

— MOISIE —

Étude de sel.

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

1.0 INTRODUCTION	1
2.0 INFORMATIONS GÉNÉRALES	2
2.1 Localisation et description des lieux	2
2.2 Géologie régionale	3
3.0 TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	5
3.1 Chantier	5
3.2 Laboratoire	6
3.3 Arpentage	7
4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS	8
4.1 Sols organiques	8
4.2 Sable stratifié	8
5.0 EAU SOUTERRAINE	10
6.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS	11
6.1 Général	11
6.2 Fondations des tours	11
6.3 Blocs d'ancrage	13
6.4 Construction	16
7.0 CONCLUSION	18
APPENDICE 1 : Rapports de forage F-1 à F-12 incluant F-2A	
APPENDICE 2 : Résultats des analyses granulométriques	

TABLE DES MATIÈRES

	<u>PAGE</u>
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 INFORMATIONS GÉNÉRALES	2
2.1 Localisation et description des lieux	2
2.2 Géologie régionale	3
3.0 TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	5
3.1 Chantier	5
3.2 Laboratoire	6
3.3 Arpentage	7
4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS	8
4.1 Sols organiques	8
4.2 Sable stratifié	8
5.0 EAU SOUTERRAINE	10
6.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS	11
6.1 Général	11
6.2 Fondations des tours	11
6.3 Blocs d'ancrage	13
6.4 Construction	16
7.0 CONCLUSION	18
APPENDICE 1 : Rapports de forage F-1 à F-12 incluant F-2A	
APPENDICE 2 : Résultats des analyses granulométriques	

1.0 INTRODUCTION

Les services des consultants en géotechnique et technologie des matériaux, COGEMAT INC., ont été retenus par Transports Canada pour la réalisation d'une étude géotechnique en vue de la construction de trois tours de télécommunication au site de Moisie, comté Manicouagan.

L'objet des investigations entreprises dans le cadre de cette étude était de déterminer la nature et la condition des sols en place et la position de l'eau souterraine aux emplacements des futures tours et d'interpréter cette information en vue de la conception et de la construction des fondations des ouvrages projetés.

Toutes les données factuelles obtenues sur le terrain et en laboratoire sont contenues dans le présent rapport. Une discussion et une série de recommandations traitant de l'aspect géotechnique du projet accompagnent également ces données.

2.0 INFORMATIONS GÉNÉRALES

2.1 Localisation et description des lieux

Le site étudié est localisé à proximité de l'embouchure de la rivière Moisie, le long de la route 138 A qui relie l'ancienne base militaire de Moisie à la route 138. Le rivage du Golfe St-Laurent forme à cet endroit une longue pointe sablonneuse de forme triangulaire qui ferme en partie l'embouchure de la rivière sur sa rive Ouest. Le site se trouve ainsi à peu près à égale distance des berges de la rivière Moisie (direction Nord-Est) et du Golfe St-Laurent (direction Sud).

Au point de vue topographie, le secteur montre une succession de terrasses de faible hauteur qui épousent la forme générale de la pointe. Le site de télécommunication est implanté sur une terrasse intermédiaire dont l'élévation générale est approximativement 19,0 mètres. Le relief du site lui-même est relativement plat à l'exception d'une légère dépression orientée Est-Ouest qui prend naissance au centre du terrain pour se prolonger vers l'Est entre les deux emplacements proposés des tours Sud-Est et Nord-Est.

Trois (3) antennes et un (1) bâtiment de contrôle occupent présentement une portion du site dont la majeure partie est déboisée.

Cependant, aux emplacements proposés pour les futures tours, soit en périphérie Est et Nord de la propriété, on retrouve une végétation moyennement dense de conifères de petites tailles.

2.2 Géologie régionale

Du point de vue géologique, le secteur étudié fait partie de l'intrusion mafique de Sept-Îles, depuis l'embouchure de la rivière Ste-Marguerite à l'Ouest jusqu'à la rivière Moisie à l'Est.

Ce massif, composé principalement d'anorthosite et de gabbro, n'affleure cependant pas dans la région de Moisie, où il est recouvert d'épaisseurs importantes de sédiments.

L'origine des sédiments que l'on retrouve dans la région de Sept-Îles est principalement reliée à l'existence de la mer de Goldthwait (entre 7000 et 9000 ans B.C. environ). Les trois (3) principaux types de sédiments présents sont les suivants:

- Les sédiments cohésifs déposés par la mer de Goldthwait constitués d'argile silteuse ou de silt argileux, recouvrant le fond marin et de grandes superficies de la terre ferme, bien que dans ce dernier cas ils soient souvent recouverts par des sables.

- Les sédiments pulvérulents et granulaires d'origine marine, estuarienne ou deltaïque constitués principalement de sable stratifié montrant parfois les caractéristiques typiques de leur mode de déposition (stratifications entrecroisées et cordons littoraux). On retrouve ces sédiments au-dessus des sols cohésifs sous forme de vastes terrasses. On note souvent, à la surface de ces dépôts, une carapace ferrugineuse (sable induré) de l'ordre de 30 à 100 cm d'épaisseur.

- Les dépôts les plus récents sont constitués de sols organiques que l'on retrouve sous forme de tourbières de profondeur variable. À la base de ceux-ci, on décèle parfois une couche de quelques centimètres de sable fin d'origine éolienne. Des dunes de sable fin peuvent parfois être observées directement en surface.

Les sédiments que l'on retrouve au site étudié font partie de la deuxième catégorie et sont majoritairement constitués de sables stratifiés d'origine deltaïque déposés par la rivière Moisie.

3.0 TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

3.1 Chantier

Les travaux de reconnaissance sur le terrain se sont déroulés du 21 février au 3 mars 1990. Douze (12) forages conventionnels (F-1 à F-12) et un (1) essai de pénétration dynamique à la pointe conique (F-2A) ont été exécutés à l'aide d'une foreuse à diamants de type BBS-15A.

Les forages identifiés F-1 à F-12 ont été foncés par battage à sec d'un train de tubages de calibre BW. Les sols pulvérulents en place ont été échantillonnés d'une façon systématique, avec une cuillère fendue de 51 mm de diamètre extérieur enfoncée à l'aide d'un marteau de 63,5 kg, tombant en chute libre d'une hauteur de 76 cm. Ce procédé a permis en même temps de déterminer l'indice de pénétration standard N, exprimé par le nombre de coups nécessaire pour enfoncer l'échantillonneur dans le sol, sur les derniers 30 cm de la course normalisée de 45 cm.

Les forages conventionnels foncés à des profondeurs entre 2,5 et 7,0 mètres ont été prolongés par un essai de pénétration dynamique.

Cet essai consiste à enfoncer une pointe conique de 51 mm de diamètre, ayant un angle au sommet de 60° , à l'aide du même marteau et avec la même hauteur de chute que lors de l'essai de pénétration standard.

Le nombre de coups nécessaire à l'avancement de chaque 30 cm correspond à l'indice N_{dc} . La relation empirique entre l'indice N_{dc} et l'indice N est la suivante:

$$N_{dc} = 1,3 \times N$$

Cette corrélation doit cependant être utilisée avec réserve et l'interprétation faite par un géotechnicien d'expérience.

Toutes les informations recueillies lors de la réalisation des sondages sont consignées dans les rapports de forage groupés à l'annexe 1.

3.2 Laboratoire

Tous les échantillons prélevés ont été transportés à notre laboratoire de Sept-Îles, où ils ont fait l'objet d'une description visuelle attentive de la part de nos spécialistes.

De plus, quelques échantillons représentatifs ont été soumis à des essais de laboratoire pour en déterminer les caractéristiques granulométriques.

Les résultats de ces essais sont présentés sous forme de courbes granulométriques à l'annexe 2.

Tous les échantillons non utilisés pour les essais seront conservés dans nos locaux pendant une période de douze (12) mois à compter de la date d'émission de ce rapport. À cette échéance, ils seront détruits à moins d'avis contraire de la part d'un représentant de Transports Canada.

3.3 Arpentage

La localisation des sondages sur le site a été effectuée par une équipe de la firme Roussy & Michaud, arpenteurs-géomètres.

L'élévation du terrain naturel au droit de chacun des forages a été rattachée à la grille géodésique par l'intermédiaire de la station #73K9096 située du côté Sud de la route 138 A, à une centaine de mètres à l'Ouest de l'entrée du site. L'élévation géodésique de la station #73K9096 est 19,08 mètres.

La localisation des forages et des points de repère d'élévations (stations #73K9096 et #73K0034) est montrée sur le dessin no 3054-1, à la fin du texte du rapport.

4.0 NATURE ET PROPRIÉTÉS DES SOLS

4.1 Sols organiques

Une couche de végétation, tourbe et sols organiques de faible épaisseur (0,20 à 0,35 m) a été notée en surface au droit de chaque forage.

4.2 Sable stratifié

Sous la couche de sols organiques de surface, on retrouve un dépôt de sable stratifié d'origine deltaïque. La stratification dans ce dépôt est surtout soulignée par les différences de couleur (gris ou brun) et de granulométrie de chaque strate.

Les analyses granulométriques effectuées sur des échantillons représentatifs des différents faciès du dépôt montrent que la granulométrie varie de sable fin à grossier, contenant parfois des traces de gravier à sable fin, un peu de silt. Le refus enregistré à 3,05 mètres de profondeur dans le forage F-2 peut indiquer la présence possible d'éléments plus grossiers, tels que cailloux ou blocs à certains endroits.

Le pourcentage de particules fines (passant le tamis 0,080 mm) varie de 5 à 20%. Selon le système de classification unifiée, ces sols sont classifiés SP, SP-SM, SW-SM et SM.

La compacité relative du dépôt varie de moyenne à très dense et augmente généralement avec la profondeur. À noter que les sondages ont été arrêtés lorsque les indices N ou N_{dc} atteignaient la valeur considérée comme refus (N ou $N_{dc} = 100$).

5.0 EAU SOUTERRAINE

Des tubes piézométriques ont été installés dans les forages F-1, F-5 et F-9 à des profondeurs variant de 5,0 à 7,0 mètres afin d'établir le niveau de l'eau souterraine.

La vérification négative de présence d'eau dans les tubes d'observation indique que le niveau de l'eau souterraine se trouvait à ce moment à des profondeurs supérieures à celles atteintes dans les forages conventionnels.

Il est important de noter cependant que le niveau de l'eau souterraine peut varier avec les saisons, les conditions climatiques et les modifications à l'environnement.

6.0 COMMENTAIRES ET RECOMMANDATIONS

6.1 Général

Comme indiqué précédemment dans le rapport, le site de télécommunications de la Garde Côtière Canadienne à Moisie sur la Côte-Nord est construit sur un dépôt deltaïque constitué essentiellement de sable. À l'endroit des tours projetées, la nappe d'eau est de plus relativement profonde, aucun des sondages ne l'ayant rencontrée.

L'indice de gel dans la région de Moisie se situe à quelque 1500°C - jours et la profondeur de pénétration du gel se situe aux environs de 2 m. On remarque cependant que les sables rencontrés en surface à l'endroit des forages sont tous non gélifs.

6.2 Fondations des tours

Étant donné la présence de sables non gélifs et l'absence de nappe d'eau dans les premiers 6 m, sous la surface du terrain à l'endroit d'implantation des tours, la profondeur d'assise des fondations des tours elles-mêmes ne sera dictée que par la profondeur d'encastrement nécessaire pour assurer la stabilité de celles-ci contre les sollicitations horizontales.

Pour fins de dimensionnement des bases de béton supportant les tours, on retiendra une capacité portante de 400 kPa.

Quant aux sollicitations horizontales, elles seront compensées par la butée des terres et la friction développée par la base. Pour les fins de calcul, on retiendra un poids volumique déjaugé γ' de 8 kN/m³ et un coefficient de butée (poussée passive) K_p de 3,0, correspondant à un angle de friction interne ϕ de 30°.

Ces valeurs supposent que les sables provenant de l'excavation seront réutilisés pour le remblayage tout en négligeant le couvert de sol végétal. L'utilisation du poids déjaugé est suggérée pour tenir compte des conditions de printemps alors que l'eau de fonte sature la partie supérieure du dépôt, l'eau étant retenue par un front de gel encore présent.

Ces valeurs ne tiennent pas compte non plus d'une augmentation des propriétés mécaniques pouvant résulter d'une mise en place soignée où le compactage aurait, par exemple, bien densifié les sols de remblai de part et d'autre du bloc de fondation. En effet, les cycles gel-dégel ont souvent pour effet de décompacter les sols de surface.

6.3 Blocs d'ancrage

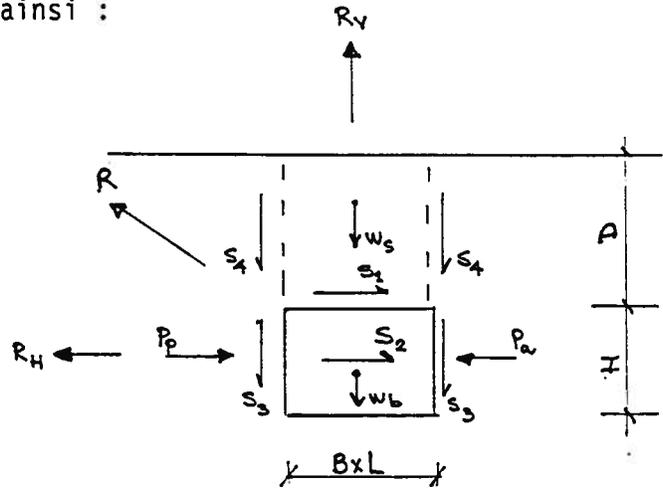
Les contraintes imposées aux blocs d'ancrage comportent une composante horizontale et une composante verticale en arrachement. La composante horizontale est reprise par la butée et par le cisaillement sur les faces latérales et supérieures du bloc de béton servant d'ancrage. La friction sur la face inférieure est négligée car, à la limite, il n'y a théoriquement plus de poids agissant sur cette surface.

D'autre part, la composante en arrachement est reprise par le poids du bloc d'ancrage et le poids du sol immédiatement au-dessus, additionnés de la friction sur les faces latérales du bloc et leur prolongement dans le sol.

Cette méthode de calcul s'exprime ainsi :

Capacité horizontale

$$R_H = \frac{P_p - P_a + S_1 + S_2}{F}$$



Capacité verticale (arrachement)

$$R_V = \frac{W_s + W_b + S_3 + S_4}{F}$$

où

$$P_p = \text{poussée passive (butée)}$$

$$= K_p \cdot \gamma \cdot H \cdot L \cdot \left(D + \frac{H}{2}\right)$$

$$P_a = \text{poussée active}$$

$$= K_p \cdot \gamma \cdot H \cdot L \cdot \left(D + \frac{H}{2}\right)$$

$$S_1 = \text{friction sur face supérieure du bloc} \\ = \gamma \cdot D \cdot B \cdot L \cdot \text{tg } \emptyset$$

$$S_2 = \text{friction sur faces latérales du bloc} \\ = 2 \cdot K_0 \cdot \gamma \cdot B \cdot H \cdot \left(D + \frac{H}{2} \right) \cdot \text{tg } \emptyset$$

$$W_s = \text{poids du sol au-dessus du bloc} \\ = \gamma \cdot D \cdot B \cdot L$$

$$W_b = \text{poids du bloc de béton} \\ = \gamma_{\text{béton}} \cdot H \cdot B \cdot L$$

$$S_3 = \text{friction sur faces latérales du bloc} \\ = 2 K_0 \cdot \gamma \cdot H \cdot \left(D + \frac{H}{2} \right) \cdot (B + L) \cdot \text{tg } \emptyset$$

$$S_4 = \text{friction dans le sol sur le prolongement des faces} \\ \text{latérales du bloc} \\ = K_0 \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot (B + L) \cdot \text{tg } \emptyset$$

$$\emptyset = 30^\circ \text{ (angle de friction interne du sable pour fins de calcul)}$$

$$K_0 = 0,5 \text{ (coefficient de poussée au repos)}$$

$$K_p = 3,0 \text{ (coefficient de poussée passive ou de butée)}$$

$$K_a = 0,33 \text{ (coefficient de poussée active)}$$

$$\gamma^* = 18 \text{ kN/m}^3 \text{ (poids volumique du sable)}$$

$$\gamma_{\text{béton}} = 23,5 \text{ kN/m}^3 \text{ (poids volumique du béton)}$$

Les autres paramètres sont tels que montrés sur la figure.

* : Le poids volumique déjaugé (γ') pourrait ici être utilisé sur le premier 1,5 m.

6.4 Construction

Pour une construction en période d'été, aucune eau d'infiltration n'est à prévoir et l'eau de précipitation disparaîtra rapidement par percolation. Les parois des excavations temporaires pourront être taillées à 45° ou suivant une pente légèrement plus abrupte suivant le degré de cimentation présent dans les sables de surface. Les pentes à long terme seront par contre amenées à 2 dans 1 et protégées contre l'érosion par un couvert végétal ou tout autre moyen artificiel permettant de contrôler l'eau de ruissellement.

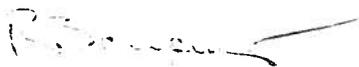
On prendra soin de ne pas remanier le fond des excavations, particulièrement à l'endroit des fondations des tours elles-mêmes. Il serait tout à fait indiqué d'utiliser à cet effet une pelle avec godet sans dents de façon à procurer une surface plane et lisse sur les fonds appelés à recevoir le béton de fondation. Dans le même esprit, on évitera le plus possible le trafic (hommes et équipements) sur le fond des excavations et on procédera au bétonnage le plus tôt possible après l'ouverture des fouilles.

7.0 CONCLUSION

Les conditions rencontrées sur le site sont idéales pour l'implantation de tours haubannées. Certaines précautions sont quand même à prendre pour assurer l'intégrité des fondations et tirer le maximum du potentiel des sols en présence.

Enfin, il est recommandé d'assurer la qualité des ouvrages et matériaux par un contrôle suivi, fait par un laboratoire de matériaux reconnu.

COGEMAT INC.



Claude R. Ferland, ing.



Serge Gaudreau, ing.

PROJET: Site de télécommunication, Moisie

DOSSIER No.: 3054

DATE: Mars 1990

ENDROIT: Moisie, Comté Manicouagan

PROVENANCE: F-7

DESCRIPTION: Sable fin uniforme, un peu de silt (SP-SM)

ÉCHANTILLON No.: SS-2

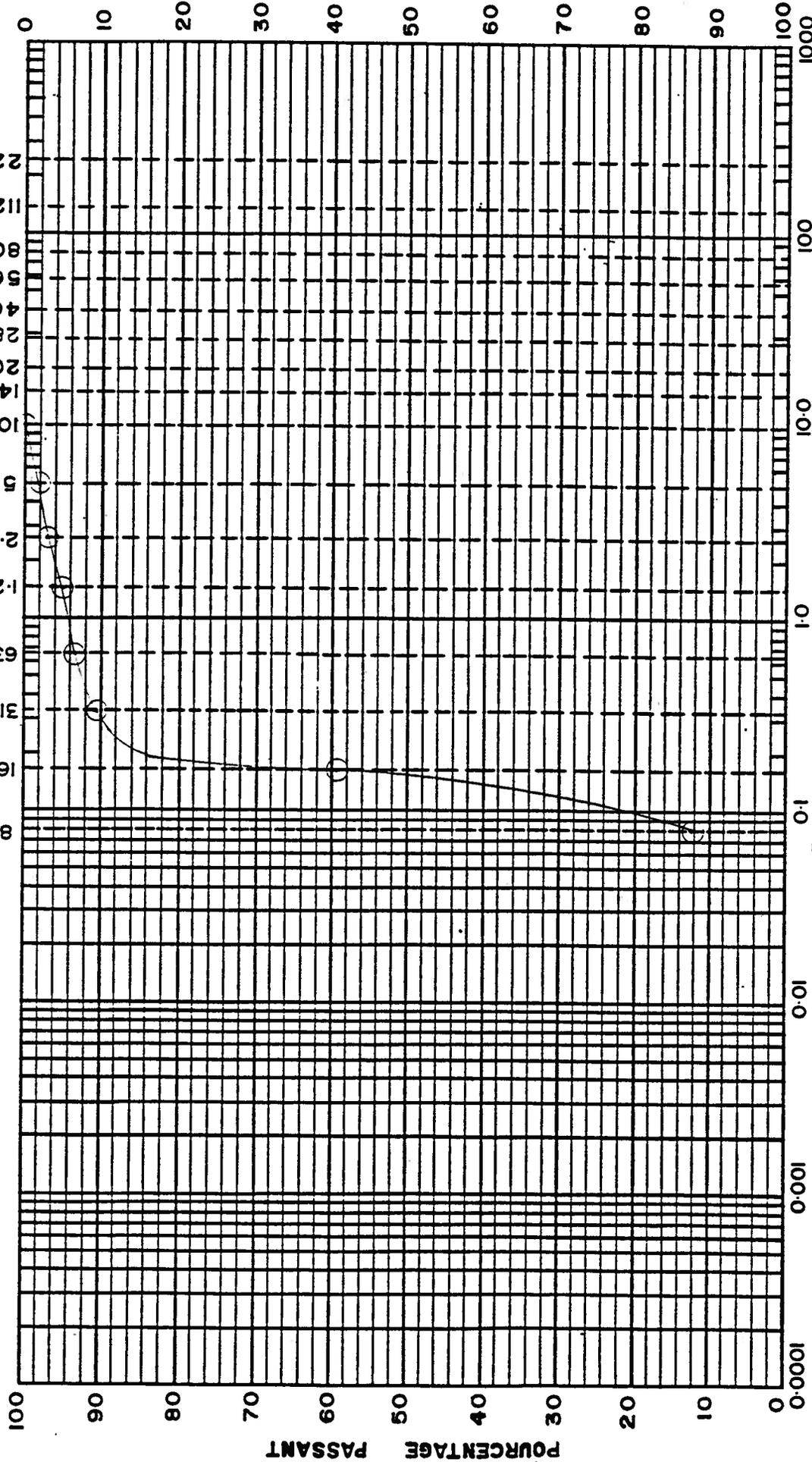
PROFONDEUR: 3,0 à 3,5 m

SÉDIMENTATION

GROSSEUR DES TAMIS (S.M.)

mm

µm



DIAMÈTRE DES PARTICULES (mm).

ARGILE OU SILT

SABLE

GRAVIER

CAILLoux

BLOCS

COGEMAT inc.

PROJET: Site de télécommunication, Moisie

COURBE GRANULOMÉTRIQUE

DOSSIER No.: 3054

DATE: Mars 1990

ENDROIT: Moisie, Comté Manicouagan

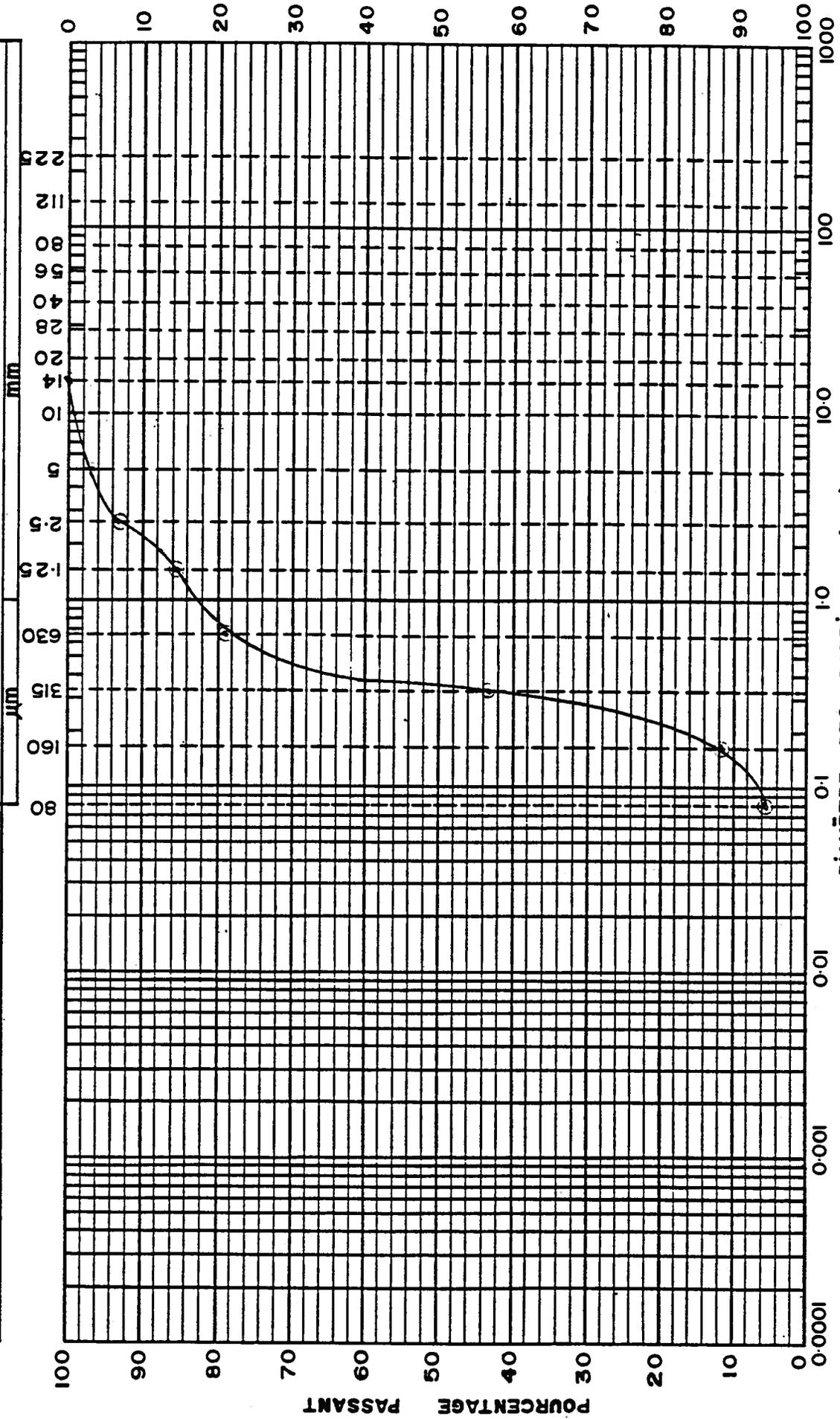
PROVENANCE: F-9

DESCRIPTION: Sable fin à moyen uniforme (SP)

ÉCHANTILLON No.: SS-1 PROFONDEUR: 1,5 à 2,0 m

SÉDIMENTATION

GROSSEUR DES TAMIS (S.M.)



ARGILE OU SILT

SABLE

DIAMÈTRE DES PARTICULES (mm)

GRAVIER

CAILLOUX

BLOCS

PROJET: Site de télécommunication' Moisie

DOSSIER No.: 3054

DATE: Mars 1990

ENDROIT: Moisie, Comté Manicouagan

PROVENANCE: F-10

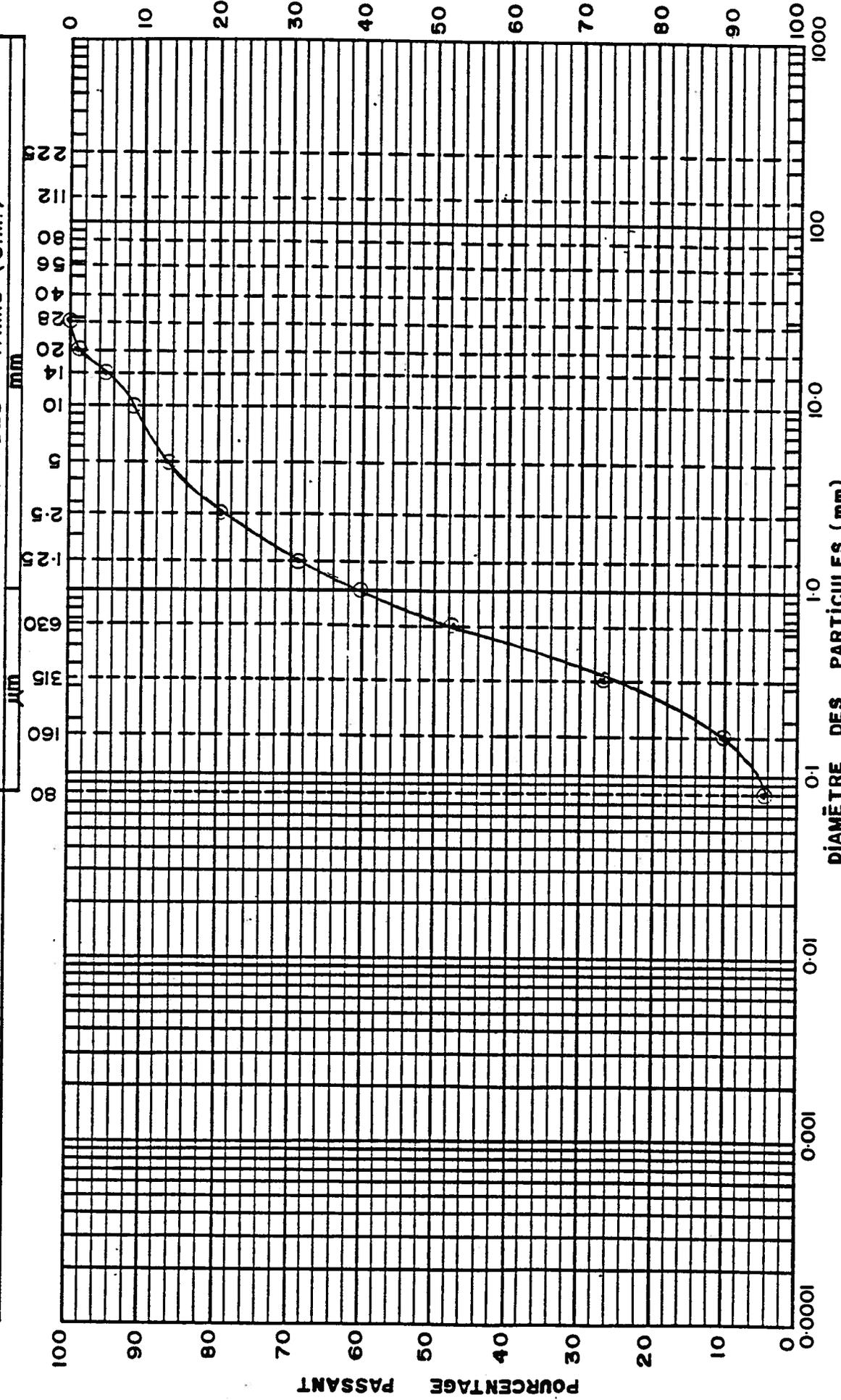
DESCRIPTION: Sable, un peu de gravier (SP)

ÉCHANTILLON No.: SS-2

PROFONDEUR: 3,0 à 3,5 m

SÉDIMENTATION

GROSSEUR DES TAMIS (S.M.)



ARGILE OU SILT

SABLE

GRAVIER

CAILLONS RIENS