

## ANNEXE 1

MTQ, 1992. *Étude de stabilité. Municipalité de Saint-Hyacinthe. Circ. Élect. : Saint-Hyacinthe.*  
*Stabilité des talus sur la route 231 le long de la rivière Yamaska.* Préparé par :  
Jacques J. D'Astous, ing., M.Sc. Service des sols et chaussées. Québec, le 8 juin 1992  
7 pages et annexes.



ÉTUDE DE STABILITÉ  
MUNICIPALITÉ DE ST-HYACINTHE  
CIRC. ÉLECT.: ST-HYACINTHE  
STABILITÉ DES TALUS SUR LA ROUTE 231  
LE LONG DE LA RIVIÈRE YAMASKA

DEMANDÉ PAR: MARCEL SYLVAIN, ING.  
DISTRICT 51

PRÉPARÉ PAR: JACQUES J. D'ASTOUS, ING., M.Sc.  
SERVICE DES SOLS ET CHAUSSÉES

QUÉBEC, LE 8 JUIN 1992

c.c. à M. Marcel Sylvain, ing.  
M. Aristide Gobeil, ing.

V/Dossier: 620-6151-8411  
N/Dossier: 231 01 071 (19) 89

## Introduction

Ce rapport termine une étude de stabilité des talus sur la route 231 le long de la rivière Yamaska dans la municipalité de St-Hyacinthe (figure 1). Le but de cette étude est de déterminer les causes des instabilités et des déformations de la route et de proposer des recommandations afin d'assurer la pérennité de la route.

Le rapport comprend tout d'abord une brève description des lieux et des travaux, décrit les principales unités stratigraphiques des sols, présente les caractéristiques géotechniques et hydrauliques du dépôt et donne des conclusions et des recommandations sur la stabilisation du talus.

On trouvera la localisation et la description des sondages annexées à la fin de ce rapport. Les élévations et les chaînages mentionnés dans cette étude nous ont été fournis par le district de St-Hyacinthe.

### 2.0 Description des lieux

Le secteur étudié est localisé dans les Basses-Terres du St-Laurent. Les dépôts meubles sont composés de sédiments marins de la mer Champlain. Il s'agit essentiellement de dépôt argileux recouvert d'une mince couche de sable. La rivière Yamaska a creusé son lit dans ces sédiments laissant des escarpements de 6 à 8 mètres de hauteur avec des pentes dont l'inclinaison moyenne est de 1.0V:1.5H. À certains endroits, les

pententes sont plus raides et peuvent atteindre une inclinaison 1.0V:1.0H. L'érosion est active à la base du talus sur une hauteur d'environ 1,0 à 1,5 mètre.

Des amorces de glissement et des glissements de terrain ont été observés à quatre endroits. Ces zones instables sont réparties dans deux secteurs. Le secteur 2 s'étend des chaînages 0+000 à 0+500 tandis que le secteur 1 s'établit entre les chaînages 0+800 et 1+200 (figure 2). La route 231 n'a pas été touchée par ces instabilités. Leur régression s'est arrêtée à plus de 2,0 mètres du pavage. Des déformations et des fissurations de la chaussée sont toutefois visibles à plusieurs endroits dans les zones où des arbres bordent le talus de la route. On attribue ces déformations à la consolidation du dépôt argileux sous l'effet du pompage de l'eau souterraine par les racines des arbres. Les glissements et décrochements des talus sont visibles principalement dans les zones non-boisées.

### **3.0 Travaux en chantier et en laboratoire**

Des sondages au pénétromètre et/ou au scissomètre ont été réalisés à chacune des quatre zones d'instabilité afin de déterminer l'épaisseur et les propriétés du dépôt d'argile (figure 2). Ils ont été arrêtés après avoir atteint le refus à l'enfoncement.

Des échantillons ont été prélevés au sondage 12. Ils ont été soumis au laboratoire à des essais d'identification tels que la granulométrie, la détermination des limites de consistance et de la teneur en eau. Cinq essais de consolidation et deux essais triaxiaux non drainés complètent les essais en laboratoire.

Des piézomètres à niveaux multiples ont été installés à chaque secteur afin de déterminer le régime hydraulique de la nappe souterraine. Un relevé des niveaux d'eau a été effectué périodiquement. On trouvera au tableau suivant les profondeurs d'installation des piézomètres pour chacun des secteurs.

SECTEUR	FORAGE	PROFONDEUR (m)
1	2	3,00 - 6,00 - 9,75
	3	3,05 - 6,00 - 9,90
	4	3,00
2	12	3,00 - 7,00 - 10,65
	13	3,00 - 6,00 - 8,90
	14	3,00 - 5,20

#### 4.0 Description des sols

Après avoir traversé une mince couche de sable, on rencontre un dépôt composé d'un silt argileux de 1,5 à 2,0 mètres d'épaisseur qui devient une argile avec un peu de silt à une argile et silt en profondeur. La puissance maximale du dépôt est de 10 mètres. Une croûte argileuse de 1,5 à 3,0 mètres d'épaisseur a été rencontrée à chaque sondage réalisé au sommet du talus. Le dépôt argileux est de consistance moyenne à raide et de plasticité élevée. Sa sensibilité mesurée au cône varie de moyenne à élevée. Les principales caractéristiques du dépôt argileux sont résumées aux lignes suivantes.

## PROPRIÉTÉS GÉOTECHNIQUES

- Résistance au cisaillement non drainée: 24 à 68 Kpa
- Résistance au cisaillement non drainée (croûte): 60 à 176 Kpa
- Cohésion effective résiduelle: 2.4 à 3.7 Kpa
- Angle de friction résiduelle: 35 à 36°
- Masse volumique humide: 1624 à 1691 kg/m<sup>3</sup>
- Indice des vides: 1.59 à 1.92
- Indice de compressibilité: 1.16 à 2.26
- Limite de plasticité: 23 à 33%
- Limite de liquidité: 57 à 70%
- Indice de plasticité: 25 à 40%
- Indice de liquidité: 0.5 à 1.1
- Teneur en eau naturelle: 50 à 69%
- Sensibilité (mesurée au cône): 8 à 18

Les sondages ont été arrêtés dans une couche de sable, de gravier et de silt. L'épaisseur de cette unité n'a pas été déterminée.

Des relevés des niveaux de la nappe ont été effectués périodiquement afin de déterminer les conditions hydrauliques critiques. Le dépouillement des données piézométriques indique que les piézomètres installés dans la pente du talus ou à son sommet présentent les variations les plus importantes des niveaux d'eau par rapport à ceux instal-

lés à une certaine distance à l'arrière du talus. De plus, les fluctuations les plus fortes sont enregistrées dans les piézomètres installés à mi-couche dans l'argile.

Les conditions hydrauliques critiques montrent des gradients hydrauliques ascendants variant de 0.10 à 0.26 entre le terrain naturel et la mi-couche du dépôt tandis que les conditions sont drainantes à la base du dépôt. En pied de talus, les niveaux d'eau sont plutôt hydrostatiques ou montrent un gradient hydraulique ascendant d'au plus un mètre.

### 5.0 Stabilité des pentes

Nos études de stabilité ont été réalisées avec les paramètres effectifs de cohésion et de friction résiduelle obtenus en laboratoire et des conditions hydrauliques critiques mesurées sur le terrain. Le facteur de sécurité de la pente calculé avec ces paramètres est de 1.08 pour un cercle de rupture semblable aux décrochements visibles sur le terrain. Ces résultats indiquent que la stabilité générale de ces talus est précaire et que des conditions défavorables pourraient engendrer d'autres décrochements.

La stabilisation de ces talus nécessitera la mise en place d'un contrepoids constitué d'un tout-venant de calibre 500-0 dont 50% du matériau en masse doit être plus gros que 250 mm. Le contrepoids aura une largeur de 3,0 mètres à l'élévation 29.0 mètres et des pentes 1.0V:1.5H. Il sera mis en place entre les chaînages 0+100 et 0+500 et les chaînages 0+920 et 1+030. Le facteur de sécurité contre une rupture à long terme pour

110 m

un talus ainsi stabilisé est de 1.39. On trouvera à la figure 3 une section-type qui montre la stabilisation proposée. Aux endroits où il est nécessaire d'élargir l'accotement de la route, on mettra en place un tapis de granulaire avec une pente 1V:2H jusqu'au sommet du talus. Une protection en empierrement contre l'érosion sera alors nécessaire jusqu'au niveau des hautes-eaux.

Une autre solution consiste à déplacer la route sur une distance maximale de 3,0 mètres. Ce déplacement serait suffisant contre un glissement de terrain mais ne solutionnerait pas tous les problèmes de déformations de la chaussée causés par le pompage des arbres car elles sont visibles sur toute la largeur de la plate-forme à plusieurs endroits.

## 6.0 Conclusion et recommandations

Notre étude démontre que la stabilité des talus sur la route 231 le long de la rivière Yamaska est plutôt marginale avec un facteur de sécurité contre la rupture de 1.08. On pourra solutionner ce problème de stabilité soit en procédant au déplacement de la route ou par la mise en place d'un contrepoids à la base du talus. Ces solutions sont expliquées à la section précédente du rapport.

Dans le cas de la construction d'un contrepoids à la base du talus, nous recommandons de:

Ne pas entreposer de matériaux au sommet des talus

Ne pas déverser les matériaux de remblayage par le sommet du talus

Procéder à l'aménagement de rampes d'accès afin de mettre en place l'enrochement au pied du talus.

Les déformations de la chaussée sont causées par le pompage des eaux souterraines par les racines des arbres. Le déplacement de la route pourrait solutionner les problèmes de stabilité de talus mais n'empêcherait pas tous les problèmes causés par les arbres qui bordent la route de chaque côté.

Une coupe sélective des plus gros arbres (> 30 cm de diamètre) avec un reboisement associée à la mise en place du contrepoids à la base du talus serait la solution idéale pour corriger à la fois les problèmes de stabilité des pentes et les problèmes de déformation de la chaussée. Sans la coupe des arbres, les déformations pourraient se poursuivre, surtout avec des étés à faible pluviométrie comme ceux que nous avons connus au cours de la dernière décennie, ce qui occasionneraient des corrections plus fréquentes du profil routier.



Jacques J. d'Astous, ing., M.Sc.  
Section mécanique des sols  
Division géotechnique  
Service des sols et chaussées

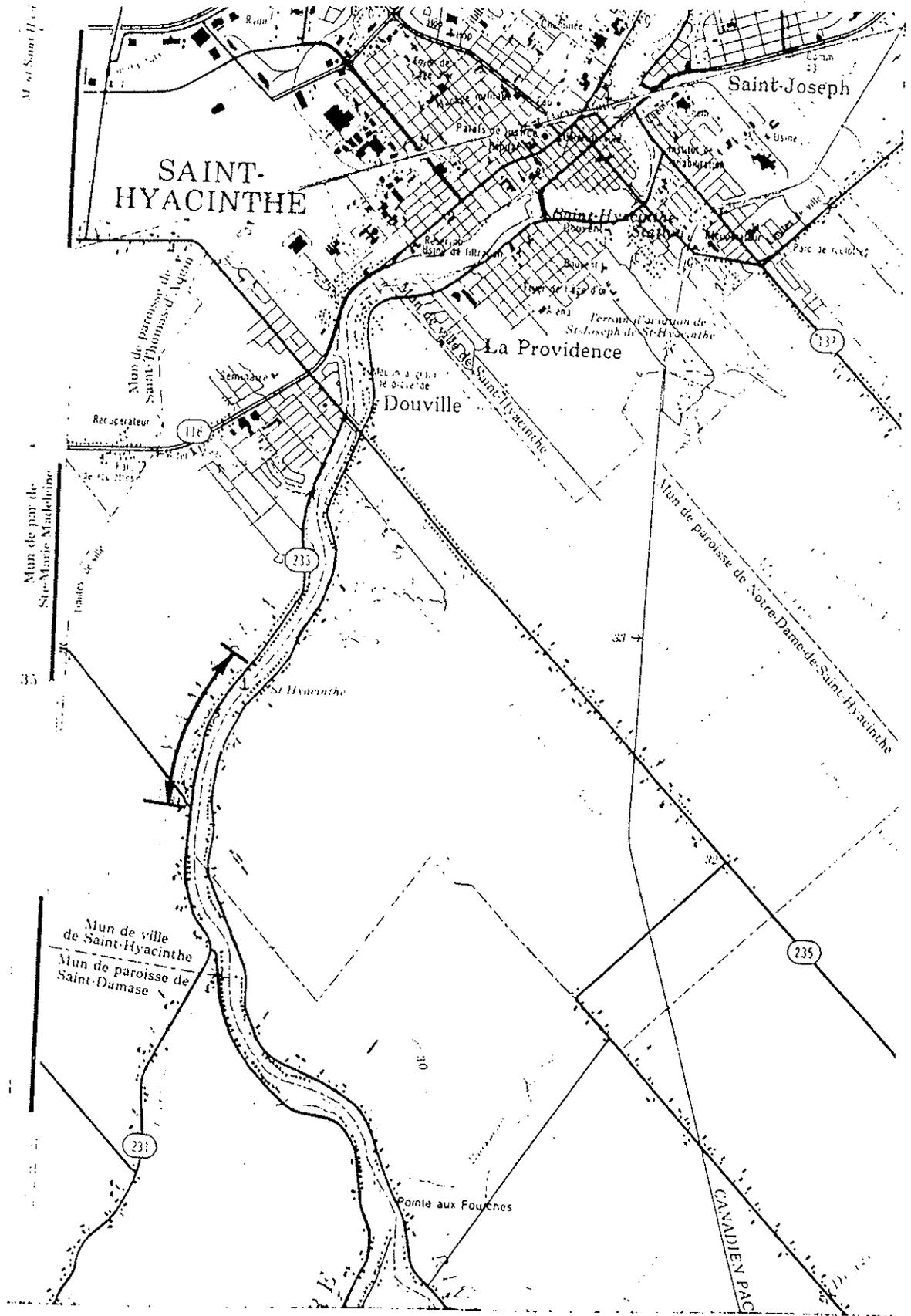


Fig. 1 - Secteur étudié

81511 →

0+124

0+170

0+239

0+263

0+324

0+366

0+501

Route 231

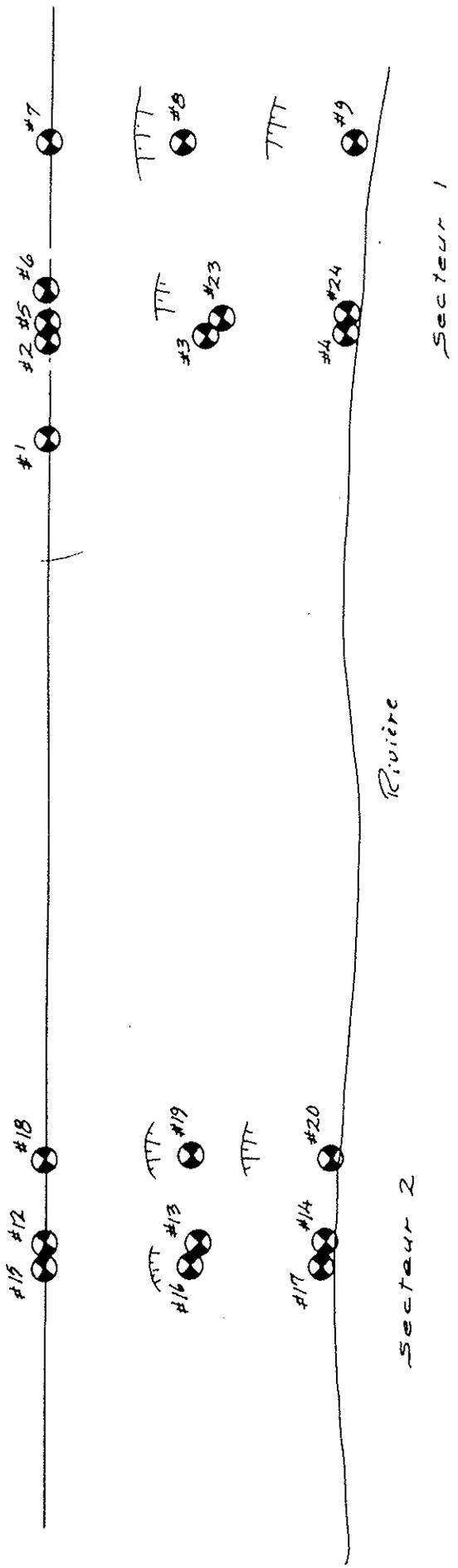
0+897

0+979

0+989

1+021

1+136



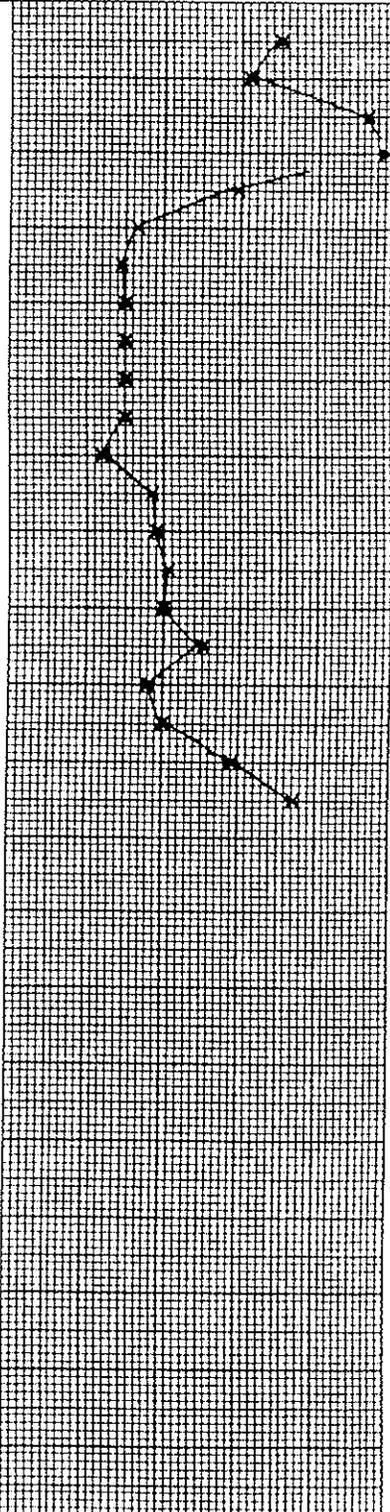
Croquis de localisation des sondages

1001
259
282
81511
24000

Fig. 2



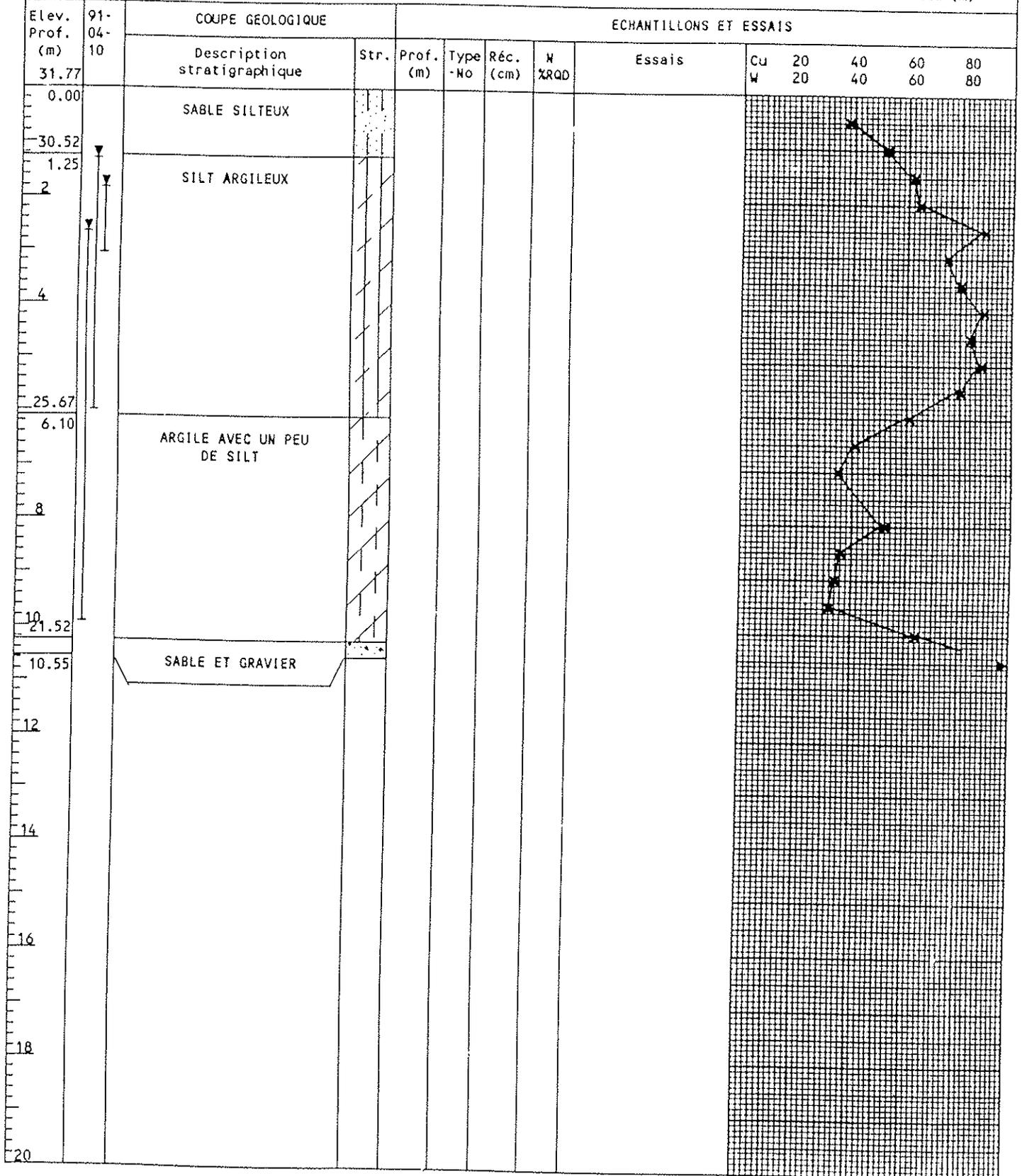
Elev. Prof. (m)		COUPE GEOLOGIQUE		ECHANTILLONS ET ESSAIS										
91-04-10		Description stratigraphique	Str.	Prof. (m)	Type -No	Réc. (cm)	N XRD	Essais	Cu	20	40	60	80	
33.53									W	20	40	60	80	
0.00		SABLE ET SILT ARGILEUX												
2														
30.93		ARGILE AVEC UN PEU DE SILT												
2.60														
4														
6														
8		SABLE, SILT ET GRAVIER												
23.78														
9.75														
22.93														
10.60														
12														
14														
16														
18														
20														





Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 3
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-01-29

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS			
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kpa)	W: teneur en eau (%)		
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	WL: limite de liquidité		
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	Wp: limite de plasticité		
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	Y: niveau d'eau (m)		









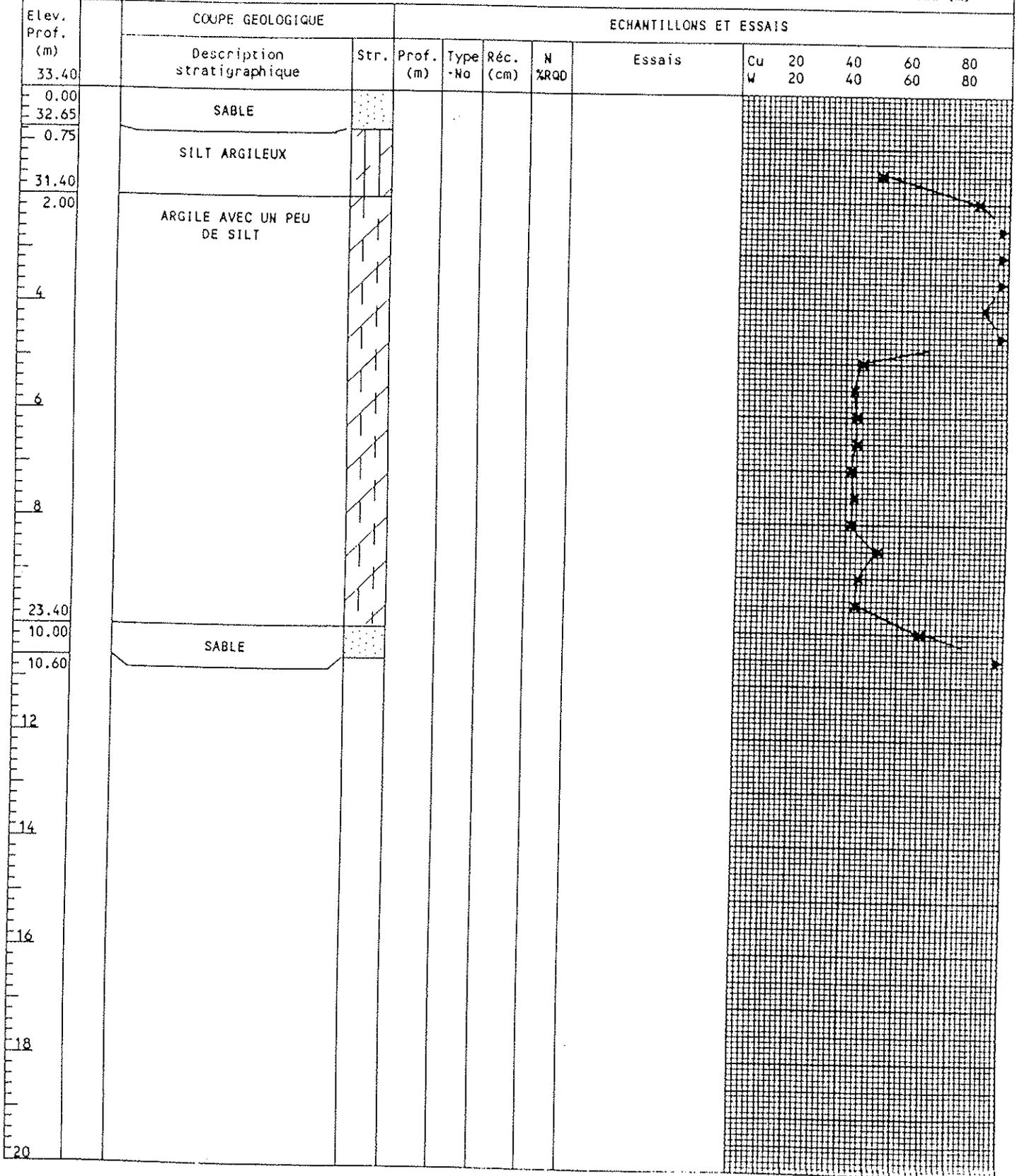






Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 12A
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-06

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kpa)	• W: teneur en eau (%)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	→ WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	→ Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	∇ : niveau d'eau (m)	



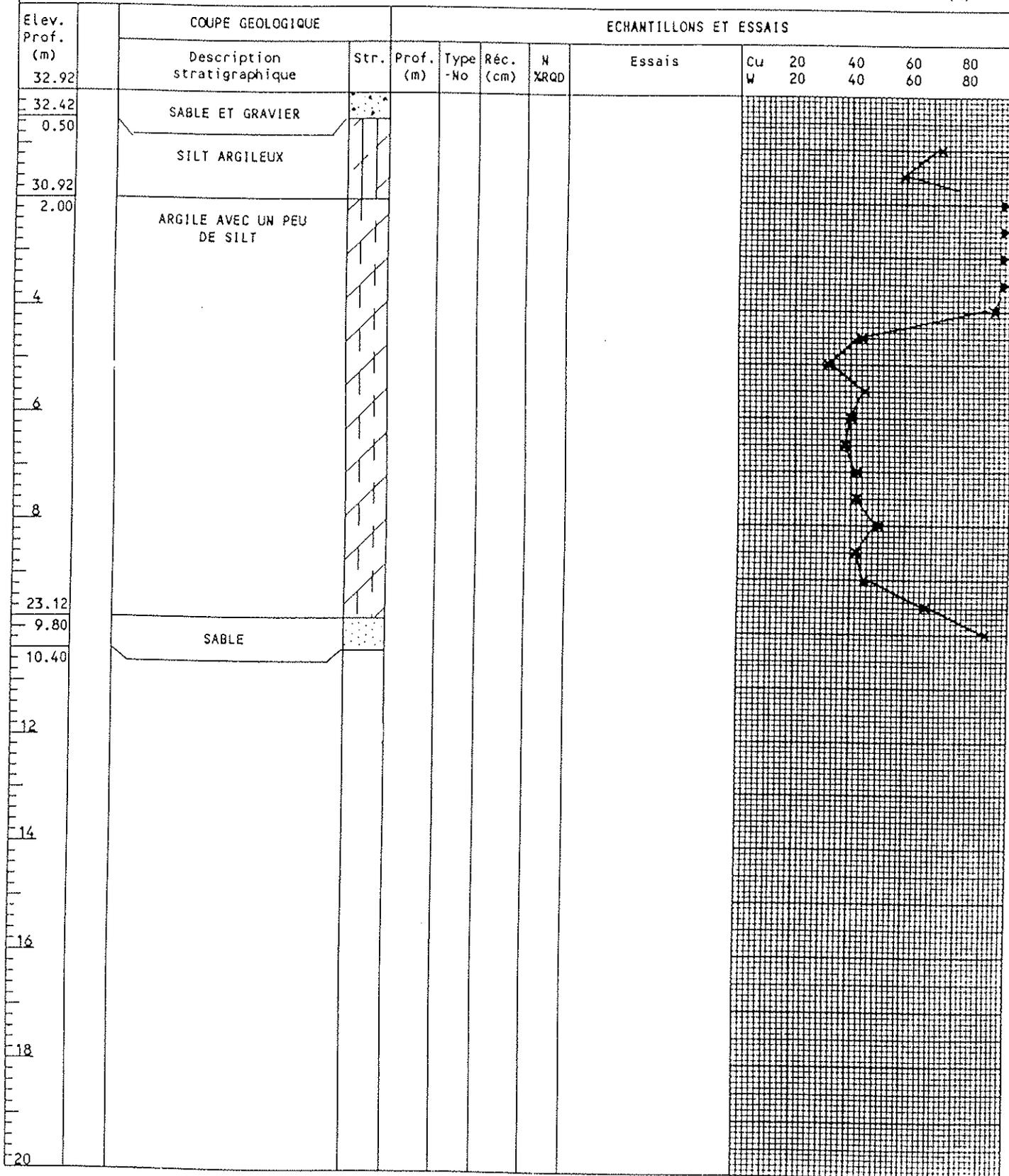






Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 15
Endroit: ST-HYACINTRE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-07

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kpa)	• W: teneur en eau (%)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	- WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	- Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	∇ : niveau d'eau (m)	



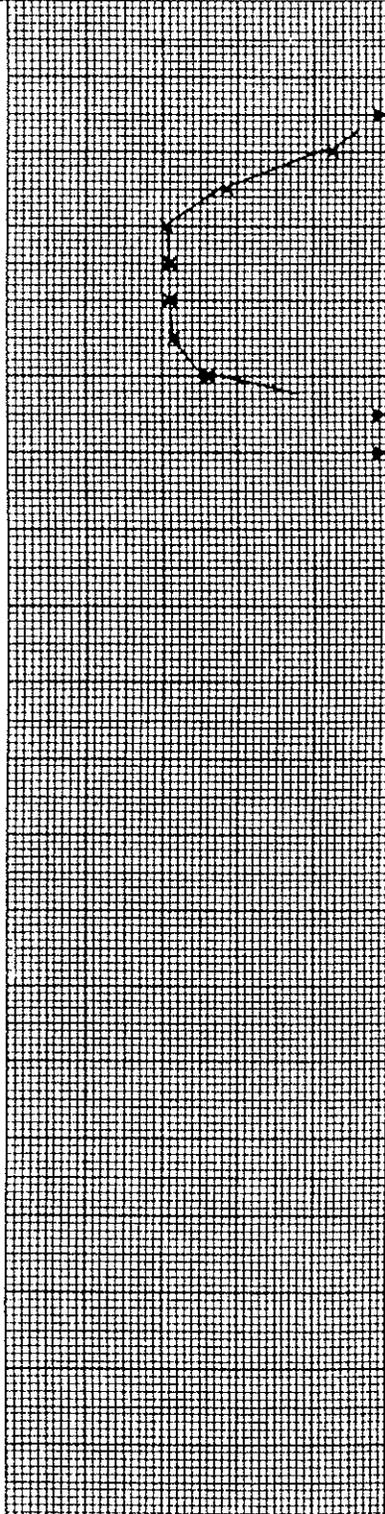




Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDRAGE: 17
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-13

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kpa)	• W: teneur en eau (%)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	→ WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	→ Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	∇ : niveau d'eau (m)	

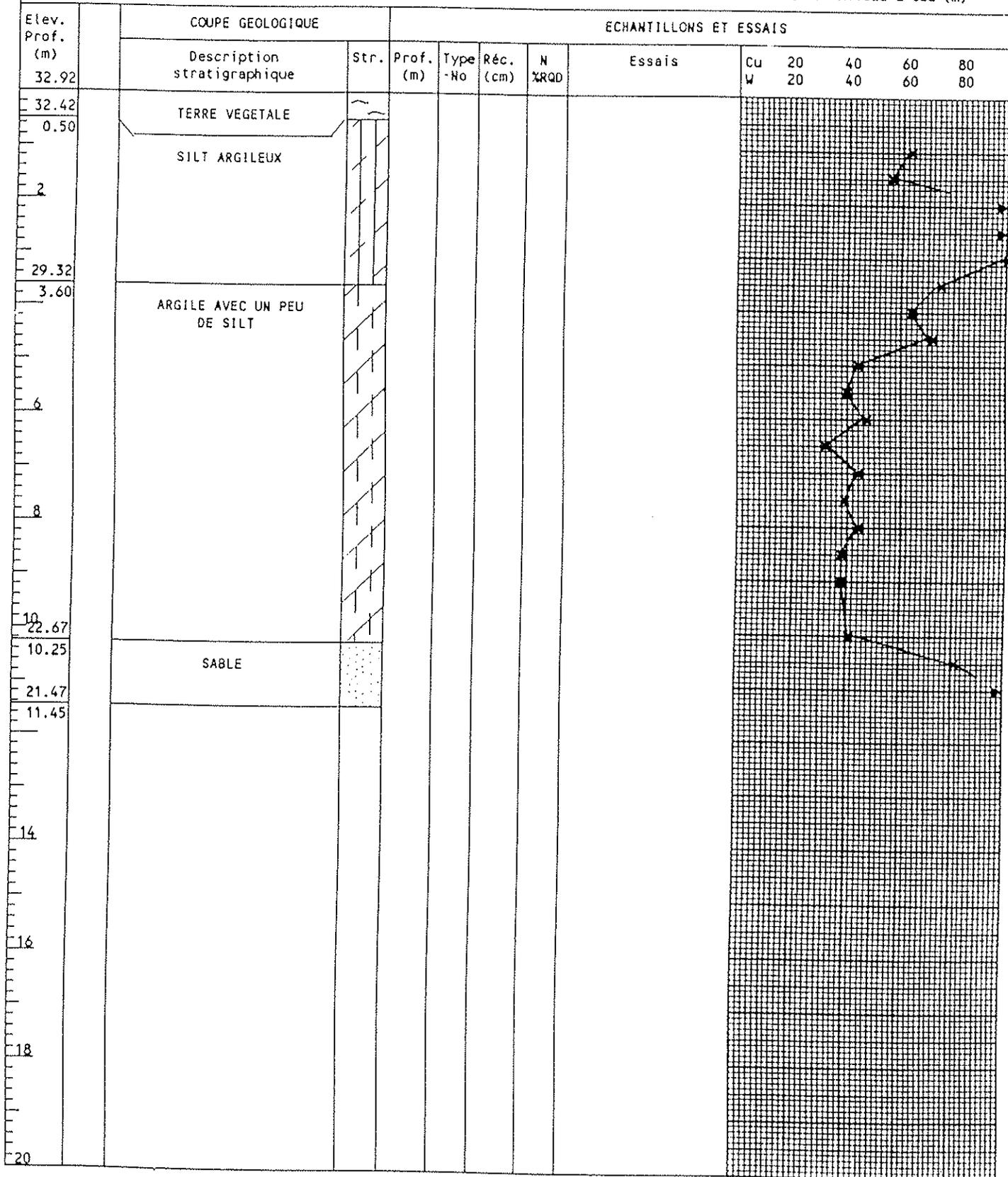
Elev. Prof. (m)	COUPE GEOLOGIQUE			ECHANTILLONS ET ESSAIS						
	Description stratigraphique	Str.	Prof. (m)	Type -No	Réc. (cm)	N %RQD	Essais	Cu W	20 40	60 80
27.15										
0.00	GLACE ET EAU									
26.25										
0.90	ARGILE AVEC UN PEU DE SILT									
2										
4										
21.90										
5.25	SILT, SABLE ET GRAVIER									
6										
20.70										
6.45										
8										
10										
12										
14										
16										
18										
20										





Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 18
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-05

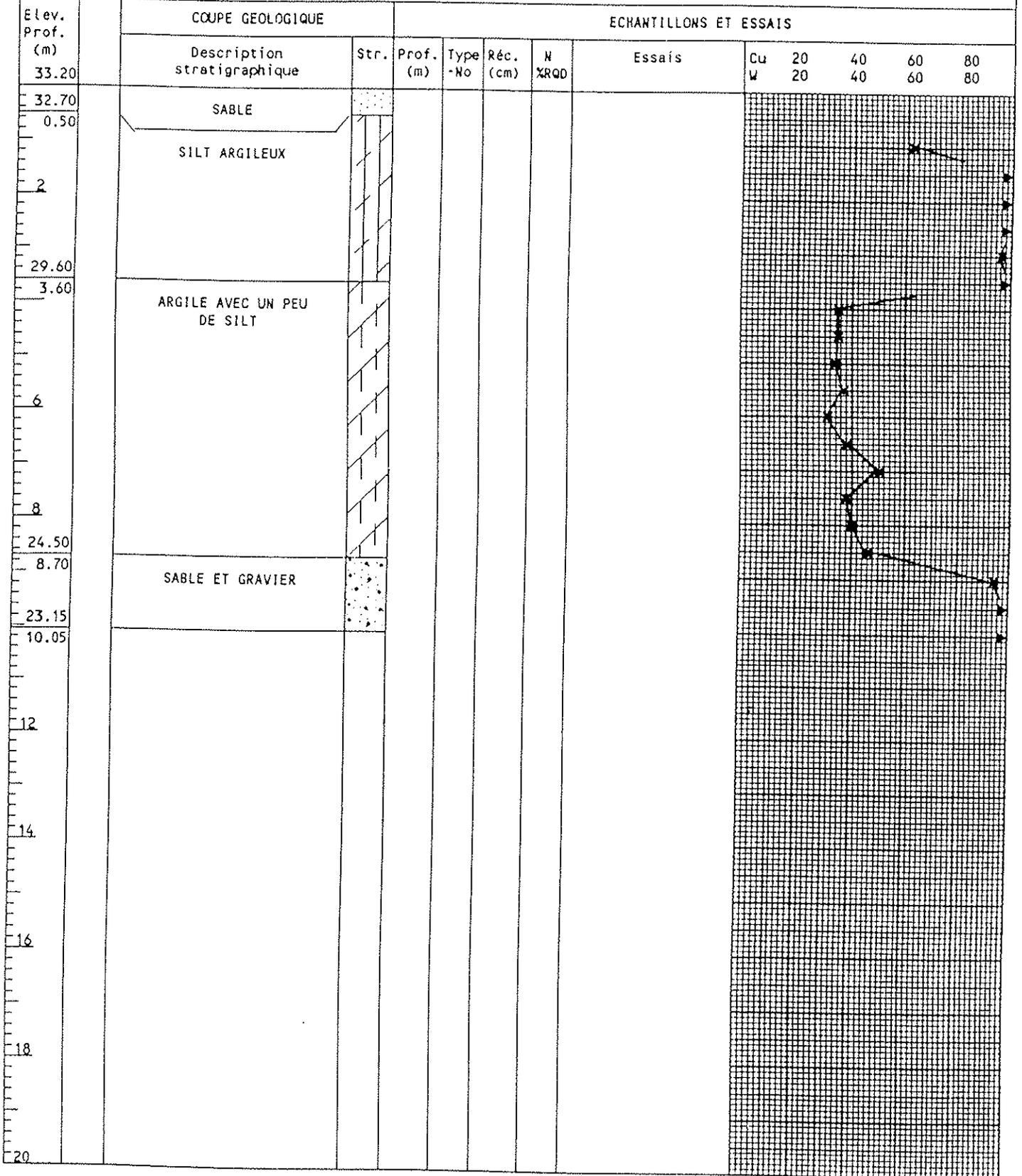
TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kPa)	• W: teneur en eau (%)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	- WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	- Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	∇ : niveau d'eau (m)	





Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 18A
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-05

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kPa)	• W: teneur en eau (X)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	→ WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	→ Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	Y : niveau d'eau (m)	

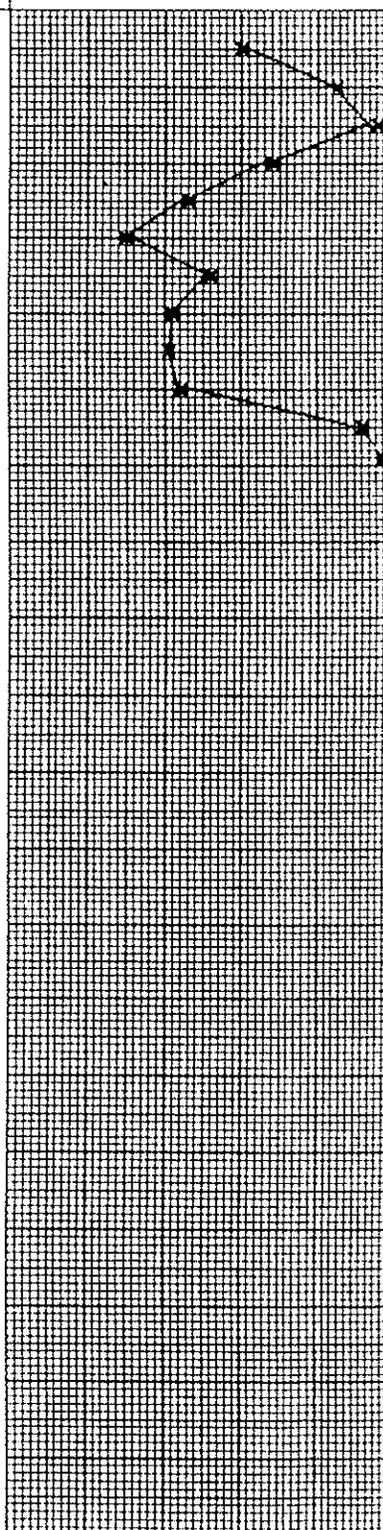




Projet: STABILITE	Dossier: 231-01-070(19)89	SONDAGE: 19
Endroit: ST-HYACINTHE	Niveau de base géodésique	Date: 91-02-12

TYPES D'ECHANTILLONS		ESSAIS		
CF: cuillère fendue	N: pénétration standard	E: module pressiométrique (kpa)	• W: teneur en eau (%)	
PS: tube à piston	X Cu: scissomètre (kPa)	St: sensibilité	— WL: limite de liquidité	
CR: tube carottier	K: perméabilité (m/s)	G: granulométrie	— Wp: limite de plasticité	
TA: tarière	Pl: pression limite (kPa)	C: consolidation	Y : niveau d'eau (m)	

Elev. Prof. (m)	COUPE GEOLOGIQUE		ECHANTILLONS ET ESSAIS					Essais						
	Description stratigraphique	Str.	Prof. (m)	Type -No	Réc. (cm)	N %RQD	Cu	20 W	40	60	80			
28.50														
0.00	SILT ARGILEUX													
26.75														
1.75	ARGILE AVEC UN PEU DE SILT													
4														
23.50														
5.00	SILT ET SABLE													
22.60														
5.90														
8														
10														
12														
14														
16														
18														
20														









STABILISATION DES TALUS  
(section type)

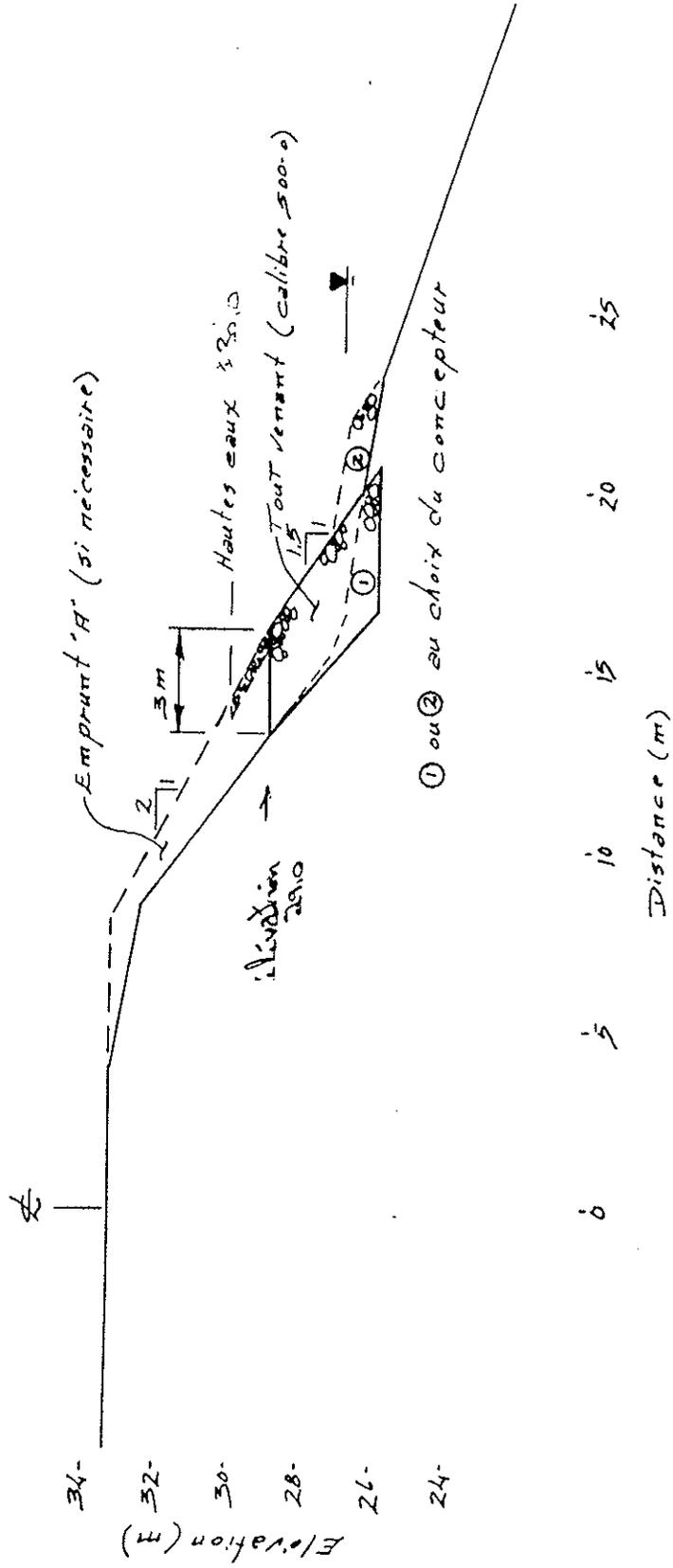


Fig. 3

