7 Q_u$ = charge de fluage en compression et en kN
 Q_{ELS} = $Q_c/1,4$ = charge admissible et nominale aux Etats Limites de Service en kN, ou force portante en tête de C.B.
 10 kN = 1 Tonne force

Sondage	P_l^* (MPa)	k_p	Q_u (T)	Q_c (T)	Q_{ELS} (T)
1	3,87	2,6	263	198	141
2	3,10		231	161	115
3	1,43		104	73	52
4	3,09		227	159	113
5	1,73		127	89	64

4.3.1.5 VERIFICATION DE LA CHARGE

On utilisera un béton prêt à l'emploi ou un coulis de ciment tel que $F_{C28 \text{ jours}} = 9 \text{ MPa}$

La résistance conventionnelle est donc $F_c = F_{C28 \text{ jours}} / 1,2 = 7,5 \text{ MPa}$

Aux ELS $\sigma_{adm} = 0,3 F_c = 2,25 \text{ MPa}$

Et pour un diamètre de colonne de 0,6 mètre : $Q_{ELS} = 63 \text{ Tonnes}$

La charge des colonnes ballastées injectées Q_{ELS} sera donc limitée à **52 tonnes** pour une colonne diamètre 600 mm, soit un **taux de travail admissible q_{ELS} de 1,84 MPa** en tête de colonne.

4.3.1.6 MAILLE

Le calcul de la maille du réseau de colonnes reste de la responsabilité de l'entreprise spécialisée en fonction des descentes de charges réelles.

4.3.1.7 PRECAUTIONS DE MISE EN OEUVRE

- Utiliser un système de "Vibreux à sas".
- Assurer un refus franc du vibreur sur le toit des marnes altérées (couche 4).
- Prévoir une pelle de forte puissance, un Brise Roche Hydraulique (B.R.H.) ou encore la réalisation de préforage pour le passage d'éventuelles maçonneries enterrées et couches dures dans les remblais (couche 1).
- Les fiches des colonnes devront être ajustées colonne par colonne en fonction de la profondeur réelle du toit des marnes altérées (couche 4) ce qui pourra conduire à allonger la fiche de certaines colonnes. A cet effet, nous conseillons de commencer les colonnes au droit des sondages afin de s'étalonner.

4.3.1.8 SEMELLES ET/OU MASSIFS RIGIDIFIES

2 types de semelles rigidifiées pourront être mises en place sur ces inclusions rigides, **au choix** :

☞ **SEMELLES** continues rigidifiées, traitées en poutre inversée,

☞ **SEMELLES** rigidifiées isolées et/ou **MASSIFS** reliés par des longdrines rigidifiées pour répartir les charges.

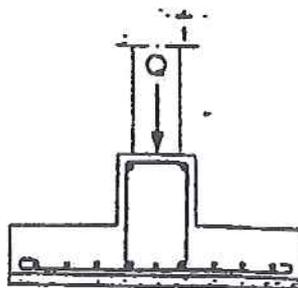


Fig. 50 — Semelle continue élargie en béton armé « profil en T renversé » avec double réseau d'armatures.

4.3.2 RADIER SUR COLONNES A MODULES MIXTES

4.3.2.1 CARACTERISTIQUES DES COLONNES

Ces colonnes seront constituées :

- En partie supérieure sur les 1,5 derniers mètres, par une Colonne Ballastée Sèche,
- En partie inférieure, par une Inclusion Rigide exécutée par tarière à refoulement.

Le diamètre de la partie inférieure (Inclusion Rigide) sera de 0,4 mètre ; le diamètre de la partie supérieure (Colonne Ballastée Sèche) sera d'environ 0,7 mètre.

4.3.2.1 LONGUEUR DES INCLUSIONS RIGIDES

Les inclusions rigides seront foncées jusque dans les marnes altérées (couche 4), soit les fiches minimales approximatives suivantes :

CG n°	Fiches (m)
1	8,5
2	9,0
3	9,5
4	9,0
5	8,5

Notes :

L'épaisseur des remblais (couche 1), des Alluvions Récentes molles (couche 2) et Anciennes denses (couche 3) pouvant varier sensiblement entre les sondages, seul le critère de refus dans les marnes altérées (couche 4) devra être retenu, qui pourra conduire à l'allongement des fiches des inclusions.

A cet effet, nous conseillons de commencer le fonçage des inclusions du vibreur au droit des sondages de reconnaissance au pressiomètre CG1 à CG5 afin de s'étalonner.

4.3.2.3 VERIFICATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DES COLONNES A MODULE MIXTE

La partie inférieure des colonnes à module mixte est constituée d'une inclusion rigide mise en œuvre avec refoulement.

■ Méthode de calcul :

Le calcul des charges applicables sur les colonnes a été réalisé à l'aide de la méthodologie du Fascicule n°62 - Titre V, édité par le Ministère Français de l'Équipement, du Logement et des Transports.

■ Diamètre des inclusions rigides

Le diamètre pris dans les calculs est celui d'une inclusion de 400 mm de diamètre.

■ Frottement latéral unitaire limite "qs+" (sans coefficient de sécurité)

En première approximation, aucun frottement positif sur le fût ne sera pris en compte.

■ Effort de pointe limite (sans coefficient de sécurité)

qu	=	kp.pl*
Section	=	0,125 m ²
kp	=	2,6 dans les marnes altérées (couche 4)

La pression limite moyenne s'obtient par la formule suivante :

$$Pl^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} Pl(z).dz$$

avec : a = b/2 ou 0,5 si b < 1,0 m
a = 0,5 m
h = 0 à 0,5 m
b = min (a,h) = 0 à 0,5 m

D'où :

Sondage	D (m)	h (m)	b (m)	D – b (m)	D + 3a (m)	PI* (MPa)	kp
CG1	8,5	0,5	0,5	8,0	10,0	3,87	2,6
CG2	9,0			8,5	10,5	3,16	
CG3	9,5			9,0	11,0	1,43	
CG4	9,0			8,5	10,5	3,09	
CG5	8,5			8,0	10,0	1,79	

4.3.2.4 DONNEES POUR LES JUSTIFICATIONS DES INCLUSIONS RIGIDES SOUS CHARGE VERTICALE

Q_u = Q_{pu} = charge limite de rupture en compression et en kN = $(k_p \cdot PI^*) 0,125 \text{ m}^2$

Q_c = $0,7 Q_u$ = charge de fluage en compression et en kN

Q_{ELS} = $Q_c/1,4$ = charge admissible et nominale aux Etats Limites de Service en kN, ou force portante en tête d'inclusion

10 kN = 1 Tonne force

Sondage	PI* (MPa)	kp	Q_u (T)	Q_c (T)	Q_{ELS} (T)
CG1	3,87	2,6	125	88	63
CG2	3,16		103	72	51
CG3	1,43		46	32	23
CG4	3,09		100	70	50
CG5	1,73		56	39	28

Pour une amélioration de sol, la valeur de charge de fluage Q_c est généralement retenue dans les calculs.

4.3.2.5 VERIFICATION DE LA CHARGE INTRINSEQUE

On utilisera un béton prêt à l'emploi tel que $F_{C28} = 16$ MPa.

La résistance conventionnelle au fluage F_c est donc :

$$F_c = F_{C28}/1,2 = 13,33 \text{ MPa}$$

D'où une contrainte admissible aux ELS de :

$$\sigma_{admELS} = 0,3 \times F_c = 4 \text{ MPa}$$

Et, pour une inclusion de 0,4 mètre de diamètre $Q_{ELS} = 50$ Tonnes

La charge des inclusions rigides sera donc **limitée à 23 Tonnes** pour une inclusion de diamètre 400 mm, soit un total admissible q_{ELS} de 1,84 MPa en tête d'inclusion.

4.3.2.6 VERIFICATION DE LA CHARGE ADMISSIBLE DANS LA PARTIE SUPERIEURE DES COLONNES A MODULE MIXTE

La partie supérieure des Colonnes à Module Mixte est constituée de colonnes ballastées sèches sur 1,5 mètre d'épaisseur.

4.3.2.7 PORTANCE

■ Contrainte admissible

La portance des colonnes ballastées est définie par le DTU 13.2 par :

$$q_a = 2 \times \sigma_h \leq 0,8 \text{ MPa}$$

avec : q_a = contrainte admissible

σ_h = étreinte latérale assimilée à la valeur de la pression limite P_l obtenue par l'essai pressiométrique

La contrainte admissible doit être inférieure à 0,8 MPa.

L'étreinte latérale est obtenue par :

$$\sigma_h = P_{leq} = \sqrt[n]{P_{11} \times P_{12} \times \dots \times P_{1n}} \text{ sur toute la hauteur de la colonne ballastée.}$$

Ainsi :

$$\text{En CG1 : } q_a = 2 \times P_{leq} = 1,48 \text{ MPa avec } P_{leq} = 0,74 \text{ MPa}$$

$$\text{En CG2 : } q_a = 2 \times P_{leq} = 0,6 \text{ MPa avec } P_{leq} = 0,30 \text{ MPa}$$

$$\text{En CG3 : } q_a = 2 \times P_{leq} = 0,7 \text{ MPa avec } P_{leq} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$\text{En CG4 : } q_a = 2 \times P_{leq} = 0,84 \text{ MPa avec } P_{leq} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$\text{En CG5 : } q_a = 2 \times P_{leq} = 2,62 \text{ MPa avec } P_{leq} = 1,31 \text{ MPa}$$

La contrainte admissible sera limitée à 0,60 MPa conformément au DTU.

■ Charge admissible

La charge admissible sur une colonne est définie par :

$$Q_a = q_a \times S \quad \text{où } S \text{ est la section moyenne d'une colonne}$$

D'où, avec un diamètre de colonne ballastée sèche de 70 cm :

$$Q_a = \pi \times \frac{0,70^2}{4} \times 0,60 \times 10^2 = 23 \text{ T}$$

Cette valeur n'est pas forcément la valeur permettant le dimensionnement du projet. Il est encore nécessaire de définir les tassements qui en résulteront et d'affiner la charge de service pour avoir des tassements compatibles avec la pérennité et la stabilité des ouvrages à réaliser.

■ **Sécurité à la rupture**

La contrainte de rupture d'une colonne est définie par le DTU 13.2 :

$$q_r = \sigma_h \times \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad \text{où } \varphi \text{ est l'angle de frottement interne du matériau de la colonne}$$

(de l'ordre de 38 à 40°)

Dans ce cas, nous avons :

$$q_r = 0,30 \times \frac{1 + \sin 38^\circ}{1 - \sin 38^\circ} = 1,26 \text{ MPa}$$

Le coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture est alors : $Fr = \frac{q_r}{q_a} = \frac{1,26}{0,6} = 2,1$

Le coefficient de sécurité est égal au coefficient minimal de 2 prévu par le DTU.

4.3.2.8 CALCUL DES TASSEMENTS

Le calcul des tassements sera réalisé par l'entreprise spécialisée en fonction du maillage des colonnes et des descentes de charges réelles.

V - LE PROBLEME DE L'EAU DANS LE SOL

- Des arrivées d'eau ont été reconnues en cours de perforation à la profondeur de 4,3 mètres en CG2 et 3 mètres en CG4.

Des niveaux d'eau ont été relevés dans les piézomètres laissés en place aux profondeurs suivantes, le 9 janvier 2011 :

CG n°	Prof. (m)
1	6,25
2	4,75

Ces niveaux correspondent à des circulations d'eau en relation avec la nappe de la Meurthe circulant de l'autre côté de l'autoroute.

- En phase chantier, il conviendra de s'assurer avant les terrassements du niveau de la nappe phréatique. En effet, les terrassements atteignant la nappe entraîneraient une altération et une décompression du fond de forme et de sérieux problèmes de chantier. Un drainage des fouilles de terrassements sera à prévoir pour évacuer les éventuelles venues d'eau. En cas de réalisation d'ouvrages sous le niveau de la nappe, des caissons étanches préalables aux terrassements seront prévus pour travailler au "sec" (palplanches ou pieux sécants).
- En phase définitive, les bassins étanches du fait de leur utilisation seront traités aux sous-pressions ou équipés de clapets de décompression.
- Des dispositifs constructifs empêchant l'humidité de remonter dans les structures seront prévus ; par exemple, une barrière ou membrane d'étanchéité est nécessaire à la base des murs et sous le dallage pour éviter les remontées capillaires.

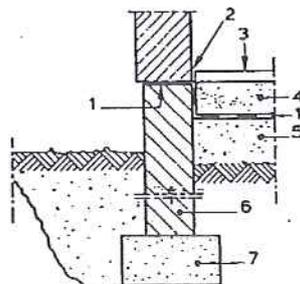


Fig. 56 - Dalle sur sol.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. barrière ou membrane d'étanchéité | 5. couche anti-capillaire (éventuellement) |
| 2. joint | 6. mur de fondation |
| 3. revêtement | 7. fondation |
| 4. dalle sur sol | |

VI - TERRASSEMENTS

Les talus provisoires seront dressés avec des pentes maximales de 2 vertical pour 3 horizontal.

Dans le cas contraire, des solutions de soutènement seront à prévoir.

Les talus seront protégés par un polyane en phase travaux. Les venues d'eau éventuelles lors des terrassements seront captées, drainées et évacuées des fouilles par puisards.

CONCLUSIONS

Les 5 sondages demandés ont reconnu :

Couche 1 : des remblais sur une épaisseur 1,2 mètre en CG5 et 4 mètres en CG2,

Couche 2 : des Alluvions Récentes molles contenant des lentilles de tourbe jusqu'à la profondeur de 4,4 mètres en CG1 et 8,5 mètres en CG2, CG3 et CG4,

Couche 3 : des Alluvions Anciennes denses jusqu'à la profondeur de 7,8 mètres et uniquement en CG1 et CG5,

Couche 4 : des marnes altérées,

Couche 5 : des marnes schistoïdes, à partir de 9,5 mètres uniquement en CG1.



Des arrivées d'eau ont été reconnues en cours de perforation à la profondeur de 4,3 mètres en CG2 et 3 mètres en CG4.

Des niveaux d'eau ont été relevés dans les piézomètres laissés en place aux profondeurs suivantes, le 9 janvier 2011 :

CG n°	Prof. (m)
1	6,25
2	4,75

Ces niveaux correspondent à des circulations d'eau en relation avec la nappe de la Meurthe circulant de l'autre côté de l'autoroute.



Les différents ouvrages de la station d'épuration seront fondés :

a) Local d'épaississement des boues :

- ☞ sur **RADIER général** assis dans les remblais (couche 1), à la profondeur minimale de 1 mètre par rapport à la surface topographique du terrain au moment du chantier, par l'intermédiaire d'un massif de substitution compacté pour le rendre incompressible ou en gros béton coulé pleine fouille.

Ce radier sera dimensionné sur **la base du taux de travail admissible des remblais (couche 1) q_{ELS} de 1 daN/cm² (10 T/m²).**

- ☞ sur **RADIER général** assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit une fiche minimale approximative de 8,5 m en CG3.

La capacité portante Q_{ELS} des Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi de 600 mm de diamètre sera limitée à 52 Tonnes.

- ☞ sur **RADIER général** assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit une fiche minimale approximative de 9,5 m en CG3.

Le taux de travail admissible q_{ELS} à utiliser en tête de Colonne à Modules Mixtes sera de 6 daN/cm² (6 T/m²).

b) Silo à boues :

- ☞ sur **RADIER général** assis sur le toit des Alluvions Récentes molles (couche 2), à la profondeur minimale de 1 mètre par rapport à la surface topographique du terrain au moment du chantier, par l'intermédiaire d'un massif de substitution compacté pour le rendre incompressible ou en gros béton coulé pleine fouille, soit une profondeur minimale d'assise de 1,5 mètre en CG4.

Ce radier sera dimensionné sur **la base du taux de travail admissible des Alluvions Récentes molles (couche 2) q_{ELS} de 1 daN/cm² (10 T/m²).**

- ☞ sur **RADIER général** assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit une fiche minimale approximative de 9,0 m en CG3.

La capacité portante Q_{ELS} des Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi de 600 mm de diamètre sera limitée à 52 Tonnes.

- ☞ sur **RADIER** général assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit une fiche minimale approximative de 9,0 m en CG3.

Le taux de travail admissible q_{ELS} à utiliser en tête de Colonne à Modules Mixtes sera de 6 daN/cm² (60 T/m²).

c) Ouvrages lourds (clarificateur, bassins d'aération, local technique) :

- ☞ sur **RADIER** général assis sur un réseau de **Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit les fiches minimales approximatives suivantes :

Sondage CG n°	Fiche (m)
1	8,5
2	9,0
5	8,5

La capacité portante Q_{ELS} des Colonnes Ballastées Injectées ou de Béton Prêt à l'Emploi de 600 mm de diamètre sera limitée à 52 Tonnes.

- ☞ sur **RADIER** général assis sur un réseau de **Colonnes à Modules Mixtes** foncées jusqu'au refus dans les marnes altérées (couche 4), soit les fiches minimales approximatives suivantes :

Sondage CG n°	Fiche (m)
1	8,5
2	9,0
5	8,5

Le taux de travail admissible q_{ELS} à utiliser en tête de Colonne à Modules Mixtes sera de 6 daN/cm² (60 T/m²).



Le problème de l'eau dans le sol est traité au chapitre V.



Les précautions quant aux terrassements sont données au chapitre VI.



Les éléments nouveaux mis en évidence en cours des travaux de terrassements et/ou de fondations, et qui n'auraient pu être détectés au moment de la présente étude géotechnique, doivent nous être immédiatement signalés, de façon à étudier les adaptations éventuelles.

L'ingénieur chargé du dossier
G. CAUDRELIER

Contrôle Qualité
F. FILIPE

METHODE DE CALCUL N° 1

FONDATION SUPERFICIELLE OU SEMI-PROFONDE

LA CONTRAINTE LIMITE ULTIME q_u

La contrainte limite de rupture q_u ou contrainte ultime est donnée par la relation :

$$q_u - q_0 = (K_p \cdot p_{le}^*)$$

Où :

q_0 = pression des terres au niveau de la fondation après construction

p_{le}^* = est la pression limite nette équivalente

K_p = facteur de portance qui dépend des dimensions de la fondation, de son encastrement relatif (voir abaque du DTU 13-12) et de la nature du sol

LES CONTRAINTES DE CALCUL q_{ELU} et q_{ELS}

La contrainte de calcul est définie par la relation :

$$q_{ELU} = \frac{K_p \cdot p_{le}^* \cdot i \delta \beta + q_0}{S_{ELU}}$$

$$q_{ELS} = \frac{K_p \cdot p_{le}^* \cdot i \delta \beta + q_0}{S_{ELS}}$$

Où :

$i \delta \beta$ = est un coefficient minorateur tenant compte de l'inclinaison de la charge et de la géométrie du sol de fondation

$S_{ELU,ELS}$ = est un coefficient de sécurité des états limites pour lesquels la fondation doit être justifiée :

- . pour les justifications à l'ELS $S = 3$ (taux de travail admissible " q_{ELS} ")
- . pour les justifications à l'ELU $S = 2$ (contrainte de calcul " q_{ELU} ")

METHODE DE CALCUL N° 2

EVALUATION DES TASSEMENTS

• **Tassement final total :**

Le tassement final s d'une fondation B de large est la somme de deux termes.

s_c : tassement dit de consolidation

s_d : tassement dit déviatorique

$$\text{Soit : } s = s_c + s_d$$

$$s_c = \frac{\alpha}{9 E_s} \cdot (p - q_0) \cdot L_c \cdot B$$

$$s_d = \frac{\alpha}{9 E_s} \cdot (p - q_0) (L_d \cdot B/B_0)^\alpha$$

B_0 = 0.6 m

p = composante normale de la contrainte moyenne du sol sous la fondation pour l'état limite de service

Nous avons estimé que cette contrainte était égale au taux de travail admissible.

q_0 = poids initial des terres au niveau de la semelle

α = coefficient rhéologique dépendant de la nature du sol

L_c et L_d = coefficients de forme :

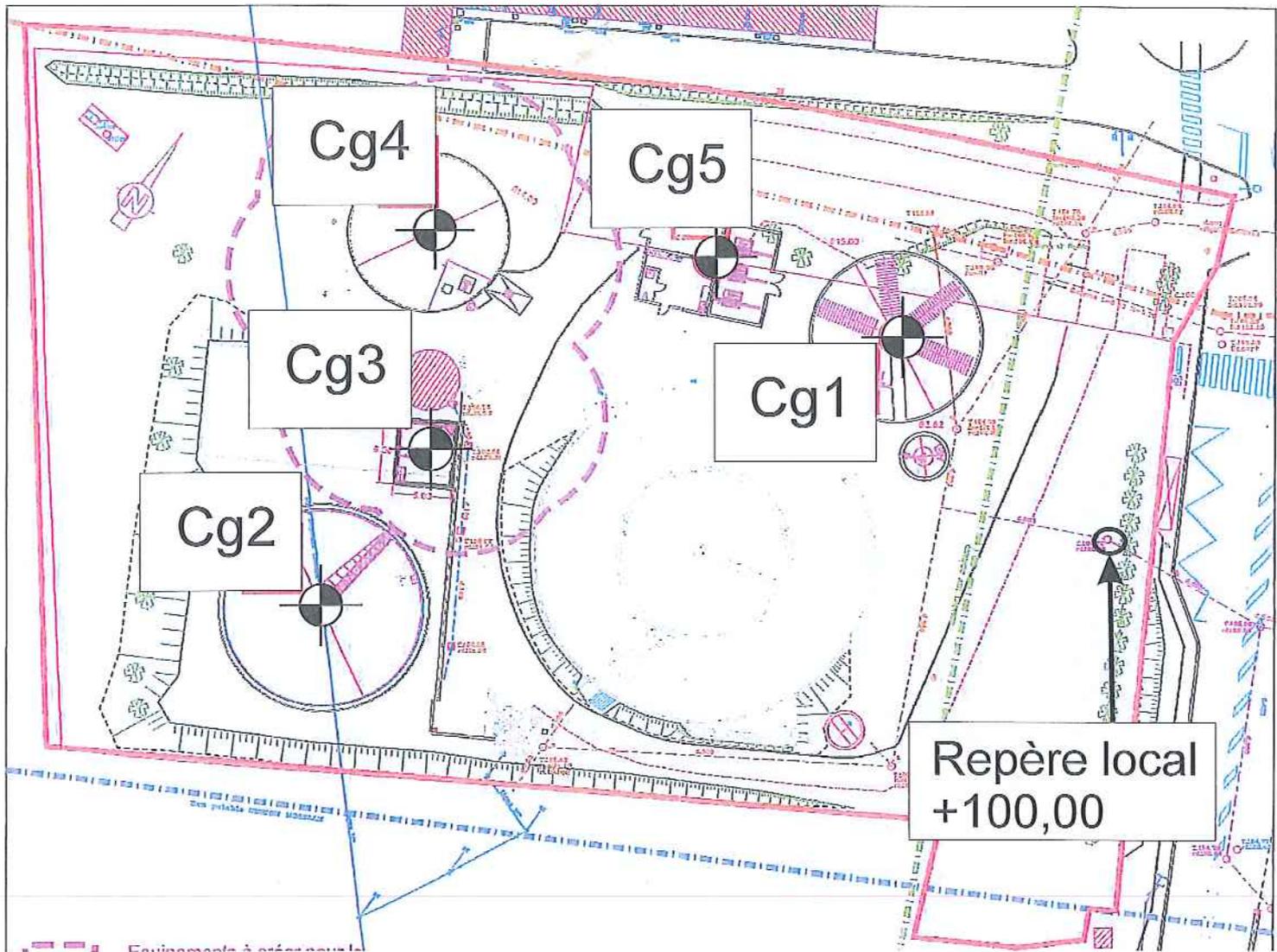
L_c = 1.1 et L_d = 1.12 pour une semelle carrée

L_c = 1.5 et L_d = 2.65 pour une semelle continue

E_s = module pressiométrique sur une épaisseur de 0.5 B sous le niveau de la semelle

E_d = module pressiométrique pondéré selon la méthode de Louis Ménard sur une épaisseur de 8 B sous la semelle

M10-650 BOUXIERES AUX DAMES



G Compétence Géotechnique

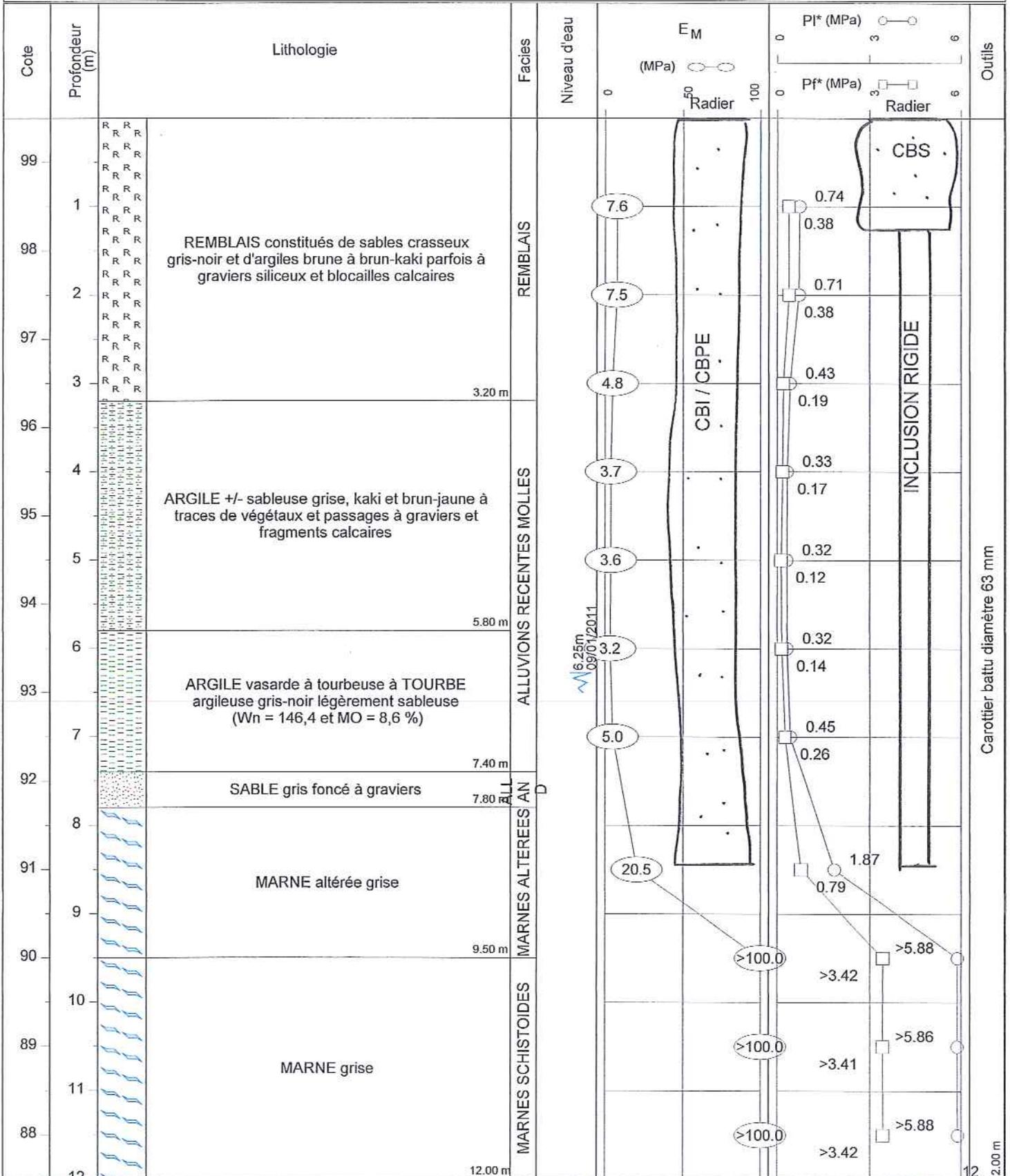
Sondages et essais - Etudes de sol
Ingénierie - Instrumentation
Laboratoire - Expertises

Rue du Grand Pré
B.P. 50135
57281 MAIZIERES
-LES-METZ

Tél. 03 87 51 23 23
Fax 03 87 51 23 24

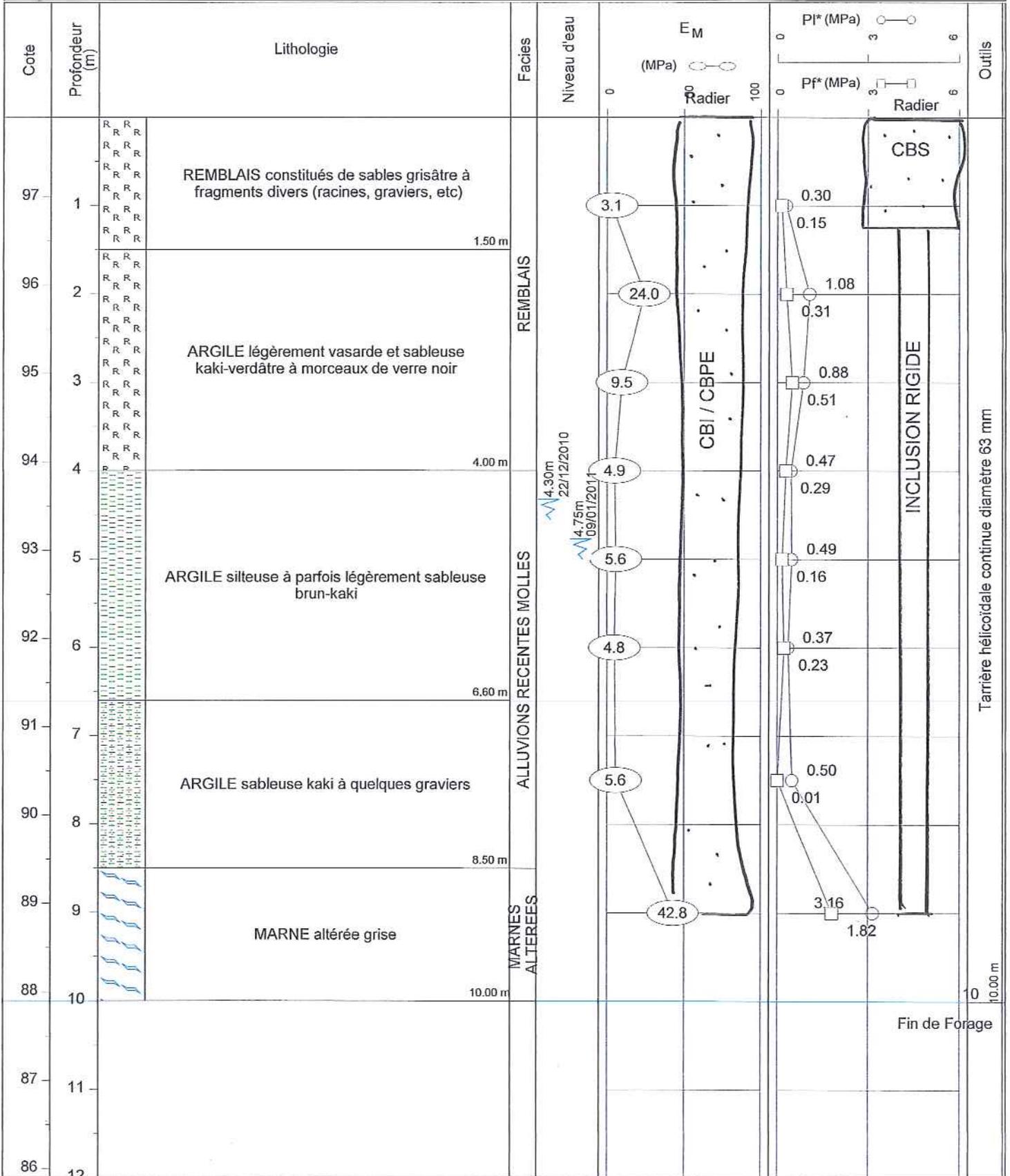


Sondages

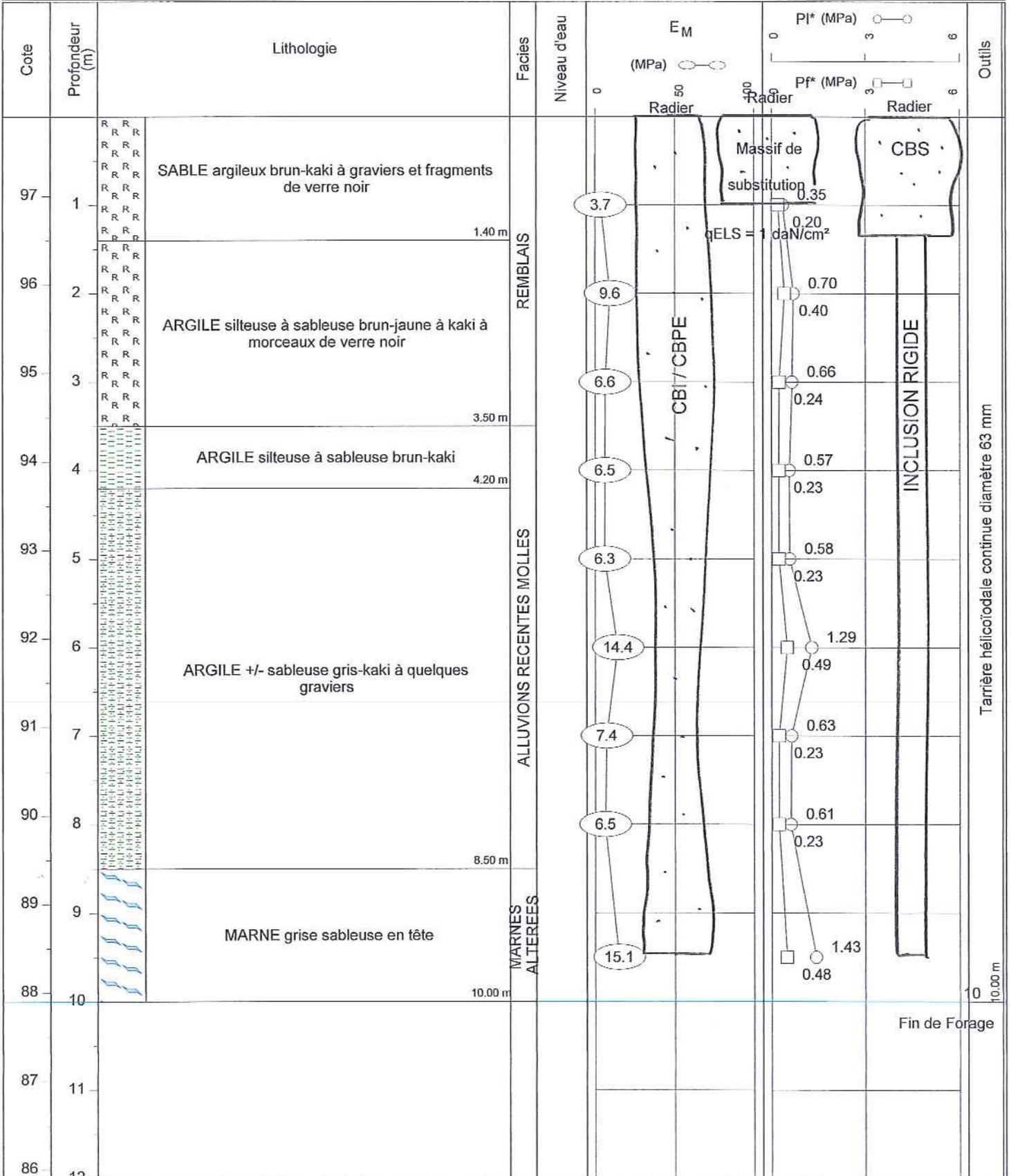


Obs: Sondage équipé d'un piézomètre provisoire 32 mm

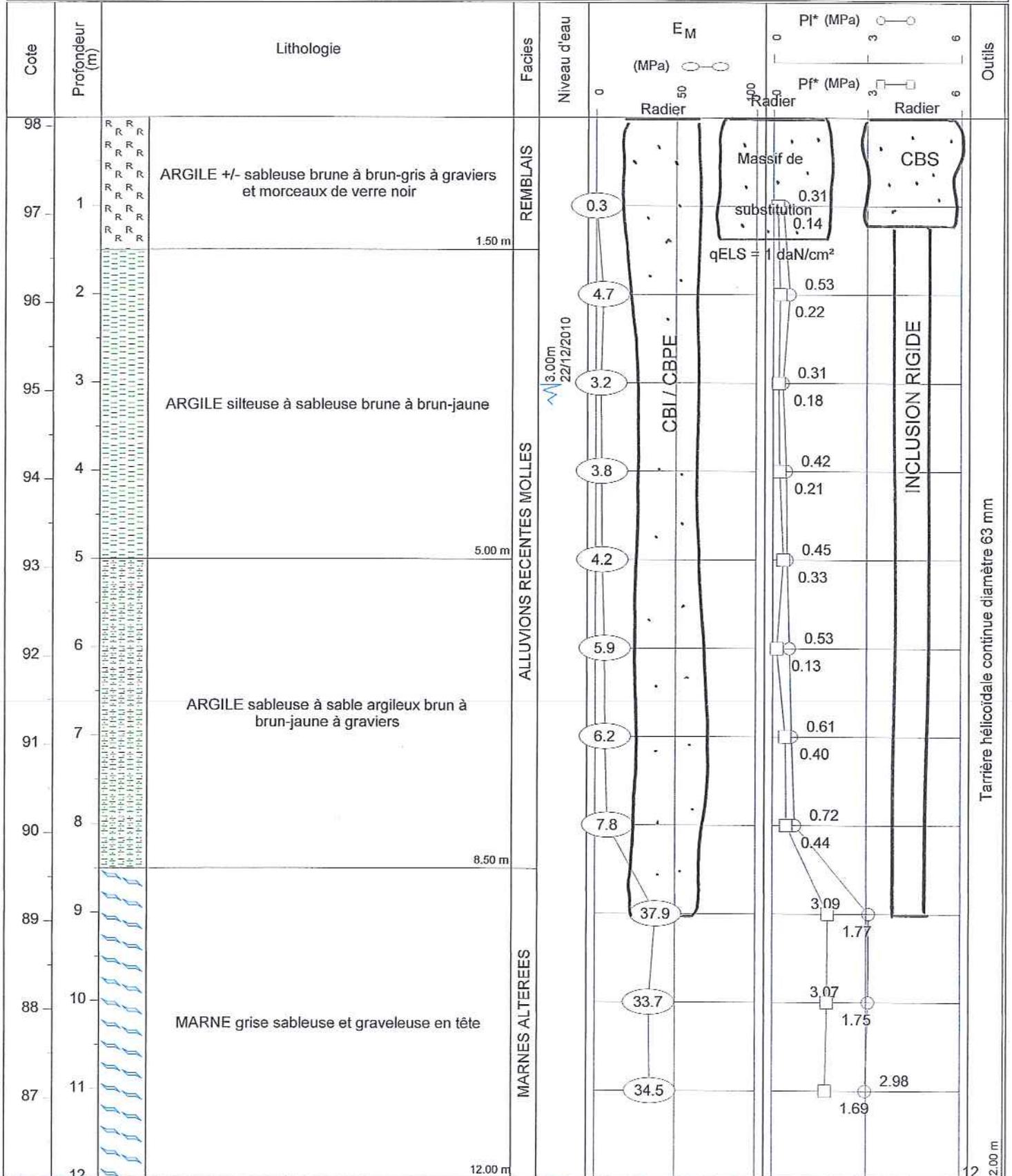
Fin de Forage



Obs: Sondage équipé d'un piézomètre provisoire 32 mm

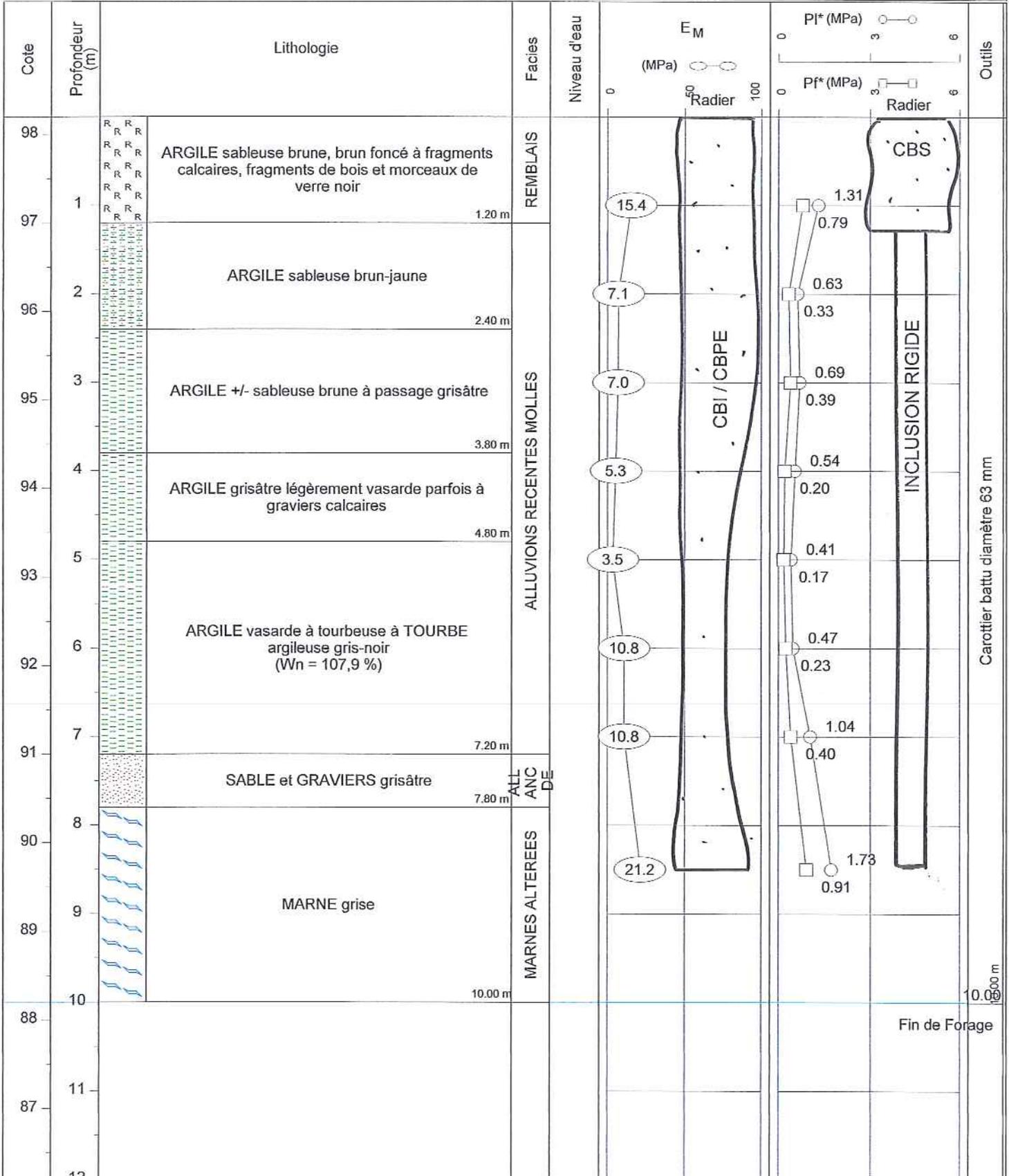


Obs: Sans eau le 22/12/2010



Obs:

Fin de Forage



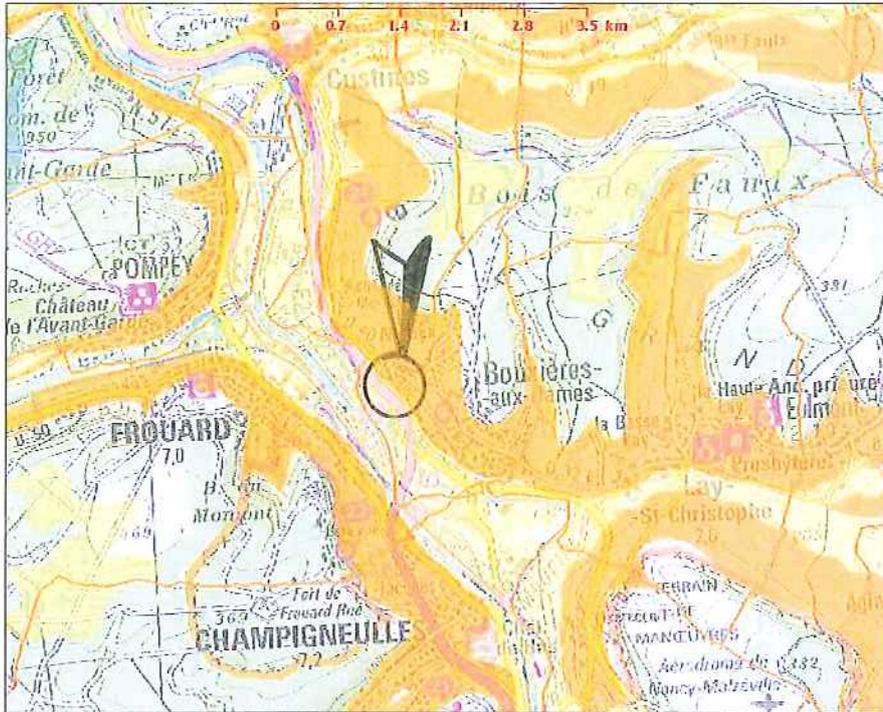
Obs: Sans eau le 21/12/2010



Argiles

Aléa retrait-gonflement des argiles

[Page précédente](#) [Imprimer cette page](#)



Légende de la carte

-  Argiles
-  Aléa fort
-  Aléa moyen
-  Aléa faible
-  Aléa à priori nul
-  Argiles non réalisé

SOCIETE MUTUELLE D'ASSURANCE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
SOCIETE D'ASSURANCE MUTUELLE A COTISATIONS VARIABLES - ENTREPRISE REGIE PAR LE CODE DES ASSURANCES - 775 684 784 RCS Paris
Siège social et Direction générale : 114 avenue Emile Zola - 75739 Paris cedex 15 - Téléphone 01 40 59 70 00 - Télécopie 01 45 78 87 40 - www.smaabtp.fr

Notre référence à rappeler
dans toute correspondance :

N° sociétaire : 556747N
N° contrat : 7306000/001 230039/032

2101227152006000000100



Pour tout renseignement contacter :

Site de gestion
SMABTP REIMS
2 rue Saint Hilaire
BP 266
51059 REIMS CEDEX
Tél. : 03.26.50.57.00
Fax : 03.26.50.57.49

COMPETENCE GEOTECHNIQUE GRAND EST
RUE DU GRAND PRE BP 50135
57281 MAIZIERES LES METZ CEDEX

CONTRAT D'ASSURANCE PROFESSIONNELLE BTP INGENIERIE, ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION "Responsabilités professionnelles"

Attestation d'assurance 2011

Valable à compter du 01/01/2011 jusqu'au 31/12/2011

La SMABTP certifie que le sociétaire désigné ci-dessus est titulaire d'un contrat d'assurance professionnelle BTP Ingénierie, Economie de la Construction numéro 7306000/001 230039, souscrit le 01/01/2006, comportant la convention spéciale responsabilité professionnelle de l'ingénierie Bâtiment garantissant les risques indiqués ci-après pour les missions suivantes :

Mission : Etudes techniques dans le cadre de la norme NF P 94-500 comportant :

Etudes géotechniques préliminaires de site (G11)

Elles permettent d'établir un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation d'un projet au site et une première identification des risques géologiques. A l'occasion de ces prestations d'étude, le BET géotechnique pourra réaliser les investigations géotechniques.

Etudes géotechniques d'avant-projet (G12)

Elles comprennent un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet et certains principes constructifs permettant de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés. Ces études doivent obligatoirement reposer sur des investigations géotechniques. Ces investigations géotechniques peuvent être réalisées par le BET géotechnique.

Etudes géotechniques de projet (G2)

Cette mission spécialisée permet de définir les méthodes d'exécution pour les ouvrages géotechniques, de fournir une approche des quantités, délais et coûts d'exécution de ces ouvrages et d'assister le client pour la constitution du DCE et l'analyse des offres des entreprises. A l'occasion de ces prestations d'étude, le BET géotechnique pourra réaliser les investigations géotechniques.

Etudes et suivis géotechniques d'exécution (G3) (normalement à la charge des entreprises qui peuvent les sous-traiter à un BET géotechnique)

En phase Etudes, le BET géotechnique étudie dans le détail des ouvrages géotechniques et élabore leur dossier géotechnique d'exécution.

En phase Suivi, le BET géotechnique suit la réalisation des ouvrages géotechniques et vérifie les données géotechniques réelles. A l'occasion de ces prestations d'étude, le BET géotechnique pourra réaliser les investigations géotechniques et/ou mettre en place le programme d'auscultation.

Supervision géotechnique d'exécution (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des études et de la réalisation du projet aux objectifs prédéfinis. A l'occasion de ces prestations d'étude, le BET géotechnique pourra réaliser les investigations géotechniques et/ou mettre en place le programme d'auscultation. : ainsi que les missions G1 et G52 en association avec G0 de la norme NF P 94-500.

Mission : Missions ponctuelles de diagnostics géotechniques (G5) réalisées dans le cadre de la norme NF P 94-500, en dehors de toute autre mission de cette norme et limitées strictement à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques. A l'occasion de ces prestations d'étude, le BET géotechnique pourra réaliser les investigations géotechniques.

1 - Assurance de responsabilité civile exploitation (convention des risques de l'exploitation)

Garanties	Montants de garantie
- dommages immatériels	610 000 euros par sinistre
- tous dommages confondus directement ou indirectement dûs ou liés à l'amiante ou à tout matériau contenant de l'amiante	1 000 000 euros par sinistre et par an
- tous dommages confondus d'atteinte à l'environnement accidentelle ou non	610 000 euros par sinistre et par an
- dommages à l'ouvrage après réception Europe	915 000 euros par sinistre
- tous dommages extérieurs à l'ouvrage Europe	Les montants des garanties concernées sont ceux du contrat

La présente attestation ne peut engager la SMABTP au-delà des clauses et conditions du contrat précité auquel elle se réfère.

Fait à Paris, le 27/12/2010

Le Directeur général

