

ANNEXE « F »

Rapport de sismique réfraction
Géophysique GPR International inc.



GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.

**SISMIQUE RÉFRACTION 2002
NOUVELLE PRISE D'EAU À STE-FOY**

Présenté à :

LABORATOIRES D'EXPERTISES DE QUÉBEC LTÉE
2320 rue de Celles
Québec (Québec)
G2C 1X8

Présenté par :

GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.
2545, rue Delorimier
Longueuil (Québec)
J4K 3P7



GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.

2545, rue Delorimier
Longueuil (Québec)
Canada J4K 3P7

Tél.: (450) 679-2400
Fax: (514) 521-4128
gprmtl@videotron.ca
www.geophysicsgpr.com

Le 11 décembre 2002

Transmis par messagerie
Notre réf. : M-02651

Monsieur Luc Carrier, ing., M.Sc.A.
Chargé de projet
Laboratoires d'Expertises de Québec Ltée
2320 rue De Celles
Québec QC G2C 1X8

Objet : Sismique réfraction 2002 – Nouvelle prise d'eau de Ste-Foy

Cher Monsieur,

Vous trouverez ci-inclus, onze (11) copies du rapport final concernant l'objet mentionné en rubrique.

Espérant le tout à votre entière satisfaction, nous vous prions d'agréer, cher Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.


Réjean Paul, ing., géoph.
Président

RP/vsg

p.j.

SISMIQUE REFRACTION 2002
NOUVELLE PRISE D'EAU DE SAINTE-FOY

Présenté à :

LABORATOIRES D'EXPERTISES DE QUÉBEC LTÉE
2320, rue De Celles
Québec (Québec)
G2C 1X8

Présenté par :

GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.
2545, Delorimier
Longueuil (Québec)
J4K 3P7

DÉCEMBRE 2002

M-02651



TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	MÉTHODOLOGIE.....	1
3.	PRÉCISION DES RÉSULTATS	2
4.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	2
5.	DISCUSSION DES RÉSULTATS.....	2
6.	CONCLUSION	5

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1	Classification des matériaux par leurs valeurs sismiques	4
----------	--	---

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Classification des vitesses sismiques
ANNEXE 2	Dessin du profil sismique



1. INTRODUCTION

Au mois de d'octobre 2002, les Laboratoires d'Expertises de Québec Ltée renaient les services de Géophysique GPR International Inc. pour effectuer des levés de sismique réfraction dans le cadre du projet d'aménagement de la nouvelle prise d'eau de Sainte-Foy.

L'objectif de ces levés, d'une longueur de 620 mètres, était d'apporter un complément d'informations techniques à la campagne géotechnique pour l'étude du tracé de la nouvelle prise d'eau.

Ce rapport présente les résultats des levés de sismique réfraction et de bathymétrie effectués du 5 au 10 novembre 2002. Ces résultats permettent de statuer sur l'épaisseur de sédiments marins, la profondeur du roc, ainsi que les vitesses sismiques associées.

2. MÉTHODOLOGIE

La procédure d'opération a été spécialement conçue pour tenir compte des courants et des marées. De plus, l'utilisation de deux sismographes optimise le temps d'acquisition. Le dispositif des levés de réfraction comprenait deux sismographes de type Terraloc Mark 6 (de ABEM) à 24 canaux et des géophones (sur terre), ainsi que des hydrophones (sur l'eau).

Les deux sismographes étaient installés à chaque extrémité de la ligne (un en rive nord et l'autre sur un bateau remorqueur de 70 pieds à environ 825 mètres de la rive). Ils ont enregistré de façon synchronique la quarantaine de tirs effectués dans l'eau entre les chaînages 0+090 et 0+620. Cette technique utilise un système de détonation synchronisé par radio. Le positionnement des tirs est effectué à partir d'un bateau de 20 pieds à l'aide d'un système DGPS Pro-Beacon de Trimble. De plus, la portion de 90 mètres près de la rive a été complétée à marée basse, avec des géophones espacés aux 7.5 mètres.



La quantité d'explosifs (faible) utilisée à chaque tir était un minimum nécessaire pour obtenir un signal supérieur au bruit ambiant. Cette technique minimise l'impact sur la faune aquatique.

Afin de limiter la quantité d'explosif et pour obtenir un signal supérieur au bruit ambiant, la ville de Québec a accepté l'arrêt de la station de pompage existant pour une période d'environ cinq heures.

La géologie locale de surface est principalement de shale et de schiste.

3. PRÉCISION DES RÉSULTATS

De façon générale, les résultats obtenus par sismique réfraction sont précis à $\pm 10\%$ de la profondeur lorsque celle-ci excède 10 mètres. Lorsque la profondeur est inférieure à 10 m, la précision est de l'ordre du mètre. La précision des mesures des vitesses sismiques du roc à partir des levés de sismique est normalement de l'ordre de 3 à 5 %.

Compte tenu des difficultés d'acquisition particulières à ce site (marées, vagues, rapport signal sur bruit), à certains endroits, la précision sur la profondeur du roc pourrait être de l'ordre de $\pm 15\%$ et sur les des vitesses sismiques du roc $\pm 10\%$.

4. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de bathymétrie et de sismique réfraction sont présentés sous forme d'un profil en format AutoCAD2000 à l'annexe 2 sur le dessin 02-11-535-00. L'échelle verticale est présentée en profondeur et en élévation géodésique.

5. DISCUSSION DES RÉSULTATS

La vitesse sismique dans l'eau est de 1 500 m/s. La vitesse d'interprétation des sédiment est de 1 500 m/s; et cela tient compte du fait qu'il n'y a pas de till dans les forages.



Les vitesses du roc calculées varient entre 3100 et 4200 m/s ce qui correspond à des vitesses de schiste et de shale (voir figure 1). La qualité du roc peut être classifiée en fonction des vitesses sismiques et être corrélée avec des valeurs de R.Q.D (voir annexe 1). Selon cette classification, il y aurait une zone de vitesses sismiques intermédiaire à 3100 m/s à partir du chaînage 0+390 jusqu'à la fin du profil (0+620).

Le roc est affleurant à quelques endroits en rive nord (0+040 à 0+080). Il commence à plonger autour du chaînage 0+080 et il devient sub-horizontale aux environs du chaînage 0+410 avec une profondeur moyenne de 46 mètres sur ce plateau par rapport au niveau d'eau correspondant à l'élévation zéro en géodésique.



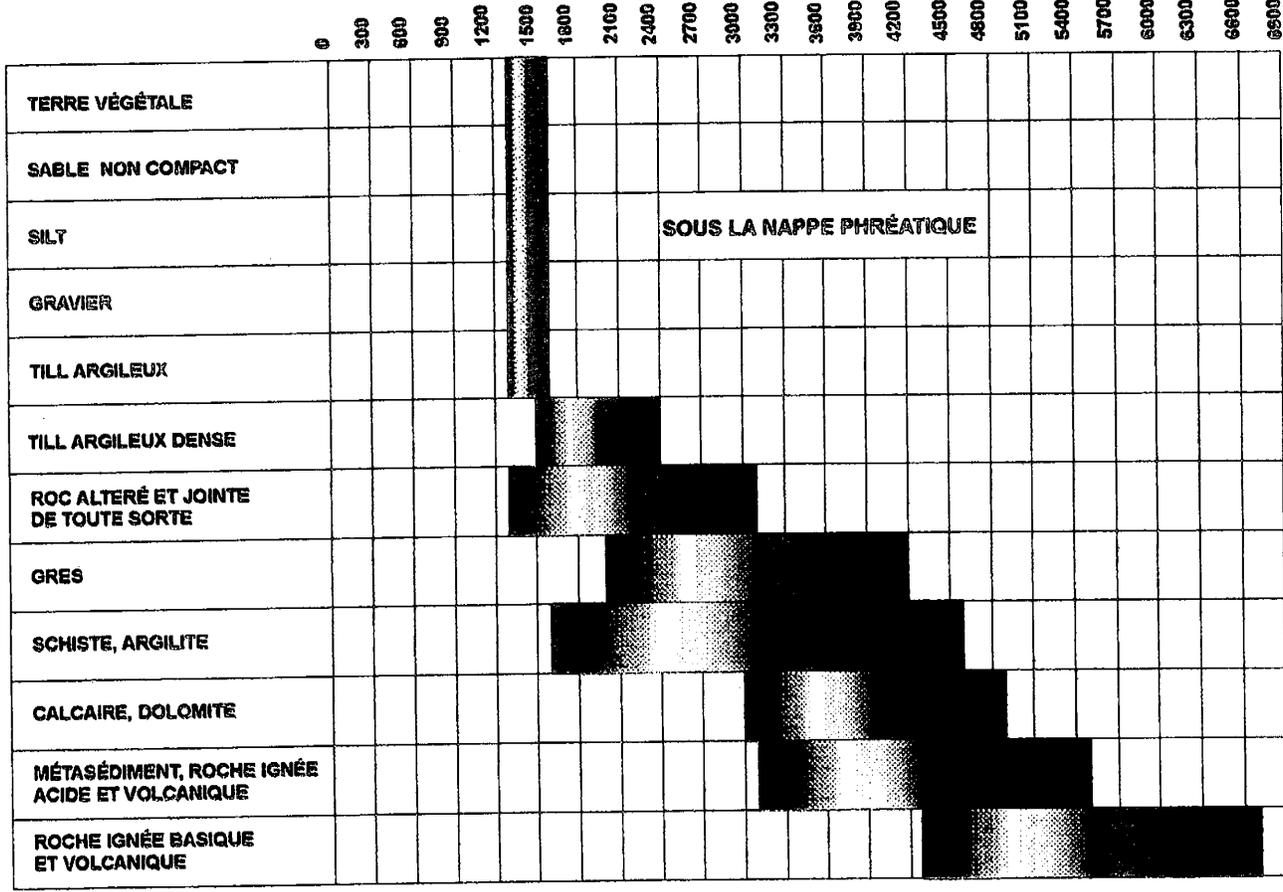
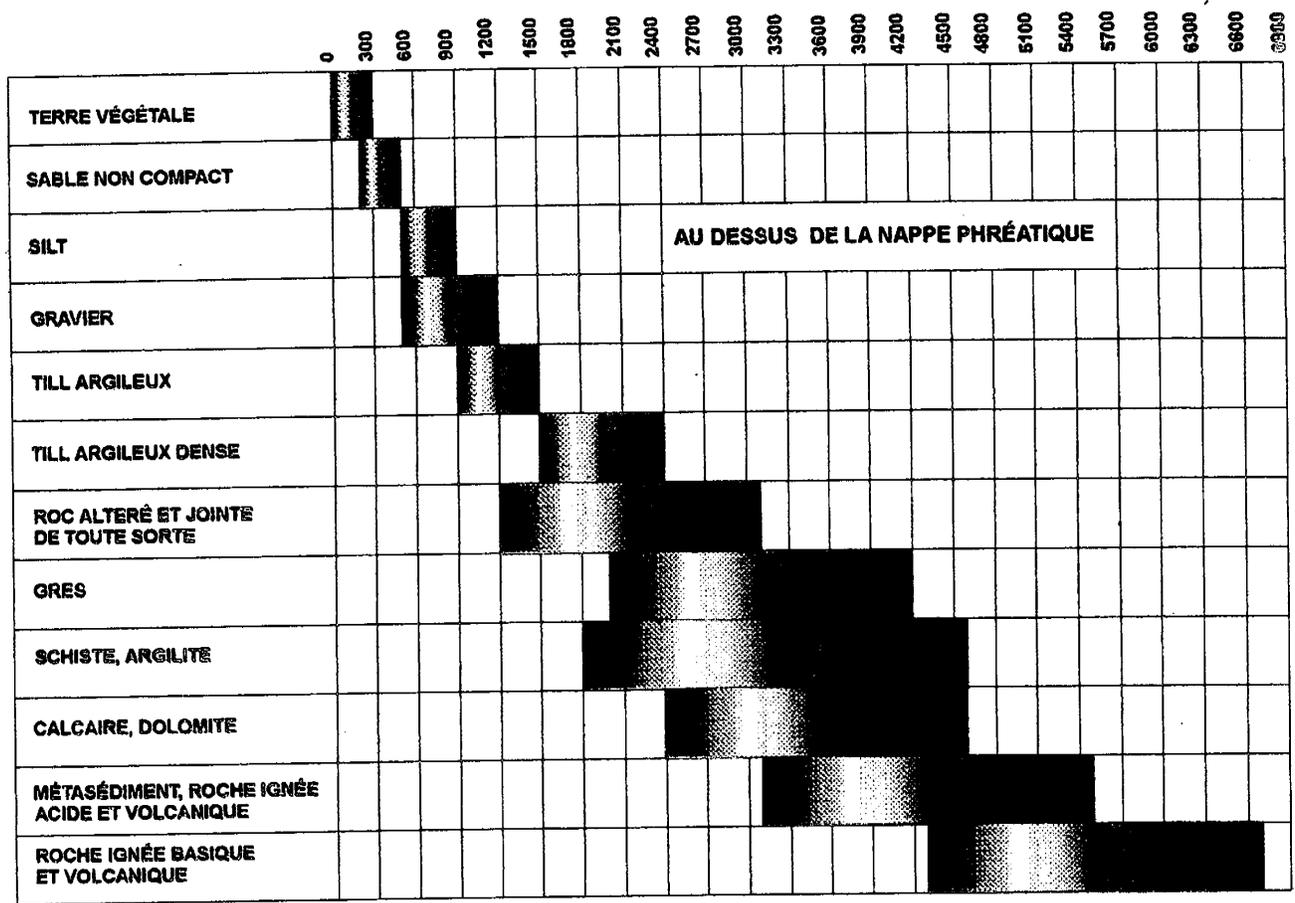


FIGURE 1

Classification des matériaux par leurs vitesses sismiques



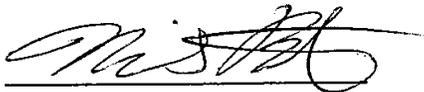
6. CONCLUSION

Les levés de sismique réfraction effectués dans le cadre du projet d'aménagement de la nouvelle prise d'eau de Sainte-Foy ont permis de statuer sur l'épaisseur des sédiments marins, la profondeur du roc et les vitesses sismiques associées.

Les vitesses sismiques dans le roc varient de 3 700 à 4 200 m/s. Cela correspond à des vitesses typiques pour ce roc. Une zone de vitesses sismiques intermédiaire de 3 100 m/s a été calculée entre les chaînages 0+390 à 0+620. Cette zone correspond au roc rencontré au forage F-6.

Nous tenons à remercier les Laboratoires d'Expertises de Québec Ltée, la ville de Québec, ainsi que Construction BML pour leur excellente collaboration lors de la réalisation de ce projet.

Ce rapport a été rédigé par Nicolas Benoit, ing., stag., et approuvé par Réjean Paul, ing., géoph.



Nicolas Benoit, ing., stag.



Réjean Paul, ing., géoph.
Président



ANNEXE 1

Classification des vitesses sismiques



Les matériaux ont généralement des intervalles de vitesses sismiques qui les caractérisent. L'utilisation des vitesses sismiques pour qualifier la qualité mécanique du roc peut être facilitée par une corrélation des vitesses sismiques avec des valeurs de R.Q.D.(Rock Quality Designation). Une étude réalisée par MM. R.F. Coon et A.H. Merritt (ASTM STP 477, présente un tableau de classification mettant en corrélation des valeurs de R.Q.D. et des index de vélocité. Ces index de vélocité sont exprimés par le carré du rapport entre la vitesse sismique (mesurée sur le terrain) et la vitesse sismique mesurée en laboratoire sur un échantillon de roc correspondant et sain. Le rapport des vitesses sismiques joue un rôle de normalisation pour réduire l'effet de lithologie de différente nature. La mise au carré de ce rapport permet quant à elle d'obtenir une relation linéaire entre la vitesse sismique mesurée et les modules dynamiques d'élasticité et de contraintes volumiques associés aux matériaux.

$$I_v = \left(\frac{V_T}{V_L} \right)^2 \quad \text{où } V_T = \text{Vitesse de terrain et } V_L = \text{Vitesse de laboratoire}$$

Le tableau A-1 présente une classification de la qualité du roc en fonction des vitesses sismiques et une corrélation avec des valeurs de R.Q.D. Une corrélation entre ces données et les vitesses sismiques mesurées a été réalisée.

TABLEAU A-1

ROCHE SHALE ET SCHISTE

CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DU ROC EN FONCTION DE LEUR VITESSE SISMIQUE, DE L'INDEX DE VÉLOCITÉ (MRQD) ET DU R.Q.D.

R.Q.D.	INDEX DE VÉLOCITÉ (MRQD)	DESCRIPTION DU ROC	VITESSES SISMQUES (m/s)	CLASSIFICATION DE VITESSE
0 - 25	0,00 - 0,20	très fracturé	< 1900	très faible
25 - 50	0,20 - 0,40	fracturé	1900 à 2650	faible
50 - 75	0,40 - 0,60	moyennement fracturé	2650 à 3250	intermédiaire
75 - 90	0,60 - 0,80	bon ou sain	3250 à 3750	typique
90 - 100	0,80 - 1,00	excellent ou très sain	3750 à 4200	typique

Le calcul d'index de vélocité est basé sur un échantillon de roche saine (shale). La vitesse de propagation des ondes sismiques dans une roche saine de shale que l'on retrouve sur le site est de 4200 m/s. Cette vitesse constitue la vitesse la plus rapide rencontrée sur le site, elle représente donc une roche de qualité supérieure. Il faut garder à l'esprit qu'un caractère approximatif est conféré à la relation entre les vitesses sismiques et les valeurs de M.R.Q.D.



CAUSES DES ANOMALIES LATÉRALES DE LA VITESSE DU ROC

Les changements de vitesse dans le roc dénotent soit un changement de qualité du roc, soit un changement radical de la topographie du roc, soit un changement du type de roc. Nous examinerons ici les différentes solutions au cas de base illustré à la figure A-1.

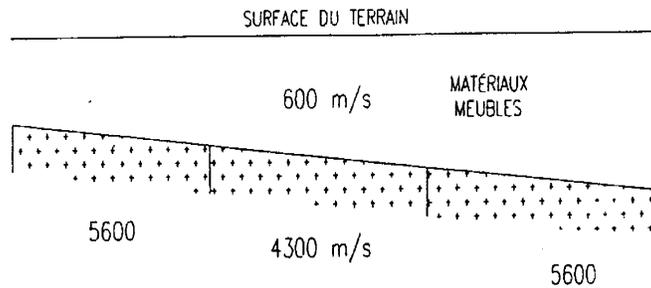


FIGURE A-1

Dans le cas de base, les mesures ont été faites avec un espacement de 7,5 mètres, et l'on obtient une zone dont la vitesse du roc est de 4300 m/s intercalée dans un roc conduisant à 5600 m/s. Examinons maintenant les causes de cette baisse de vitesse de roc.

Solution 1 - Changement du type de roc

Il est connu qu'un changement du type de roche causera aussi un changement de vitesse, si l'on passe une calotte de grès reposant sur un gneiss, on obtiendra le même effet qu'à la figure 1. Dans ce cas, le roc peut être sain, c'est un changement dans la structure du roc qui cause la baisse de vitesse observée (figure A-2).

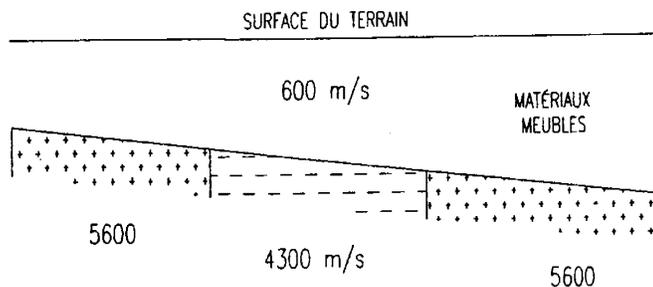
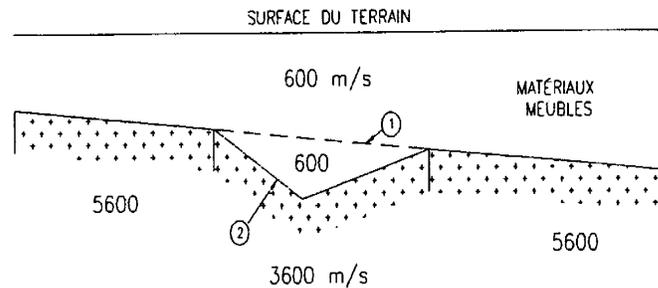


FIGURE A-2



Solution 2 - Changement radical de la topographie du roc

Un changement radical de la topographie du roc tel un sillon profond ou une faille avec rejet vertical causera une baisse de la vitesse mesurée du roc. La cause est géométrique et l'utilisation d'artifices de calcul permet de reconstituer la topographie réelle du roc (figure A-3).



- (1) Topographie avant correction
- (2) Topographie après artifices de calcul

FIGURE A-3

Solution 3 - Changement de qualité du roc

Une baisse de vitesse du roc peut être causée par un changement de qualité du roc. Celui-ci peut revêtir différentes facettes.

Joint ouvert important

La présence d'un joint ouvert important causera une baisse de vitesse qui à cause de l'écartement important des géophones (7,5 m) pourra prendre la forme d'une zone de 15 m de large alors que la fracture n'a que 4,7 m de large et une vitesse sismique de 2500 m/s (figure A-4).

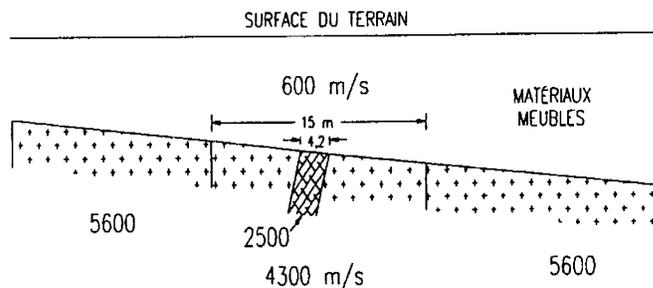


FIGURE A-4



Plusieurs petits joints ouverts

Un nombre important mais restreint de petits joints (6) de 0,7 m de largeur ayant une vitesse sismique de 2500 m/s produirait aussi le même effet (figure A-5).

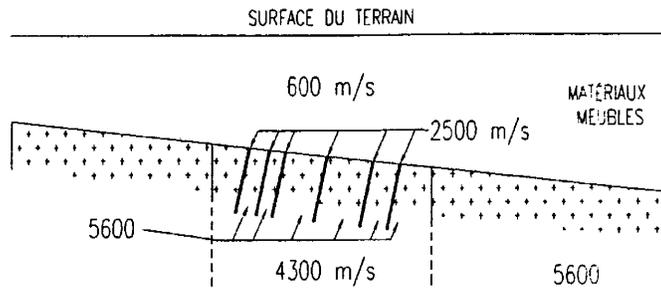


FIGURE A-5

Zone de cisaillement reconsolidée

Une zone de cisaillement où les fractures auraient été remplies par des minéraux de remplacement pourrait montrer le même aspect (figure A-6).

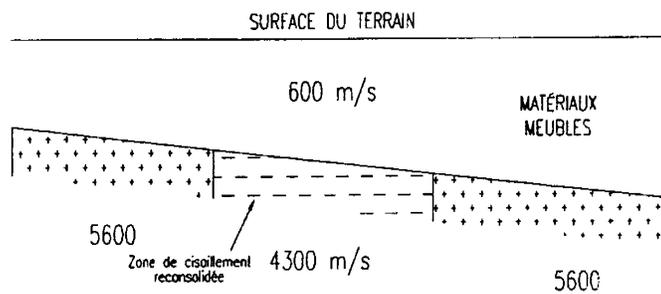


FIGURE A-6



Zone d'altération plus importante

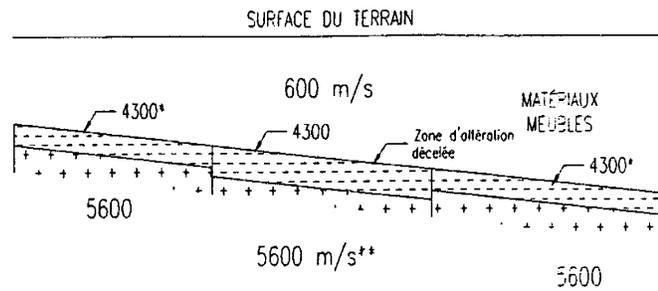


FIGURE A-7

- * Ces zones d'altération du roc ne sont pas décelables si elles sont trop minces.
- ** La vitesse de 5600 m/s n'est pas mesurée si la largeur de la zone est trop petite.

FIGURE A-7



ANNEXE 2

Dessin du profil sismique

(02-11-535-00)



