

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

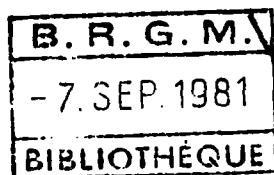
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.00.12

C.U.D.L.

VILLENEUVE D'ASCQ (59)

ETABLISSEMENT DE LA LIGNE N° 1
D'UN METRO SUR LE TERRITOIRE DE LA C.U.D.L.

OUVRAGES D'ART COMPRIS ENTRE
LE GARAGE ATELIER ET LE DEBUT DU VIADUC
(LOT 1a)
RECONNAISSANCE GÉOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
DES SOLS DE FONDATION
par
J.M. ROGEZ



Service géologique régional NORD – PAS-DE-CALAIS

Fort de Lezennes, B.P. 26, Lezennes – 59260 Hellemmes-Lille – Tél.: (20) 91.30.13

C.U.D.L. VILLENEUVE D'ASCQ (59)

ETABLISSEMENT DE LA LIGNE N° 1
D'UN METRO SUR LE TERRITOIRE DE LA C.U.D.L.

Ouvrages d'art compris entre le garage
atelier et le début du viaduc (Lot 1a)

Reconnaissance géologique et géotechnique
des sols de fondation

R E S U M E

A la demande de la C.U.D.L., nous avons effectué des travaux complémentaire de reconnaissance géologique et géotechnique du sous-sol des 2 ouvrages d'art projetés entre le garage-atelier et le début du viaduc de la ligne n° 1 du métro sur le territoire de la commune de VILLENEUVE D'ASCQ (59).

Connaissant les résultats des campagnes précédentes, nous avons défini les travaux de reconnaissance suivants :

- . 2 essais de pénétration statique-dynamique
- . 3 sondages carottés avec prélèvements d'échantillons intacts conditionnés
- . 1 sondage destructif avec mise en place d'un tube piézométrique
- . essais appropriés en laboratoire sur les échantillons prélevés.

L'analyse et la synthèse des résultats géologiques ont mis en évidence la succession suivante des terrains :

- . Remblais et terre végétale
- . Sols superficiels : limon de plateaux et craie en granules
- . Craie blanche sénonienne
- . Tun
- . Craie grise turonienne

Les essais en laboratoire consistent en :

- identification, compressibilité, stabilité : pour les sols superficiels
- identification, compression simple, cisaillement, déformabilité : pour l'assise rocheuse.

A l'issue de l'étude, il a été possible d'envisager pour la fondation des ouvrages, des formations superficielles compte tenu des caractéristiques mécaniques du sol, et des tassements envisageables pour la structure.

17 pages - 7 annexes -

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
1 - GENERALITES.....	3
2 - RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN.....	4
3 - RESULTATS GEOLOGIQUES DE LA CAMPAGNE DE RECONNAIS-	
SANCE.....	6
31 - Les remblais et la terre végétale.....	6
32 - Les sols superficiels	6
33 - La craie blanche (Sénonien).....	7
34 - Le Tun.....	7
35 - La craie grise (Turonien supérieur).....	7
36 - Remarques sur la structure du sous-sol.....	9
37 - Remarques sur l'hydrogéologie du site.....	9
4 - RESULTATS GEOTECHNIQUES.....	9
41 - Caractéristiques géotechniques des sols.....	9
42 - Caractéristiques géotechniques des assises	
rocheuses.....	11
5 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	15
6 - CONCLUSIONS.....	16

L I S T E D E S A N N E X E S

- ANNEXE I - Plan de situation des sondages
ANNEXE IIa - Coupes géologiques des sondages (3)
 IIb - Diagrammes de pénétration statique-dynamique (2)
ANNEXE III - Coupe géologique structurale suivant le profil en long
ANNEXE IV - Tableaux récapitulatifs des essais de mécanique des sols
ANNEXE V - Courbes oedométriques (3)
ANNEXE VI - Tableaux récapitulatifs des essais de mécanique des roches
ANNEXE VIIa - Essai de déformabilité
 VIIb - Essais de cisaillement

C. U. D. L.

VILLENEUVE D'ASCQ (59)

ETABLISSEMENT DE LA LIGNE N° 1

D'UN METRO SUR LE TERRITOIRE DE LA C.U.D.L.

OUVRAGES D'ART COMPRIS ENTRE
LE GARAGE ATELIER ET LE DEBUT DU VIADUC

(LOT 1a)

RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
DES SOLS DE FONDATION

I - GENERALITES.

La C.U.D.L. a confié au B.R.G.M.- région Nord, les travaux complémentaires de reconnaissances géologiques et géotechniques du sous-sol des 2 ouvrages d'art projetés entre le Garage-Atelier et le début du Viaduc (LOT 1a) de la ligne n° 1 du METRO sur le territoire de la commune de VILLENEUVE D'ASCQ (59).

La campagne de reconnaissance a été programmée en ayant connaissance des résultats des campagnes précédentes, soit :

- pour la campagne de mars 1976 (au droit du tronçon Pont de Bois-Garage Atelier)
 - . les essais de pénétration statique-dynamique Pe₁₈ et Pe₁₉.
 - . le sondage destructif Pr₇ où 6 essais au pressiomètre ont été réalisés.
- pour la campagne du printemps 1977 (étude du Garage-Atelier = Rapport BRGM 77 SGN 271 NPA)
 - . le sondage carotté GA₇ qui a atteint 15,25 m de profondeur

Les investigations in situ faisant l'objet de la présente étude ont été réalisées au printemps 1977.

Elles comprennent :

- 2 essais de pénétration statique-dynamique (Pe 86 et 87).
- 3 sondages carottés de 9,00 m à 13,20 m de profondeur au cours desquels des échantillons intacts conditionnés ont été prélevés.
- 1 sondage destructif de 15,50 m avec mise en place d'un tube piézométrique crepiné sur 4 m.

Les échantillons intacts ont été soumis, au laboratoire du B.R.G.M.-région Nord, aux essais appropriés (identification, compressibilité, cisaillement) afin de définir les caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés.

Le présent rapport fait le compte rendu des reconnaissances *in situ* et en laboratoire et donne une orientation sur le mode de fondations des ouvrages d'art projetés.

2 - RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN.

La présente campagne a été réalisée par l'entreprise PONTIGNAC d'ANZIN (Nord) entre le 25 mai et le 6 juin 1977.

L'implantation des reconnaissances est figurée en annexe I. La numérotation des reconnaissances reste homogène avec celle employée lors des autres campagnes en 1976 et 1977 soit :

- pour les essais de pénétrations : Pe
- pour les sondages carottés : GA (sondage situé près du Garage-Atelier) et : CSGA (sondages situés entre la station Cité Scientifique et le Garage-Atelier au droit de la rue P. Doumer).

Le niveling des différentes reconnaissances a été établi par le Cabinet de géomètre DESPAGNE pour le compte de la C.U.D.L.. Les cotes au sol sont données suivant le système IGN 69 (1). Seul, les sondages GA8 et GA_{8bis} n'ont pas été nivelés.

(1) Le passage du système NGF au nouveau système IGN 69 s'effectue de la manière suivante : $NGF + 0,59 \text{ m} = IGN 69$

Principe des reconnaissances.

- Les essais au pénétromètre statique-dynamique ont été réalisés à l'aide de l'appareillage PONTIGNAC présentant les caractéristiques suivantes :

- La pointe conique a une section de 13,84 cm² et un angle de 60°
- Le manchon a un diamètre de 4,2 cm soit un périmètre de 13,18 cm
- L'enfoncement de la pointe se fait régulièrement à la vitesse de 2 cm/seconde.

L'appareillage est conçu pour mesurer tous les 25 cm et moins si nécessaire, la charge de rupture statique du terrain avec mesures séparées de la résistance de pointe et du frottement latéral. De plus l'appareil est muni d'un dispositif de battage qui permet de franchir les couches très résistantes où l'effort de pointe est supérieur à 720 bar.

Le refus statique des 2 essais ont été obtenus à 6 m de profondeur

- Le carottage des terrains a été réalisé de manière continu en pression dans les sols (au carottier simple enveloppe à trousses coupante de diamètre extérieur 107 mm), puis en rotation avec injection d'eau claire dans les roches (au carottier Bonne Espérance double enveloppe de 152 mm de diamètre extérieur).

L'ensemble des échantillons a été conditionné sous gaine plastique. Certains d'entr' eux ont été paraffinés afin de conserver leurs caractéristiques d'identification naturelle. Ces derniers au nombre de 10 ont été soumis aux essais appropriés en laboratoire de mécanique des sols du B.R.G.M. - région Nord.

Les 3 sondages ont atteint des profondeurs comprises entre 9 m et 13,20 m par rapport au sol actuel.

En annexe IIa du présent rapport, les pourcentages en récupération obtenue par passes de carottages sont figurés parallèlement aux coupes géologiques.

3 - RESULTATS GEOLOGIQUES DE LA CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE.

L'analyse et la synthèse des résultats géologiques font l'objet des annexes suivantes :

Annexe II : coupes géologiques des sondages et diagrammes de pénétration statique-dynamique

Annexe III : coupe géologique structurale suivant le profil en long du projet.

A partir de ces documents, nous pouvons commenter la succession suivante des terrains :

31 - Les remblais et la terre végétale.

L'ensemble des reconnaissances situées autour de la rue du Président Paul Doumer a mis en évidence de la terre végétale et du remblai. Ces dépôts récents datant de la mise en place de l'échangeur ont une épaisseur variant entre 1,50 m et 1,80 m environ.

Les remblais sont constitués de sable fin gris-bleu. Sur les diagrammes de pénétration, ce niveau se distingue par l'accroissement brutal de la résistance de pointe jusque 150 à 200 bar environ, suivi d'une chute aussi rapide au contact du sol sous-jacent.

32 - Les sols superficiels : le limon de plateaux et la craie en granules.

Sur ce tronçon, les sols superficiels sont uniquement constitués de silt brun à brun clair se chargeant en granules de craie en pied. Il passe progressivement à des granules de craie dans une matrice silteuse beige sur une faible épaisseur (0,55 à 0,80 m) recouvrant l'assise de craie blanche.

L'ensemble de ces sols superficiels atteint une épaisseur maximale

de l'ordre de 2 m au droit du sondage CSGA₄. Au Sud-Est du secteur étudié, l'épaisseur semble moindre (1,50 m environ) au droit du sondage GAg).

Sur les essais de pénétration statique-dynamique, les résistances de pointe enregistrées sont pratiquement constantes, de l'ordre de 20 bar. En pied, la résistance statique de pointe croît parfois brutalement, marquant la présence de granules de craie.

33 - La craie blanche (Sénonien).

Cette craie blanche est piquetée de grains de glauconie verdâtres. Elle a été rencontrée au droit des trois sondages exécutés. Son état d'altération est important. L'épaisseur sur laquelle elle a été rencontrée est comprise entre 0,70 m (GAg) et 3,35 m (CSGA₄).

34 - Le tun.

Le tun est constitué d'un banc durci à nodules glauconieux et phosphatés. L'épaisseur de ce niveau est de l'ordre de 0,10 à 0,25 m au droit du tronçon étudié (LOT 1a).

Cette assise marque le contact entre la craie blanche du Sénonien et la craie gris-vert du Turonien supérieur.

35 - La craie grise (Turonien supérieur)

Elle se présente ici sous trois faciès différents :

- la craie gris-vert glauconieuse et sableuse
- la craie grise à silex
- une alternance de craie grise et de passées marneuses.

Aucun des sondages n'a reconnu entièrement cette dernière assise.

L'analyse des coupes géologiques placées en annexe II et de la coupe structurale (annexe III) permet d'apporter les commentaires suivants :

- la_craie_gris-vert_glaconieuse et sableuse rencontrée immédiatement sous le banc de tun perd progressivement ses caractères sableux et glauconieux avec la profondeur.

L'altération transforme cette roche, massive lorsqu'elle est saine, en sable glauconieux (voir reconnaissance du Garage-Atelier p.8 du rapport BRGM 77 SGN 271 NPA).

L'épaisseur totale moyenne au droit du LOT la est de l'ordre de 2,25 à 2,55 m. En pied, un niveau de meule de faible épaisseur (0,10 m environ) a été généralement rencontré.

- La_craie_grise_à_silex débute régulièrement par un banc durci de tun de 0,10 à 0,20 m d'épaisseur.

Ce niveau de craie gris-blanchâtre contenant souvent des silex cornus a une épaisseur comprise entre 2,45 m et 3,00 m. Il a été rencontré au droit des trois sondages de reconnaissance géologique .

Comme l'ensemble des terrains précédemment décrit, ce niveau se présente généralement dans un état d'altération assez important (RQD toujours inférieur à 35 %).

- L'alternance_de_craie_grise et de passées marneuses. Cette assise rencontrée lors des reconnaissances des Lots voisins (Garage-Atelier et Viaduc) possède des caractéristiques marneuses nettes. Nous la plaçons pourtant dans l'horizon craie grise, compte-tenu de la présence de bancs crayeux grisâtres.

Cette couche fait la transition entre la craie grise sus-jacente et les marnes bleues sous-jacentes ; les trois sondages l'ont pénétrée d'un mètre environ.

Cette assise se présente sous forme de bancs massifs et sains.

36 - Remarques sur la structure du sous-sol.

Sur la coupe structurale placée en annexe III du présent rapport, on note une structure relativement bouleversée et complexe du sous-sol comme nous l'avions mise en évidence dans l'étude de fondation du Garage-Atelier (rapport BRGM 77 SGN 271 NPA).

En plus des trois sondages CSGA₄, CSGA₅ et GA₈, nous avons indiqué la coupe du sondage GA₇. La présence de pendages différents est remarquable entre le GA₇ et le GA₈ d'une part (pendage apparent des couches vers le Sud-Est) et entre le GA₈ et le CSGA₄ en passant par le CSGA₅ d'autre part (pendage apparent de direction Nord-Ouest) : cette différence de pendage pourrait s'expliquer par la présence d'une faille au droit de la rue de l'Epine (le pendage des couches au-delà du sondage GA₇ dans l'emprise du Garage-Atelier reprenant la direction Sud-Est - voir rapport BRGM 77 SGN 271 NPA).

Cette remarque nécessitera une observation précise du sous-sol ainsi que quelques précautions lors de la construction de l'ouvrage d'art au droit de cette voie.

37 - Remarques sur l'hydrogéologie du site.

Les sondages carottés étant réalisés avec injection d'eau claire, la présence de la nappe aquifère de la craie n'a pas été mise en évidence nettement. L'exécution d'un sondage destructif GA_{8bis} a permis de mettre en place un piézomètre de Ø 32 mm à l'intérieur duquel il est possible de mesurer le niveau d'eau de la nappe.

Le 27.09.1977, le niveau était à 9,30 m de profondeur soit environ +29,70 m IGN 69.

4 - RESULTATS GEOTECHNIQUES.

41 - Caractéristiques géotechniques des sols

a) Les essais en laboratoire.

Ces essais effectués sur les sols superficiels qui comprennent uniquement le limon de plateaux et la craie en granules sont les suivants :

- Essais d'identification

- Détermination de la teneur en eau naturelle (W %)
- Détermination des poids spécifiques apparents secs (γ_d) et eau comprise (γ_h) par immersion (paraffine) exprimés en t/m³

- Essais de compressibilité

- Détermination de l'indice de compression (C_c) et de l'indice des vides (e_0) par essai à l'oedomètre.

- Essais de stabilité

- Détermination des caractéristiques intrinsèques

- la cohésion (C) exprimée en bar
- l'angle de frottement (ϕ) exprimé en degré

Ces valeurs sont obtenues par essai de cisaillement linéaire à la boîte de Casagrande.

b) Résultats des essais

Le programme d'essais est réparti sur les trois reconnaissances du tronçon et a porté sur 8 échantillons intacts de sols.

L'ensemble des résultats obtenus lors de cette campagne est placé en annexe II sous forme de tableaux récapitulatifs ; les courbes oedométriques sont en annexe V.

c) Caractéristiques d'identifications

Les essais d'identifications sur les sols ont permis de caractériser les sols superficiels constitués de silt brun à brun-clair, puis de craie en granules dans une matrice silteuse beige, en partie inférieure.

Le silt brun.
.....

Les teneurs en eau naturelle sont comprises entre 18,5 et 21,5 % ; la valeur moyenne se situant vers 20 %.

Les poids spécifiques apparents humides sont compris entre 1,94 et 2,05 t/m³, la valeur moyenne étant de l'ordre de 2,00 t/m³.

Les poids spécifiques apparents secs sont compris entre 1,63 et 1,72 t/m³, avec une valeur moyenne de 1,68 t/m³

Les résultats obtenus confirment les fourchettes et valeurs moyennes obtenues lors des études spécifiques au "Viaduc" et au "Garage-Atelier".

La craie en granules.

Sur la craie en granules à matrice silteuse, quelques mesures d'identifications ont été effectuées. Elles ont fourni les résultats suivants :

Teneur en eau : $20,5\% < W\% < 22,5\%$

Poids spécifiques apparents humides : $1,96\text{ t/m}^3 < \gamma_h < 2,06\text{ t/m}^3$

Poids spécifiques apparents secs : $1,61\text{ t/m}^3 < \gamma_d < 1,69\text{ t/m}^3$

b) Caractéristiques de stabilité.

Trois essais de cisaillement linéaire à la boîte de Casagrande non consolidé, non drainé ont été effectués sur le silt brun.

Les caractéristiques de stabilité sont du même ordre que celles définies lors des études concernant les ouvrages voisins (Garage-Atelier et Viaduc) soit :

- un angle de frottement interne (ϕ) compris entre 21 et 28°
- et une cohésion (C) comprise entre 0,15 et 0,30 bar.

c) Caractéristiques oedométriques.

Trois essais ont été exécutés. Ils donnent les résultats suivants :

- indice des vides (e_0) compris dans une fourchette de valeur de 0,559 et 0,606
- indice de compression (C_c) compris entre 0,094 et 0,110

42 - Caractéristiques géotechniques des assises rocheuses.

a) les essais en laboratoire.

Les essais réalisés sont les suivants :

Essai d'identifications

- . Détermination de la teneur en eau naturelle (W %)
- . Détermination des poids spécifiques apparents par immersion (γ_h et γ_d en t/m³)

Essai de compression simple

Les essais de compression ont été réalisés sur des éprouvettes cylindriques de diamètres voisins de 70 à 80 mm et d'élancement 2.

Les deux extrémités des éprouvettes ont été rectifiées de façon à être rigoureusement parallèles. On détermine ainsi la résistance à la compression simple R_c exprimée en MPA (1 MPA = 10 bar).

Essai de cisaillement

Cet essai permet, par cisaillement direct, de déterminer les caractéristiques de rupture (angle de frottement interne γ_r et cohésion C_r) et les caractéristiques résiduelles (angle de frottement résiduel γ_f et cohésion résiduelle C_f). Les cohésions sont exprimées en MPA et les angles de frottement en degré.

Essai de déformabilité

Comme pour l'essai de compression simple, on utilise des éprouvettes cylindriques d'élancement 2. On fait subir à ces éprouvettes alternativement des chargements et des déchargements en augmentant, sur deux ou trois cycles, la contrainte maximale atteinte. Les courbes efforts-déformation obtenues permettent de déterminer les modules de déformabilités tangents ou sécants. Les modules E sont exprimés en MPA.

b) Résultats des essais.

Quelques essais ont été réalisés sur les échantillons intacts prélevés en cours de sondage. Ces essais ont permis de caractériser les horizons suivants :

- la craie blanche piquetée
- la craie gris-vert sableuse
- la craie grise à silex.

L'ensemble des résultats obtenus est récapitulé dans les tableaux en annexe VI du présent rapport.

Nous analysons ci-dessous les différents essais effectués sur les terrains cités ci-dessus.

b₁) Caractéristiques d'identifications

Sur le craie blanche, les fourchettes de valeurs sont les suivantes :

- la teneur en eau naturelle : 16 à 24,5 %
- les poids spécifiques apparents humides (γ_h) : 1,88 à 1,95 t/m³.
- poids spécifiques apparents secs (γ_d) : 1,51 à 1,66 t/m³

Les valeurs obtenues sur la craie gris-vert sableuse sont les suivantes :

- teneur en eau naturelle (W %) : 14 à 26,5 %
- poids spécifiques apparents humides (γ_h) : 1,87 à 1,96 t/m³
- poids spécifiques apparents secs (γ_d) : 1,48 à 1,72 t/m³.

L'ensemble de ces résultats sont en accord avec les valeurs précédemment obtenues (campagne du Garage-Atelier et du Viaduc)

b₂) Caractéristiques mécaniques

- Résistance à la compression simple

L'effort de compression simple est orienté suivant l'axe du sondage (compression monoaxiale verticale).

Les deux mesures de résistance à la compression sont faites sur du matériau en état de saturation. Ces deux mesures ont porté sur la craie gris-vert sableuse et glauconieuse.

Les valeurs obtenues sont 3,13 et 3,96 MPA, soit environ 31,3 et 39,6 bar. Celles-ci entrent dans la fourchette définie lors des études précédentes.

- Essais de déformabilité.

La courbe effort -déformation de l'essai exécuté sur la craie grise à silex (sondage CSGA₅ vers 12 m de profondeur) est placée en annexe VIIa du présent rapport.

A partir de cette courbe, on détermine les modules tangents de déformations (E₁, E₂, E₃) correspondant à chaque cycle en fonction de la contrainte maximale atteinte. Ces résultats (module - contrainte maximale) sont consignés dans le tableau récapitulatif des essais de mécanique des roches placés en annexe VI.

Les modules tangents obtenus sont compris entre 380 et 1140 MPA. Ces valeurs sont proches de celles définies sur la craie gris-vert sus-jacente lors des études antérieures relatives au tronçon "Viaduc".

- Résistance au cisaillement.

Les éprouvettes cylindriques ont les dimensions suivantes:

- longueur 120 mm
- diamètre soit 62 ou 82 mm.

L'axe de ces éprouvettes est confondu avec l'axe du sondage, de sorte que les caractéristiques mesurées sont relatives aux plans horizontaux.

3 essais ont été réalisés, deux sur la craie gris-vert sableuse et le troisième sur la craie grise à silex.

Nous analysons ensemble les résultats obtenus :

- les caractéristiques à la rupture présentent une certaine dispersion :

- cohésion C_c comprise entre 0,67 et 1,04 MPA
- angle de frottement interne compris entre 33 et 38°

- les caractéristiques résiduelles par contre sont groupées :

- cohésion Cf comprise entre 0,12 et 0,31 MPA
- angle de frottement interne compris entre 25° et 31°.

5 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.

A partir de l'analyse des différentes reconnaissances in situ et des résultats des essais en laboratoire, les remarques suivantes concernant l'orientation du mode de fondation à envisager pour les deux ouvrages d'art projetés peuvent être dégagées.

- Le radier des voies sera situé au voisinage de +33 à +34 IGN 69 d'après l'avant-projet détaillé. Les terrains constituant le sol à cette cote sont rocheux :

- soit de la craie blanche piquetée
- soit de la craie gris-vert sableuse
- soit de la craie grise à silex.

Au droit des deux ouvrages de la rue de l'Epine et de la rue du Président Paul Doumer, des fondations dites superficielles seront à rechercher dans le substratum crayeux (soit dans la craie grise à silex pour le premier et dans la craie gris-vert pour le second).

- Les résultats obtenus par essai de pénétration statique-dynamique montrent des résistances de pointe élevées au niveau de ces sols de fondation ($R_p > 120$ bar).

- Les essais en laboratoire, en particulier les essais de résistance à la compression, donnent des caractéristiques normalement élevées ($R_c = 30$ à 40 bar).

- Par ailleurs, la nappe aquifère n'ayant pas été rencontrée dans les sondages, les fondations seront hors d'eau malgré le battement possible de la nappe (de l'ordre de 2 m au-dessus du niveau existant lors de la reconnaissance d'après les mesures piézométriques enregistrées sur le tronçon Pont de Bois-Garage-Atelier).

◦ ◦
◦

Compte-tenu de ces remarques et du profil en long étudié (APD SOFRETU IV A.1.2.1) des fondations superficielles par semelles filantes encastrées de 0,80 m au minimum sous le niveau du sol fini peuvent être envisagées. Un taux de travail de 40 t/m², soit environ 4 bar peut être retenu sans problème dans ces conditions.

Lors de la réalisation des semelles, un examen très soigneux devra obligatoirement être effectué afin de s'assurer de la bonne qualité du sol de fondation et de l'homogénéité de l'assise. Cette remarque valable pour les 2 ouvrages s'adresse particulièrement au cas de l'ouvrage de la rue de l'Epine où nous avons signalé l'existence d'une anomalie géologique au niveau des pendages.

Entre les deux ouvrages (90 m de distance), aucune reconnaissance n'a été menée pour étudier la variation de l'épaisseur des sols de couverture.

En l'absence d'étude spécifique de stabilité, il est néanmoins possible d'envisager de retenir une pente de 1/1 (45°) pour les talus de la tranchée ouverte.

Lors du terrassement de ce secteur, une observation précise des terrains rencontrés sera nécessaire afin de s'affranchir d'anomalies géologiques non reconnues (poche de dissolution, faille etc...).

6 - CONCLUSIONS.

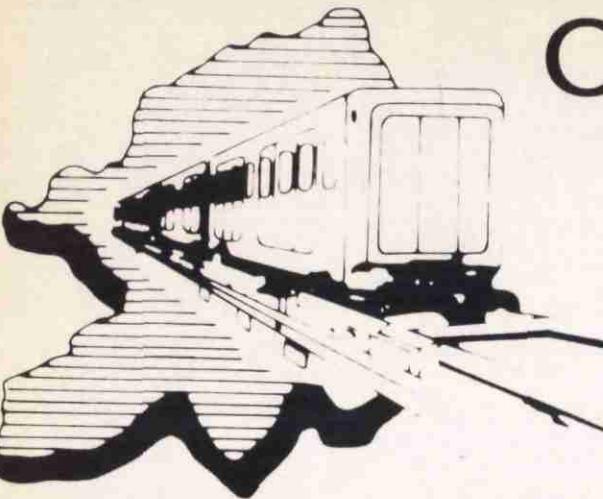
A la demande de la Communauté Urbaine de LILLE, Direction de la Voirie et des Transports Urbains, nous avons procédé à l'étude du sous-sol au droit des 2 ouvrages d'art projetés (LOT 1a) sur la ligne n° 1 du METRO, entre le Garage-Atelier et le début du Viaduc sur le territoire de la commune de VILLENEUVE D'ASCQ (59).

A l'issue de cette étude, il est possible d'envisager pour la fondation des ouvrages, des formations superficielles sur semelles filantes fondées à 0,80 m au minimum sous le radier des voies futures.

Compte-tenu des caractéristiques mécaniques des terrains rocheux et du profil en long, ces semelles, fondées sur la craie gris-vert ou la craie grise, pourront travailler à 40 t/m², soit environ 4 bar.

Lors de l'exécution des ouvrages, il sera nécessaire d'effectuer un contrôle et une observation systématique des fonds de fouilles avant de couler le béton, afin de s'affranchir des problèmes particuliers liés à la structure du sous-sol et de se prémunir d'accidents géologiques éventuels (failles par exemple).

J.M. ROGEZ
Ingénieur géotechnicien
B.R.G.M. région Nord



COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE

Annexe. I



- LIGNE N°1 -

OUVRAGES D'ART ENTRE LE GARAGE ATELIER ET LE VIADUC -

- Lot 1a -

- Etudes géologique, mécanique et hydraulique du sol -

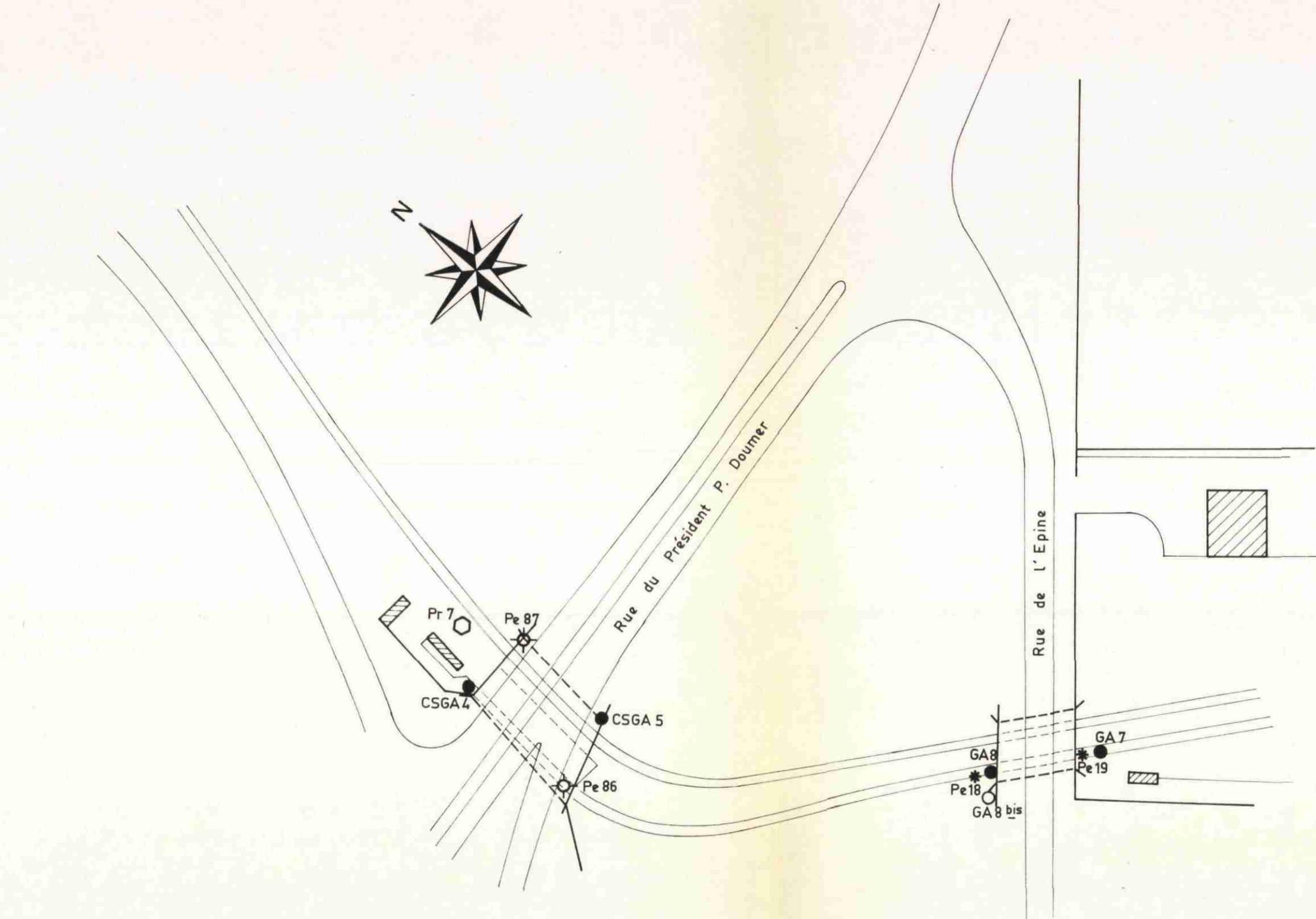
- PLAN DE SITUATION DES SONDAGES -

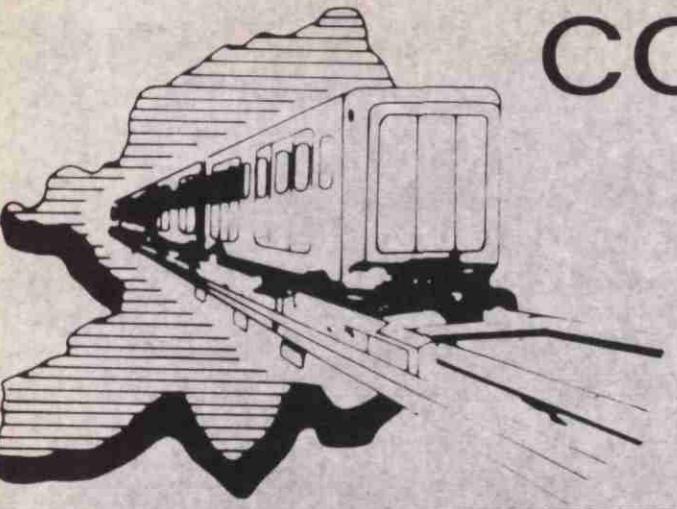
LÉGENDE

- Sondage carotté
- Sondage destructif (pose de piézomètre)
- * Essai pénétrométrique statique dynamique (campagne 1976).
- Essai pénétrométrique statique dynamique (campagne 1977).
- Sondage destructif avec essais pressiométriques (campagne 1976).

B. R. G. M.
Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS
Rapport n° 77 SGN 468 NPA
Plan n°
Date 22.09.1977

Echelle : 1/1000





COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE



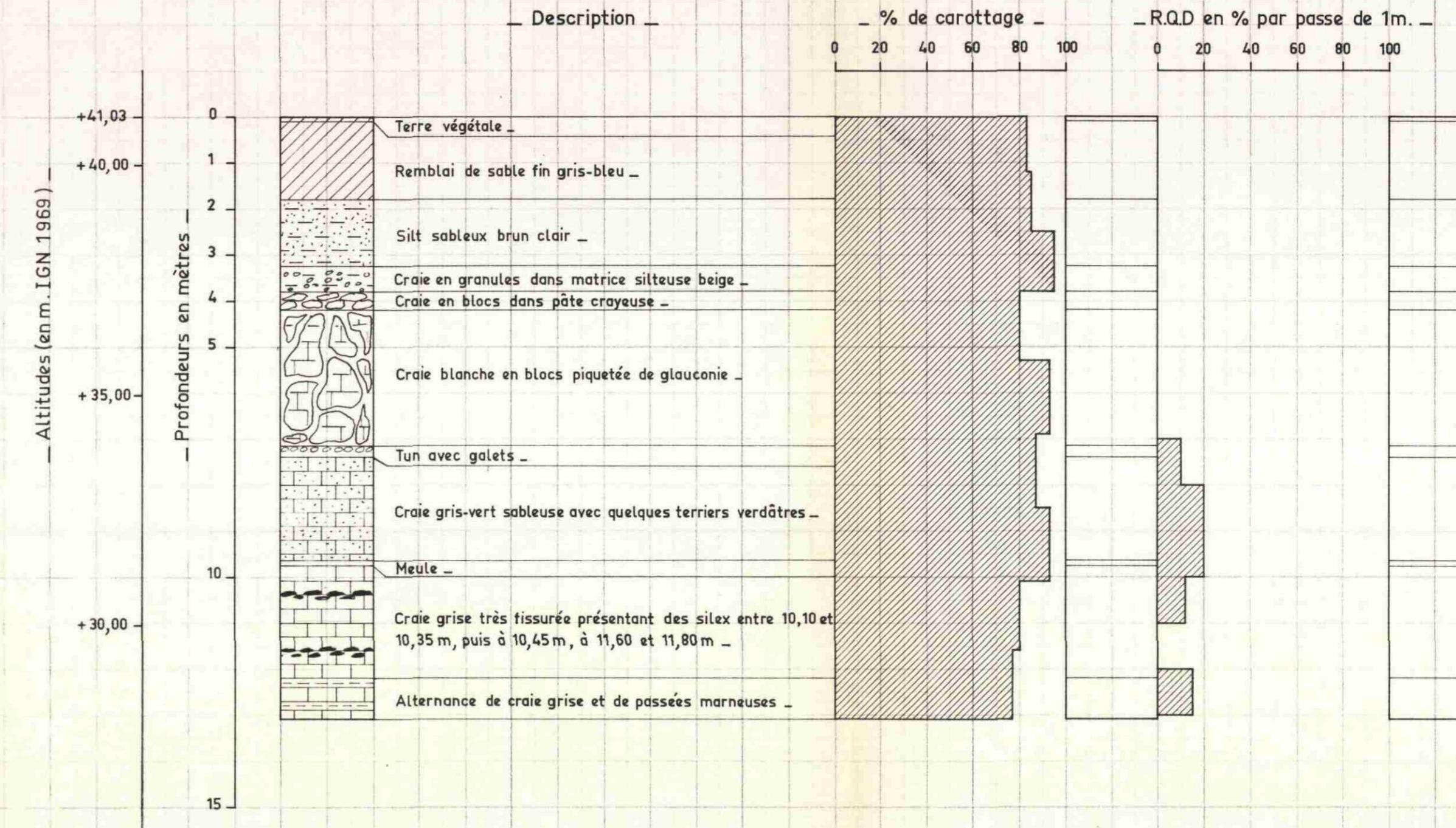
OUVRAGES D'ART ENTRE LE GARAGE ATELIER ET LE VIADUC

Lot 1a

Etudes géologique, mécanique et hydraulique du sol

SONDAGE - CSGA 4

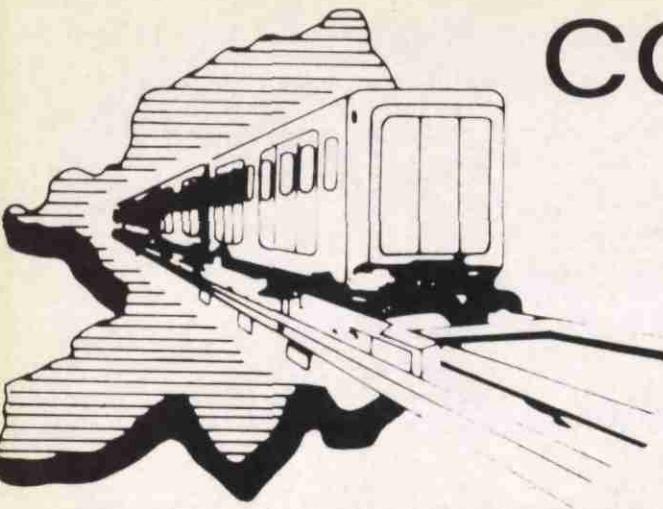
Annexe II
a1



B. R. G. M.

Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° 77 SGN 468 NPA
Plan n°
Date : 22-09-1977



COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE

Annexe. II
a2

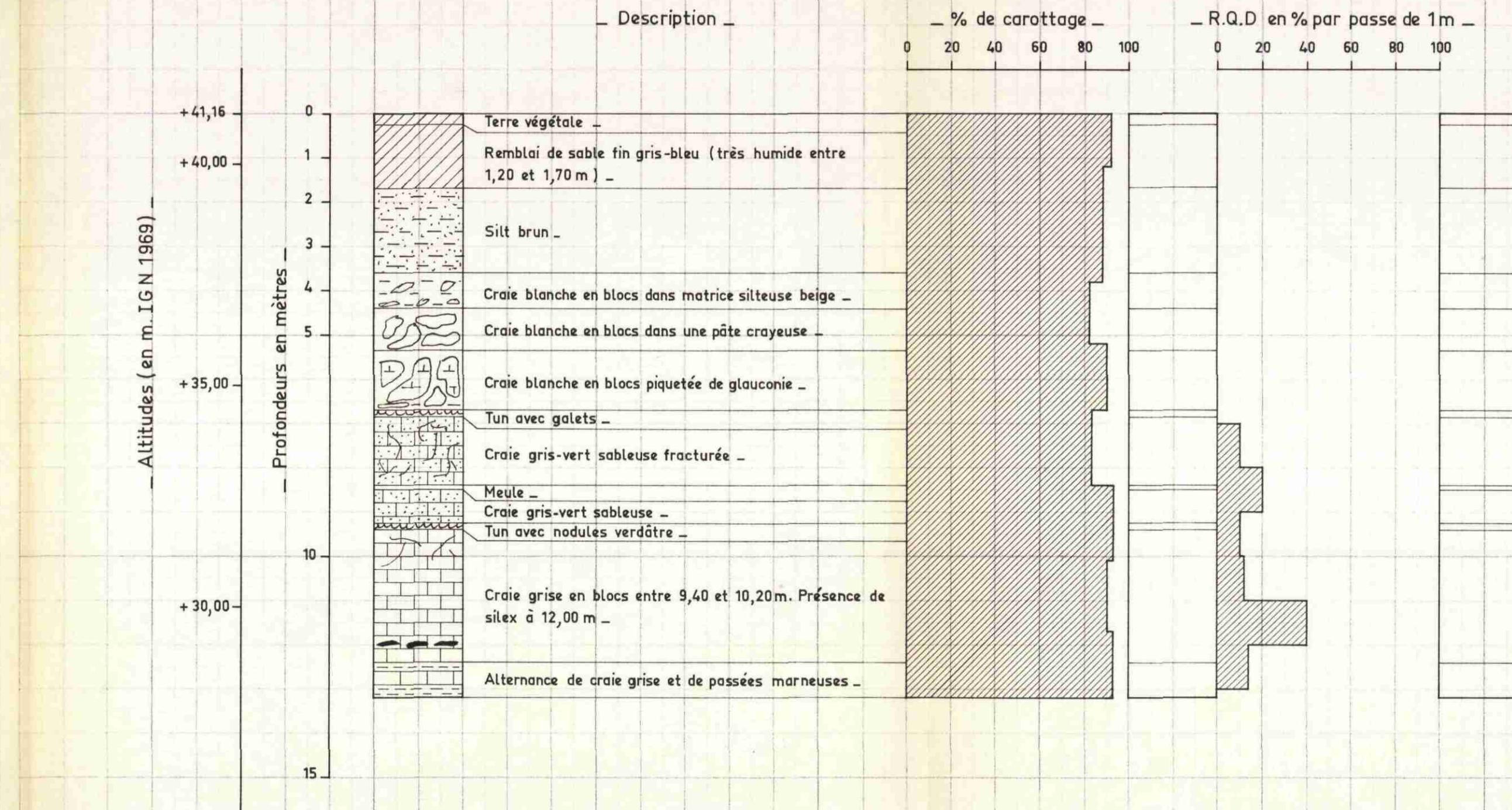
- LIGNE N°1 -

OUVRAGES D'ART ENTRE LE GARAGE ATELIER ET LE VIADUC -

- Lot 1a -

- Etudes géologique, mécanique et hydraulique du sol -

- SONDAGE - CSGA 5 -



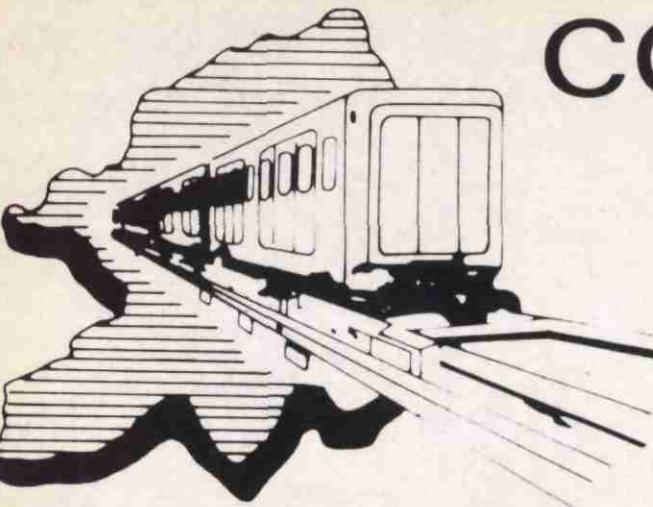
B. R. G. M.

Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° 77 SGN 468 NPA

Plan n°

Date : 22-09-1977



COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE

Annexe II
a3



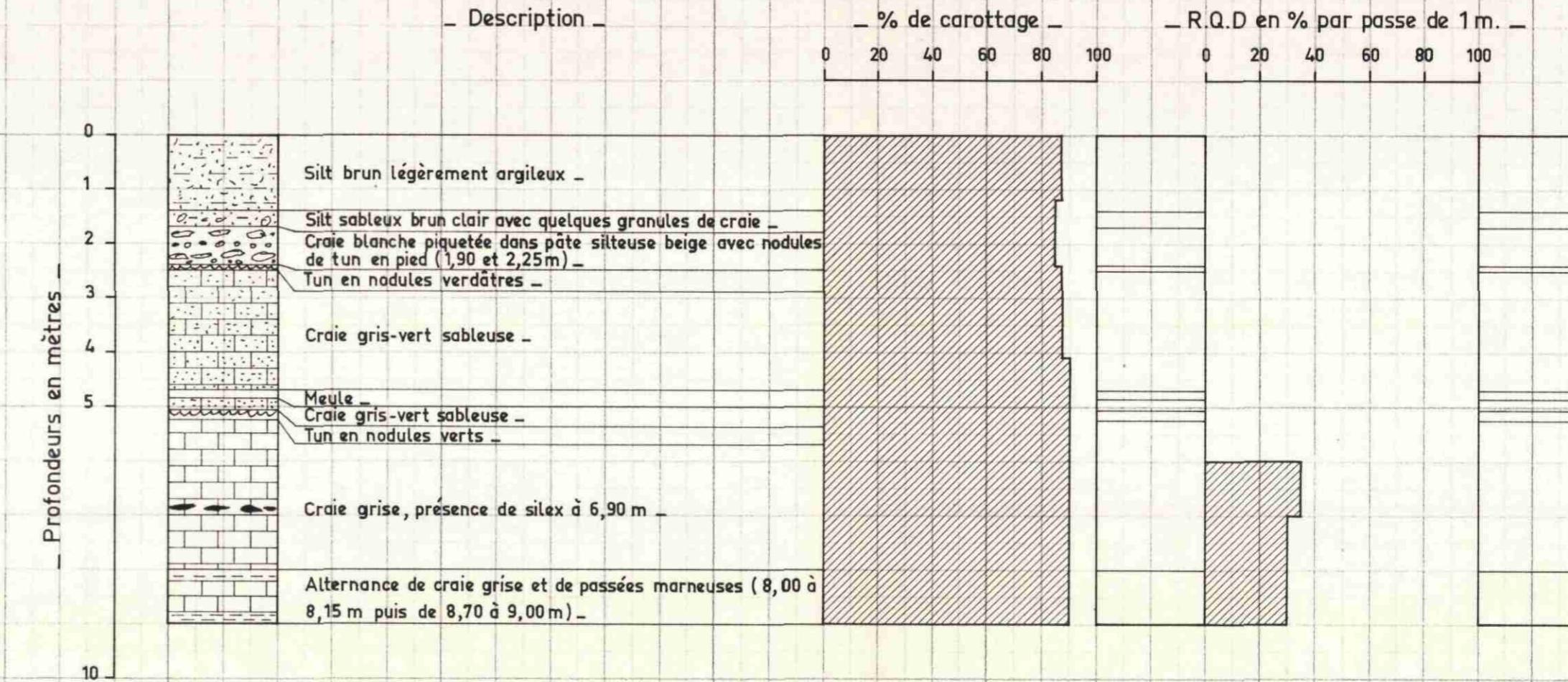
- LIGNE N°1 -

OUVRAGES D'ART ENTRE LE GARAGE ATELIER ET LE VIADUC -

- Lot 1a -

- Etudes géologique, mécanique et hydraulique du sol -

- SONDAGE - GA 8 -



B. R. G. M.

Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° 77 SGN 468 NPA

Plan n°

Date : 22.09.1977

B.R.G.M. région Nord

LEZENNES

77 SGN 468 NPA

ANNEXE II_b

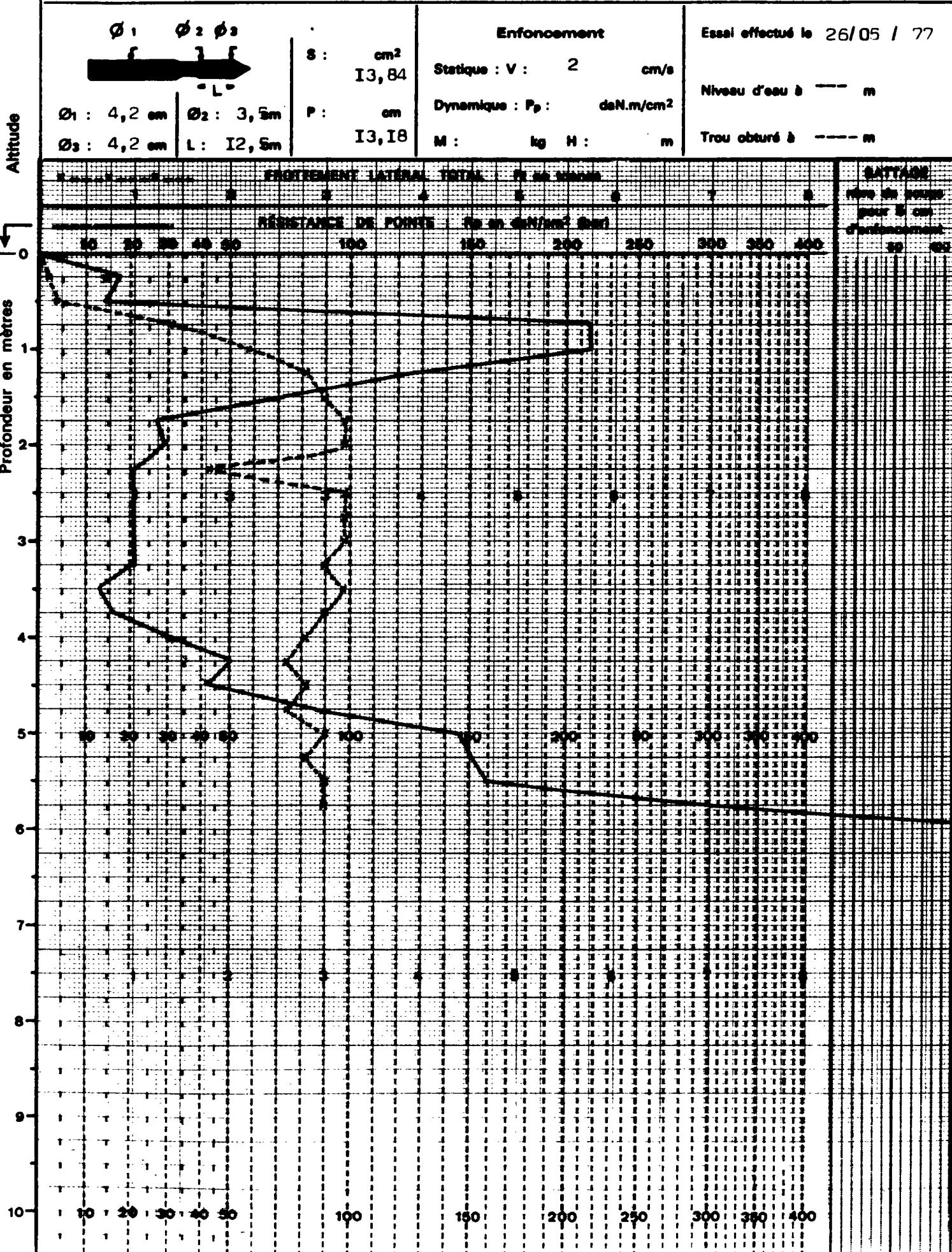
CAHIER DES DIAGRAMMES DE PENETRATION STATIQUE-DYNAMIQUE (2)

Entreprise PONTIGNAC
40, Rue Emile Basly
59410 ANZIN
Tel. (20) 46.90.15

METRO - C.U.J.L. Ligne I
Tronçon Pont De Bois
Garage Atelier

z = +41,16m.

P_e 86



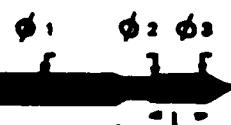
Entreprise PONTIGNAC
40, Rue Emile Basly
59410 ANZIN
Tel. (20) 46.90.15

METRO - C.U.O.L, Ligne I

Tronçon Pont De Bois
Garage Atelier

$z = +41,05m.$

P_e 87



$S: 13,84 \text{ cm}^2$

$P: 13,18 \text{ cm}$

$\varnothing_1: 4,2 \text{ cm}$ $\varnothing_2: 3,5 \text{ cm}$
 $\varnothing_3: 4,2 \text{ cm}$ $L: 12,5 \text{ cm}$

Enfoncement

Statique : $V: 2 \text{ cm/s}$

Dynamique : $P_p: 40 \text{ N/mm}^2$

$M: 1 \text{ kg}$ $H: 1 \text{ m}$

Essai effectué le 25 / 05 / 77

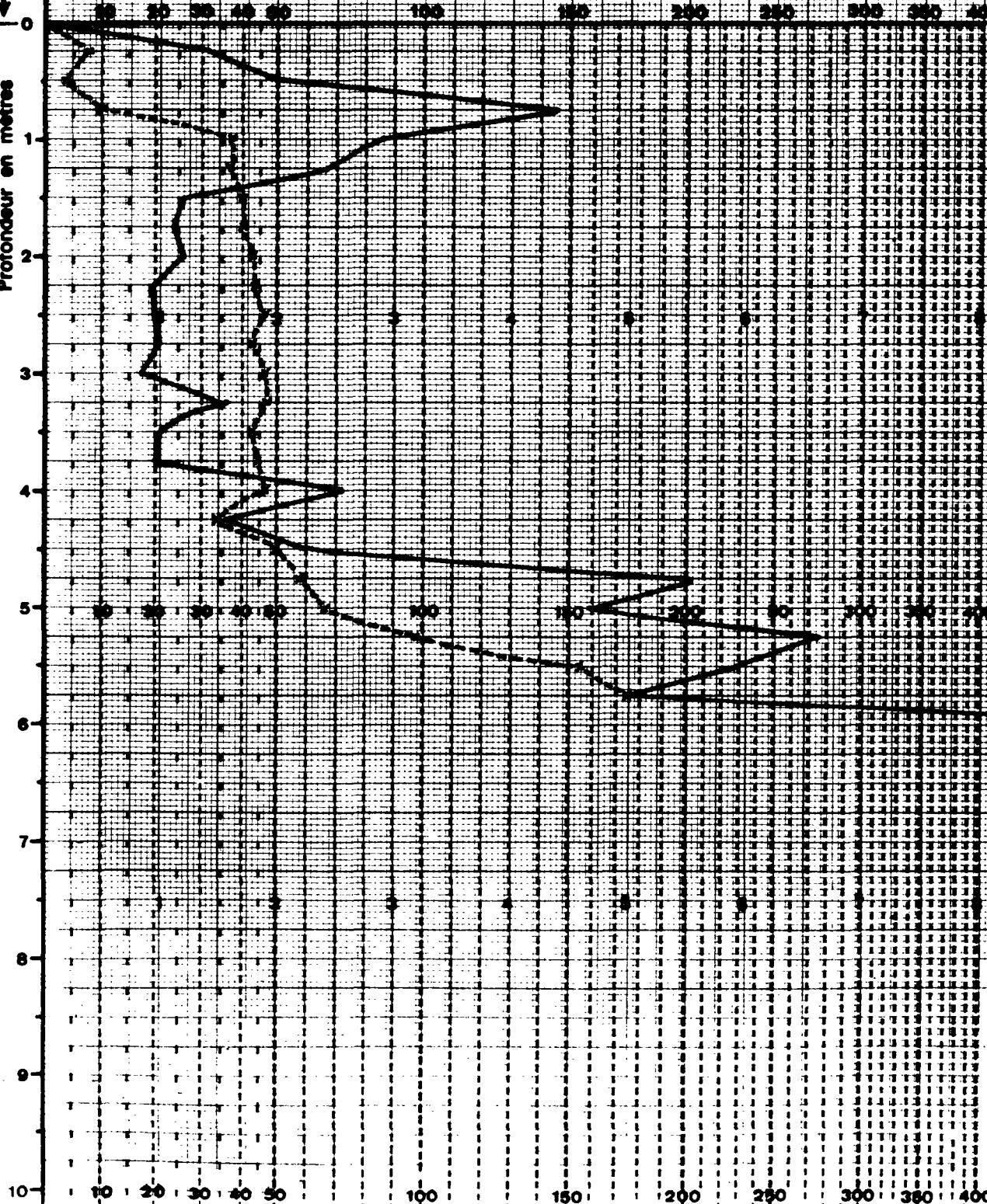
Niveau d'eau à --- m

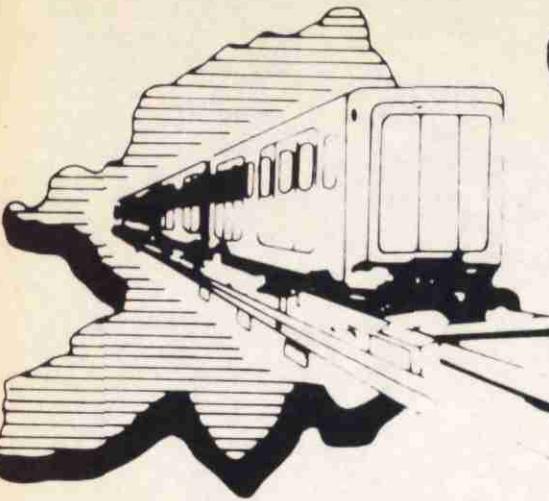
Trou obturé à --- m

FRICITION - FROTTEMENT - FROTTEMENT D'ARRÊT

RÉSISTANCE DES PONTS - Ns en N/mm²/m²

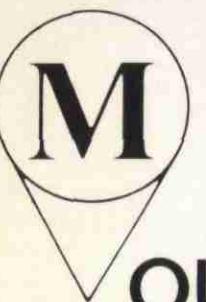
Profondeur en mètres





COMMUNAUTÉ URBAINE DE LILLE

Annexe III



- LIGNE N°1 -

OUVRAGES D'ART ENTRE LE GARAGE ATELIER ET LE VIADUC -

- Lot 1a -

- Etudes géologique, mécanique et hydraulique du sol -

- COUPE GÉOLOGIQUE STRUCTURALE -

. Suivant le profil en long .

LEGENDE

- GA 8 Indication des reconnaissances.
-  Sols superficiels.
- CBp Craie blanche piquetée.
-  Tun (ou meule)
- Cv Craie gris-vert sableuse et glauconieuse.
- Gs Craie grise à silex.
- CG/MV Alternance de craie grise et de marne verte.

Remarque : la surface topographique a été établie d'après le document SOFRETU

B. R. G. M.

Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

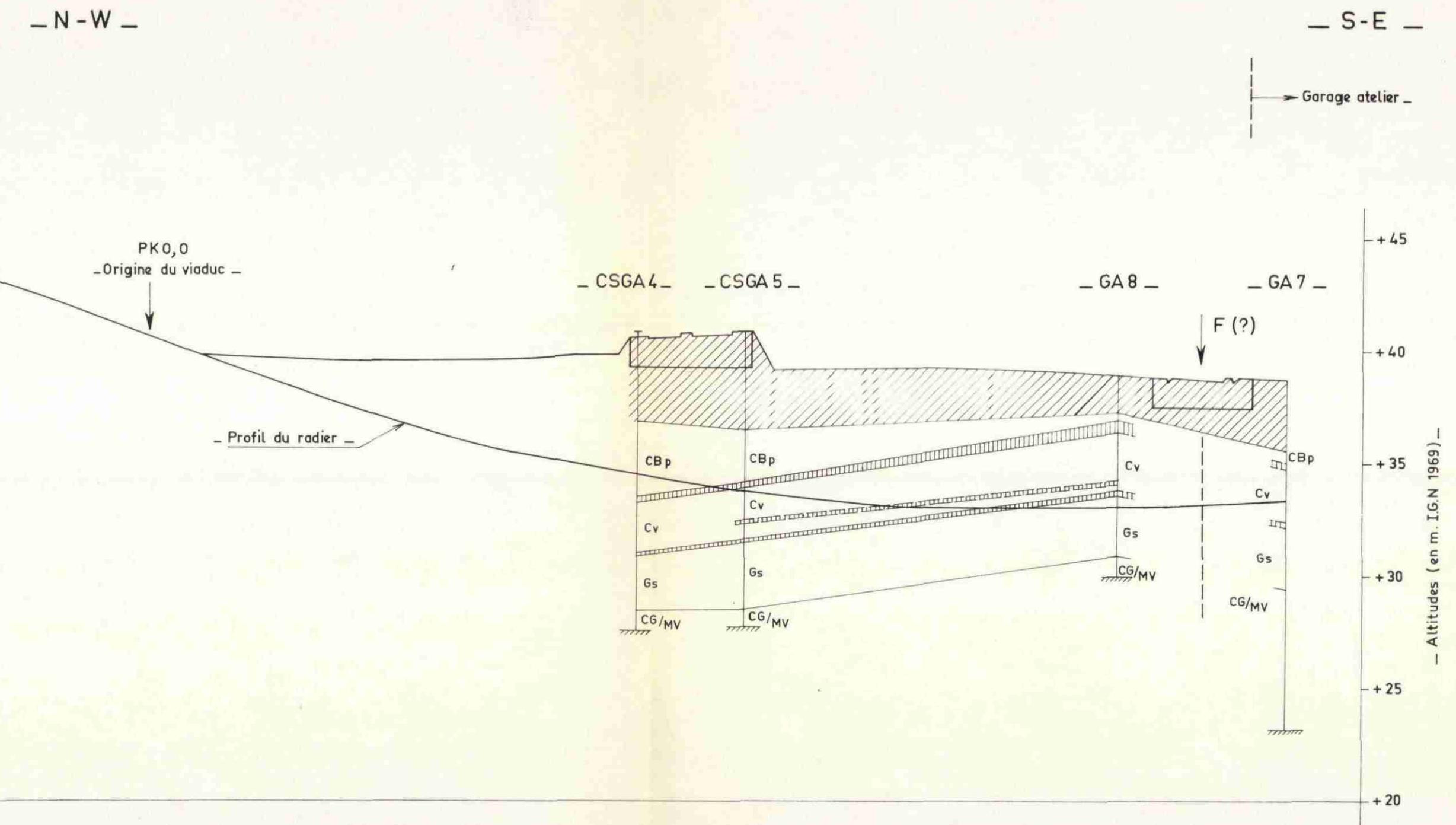
Rapport n° 77 SGN 468 NPA

Plan n°

Date 22.09.1977

n° Lil 1. 3173 du 21/6/1976 (avant-projet détaillé IV.A.1.2.1.)

Longueurs : 1/1000
Echelles : Hauteurs : 1/200



B.R.G.M. région Nord

LEZENNES

77 SGN 468 NPA

ANNEXE IV

TABLEAUX RECAPITULATIFS DES ESSAIS DE MECANIQUE

DES SOLS EN LABORATOIRE

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS DE SOL EN LABORATOIRE

Sondage CSGA₄

METRO C.U.D.L.
Ouvrages d'art ent
Garage-Atelier et
Viaduc (LOT 1a) -
VILLENEUVE D'ASCQ (

S. n°	Ech. n°	prof. en m.	DESCRIPTION	Teneur en eau W %	Poids spécifiques apparents en t/m ³	TRIAXIAL				Cisaillement non consolidé non drainé	Caractéristique de compressibilité	
						humide γ_h	sec γ_d	C_{cu} en b.	γ_{cu} en °	court terme	long terme	
CSGA ₄	1	0,00	0,00 à 0,10 m : Terre végétale 0,10 à 1,20 m : Remblai de sable gris-bleu	35,5	1,54	1,14						
		1,20										
	2	1,20	1,20 à 1,80 m : Remblai de sable gris-bleu 1,80 à 2,40 m : Silt sableux brun-clair	20,0	2,00	1,67						
		2,40										
	3	2,50	2,50 à 3,25 m : Silt sableux brun-clair 3,25 à 3,70 m : Craie en granules dans une matrice silteuse beige	19,0	2,03	1,71						
		3,70										
	4	3,80	3,70 à 3,80 m : Craie en granules dans une matrice silteuse beige 3,80 à 4,20 m : Craie en blocs dans une pâte crayeuse	20,5								
		4,20										
		5,30	4,20 à 5,30 m : Craie blanche en blocs, piquetée de lauconie	16,0								
				18,0	1,95	1,66						

Sondage CSGA₅

B.R.G.M.
région Nord-
LEZENNES (Nord)
77 SGN 468 NPA
ANNEXE IV

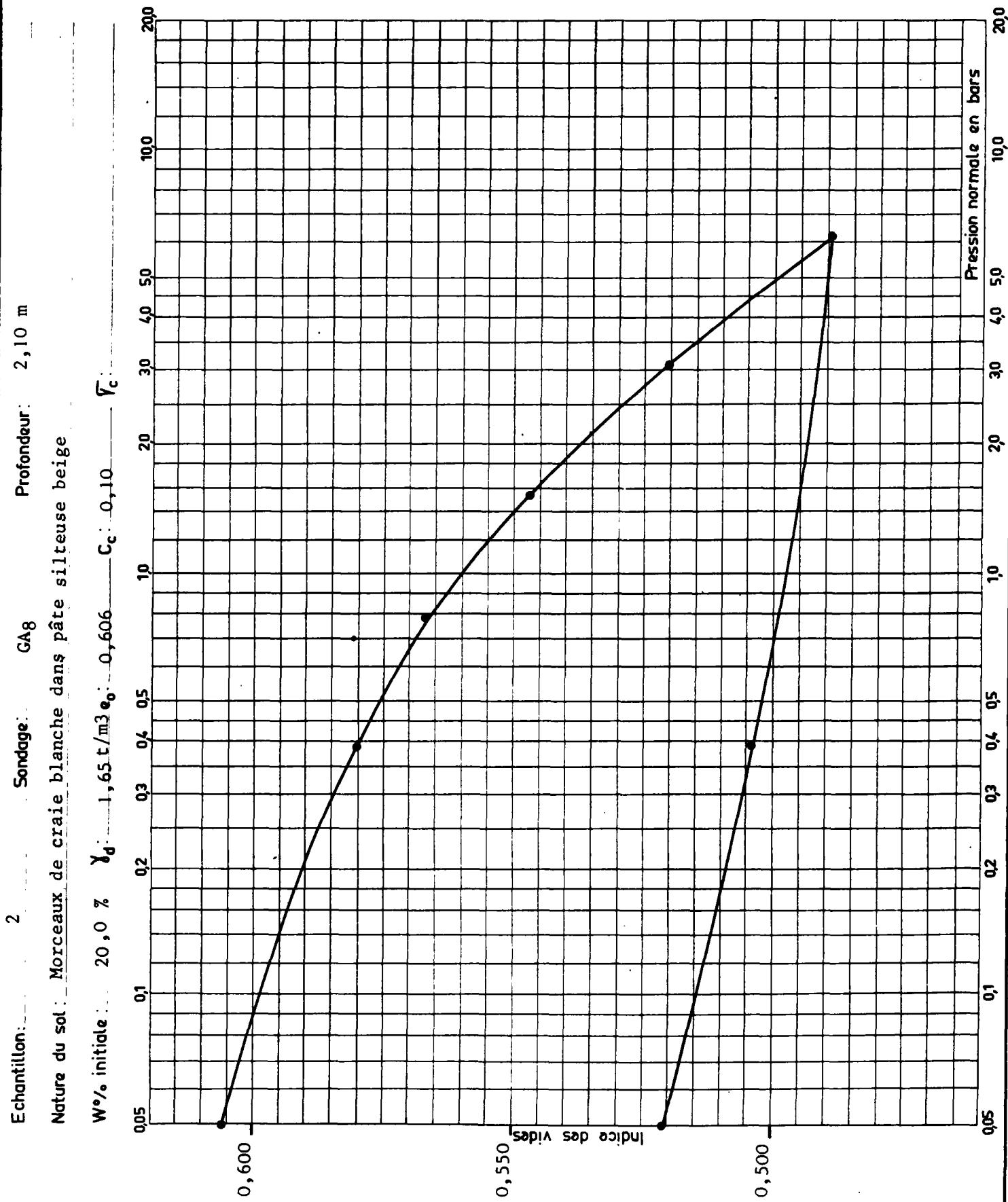
TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS DE SOL EN LABORATOIRE

Sondage GA₈

METRO C.U.D.L.
Ouvrages d'art entre
entre le Garage-Atelié
et le Viaduc (LOT 1a)
VILLENEUVE D'ASCQ (59)

S. n°	Ech. n°	Prof. en m.	DESCRIPTION	Teneur en eau W %	Poids spéci- ques apparents en t/m ³	TRIAXIAL				Cisaillement non consolidé non drainé	Caractéristiques de compressibilité			
						Caractéristiques intrinsèques		long terme			court terme			
						C _{cu} b.	γ _{cu} en °	C' en b	φ' en °		C _{uu} en b	γ _{uu} en °	e _o Indice des vides	C _c Indice de compression
GA ₈	1	0,00	Silt brun légèrement argileux	18,5	1,94	1,63								
		1,20		20,5	1,96	1,63					0,15	29°		
	2	1,20	1,20 à 1,40 m : Silt brun légèrement argileux 1,40 à 1,70 m : Silt sableux brun-clair avec quelques granules de craie 1,70 à 2,40 m : Morceaux de craie dans pâte silteuse beige - Nodules de TUN à 1,90 et 2,25 m	19,0	1,99	1,67								
		1,70		20,0	1,98	1,65								
		2,40		15,5	2,11	1,82							0,606	0,100

COURBES OEDOMETRIQUES (3)

- ESSAI DE COMPRESSIBILITÉ -

- ESSAI DE COMPRESSIBILITÉ -

3,40 m

Profondeur:

CSGA5

Sondage:

3

Nature du sol: Silt brun

W% initiale: 19,0 %

 γ_d : 1,70 t/m³ ϵ_0 : 0,559 C_c : 0,110 f_c :

Indice des vides

0,500

0,450

0,05

0,1

0,2

0,3

0,4

0,5

1,0

2,0

3,0

4,0

5,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

20,0

10,0

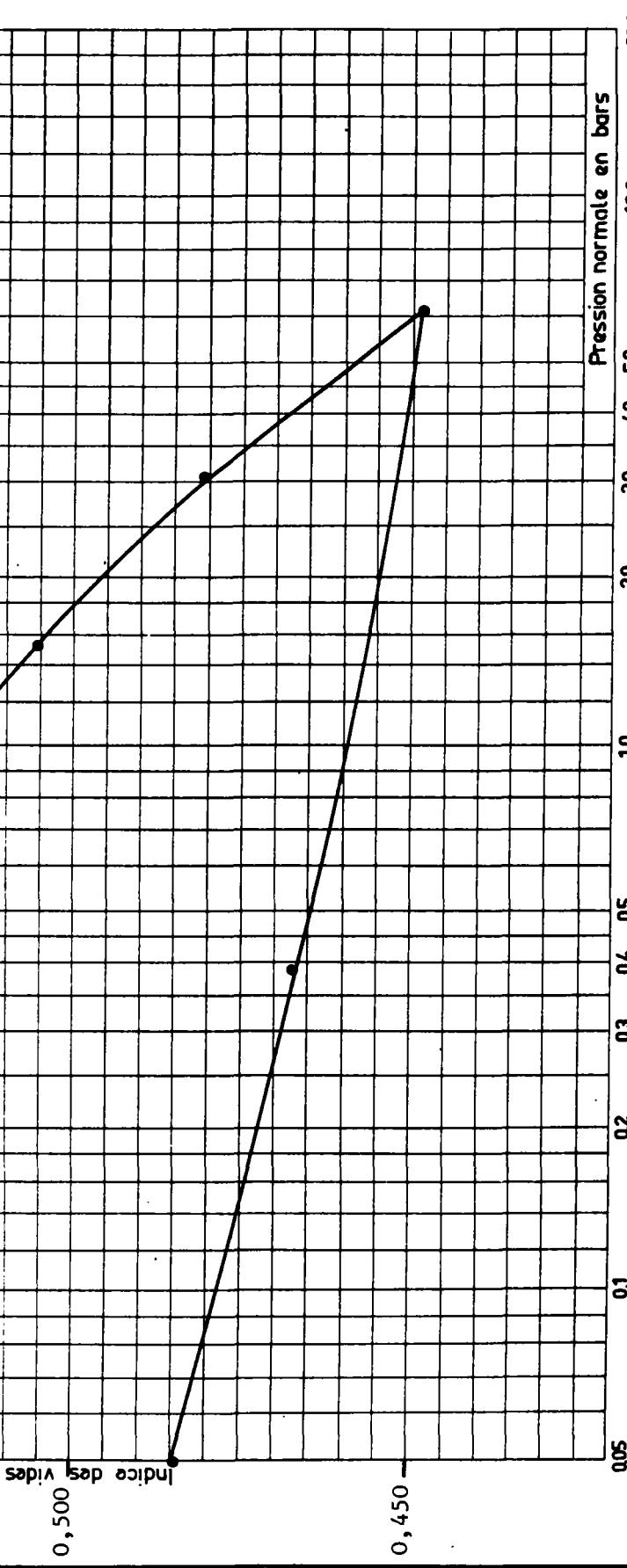
20,0

10,0

20,0

10,0

20,0



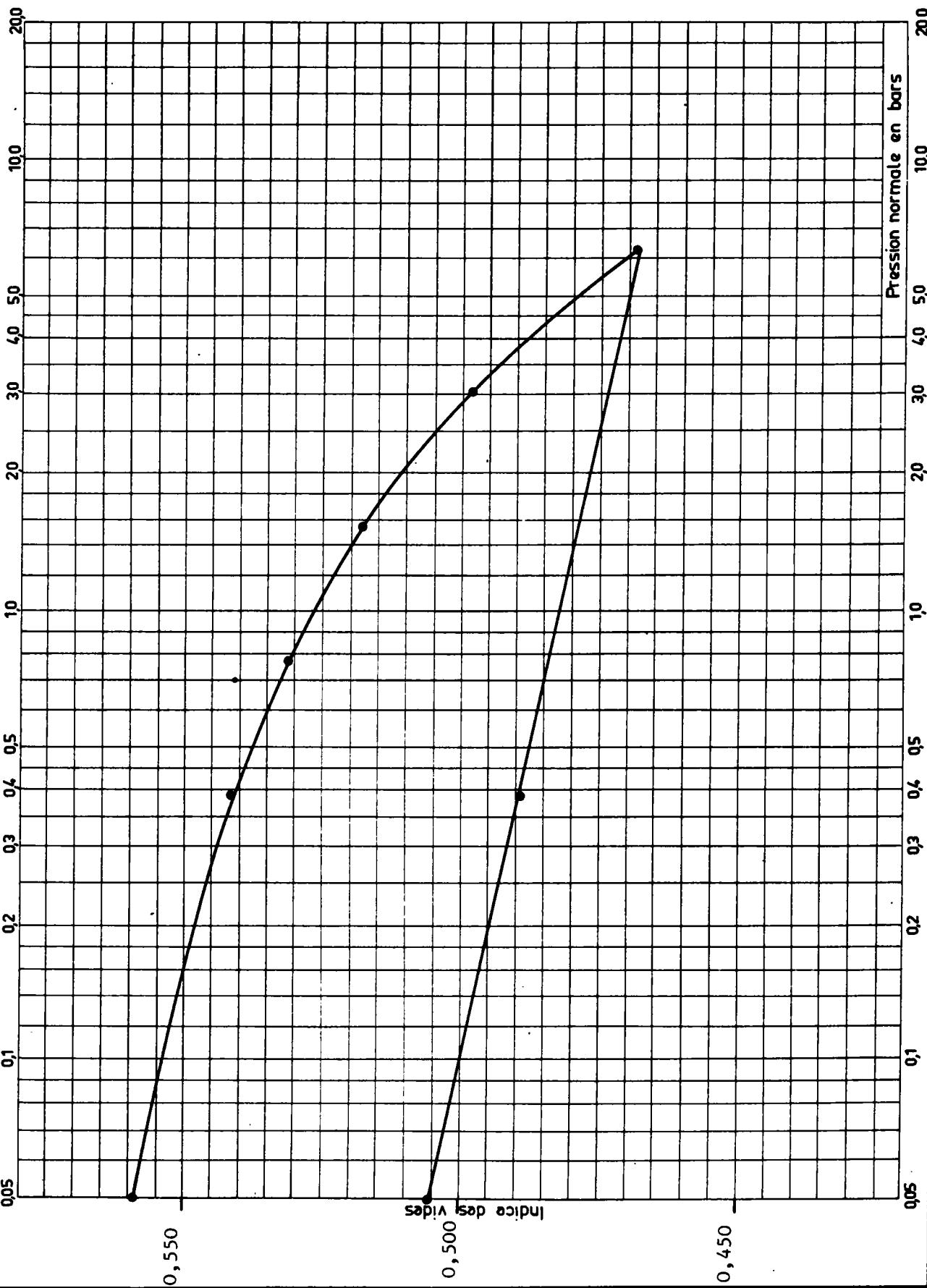
- ESSAI DE COMPRESSIBILITÉ -

Echantillon : 2 Profondeur : 2,20 m

Sondage : CSGA4

Nature du sol : Silt sableux brun-clair

W% initiale : 20,0 %

 γ_d : 1,70 t/m³ ϵ_0 : 0,559 C_c : 0,095 f_c 

— Tableau récapitulatif des résultats d'essais en laboratoire —

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

NORD-PAS-DE-CALAIS

Port de Lezennes - LEZENNES (NORD)

Profondeur m	Description de l'échantillon	Etage éclo- sifac	Caractéristiques hydrauliques						Caractéristiques mécaniques						Caractéristiques de déformabilité						
			W natu- relle %	W à satua- tion %	Coef. de sécificité (g/cm³)	pro- fil	Caract. à l'essai uniaxial	Résistance à l'essai triaxial MPa	Modèle de écaillage Casaranda	Caractéristiques	Caractéristiques	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique		
			sec	naturel	triaxial		essai triaxial	essai triaxial	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique	Caractéristique			
Sondage GAB	2,40 à 2,50 m Tun 2,50 à 3,90 m Craie gris-vert sableuse		26,5	/	1,48	1,87															
2,40 m à 3,90 m																					
4,10 m à 5,60 m	4,10 à 4,70 m Craie gris-vert sableuse 4,70 à 4,85 m Meule 4,85 à 5,60 m Craie gris-vert avec Tun en nodules entre 5,05 et 5,25 m		16,0		1,67	1,94															
			14,0		1,72	1,96															
Sondage CSGA4	Craie gris-vert sableuse								3,96 3,13			1,04	33°5	0,31	25°						
8,95 m à 9,20 m																					
Sondage CSGA5	Craie gris-vert sableuse											0,75	38°	0,13	31°						
8,95 m à 9,24 m																					
12,20 m à 12,34 m	Craie grise à silex											0,67	33°	0,12	30°	380	0,35	760	0,72	1140	1,08

NOTA : 1° 1° = 10 bar

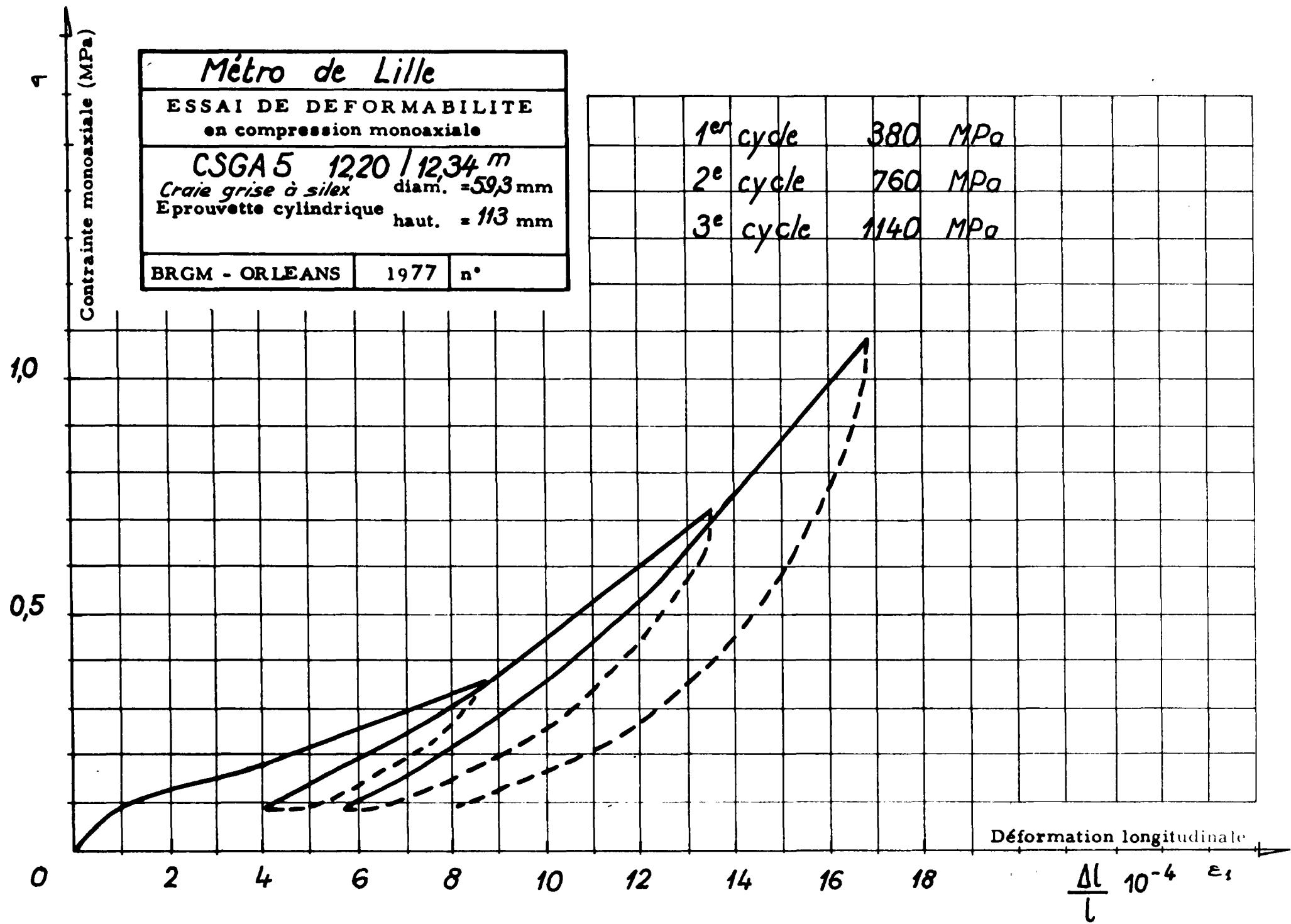
B.R.G.M. région Nord

LEZENNES

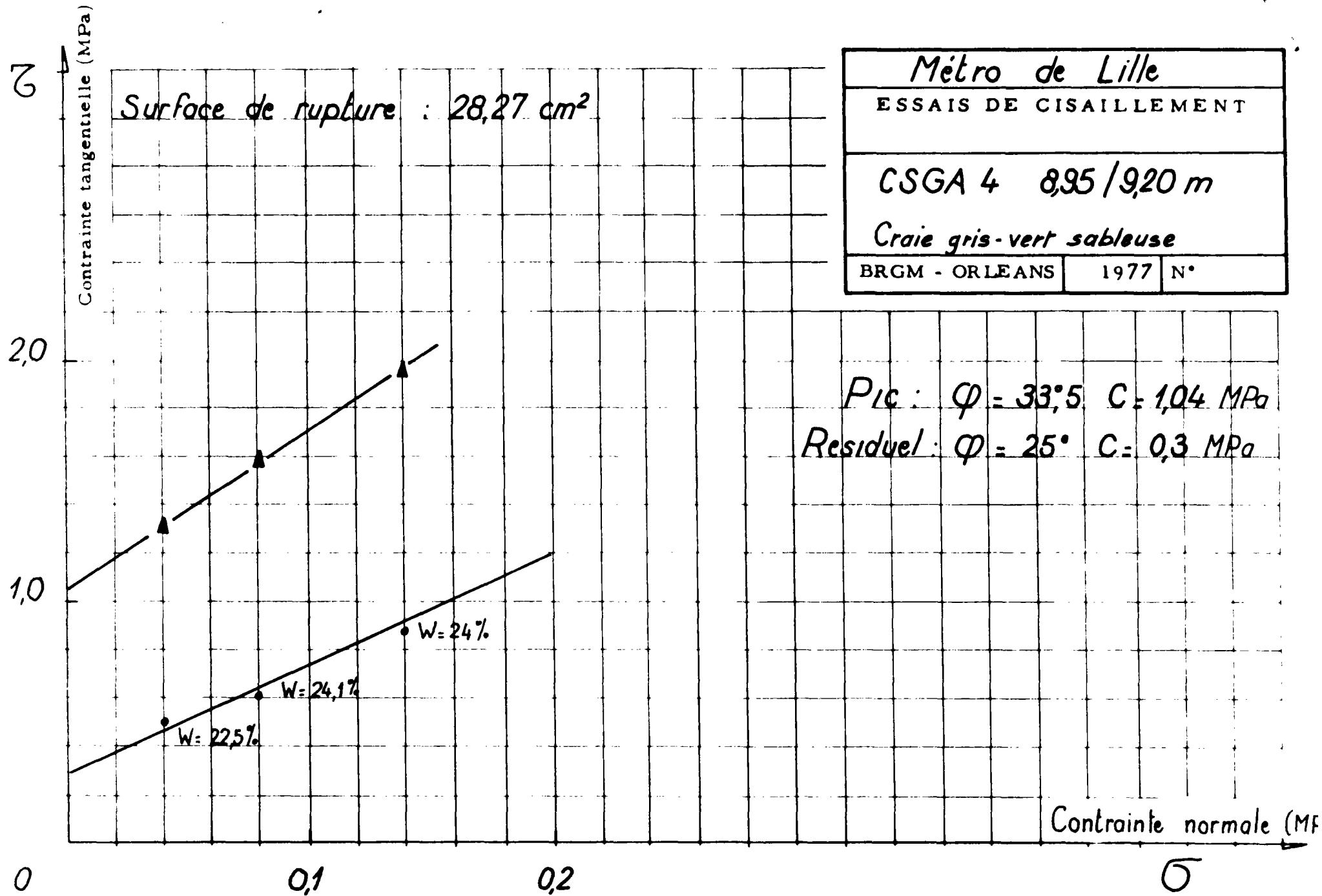
77 SGN 468 NPA

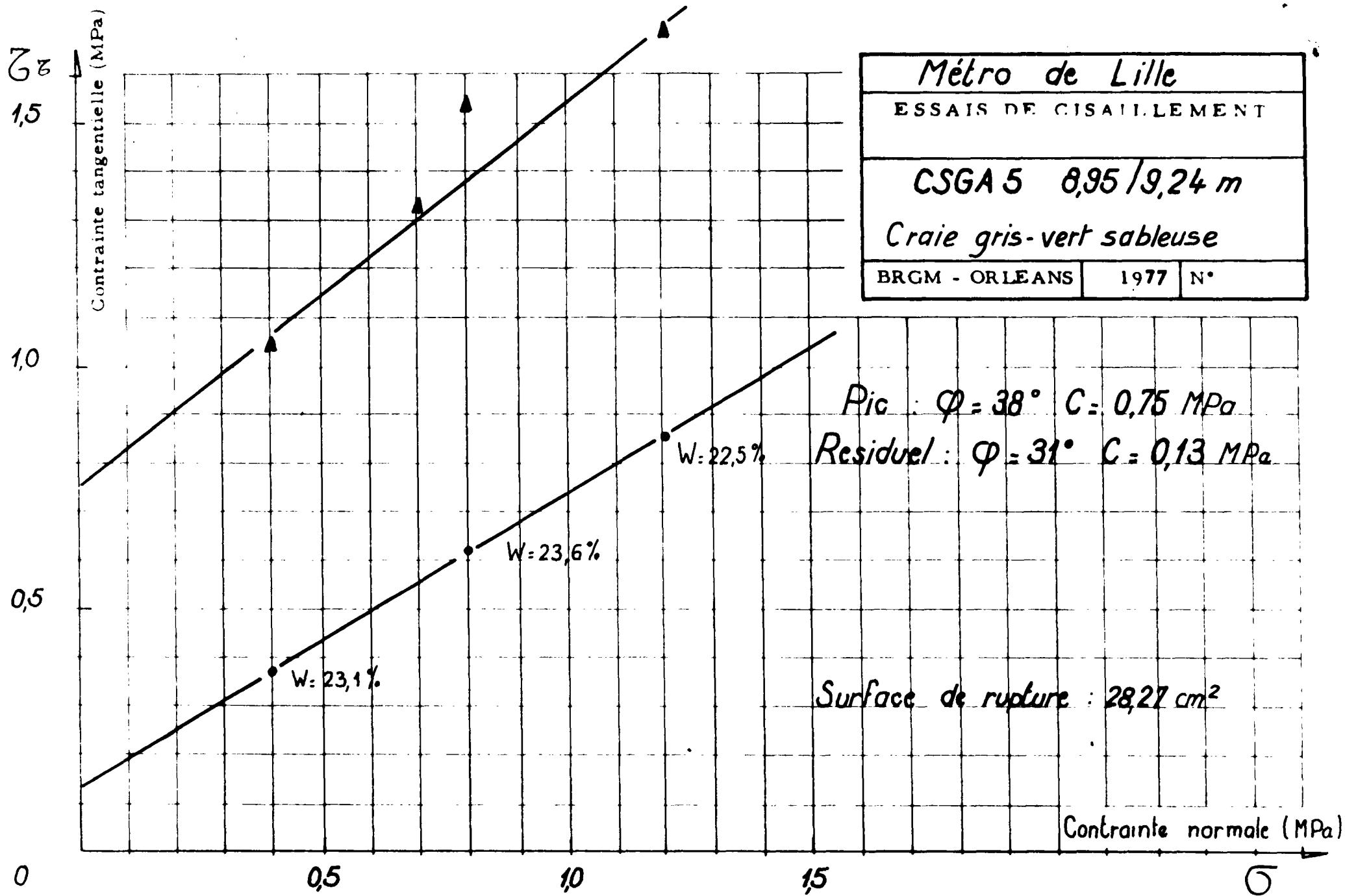
ANNEXE VIIa

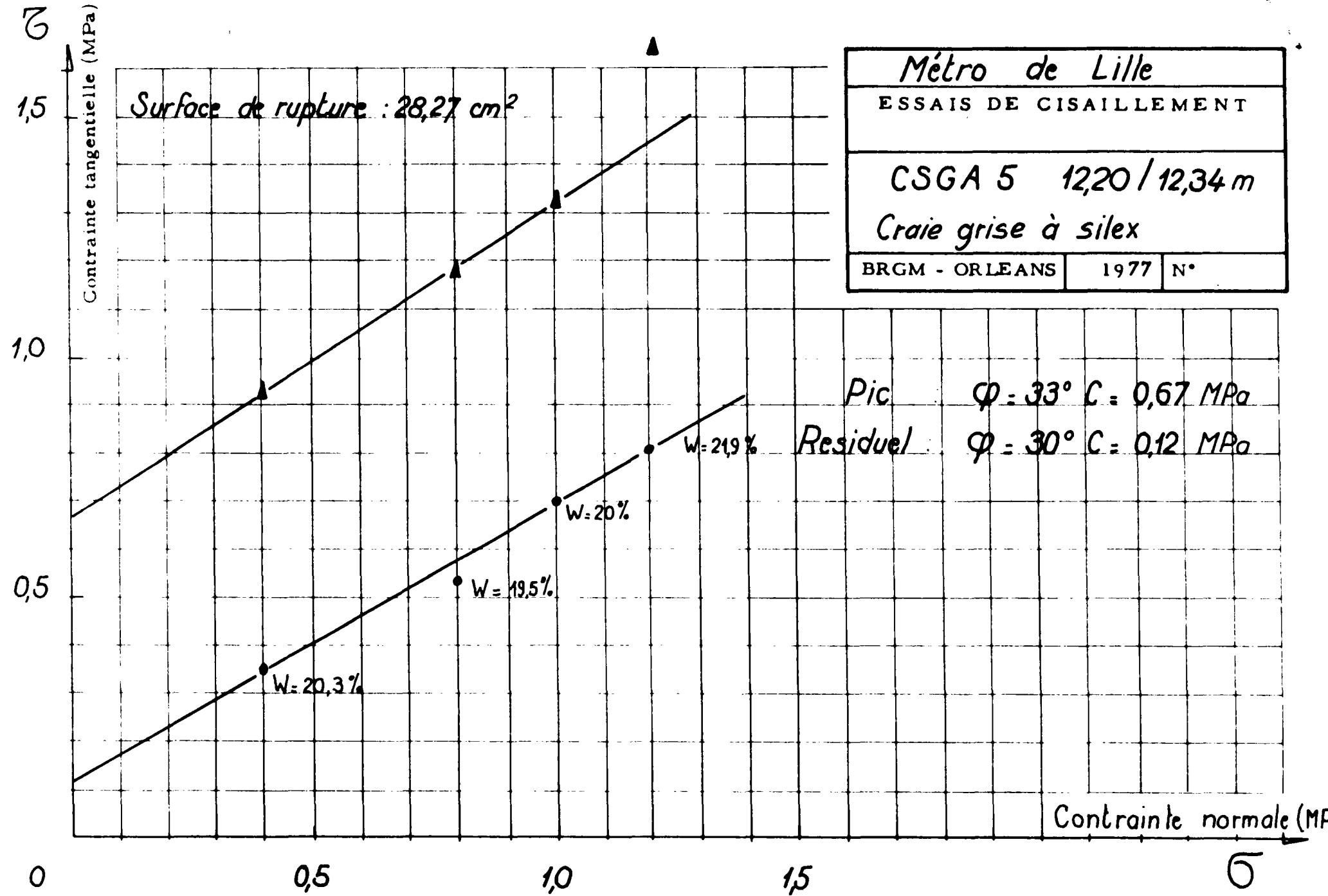
ESSAIS DE DEFORMABILITE



ESSAIS DE CISAILLEMENT







Métro de Lille

ESSAIS DE CISAILLEMENT

CSGA 5 12,20 / 12,34 m

Craie grise à silex

BRGM - ORLEANS

1977

N°

Pic $\phi = 33^\circ$ $C = 0,67 \text{ MPa}$

Residual $\phi = 30^\circ$ $C = 0,12 \text{ MPa}$