

INFLUENCE DE LA QUALITE DE GRANULATS
DANS LES
FONDATIONS D'UNE CHAUSSEE

CANQ
TR
GE
RC
131

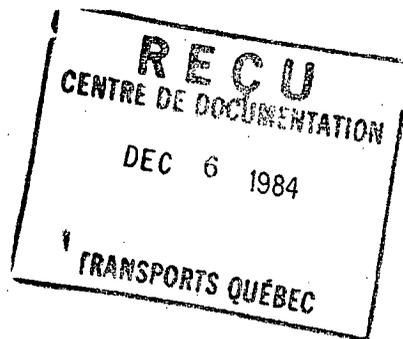
471 301

~~MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24^e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1~~

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6^e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

~~MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue D'Archevêque, 7^e
Québec (Québec)
G1R 5H1~~

INFLUENCE DE LA QUALITE DE GRANULATS
DANS LES
FONDATEIONS D'UNE CHAUSSEE



Préparé par: A. Arial, L. Arial, M. Bidégaré, G. Dallaire *,
P. Langlois *, G. Lauzier, G. Légaré, G. Moreau
M. Paradis, V. Blanchette, E. Simard

* Pour toute correspondance, s'adresser à ces personnes

Avril 1981

CANQ
TR
GE
RC
131

**1ère PARTIE: SAINTS-ANGES (BEAUCE)
MATÉRIAUX DÉGRADABLES.**

	<u>PAGE</u>
- BUT DE L'EXPÉRIENCE.	2
- CHAPITRE 1: CARACTÉRISTIQUES DES GRANULOMÉTRIES (TEXTURE, DÉGRADATION, COMPACTION...).	4
- CHAPITRE 2: PERMÉABILITÉ.	17
- CHAPITRE 3: SOULÈVEMENT PAR LE GEL.	32
- CHAPITRE 4: CAPACITÉ STRUCTURALE.	41
- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.	55

**2ième PARTIE: SAINT-BRUNO (CHAMBLY)
MATÉRIAUX NON-DÉGRADABLES.**

INTRODUCTION

Suite à une demande du Service des Sols & Chaussées, le Laboratoire Central a entrepris une étude sur les graviers schisteux.

Cette demande résulte d'une augmentation importante du refus de bancs de gravier schisteux, lesquels montrent, dans plus de 45% des cas (1) une dégradation nuisible lors de la construction de routes. Cette dégradation crée des fines rendant une fondation imperméable plus gélive et capillaire (2).

- (1) Remplacement des essais du Nombre Pétrographique et au $MgSO_4$ par l'essai Deval humide.
- (2) - Rapport de R. Doucet, ing. sur une carrière de la région 6-1, Ministère des Transports, février 1975.
- Rapport de Gaétan Dubé, ing. concernant la route 212, Canton Ditton, Cté Mégantic, mai 1978.
- Rapport de Guy Dallaire, ing. sur une carrière de la région 6-1, Ministère des Transports, novembre 1966.

BUT DE L'EXPERIENCE

L'expérience entreprise a consisté à utiliser un gravier schisteux dégradable qui montrait des valeurs peu élevées aux essais de durabilité au $MgSO_4$ (8.6, 12.4) et de l'absorption (1.4%). D'autres caractéristiques (comme la ténacité, la dureté ...), notées lors de l'évaluation pétrographique, indiquaient, dans un contexte conventionnel d'analyses, que le gravier schisteux était acceptable pour fondation inférieure (N.P. de 155 à 235). Les résultats élevés (37%) à l'essai Deval humide montraient que le gravier serait dégradable. Pour empêcher cette dégradation par l'action de l'équipement de chantier ou de la circulation, une couche de sable devait être appliquée sur ce matériau. Une proposition a été faite à une région (3-2) du Ministère pour entreprendre cette étude. Elle consistait à utiliser, au niveau de la fondation inférieure, une granulométrie ouverte du gravier en question sur lequel, après épandage, régilage et un léger compactage (2 passes), une couche de sable était immédiatement ajoutée et compactée.

La superposition des couches de sable pénétré et non pénétré dans la texture ouverte de la fondation inférieure supporterait la circulation des véhicules et les chocs de la compaction.

MATERIAUX ET SITE DE L'EXPERIENCE

L'initiative et l'audace de Messieurs Etienne Cloutier, ing. et Roger Doyon, ing. du district de Beauceville nous a permis d'effectuer l'étude.

Le site choisi fut le chemin du rang IV à Sts-Anges, Cté Beauce. Le gravier sélectionné pour la confection de la fondation inférieure provenait du banc Fecteau. Le tableau suivant indique les propriétés avant et après concassage:

	Avant concassage		Après concassage		Remarques
	Gros granulat	Granulat fin	Gros granulat	Granulat fin	
MgSO ₄	6.9 12.4 6.6	4.9 7.2 6.3	15.4 8.6	5.5 12.4	
Nombre pétrographique	203		213, 216, 155, 162, 210, 213 ...		Conc. Ret. 2.5"
Macro Deval	37 à 44		30 à 45		
Absorption	2.2		1.8		
Ses constituants: schiste à chlorite mou, schiste à chlorite dur, quartzite à gros grains, grès de différentes duretés.					

Le sable de la couche qui superposait la fondation inférieure a été extrait du dépôt Val-Anges. Ces deux bancs étaient à 1 kilomètre environ du chemin expérimental. Le gravier concassé 0 - 3/4" qui composait la fondation supérieure a été prélevé dans une des réserves du banc Concorbec de Vallée-Jonction. Les caractéristiques de sa qualité correspondent à une valeur de perte au MgSO₄ inférieure à 5 et un nombre pétrographique inférieur à 140.

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES DES GRANULOMETRIES DES COUCHES

DE LA STRUCTURE

1.0 SOUS-FONDATION

Le sol de cette couche est composé pour 65% de la longueur du contrat de matériau non-remanié appartenant à l'ancienne route. Quant à la partie restante (35%), le sable d'emprunt de classe A a été extrait du banc Val-Anges. Ce sable correspond à un SP-SM (voir tableau B-1) et est facilement compactable; toutefois, la circulation de camion créait des roulières, lesquelles engendraient une "décompaction". Conséquemment, la compaction devait s'effectuer immédiatement avant la pose de la couche supérieure.

1.1 FONDATION INFÉRIEURE

Le banc J.-Ls Fecteau, lots 1064, 1065, rang IV Nord de la municipalité de Sts-Anges a été sélectionné par la division de prospection du Service des Sols & Chaussées pour la construction de la fondation inférieure.

Les rapports d'analyses AG 409-79, AG 409-79A, AG 411-79, AG 412-79A, AG 878-80A montrent des granulométries du gravier naturel du banc. La moyenne de ces granulométries est indiquée dans le tableau B-2, page 5.

Tableau B-2

Caractéristiques de concassage et de tamisage du Banc Fecteau

TAMIS	COLONNE 1	COLONNE 2	COLONNE 3	COLONNE 4	COLONNE 5	COLONNE 6	COLONNE 7	COLONNE 8	COLONNE 9
	GRAVIER NATUREL AVANT CONCASSAGE	GRAVIER DE COLONNE (1) CONCASSÉ À 0-2,5"	GRAVIER CONCASSÉ DE COLONNE (2) TAMISÉ SUR TAMIS DE 1/2" CARRÉ (07)	REJET DE COLONNE (3)	GRAVIER CONCASSÉ DE COLONNE (2) TAMISÉ SUR TAMIS 3/4" CARRÉ (08A)	REJET DE COLONNE (5)	GRAVIER DE COLONNE (1) TAMISÉ SUR TAMIS 3/4" DONC CONCASSÉ (CALCUL THÉORIQUE)	EXIGENCES CALIBRE # 100	EXIGENCES CALIBRE # 103
3"	77		100					100	
2,5"	76		100		100			90-100	
2"	72	100	97		94			82-100	
1 1/2"	68	94	89		81				
1"	61	86	79		63			50-80	
3/4"	55	82	68		51		100		100
1/2"	47	75	56		37	99	85		68-93
3/8"	41	70	48	100	29	94	74		
# 4	28	54	33	88	21	63	51	25-50	35-65
# 8	18	39	26	63	17	49	33		
# 16	12	28	20	38	14	34	22	11-30	19-38
# 30	9	22	16	27	11	24	16		
# 50	7	18	13	21	9	18	13	4-18	9-17
# 100	6	15	11	18	8	15	11		
# 200	4,9**	12,5	8,8	14,2	6,3	11,9	8,9	2-8	2-8
5 um	0,9				1,2		1,6		
2 um					0,6				

** moyenne des valeurs 5,2 , 3,7 , 6,2 , 7,0 et 2,4.

9/...
5 um
2 um

Si ce gravier était tamisé sur le tamis 2.5" (donc 100% passant le tamis 2.5), le pourcentage de passant # 200 serait de $100/75 * 4.9 = 6.5$ et le pourcentage de passant # 4 serait de $100/75 * 28.2 = 37.6\%$. Le produit résultant de ce tamisage répondrait aux normes spécifiées pour fondation inférieure, il constituerait une "granulométrie minimum" avant concassage. Par contre, si le gravier était concassé à 0 - 2.5" au lieu d'être tamisé, les pourcentages de passant # 4 et # 200 seraient évidemment beaucoup plus élevés que 37.6 et 6.5. Effectivement, au début des opérations, ce concassage a été effectué et le produit résultant (analyse AG 789-80) a montré 54% de passant # 4 et 12.5 de passant 200. Il y a donc eu, par concassage à 0-2.5", presque le double de passant 200. Nous considérons le gravier concassé obtenu comme un matériau imperméable. Il ne faudrait donc pas accepter des bancs qui répondent aux normes de la qualité (N.P., $MgSO_4$...) sans qu'une étude préalable de la granulométrie totale du banc ait été faite. Des erreurs comme celle-ci se sont répétées depuis au moins 15 ans. L'utilisation de bancs montrant des rapports d'analyses identiques ($MgSO_4$, N.P., granulométrie) à ceux du banc Fecteau (et ils sont nombreux) ne peut se faire avec la conception traditionnelle, car il sera impossible, très souvent, d'obtenir un gravier concassé répondant aux normes du calibre 100. Ce qui confirme cette assertion est que le gravier concassé 0-2.5" du banc Fecteau a été tamisé sur un tamis 1/2" et le produit obtenu ne répondait pas à la norme du tamis 200, dont la teneur était de 8.8% (voir 07J du tableau B-2, colonne # 3).

A cause de cette teneur trop élevée et un désir d'obtention d'une texture plus ouverte de la fondation inférieure, nous avons recommandé que le 0-2.5" soit tamisé sur un tamis 3/4" (à maille carrée), ce qui nous a donné comme produit un matériau (voir 08A du tableau B-2, colonne 5) répondant au calibre # 100, sauf au tamis # 4 dont la teneur est de 21%. Vu la difficulté répétée d'obtenir le calibre 100, on devrait donc s'efforcer, pour des graviers de ce type, d'avoir un produit ayant plus de pierre, donc moins de passant 200 et de passant 4.

En excluant la qualité de ce gravier et en considérant seulement sa granulométrie, il devrait, au départ, être refusé pour fondation supérieure. La raison est simple: c'est qu'un tamisage au 3/4" du gravier (naturel) donnerait un produit contenant 8.9% de particules de passant 200 (100/55 x 4.9). Le concassage donnerait évidemment plus de passant 200, voir colonne 7, tableau B-2. Ce simple calcul devrait être utilisé beaucoup plus souvent, il permettrait de refuser immédiatement un produit qui sera imperméable, possiblement gélif et ne répondant pas au calibre 103.

1.1.1 TEXTURE DES CALIBRES DE LA FONDATION INFÉRIEURE ET INTERPENÉTRATION DU SABLE

Tel que spécifié dans le contrat, l'entrepreneur a d'abord concassé le gravier du banc Fecteau à 0-2.5", lequel a été tamisé par la suite sur un tamis 1/2" à mailles carrées.

Le produit résultant, désigné comme le calibre 07J, a été utilisé comme matériau de fondation inférieure sur une longueur importante (25%, chaînages 46+00 à 72+50) du contrat. Suite à un compactage avec un rouleau d'acier lisse de deux cylindres, la surface de la couche montrait, après deux passes, une texture fermée et apparamment imperméable (10^{-5} cm/sec.) (photos # .1. et .2.....). Vu l'impossibilité par cette texture de réaliser le but de notre expérience, c'est-à-dire d'interpénétrer une couche de sable dans le calibre 07J, nous avons donc recommandé aux responsables de modifier une clause du contrat. La recommandation de tamiser le 0-2.5", au moyen d'un tamis 3/4" à mailles carrées, a été acceptée. Le produit obtenu (désigné 08A) a montré une texture plus grossière avec 80% de pierre (Ret. # 4). Toutefois, compactée ou pas, la texture est telle (voir photos .3, 13) qu'il n'y a pas eu de pénétration significative (voir photos 4, 5, 6) du sable sus-jacent.

Avec les calibres 07J ou 08A, il est donc impossible de faire pénétrer (par compaction) un sable dans ceux-ci.

1.1.2 Compaction

Des camions de 20 à 40 tonnes ont circulé sur la couche de gravier schisteux du banc Fecteau (calibre 07J et 08A du tableau B-2) sur une distance de 1000 à 1500 pieds avant la pose de couche de sable.

Suite à une passe d'un compacteur statique ou d'un de ces camions, une texture fermée se formait (voir photos .2,3.) immédiatement. Les grains étaient collés l'un à l'autre. Ce phénomène de "collage" des agrégats était favorisé par la présence d'au moins 60% de fragments identifiés comme du schiste à chlorite et à séricite dur et mou. Ces schistes à séricite et à chlorite contiennent des minéraux feuilletés doux, onctueux, qui, en présence d'eau, constituent un lubrifiant facilitant, lors de la compaction, un déplacement et un tassement des grains. L'absorption du gros granulat du dépôt varie de 1.4 à 2.2%. (La teneur en eau notée lors de la compaction varie de 4 à 10%). Avec un gravier schisteux dégradé, i.e. une valeur au macro-Deval supérieure à 27, il faut s'attendre, après la compaction, à une texture fermée, même avec 80% de retenu # 4. Les photos # 7 et # 8 montrent la différence de texture suite à l'application en laboratoire d'une pression de 369 lb/po² sur un gravier schisteux dégradé (Banc Fecteau) et sur une pierre concassée non-dégradé composé de grès (à grains fins) dur, tenace, résistant aux chocs, au gel et dégel et à la compression (Sintra, St-Jean Chrysostome). Pour une granulométrie à peu près identique (80% retenu #4), une texture ouverte a été obtenue avec l'agrégat de haute performance. Il n'y a pas eu ce phénomène de "collage" observé avec le gravier schisteux dégradé. Il en résulte que des graviers de granulométries identiques peuvent avoir des perméabilités différentes à cause de leur nature.

Tel que nous le verrons au chapitre suivant, le gravier dégradable a, par interpolation, des perméabilités basses de l'ordre de 10^{-5} cm/sec. lorsqu'il est compacté à des valeurs de 125 à 130 lb/pi.cu. Celles-ci ont été obtenues après seulement deux passes. Le tableau # B-4, pages 14 et 15, montre les poids unitaires obtenus relativement au nombre de passes.

1.1.3 Dégradation

En ce qui concerne la dégradation, une section de 300 pieds fut soumise à la circulation de l'équipement de chantier (camions, compacteur ...) et des véhicules durant 6 jours. Nous avons constaté que la dégradation s'effectuait en surface (Voir photos 9, 10, 11, 12) et non en profondeur. Des échantillons prélevés dans les intervalles de profondeur suivants: 0 - 6", 6" - 12" et 0 - 12" nous montrent cette dégradation. Le tableau suivant nous en donne une idée.

Profondeur	6" - 12"	0 - 12"	0 - 6"
<u>Granulométrie</u>			
2 $\frac{1}{2}$ "	100	100	100
2"	96	99	100
1"	77	81	81
1/2"	55	60	62
4	34	40	40
8	26	31	34
30	17	19	22
50	13	16	19
100	11	13	15
200	9.1	10.5	12.3

La moitié supérieure de 12 pouces de fondation inférieure a donc subi des changements granulométriques. La photos #9,12 illustrent l'éclatement de fragments. Si l'on prévoit le passage de camions pour une durée supérieure à 5 jours, il y aurait avantage d'ajouter une couche de sable (2 à 3 pouces); par contre, nous avons constaté que 30 voyages de camions (1/2 journée) et 48 voyages (1 journée) n'occasionnaient pas de dégradation significative. En excluant cette section de 300 pieds, la dégradation a été limitée, parce que la circulation des camions ou des véhicules ne s'effectuait que sur une distance maximum de 1500 pieds. Tel que mentionné auparavant, une couche de sable était appliquée immédiatement, ce qui a empêché la dégradation.

2.0 COUCHE DE SABLE SUR LA FONDATION INFÉRIEURE (couche de transition)

La couche de sable, qui superposait la fondation inférieure, a été appliquée sur une épaisseur de cinq (5) pouces. A cause de la texture de la fondation inférieure, compactée ou non, le sable utilisé n'a pas pénétré les calibres 07J ou 08A (tableau B-2). Sa granulométrie est la suivante:

<u>Tamis</u>	<u>% Passant</u>
1 1/2"	100
3/8"	98
# 4	96
# 8	93
# 16	88
# 30	79
# 50	56
# 100	24
# 200	7.9

Ce type de sable (granitique) est facilement compactable et montre une surface unie suite aux passages d'un rouleau d'acier. Toutefois, des roulières se forment facilement par le passage de camions et il est nécessaire de compacter une autre fois avant la pose de la fondation supérieure. Cette formation de roulières a créé des problèmes pour une partie du contrat où une pente rendait difficile l'obtention d'une surface unie. Il a donc fallu que les camions déversent en haut de cette pente le gravier 0 - 3/4 en reculant. Ainsi, ils ne circulaient pas sur le sable. Le gravier 0 - 3/4" était par la suite étendu à l'aide d'une niveleuse.

Suite à une pluie, ce type de sable a créé, pour cette section du contrat, chez les automobilistes des difficultés de gravir cette pente. Pour une teneur en eau supérieure à 9%, les grains "flottaient" et occasionnaient ainsi une difficulté de traction semblable à celles rencontrées en hiver dans 6 pouces de neige.

3.0 FONDATION SUPERIEURE

Le gravier concassé utilisé répond en général aux normes pour béton de ciment. Sa granulométrie est la suivante:

<u>Tamis</u>	<u>% Passant</u>
(25 mm) 1"	100
(19 mm) 3/4"	99
(12.5 mm) 1/2"	84
(9.5 mm) 3/8"	74
(4.75mm) # 4	58
(2.36mm) # 8	49
(1.18mm) # 16	40

<u>Tamis</u>	<u>% Passant</u>
(600 µm) # 30	29
(300 µm) # 50	17
(150 µm) # 100	9
(75 µm) # 200	5.6

C'est un gravier qui se compacte bien et offre pour une épaisseur de 8" une bonne capacité de support (voir chapitre 3).

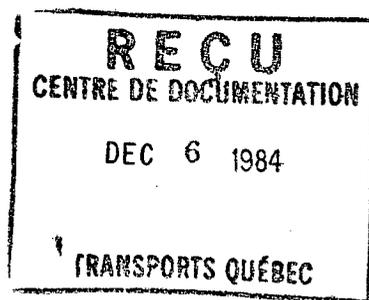


TABLEAU B-4

CARACTERISTIQUES DE LA COMPACTION (Fondation inférieure)

BANC FECTIONNE

Matériel	Chaînage	Remarques	Densité sèche	Humidité	Date
1/2 - 2 ^{1/2} po. (07J)	50+05, 4' D	6 po. prof., 2 passes	131.9	6.7	80 08 05
"	55+56, 8' G	" " , " "	131.8	9.1	80 08 06
"	60+20, 9' D	" " , " "	120.2	16.1	80 08 06
3/4 - 2 ^{1/2} po. (08A)	20+20, 8' D	" " , " "	111.4	17.2	80 07 31
"	22+50, 7' D	" " , " "	129.9	4.6	80 07 29
"	25+17, 8' G	" " , " "	128.1	11.4	80 07 31
"	27+90, 8' G	" " , " "	132.3	5.2	80 07 29
"	30+17, C/L	" " , " "	132.1	9.6	80 07 31
"	33+00, 9' G	" " , " "	132.9	3.4	80 07 29
"	35+20, 9' D	" " , " "	122.7	8.6	80 08 01
"	37+90, 5' G	" " , " "	133.8	3.6	80 07 29
"	40+10, 8' G	" " , " "	120.1	13.7	80 08 01
"	45+00, 5' D	" " , sans circulation	123.2	4.9	
"	45+06, 6' D	" " , 1 passe rouleau	123.7	4.3	
"	45+00, 8' D	" " , 2 passes rouleau	119.3	4.6	
"	44+99, 8' D	" " , 3 passes rouleau	122.6	4.4	
"	45+30, C/L	" " , 2 passes	129.0	8.2	80 08 01
"	70+57, 6' D	" " , " "	127.3	9.6	80 08 07
"	74+30, 7' D	" " , sans compaction	130.6	3.8	80 08 04
"	75+49, 8' G	" " , 2 passes	132.5	9.2	80 08 07

TABLEAU B-4 (suite)

Matériel	Chaînage	Remarques	Densité sèche	Humidité	Date
3/4 - 2 ^{1/2} po. (08A)	79+20, 10' G	6 po. prof., 2 passes	130.0	4.2	80 08 04
"	80+32, C/L	" " , " "	126.9	7.2	80 08 07
"	84+00, 8' D	" " , " "	120.4	4.1	80 08 04
"	85+37	" " , " "	125.9	8.4	80 08 07
"	89+20, 9' G	" " , " "	127.7	4.8	80 08 04
"	90+27, 5' G	" " , " "	126.2	10.4	80 08 07
"	95+00, 10' D	" " , sans compaction	105.2	4.8	80 08 04
"	95+28, 4' D	" " , 2 passes	130.5	8.4	80 08 08
"	100+03, 13' D	" " , sans compaction	103.2	4.0	80 08 04
"	100+08, 6' G	" " , 2 passes	124.6	11.8	80 08 08
"	105+19, 7' D	" " , " "	126.0	11.7	80 08 08
"	110+45, 5' D	" " , " "	126.8	9.8	80 08 08
"	111+10, 8' D	" " , sans compaction	125.4	4.8	80 08 06
"	115+50, 2' G	" " , 2 passes	128.8	8.8	80 08 08
"	116+21, 10' G	" " , sans compaction	124.1	4.6	80 08 06
"	120+36, 8' D	" " , 2 passes	125.0	10.1	80 08 11
"	125+00, 9' G	" " , " "	126.3	10.5	80 08 11
Sable	20+20, 8' D	4 po. prof., 2 passes	116.0	5.2	80 07 31
"	25+17, 8' G	" "	109.4	5.8	80 07 31
"	30+17, C/L	2 " "	112.9	10.1	80 07 31
"	35+20, 9' D	4 " "	117.2	5.6	80 08 01
"	40+10, 8' G	4 " "	115.5	5.7	80 08 01
"	45+30, C/L	4 " "	118.9	7.2	80 08 01
"	50+05, 4' D	4 " "	118.7	4.7	80 08 05

TABLEAU B-16

Matériel	Chaînage	Remarques	Densité sèche	Humidité	Date
Sable	55+56, 8' G	4 po. prof.	119.8	3.9	80 08 06
"	60+20, 9' D	4 " "	125.7	3.0	80 08 06
"	70+57, 6' D	4 " " , comp. par camions	132.1	5.5	80 08 07
"	75+49, 8' G	4 " "	122.4	9.6	80 08 07
"	80+32, C/L	4 " "	116.3	11.0	80 08 07
"	85+37, 7' D	4 " "	115.5	8.4	80 08 07
"	90+27, 5' G	4 " "	132.2	6.2	80 08 07
"	95+28, 4' D	4 " "	120.5	8.5	80 08 08
"	100+08, 6' G	4 " "	121.1	9.9	80 08 08
"	105+19, 7' D	4 " "	121.7	8.7	80 08 08
"	110+45, 5' D	4 " "	116.5	8.7	80 08 08
"	115+50, 2' G	4 " "	120.8	9.4	80 08 08
"	120+36, 8' D	4 " "	116.5	8.6	80 08 11
"	125+00, 9' G	4 " "	116.9	8.7	80 08 11
1/2 - 2 ^{1/2} po.	Réserve	0.1 po. prof.	101.8	7.4	80 07 22
"	"	6 po. prof.	106.1	6.6	80 07 22
3/4 - 2 ^{1/2} po.	"	6 " "	93.8	6.9	80 07 22

N.B. La densité relative brute (ASTM C-127) est de 2.53 à 2.58.

CHAPITRE 2

PERMEABILITES DES DIFFERENTS MATERIAUX

2.1 Drainage du sol

Le concepteur d'une chaussée doit savoir, entre autres, que la réduction de l'action du gel n'est efficace qu'en présence d'un drainage adéquat. La perméabilité des couches de fondations va réduire, au besoin, la migration de l'eau dans la zone de gel et facilitera ainsi le drainage de l'eau de fonte. Un bon drainage peut maintenir une forte proportion de la portance au cours du dégel de printemps. Il existe plusieurs mesures éprouvées de drainage, telles l'aménagement de drains souterrains, surélévation du revêtement dans les zones de nappe phréatique élevée, etc.

Un drainage dans la partie supérieure d'une chaussée pour l'évacuation de l'eau de fonte qui se forme rapidement dans les couches supérieures au printemps diminue les effets de soulèvement dus au gel. Dans le cas de granulométrie ouverte qui compose une fondation, il peut être nécessaire d'empêcher une compénétration de sol fin par la pose d'une couche anticontaminante de sable ou autre matériau, aussi bien au-dessus qu'en dessous de la couche de fondation drainante. Cedergren, H.A., Arman, J.A. et O'Brien, K.H. recommandent les matériaux indiqués à la figure C-1.

La structure de la chaussée du rang IV à Sts-Anges est constituée selon le schéma de la figure C-5. Les valeurs de perméabilité des matériaux mesurées sont les suivantes:

Fondation supérieure: gravier concassé 0-3/4"	$k = 5 \times 10^{-4}$ cm/s
Transition et sous-fondation: sable	$k = 1.1 \times 10^{-3}$ cm/s
*(3) Fondation inférieure: gravier schisteux 1/2 - 2 ^{1/2} "	* $k = 8.5 \times 10^{-3}$ cm/s
*(5) Fondation inférieure: gravier schisteux 3/4 - 2 ^{1/2} "	* $k = 2.1 \times 10^{-3}$ cm/s

*(3) et *(5) Les granulométries correspondent aux colonnes du tableau B-2 et les valeurs de perméabilité sont pour des masses volumiques de 100 lb/pi³ environ. Il est à noter que sur chantier, la masse volumique atteinte est d'environ 130 lb/pi³, donnant une valeur de $k \approx 5 \times 10^{-5}$ cm/s (voir figure C-2).

La construction d'une fondation constituée de certains matériaux indiqués à la figure C-1 cause certains problèmes durant les travaux. Ces genres de matériaux ont une droite granulométrique presque verticale, ils sont difficilement compactables et n'ont aucune stabilité au passage de véhicules. De plus, des essais ont été effectués avec de la pierre 1/4 po provenant de la carrière Mont Saint-Bruno No 2 et ces essais indiquent une capacité portante très faible (voir partie 2).

2.2 Matériaux schisteux dégradables

En ce qui concerne les matériaux schisteux utilisés à Sts-Anges, la perméabilité se situe aux environs de 4×10^{-5} cm/s pour un matériel compacté à 130 lb/pi³. Ce type de matériel se caractérise donc par un mauvais drainage, mais la couche de transition constituée de sable possède une perméabilité qu'on peut qualifier de bonne (photos 14 et 15).

Pour les matériaux schisteux, il serait possible d'en augmenter la perméabilité en augmentant le pourcentage de pierre. Des essais ont été exécutés en laboratoire (figures C-2 et C-6) afin de déterminer la variation de la perméabilité, en fonction du pourcentage de pierre. Il résulte qu'il faut augmenter ce pourcentage à 80 pour cent dans ce genre de matériel pour augmenter la perméabilité de 10^{-4} cm/s à 10^{-2} cm/s.

Le tableau # 2 montre que les matériaux du banc Fecteau ayant 0 à 50% de retenu # 4 (pierre), qui ont été compactés de 85,6 à 117,4 (1370 à 1880 kg/m³), montrent des valeurs de perméabilité inférieures à 2×10^{-4} cm/s (0,6 pi/jour). Si ces matériaux ont, sur le tamis # 4, de 65% à 80%, les valeurs de perméabilité sont de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-4} cm/s pour des compacités de 99 à 112 lb; ce qui signifie que pour des masses volumiques supérieures à 125 lb (valeurs sur le terrain), les perméabilités seraient inférieures à 10^{-4} cm/s, donc un drainage mauvais (photos 1 et 5). Toutes ces caractéristiques sont

montrées à la figure C-6. Cette figure montre également que pour plus de 80% de pierre, ces matériaux seront perméables.

Le tableau # 3 et la figure C-6 montrent un autre matériau schisteux dégradé prélevé dans la carrière Verreault. Pour 60% de passant 4 et 11% de passant 200, nous avons obtenu des valeurs de 10^{-6} cm/s lorsque compacté à 143 lb/pi³.

Les matériaux schisteux dégradables du banc Fecteau et de la carrière Verreault, dont les valeurs au macro-Deval sont très élevées (32 et 46 ...), sont imperméables pour des teneurs en passant # 4 supérieures à 20% (i.e. moins de 80% de pierre). Par contre, l'interpolation des résultats d'essais effectués par l'université de Sherbrooke et le Laboratoire central montre que ces matériaux, ayant plus de 80% de retenu # 4, seront perméables (voir le tableau #2 du présent chapitre et le rapport de mai 80 de messieurs Lupien et Aitcin "Propriétés physiques et mécaniques des résidus des mines d'amiante", page 20).

2.3 Matériaux non-dégradables

Les tableaux 1 et 3 montrent les propriétés physiques et les résultats d'essais de perméabilité effectués sur les matériaux de bonne qualité: le gravier Concorbec, la carrière St-Jean-Chrysostome et l'Union des Carrières & Pavages (macro-Deval < 21).

Le tableau 1 et la figure C-6 montrent qu'avec le gravier concassé Concorbec, il est possible d'obtenir un bon drainage s'il contient

plus de 60% de pierre (retenu # 4).

Un bon drainage ($1,5 \times 10^{-3}$ cm/s) est également obtenu avec la pierre concassée de St-Jean-Chrysostome, dont la teneur en retenu # 4 est de 77% (tableau #3 et photo #8).

Quant à la pierre concassée de l'Union des Carrières & Pavages, un bon drainage peut être obtenu s'il y a plus de 60% de pierre (voir figure C-6). Par contre, de 40 à 60% de pierre, nous avons obtenu une perméabilité de 5×10^{-4} cm/s (1,4 pi/jour) lorsque la masse volumique est de $144,2 \text{ lb/pi}^3$ (donc un mauvais drainage), alors que pour une compaction moindre $132,9 \text{ lb/pi}^3$, il y a une perméabilité de $5,0 \times 10^{-3}$ cm/s (14 pi/jour), ce qui correspond à des critères de bon drainage (voir tableau # 3 et figure C-6).

2.4 Conclusions

2.4.1 Matériaux non-dégradables

Pour des graviers ou pierre concassée, il est certain que l'on puisse obtenir une couche perméable, si celle-ci contient plus de 60% de retenu # 4.

Pour des teneurs de 40% à 60% de particules retenues sur le tamis # 4, il faut s'attendre, dans le cas de gravier, à des perméabilités basses (10^{-4} cm/s) si les masses volumiques sont supérieures à 136 lb/pi^3 , qui est un poids minimum après la compaction de fondations.

Les fondations de pierre concassée qui contiennent de 40 à 60% de retenu 4 seront en général de faible perméabilité (10^{-4} cm/s) si la masse volumique est plus élevée que 140 lb/pi³. Cette valeur est obtenue après la compaction dans la plupart des cas dans la province de Québec.

2.4.2 Matériaux dégradables

Il faut au moins 80% de retenu 4 pour obtenir une fondation perméable. Les matériaux de fondations (pierre ou graviers concassés), ayant moins de 80% de retenu #4 et compactés à des masses volumiques supérieures à 125 lb/pi³, ont des valeurs de perméabilité faibles (voir tableaux # 2, # 3, et photo # 1).

TABLEAU # 1

CONCORBEC - VALLEE-JONCTION

% pierre	% sable	Perméabilité		Masse volumique		Propriétés Ret. # 4	Granulométrie du passant 4,75 mm						
		cm/s	pi/jour	kg/m ³	lb/pi ³		4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	150 µm	75 µm
0	100					Nombre Pét. < 140	100	81	65	47	27	15	9,8
20	80	$1,1 \times 10^{-4}$,31	2111	131,6	MgSO ₄ < 8							
40	60	$3,7 \times 10^{-4}$	1,0	2130	132,8	Absorption < 1%							
60	40	$1,2 \times 10^{-3}$	3,4	2165	135,0	Macro-Deval < 20%							
80	20	$4,2 \times 10^{-3}$	11,8	2018	125,8								
100	0	très perméable	très perméable										

TABLEAU # 2

BANC FECTEAU - 07 J

Compacté à la table vibrante

1er ESSAI

2e ESSAI

Z Pierre	Z Sable	Perméabilité		Masse volumique		Perméabilité		Masse volumique		Propriétés
		cm/s	pi/jour	kg/m ³	lb/pi ³	cm/s	pi/jour	kg/m ³	lb/pi ³	
0	100	$5,3 \times 10^{-5}$	0,15	1425	89,0					Voir figure A-1
10	90	$2,9 \times 10^{-4}$	0,83	1360	85,0	$3,0 \times 10^{-4}$	0,84	1755	109,6	
20	80	$4,0 \times 10^{-4}$	1,13	1410	87,9	$4,1 \times 10^{-4}$	1,15	1400	87,4	
30	70	$2,16 \times 10^{-4}$	0,61	1405	87,8	$3,0 \times 10^{-4}$	0,84	1390	86,8	
40	60	$2,1 \times 10^{-4}$	0,60	1390	86,7	$2,9 \times 10^{-4}$	0,81	1880	117,3	
50	50	$2,6 \times 10^{-4}$	0,74	1370	85,6	$1,9 \times 10^{-4}$	0,53	1835	114,4	
65	35	$1,1 \times 10^{-3}$ *	0,8*		112,3	$2,1 \times 10^{-3}$	6,0			
80	20	$7,7 \times 10^{-4}$ *	0,5*		108	$8,4 \times 10^{-3}$	23,8	1590	99,3	
100	0	très perméable	très perméable			très perméable		1510	94,1	

* Université de Sherbrooke

TABLEAU # 3

UNION DES CARRIERES ET PAVAGES

Méthode de compaction: Compacteur mécanique

Energie: 56 000 lb pi/pi³

% Pierre	% Criblure	Perméabilité		Masse volumique		Propriétés Ret. # 4	Granulométrie du passant 4,75 mm						
		cm/s	pi/jour	kg/m ³	lb/pi ³		4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	600 µm	300 µm	150 µm	75 µm
0	100	2,2 x 10 ⁻⁵	0,06	2246	140,2	Nombre pét.: 138	100	80	55	38	28	23	19,0
20	80	2,0 x 10 ⁻⁵	0,06	2252	140,6	MgSO ₄ > 4,75 = 15,2							
40	60	5,0 x 10 ⁻³	14,2	2115	132,0	MgSO ₄ < 4,75 = 13,6							
		5,0 x 10 ⁻⁴	1,42	2310	144,2	Absorption: 1,3%							
60	40	6,6 x 10 ⁻³	18,7	2129	132,9	Macro-Deval: 20,5							
80	20	1,9 x 10 ⁻²	53,9	1964	122,6	Micro-Deval: 20,1							
100	0	2,2 x 10 ⁻²	62,4	1895	118,3								
40	60	5,5 x 10 ⁻⁶	.016	2299	143,5	CARRIERE VERREAULT	100	69	47	33	26	22	19,5
		1,1 x 10 ⁻⁵	.031	2299	143,5	Nombre pét.: 239							
						MgSO ₄ > 4,75 = 48,6							
						MgSO ₄ < 4,75 = 31,4							
						Absorption: 3,8%							
						Macro-Deval: 46,2							
						Micro-Deval: 54,0							
77	23	1,5 x 10 ⁻³	3,1	2078	129,7	ST-JEAN CHRYSOSTOME	100	74	61	46	35	26	18,3
						Nombre pét.: < 120							
						MgSO ₄ < 5							
						Absorption: < 1%							
						Macro-Deval: 16 environ							
						Micro-Deval: 23 environ							

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester sud, 7e
Québec, (Québec)
G1K 5Z1

figure C-1

GRANULOMÉTRIE TYPIQUE ET PERMÉABILITÉ DES COUCHES DE FONDATION OUVERTES ET DES MATÉRIAUX DE FILTRAGE

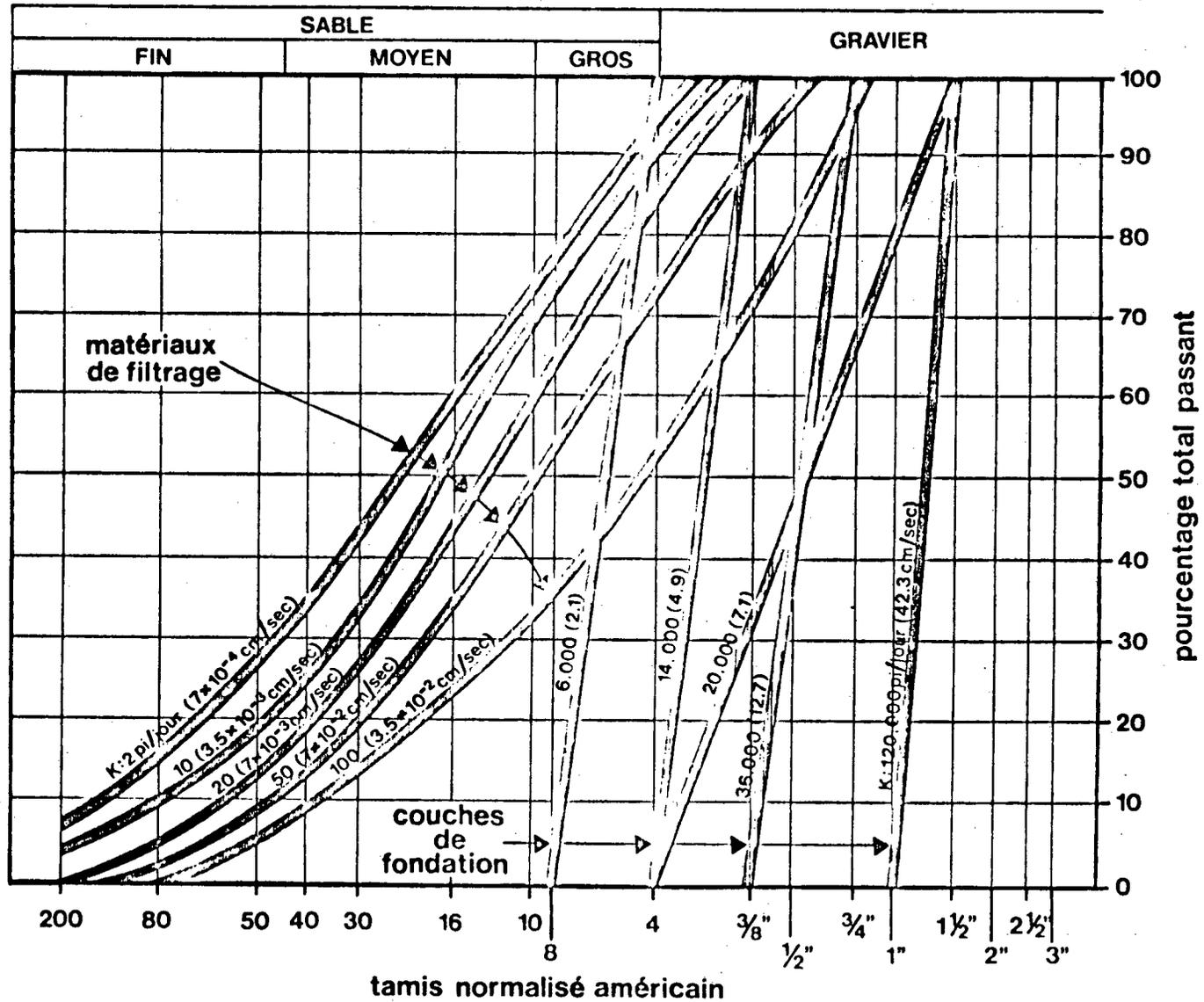


figure C-2

Perméabilité du Banc Fecteau
Masse volumique moyenne aux essais: 95 lbs/pi³

Projetée pour une
masse volumique de 130 lbs/pi³

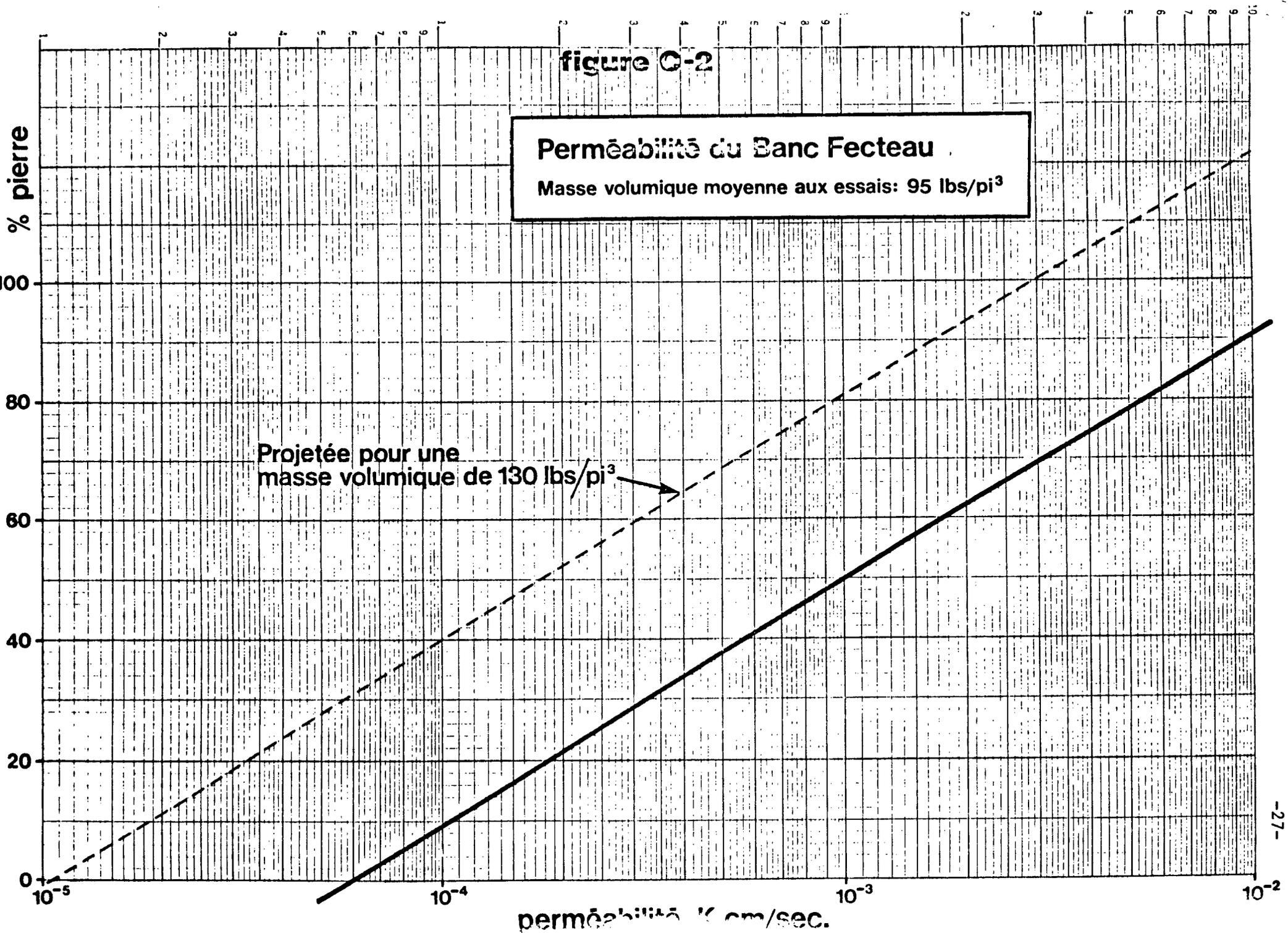


figure C-3

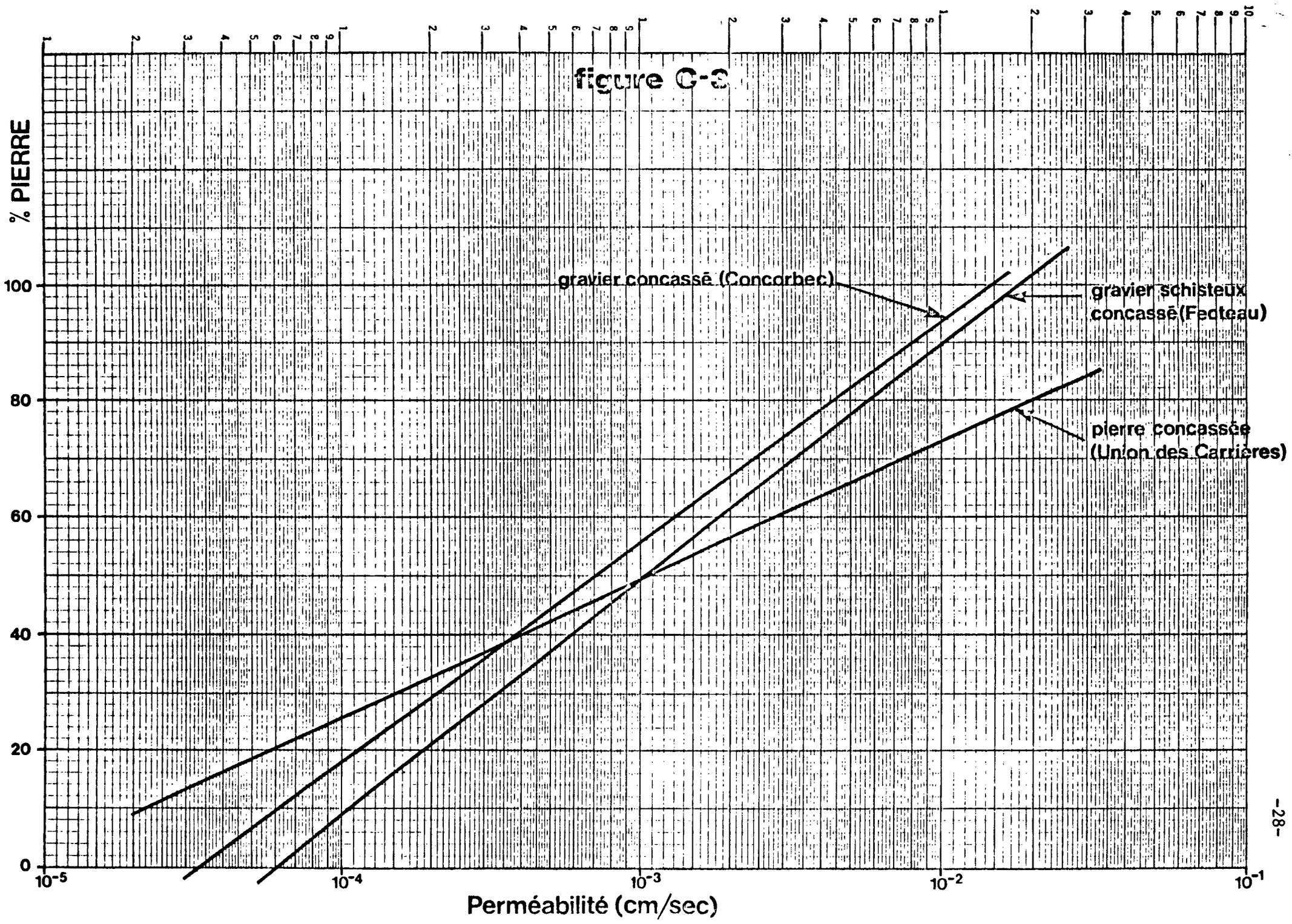
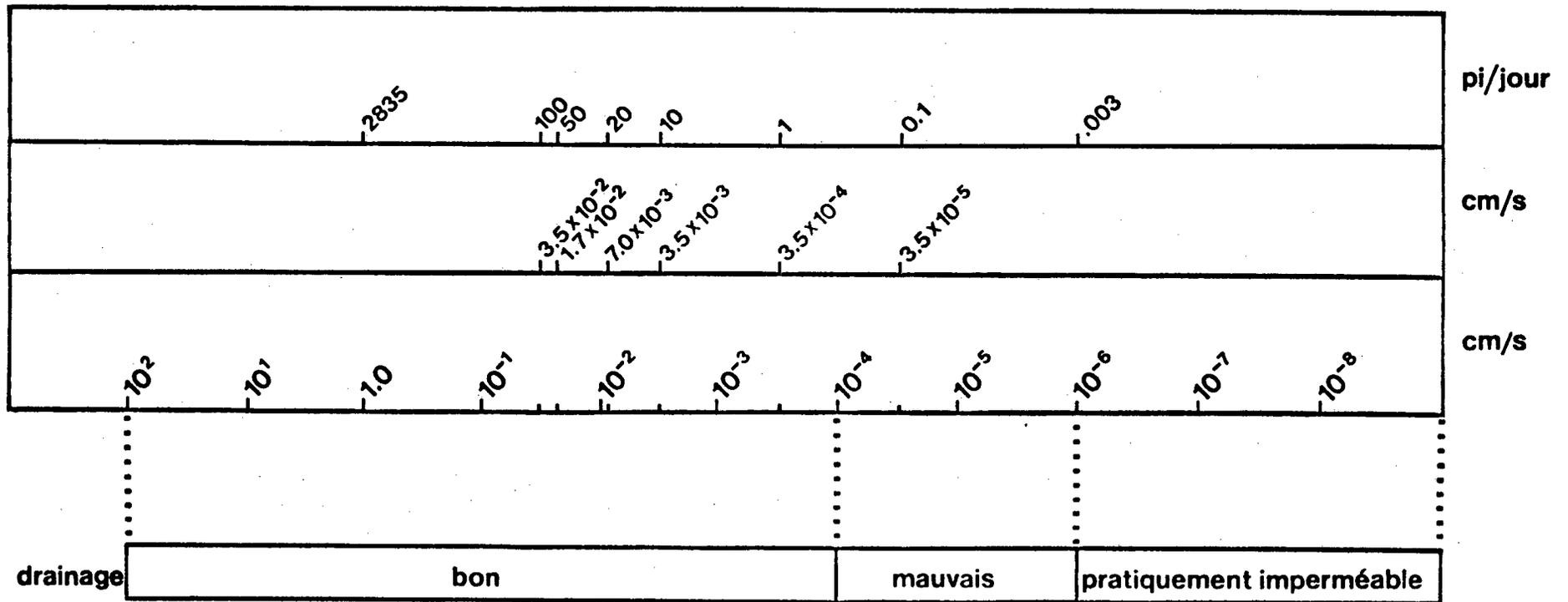


figure C-4

Caractéristiques de perméabilité et de drainage des sols

Coefficient de perméabilité "k" en pi/jour et en cm/s (échelle logarithmique)



STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE RANG IV STS-ANGES

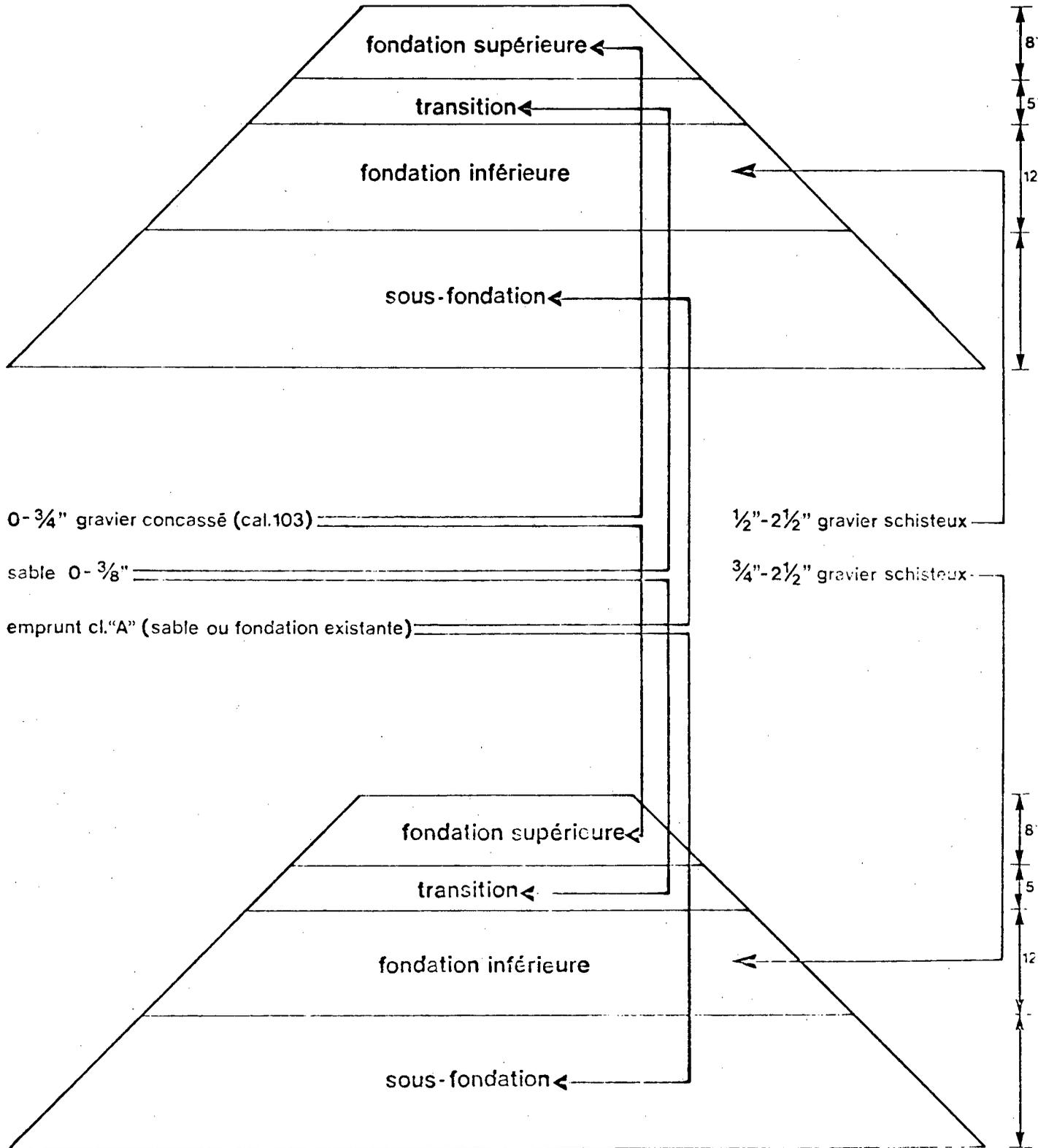


Figure C-5

PERMÉABILITÉ

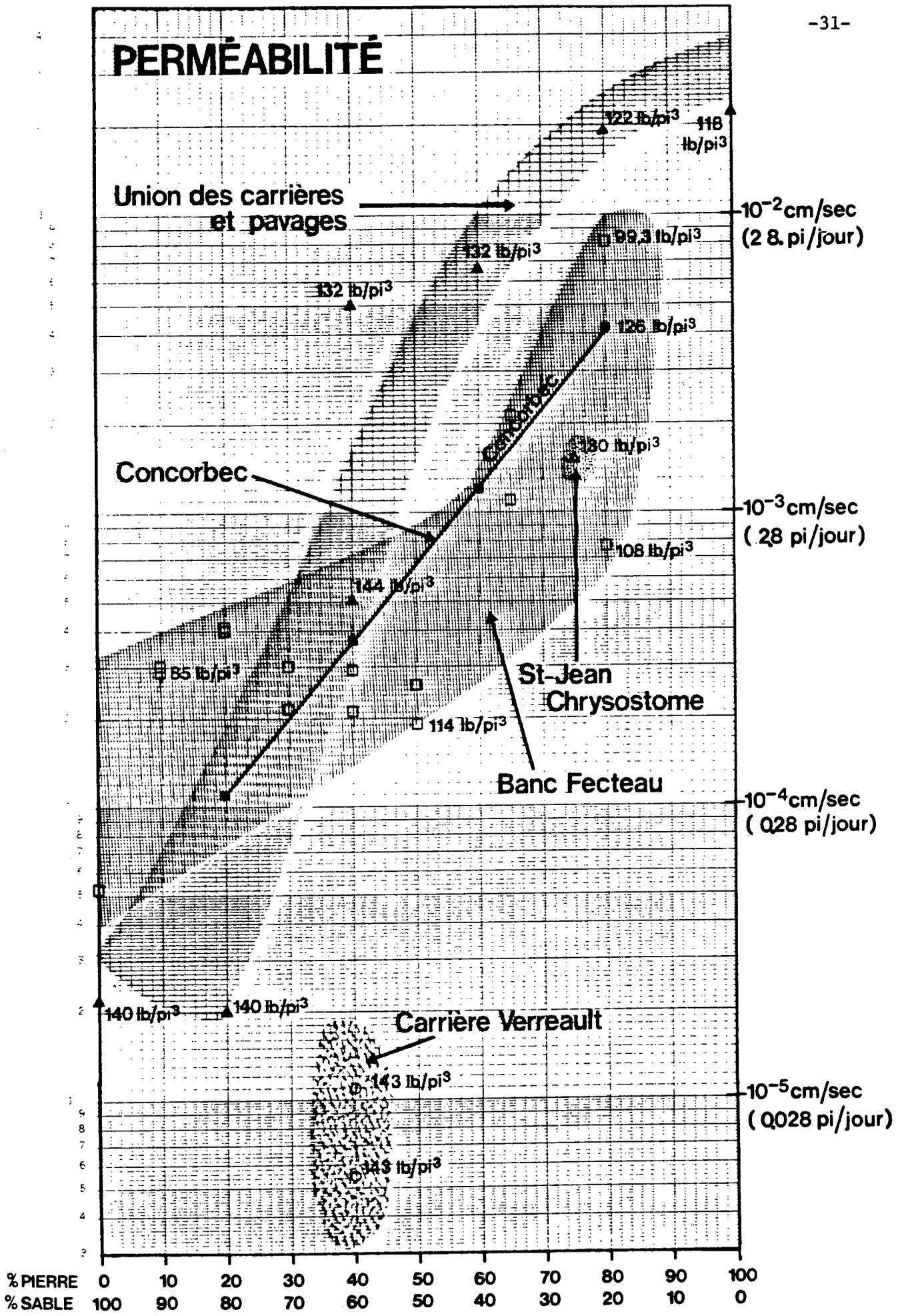


figure C-6

CHAPITRE III

EVALUATION DE LA GELIVITE DE DIFFERENTS CALIBRES DU

BANC FECTEAU UTILISES POUR LA FONDATION INFERIEURE

Le département de génie civil de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Sherbrooke a développé un simulateur pour la mesure de soulèvement par le gel de sols. Nous avons donc demandé à ce département d'effectuer, sur quatre (4) échantillons de différents calibres, des essais au moyen de ce simulateur (voir annexe A).

Les quatre échantillons de gravier schisteux dégradable du banc Fecteau répondaient aux exigences:

- 1- minimum du calibre 100
- 2- maximum du calibre 100
- 3- suivantes:

Tamis	Type 07J (0-2.5" tamisé sur 1/2")	Type 08A (0-2.5" tamisé sur 3/4")
2.5"	100	100
2"	95	93
1"	79	63
3/4"	66.6	50.0
1/2"	57	40
3/8"	49	29
# 4	32	20
# 200	8.8	5.2

Puisque l'essai de soulèvement par le gel s'effectue sur des échantillons dont la grosseur maximum est 3/4" (19 mm), il y a eu substitution de la fraction 3/4" - 2.5" par celle du # 4 - 3/4". Les granulométries reconstituées sont indiquées dans les graphiques des figures D-2 et D-4.

L'étude a révélé les résultats suivants:

Sols	Masse volumique lb/pi ³	Pente mm/(Cxhre) 1/2	Classe
08A	147.9	0.131	faiblement susceptible au gel
07J	142.7	0.106	
Calibre 100 max.	134.0	0.029	non susceptible au gel
Calibre 100 min.	133.1	0.023	

Il faut noter que les sols 07J et 08A ont été compactés à des poids au pied cube supérieurs à ceux obtenus sur le terrain (130 à 132 lb/pi³ vs 142.7 et 147.9). Ces valeurs élevées résultent de difficultés occasionnées par la compaction à la table vibrante. Ce moyen de densification était nécessaire, car la procédure conventionnelle à l'aide de marteau engendrait une fragmentation du gravier schisteux. La granulométrie résultante ne serait pas représentative de la granulométrie des calibres demandés.

D'après les critères de classification définis par l'université de Sherbrooke, les graviers schisteux 07J et 08A seraient classés comme

faiblement susceptibles au gel, alors que les calibres 100 max. et 100 min. seraient classés non susceptibles au gel.

Il y a dans ces résultats des valeurs imprévues. Nous nous attendions à ce que le calibre 100 max., dont les teneurs de passant 4 et 200 sont de 50% et 9.0, soit le plus gélif des quatre sols soumis. Les trois autres sols, comme on le sait, contiennent 65%, 75%, 80% de retenu #4 et 9.0%, 4.0%, 4.5% de passant 200. Tel que mentionné plus haut, les sols 08A et 07J ont été densifiés à une densité (142 et 147 lb/pi³) supérieure à celle atteinte sur le terrain et à celle obtenue en laboratoire pour les calibres 100 (133 et 134 lb/pi³). Une densification moins élevée engendre une diminution de la capillarité, d'où soulèvement moins élevé. Ceci peut expliquer le comportement du calibre 100 max. Toutefois, s'il était plus densifié (à 140 lb/pi³), il serait, par projection des valeurs du tableau D-6, dans la catégorie de sol faiblement susceptible au gel (voir figures D-7 et D-8).

TABLEAU D-6

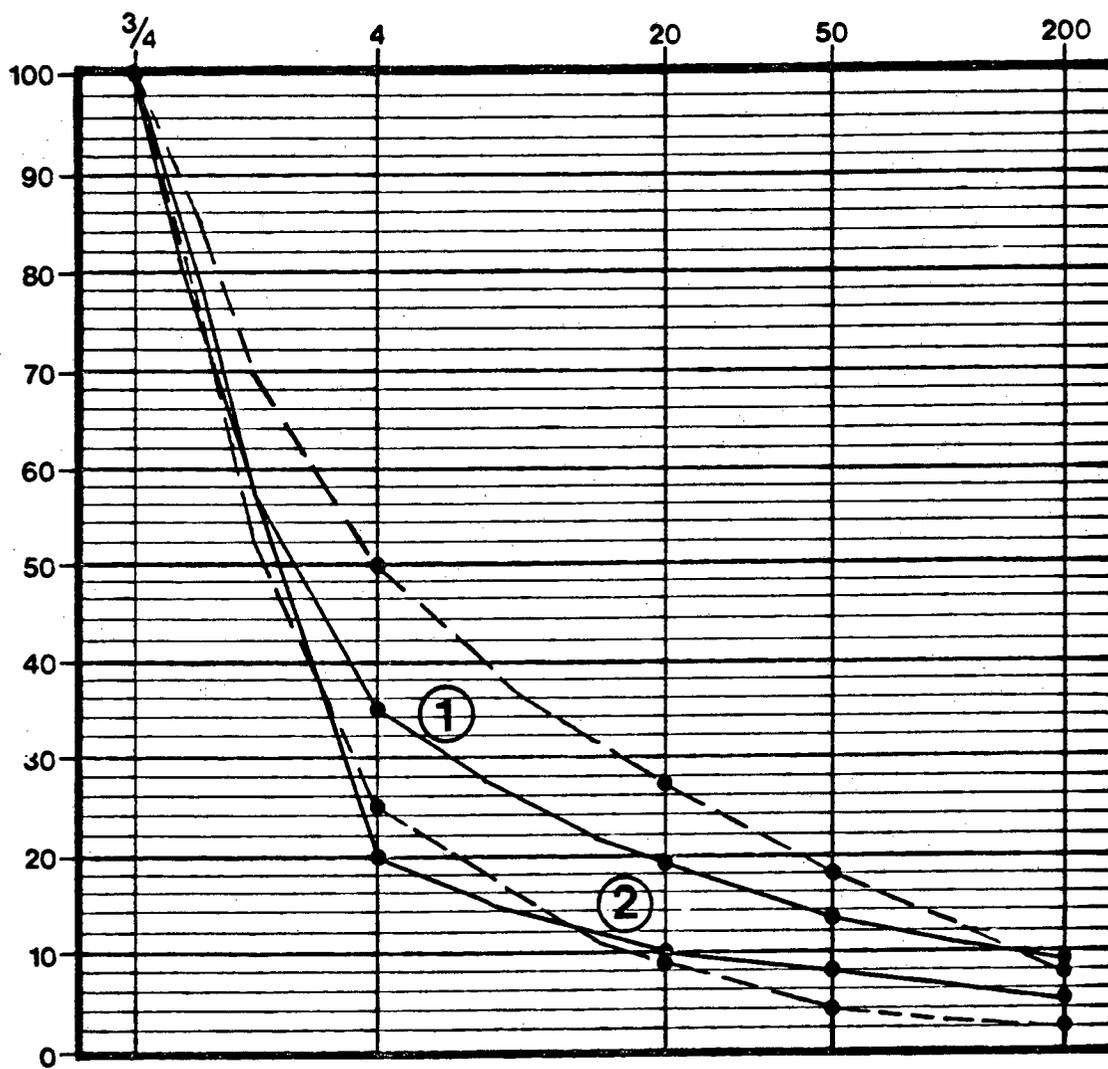
	Masse volumique lb/pi ³	Pente mm/(Cxhre) ^{1/2}	Classe	Granulométrie commune des 4 sols
08A	147.9	0.131	faiblement susceptible au gel	50 à 80% de pierre (retenu # 4)
07J	142.7	0.106	faiblement susceptible au gel	
calibre 100 max.	134.0	0.029	non susceptible au gel	4 à 9% de passant 200
calibre 100 min.	133.1	0.023	non susceptible au gel	

CONCLUSION

Tous ces sols appartiennent (selon leur masse volumique) soit à la classe de non susceptible au gel, soit à la classe de faiblement susceptible au gel. Pour dissiper tout doute, il y aurait avantage d'utiliser un sol ayant plus de pierre (i.e. > 85%), donc plus de vides. Une étude* du laboratoire de la "National Crushed Stone Association" a souligné que le taux de soulèvement par le gel augmente définitivement ("steadily") avec la teneur croissante de passant 200, alors que la perméabilité ou drainabilité est réduite drastiquement pour une teneur de passant 200 inférieure à la zone de 4-6%. Cette zone est donc marginale et douteuse. Avec moins de 15% de passant 4 (i.e. plus de 85% de pierre), la teneur de passant 200 de la granulométrie combinée serait inférieure à 4%. Nous avons noté que le maximum de passant #200 des granulométries séparées des graviers concassés de la province de Québec se situent entre 15 et 28; ce qui nous donnerait en général moins de 4% de passant 200 dans la granulométrie combinée ayant moins de 15% de Passant 4. D'ailleurs, le banc Fecteau montre, pour les calibres 07J et 08A, des passants 200 de 26 à 27.7 dans la granulométrie séparée.

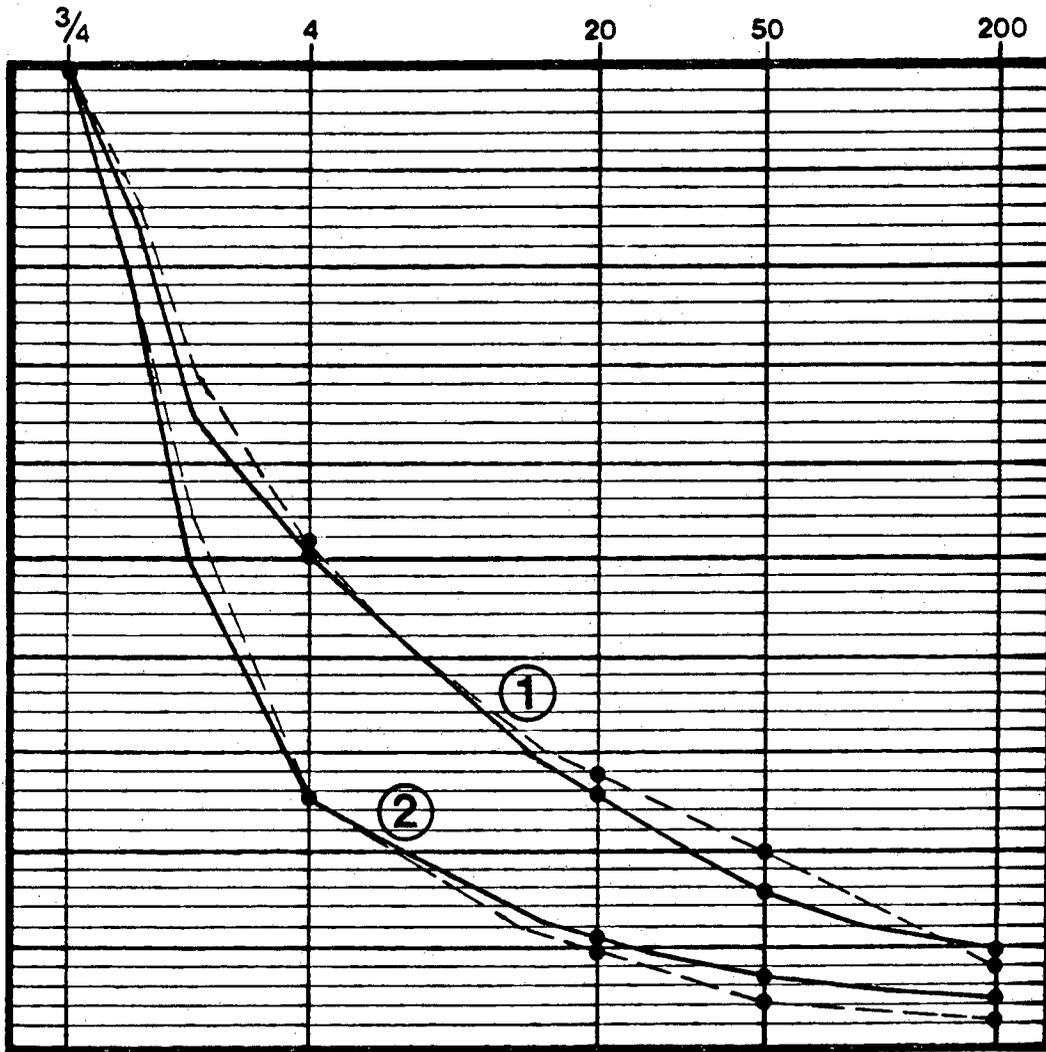
Donc, pour toutes ces raisons, nous recommandons que le calibre de fondation inférieure contienne moins de 15% de passant 4.

* Kalcheff, I.V. "Some important properties of graded crushed Aggregate mixture for uses as bases and subbases". Highway Research Bureau Committee Session, Washington, D.C., 1968



① type 07J
② type 08A
----- fuseau du calibre 100
reconstitué avec substitution

figure D-2



- ① calibre 100 maximum
- ② calibre 100 minimum
- fuseau du calibre 100 reconstitué avec substitution

figure D-4

Tableau D-6

SOLS	MASSE VOLUMIQUE lb/pi ³	PENTE mm/(c x hre) ^{1/2}	CLASSE	GRANULOMÉTRIE COMMUNE DES 4 SOLS
08A	147,9	0,131	faiblement susceptible au gel	50% à 80% de pierre (ret 4) 4% à 9% de passant 200
07J	142,7	0,106	faiblement susceptible au gel	
calibre 100 max	134,0	0,029	non susceptible au gel	
calibre 100 min	133,1	0,023	non susceptible au gel	

RÉSULTATS DU GONFLEMENT EN FONCTION
DE LA RACINE CARRÉE DE L'INDICE DE GEL

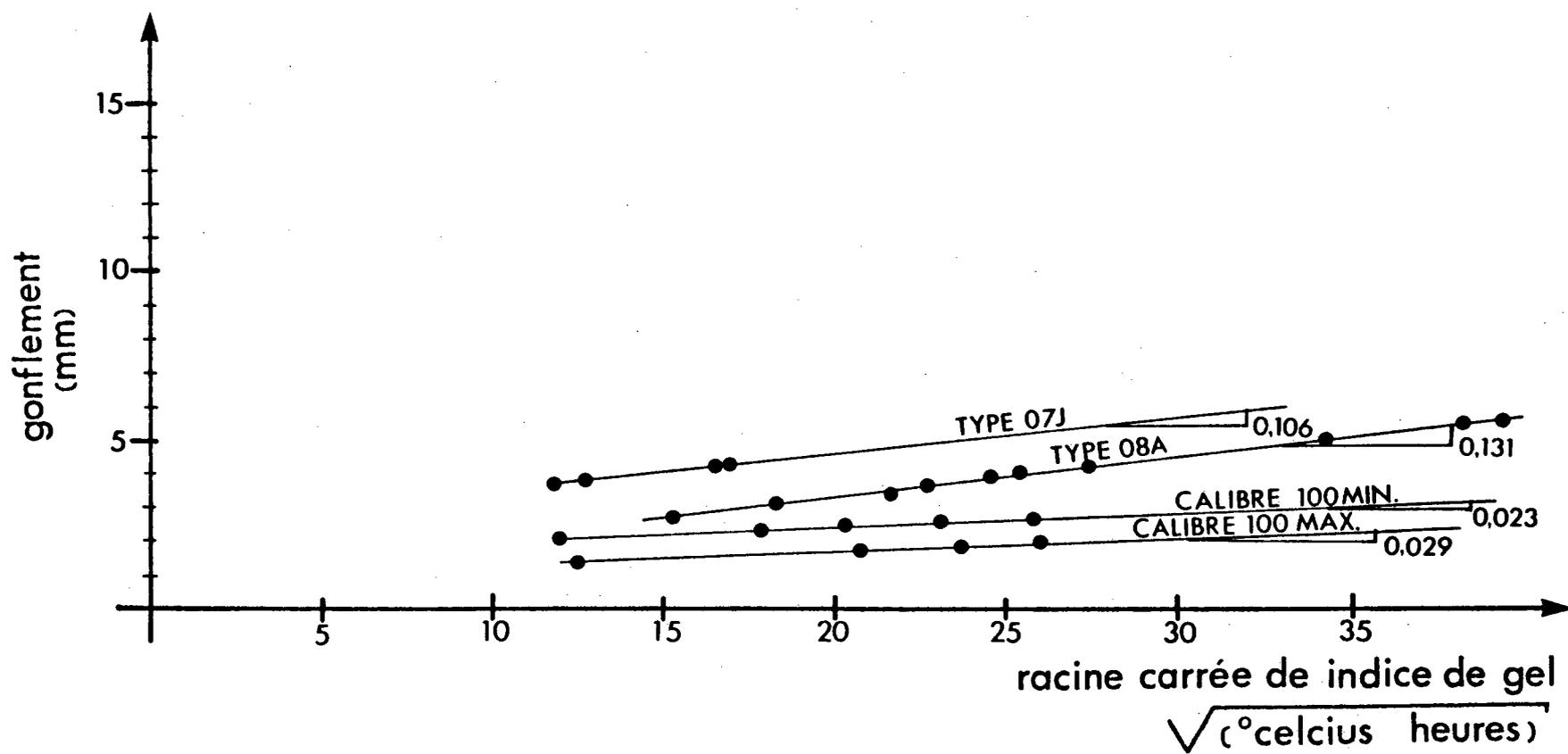


FIGURE D-8

SUSCEPTIBILITÉ AU GEL

BANC FECTEAU (4 à 9 % passant 200)

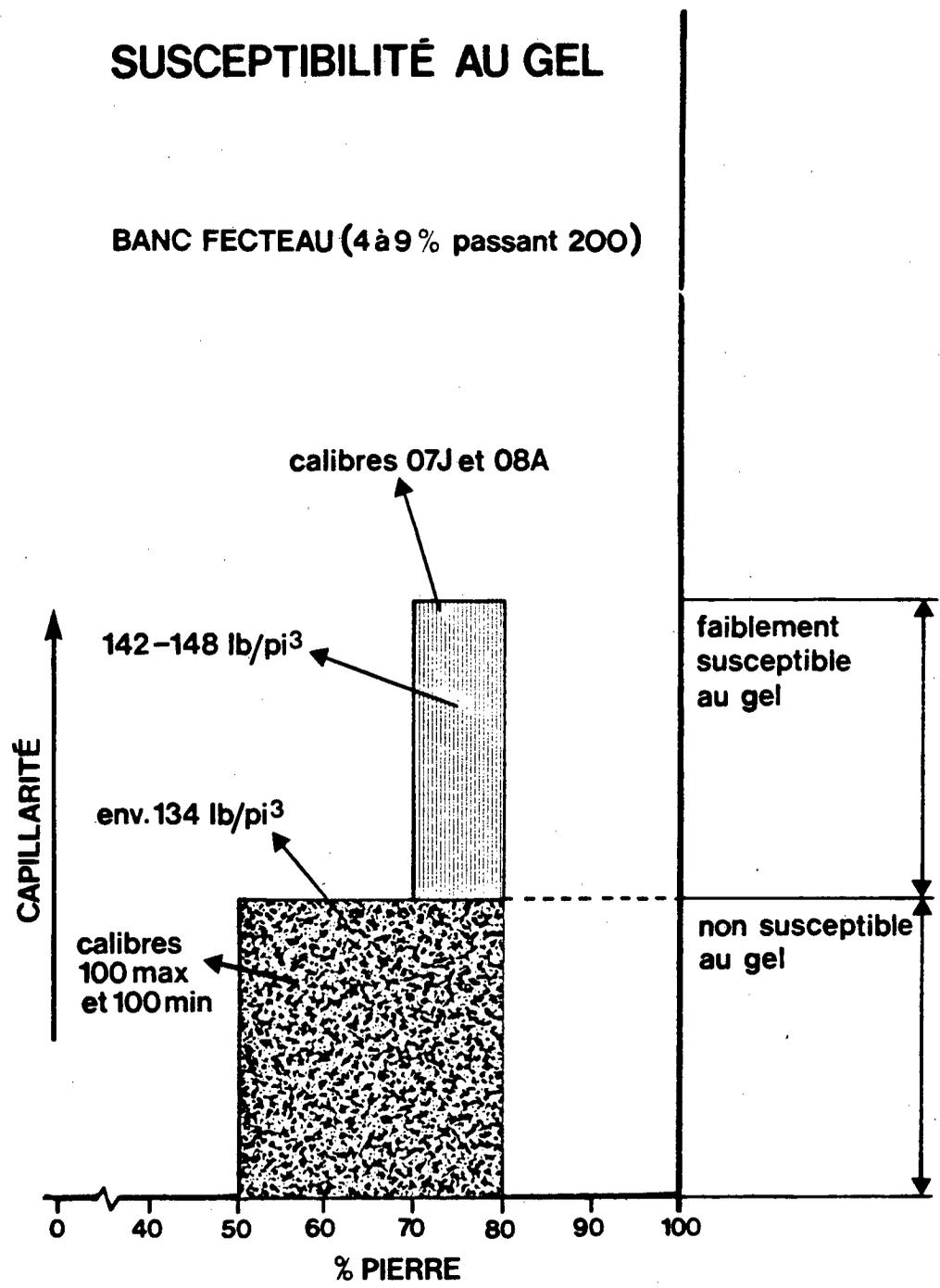


figure D-7

CHAPITRE IVCAPACITE STRUCTURALE

Divers essais de capacité portante ont été effectués sur la chaussée et en laboratoire. Le tableau E-1 résume les valeurs obtenues aux essais CBR, plaques ainsi que les déflexions à la poutre Benkelman. Il est à noter que les lectures obtenues à la poutre Benkelman sont très variables et que les valeurs indiquées au tableau E-1 sont des valeurs moyennes approximatives. Les graphiques E-2, E-3 et E-4 indiquent plus en détail les valeurs des essais de capacité portante effectués sur la chaussée (voir photos # 16, 17, 19). Le tableau E-5 indique les résultats des essais de compaction sur la fondation supérieure qui ont donné des résultats égaux ou supérieurs à 98% de la valeur du proctor modifié.

A partir de ces tableaux, il ressort que la capacité structurale de la chaussée est grandement améliorée par l'addition de matériel de calibre 103 sur le sable et le gravier schisteux. Des essais effectués à la carrière Mont-Saint-Bruno No 2 ont démontré, par des essais de plaques et à la poutre Benkelman, que le comportement de la chaussée du rang IV à Sts-Anges est équivalent à une chaussée construite avec des matériaux de première qualité (voir . figure E-2-B).

La couche de transition constituée de sable, prévue pour minimiser la dégradation du gravier schisteux, n'a certainement pas amélioré, à cause de son épaisseur, la capacité structurale de la chaussée. Cependant, cette couche de transition s'avère utile afin de drainer l'eau de fonte au printemps.

Afin de comparer les essais de plaques à ceux effectués à la poutre Benkelman, des relations ont été effectuées en Saskatchewan et Colombie-Britannique et sont indiquées à la figure E-6 à titre de référence.

En se basant sur les données du tableau E-1 et les commentaires des rapports du Service des Sols et Chaussées (voir en annexe), la superposition d'une fondation inférieure d'un gravier schisteux dégradable (ayant 20 à 30% de passant 4) et d'une fondation supérieure de bonne qualité contribue à l'obtention d'une route d'une portance très acceptable. La superposition d'une fondation inférieure de CBR de 70, d'une fondation supérieure de CBR de 110 (environ) et des autres couches montrées à la figure C-5 indique, avant pavage, des déflexions de .95 mm et des résultats d'essais de plaques de 130 à 0.1 pouce de déformation et de 225 à 0.2 pouce de déformation. Ces valeurs chiffrées sont des points de repère qui peuvent servir dans d'autres études de structure de routes dont les épaisseurs de couches sont différentes.

Nos observations, ainsi que les photos # 2, 5, 13 et 19, montrent qu'un gravier schisteux dégradable, comme celui du banc Fecteau, ayant 80%

de retenue # 4 supporte très bien la circulation de camions de 4 000 à 8 000 lbs. Les efforts engendrés par cette circulation représentent des sollicitations beaucoup plus élevées qu'une fondation inférieure subira après la construction finale d'une route.

CONCLUSION

En se basant sur les figures E-7, E-2, E-2-B on peut conclure définitivement qu'avec une fondation inférieure de matériaux dégradables ou pas et dont la granulométrie est ouverte, et ayant plus de 80% de retenue # 4, il est possible de construire des routes de qualité comparable à celles déjà existante.

CAPACITÉ PORTANTE

RANG N°4, STS-ANGES

Matériel	Déformation (po)	CBR	Essai de plaque Charge (psi)	Benkelman Déflexions (0,01mm)
0 - 3/4" (fond. supérieure)	0,1	104	(structure totale)	
	0,2	116	130	95 (1)
sable (transition)	0,1	11	225	
	0,2	15	45	
3/4" - 2 1/2" (fond. inférieure)	0,1	68	75	140 (1)
	0,2	71	60	
			110	

(1) VALEURS MOYENNES APPROXIMATIVES

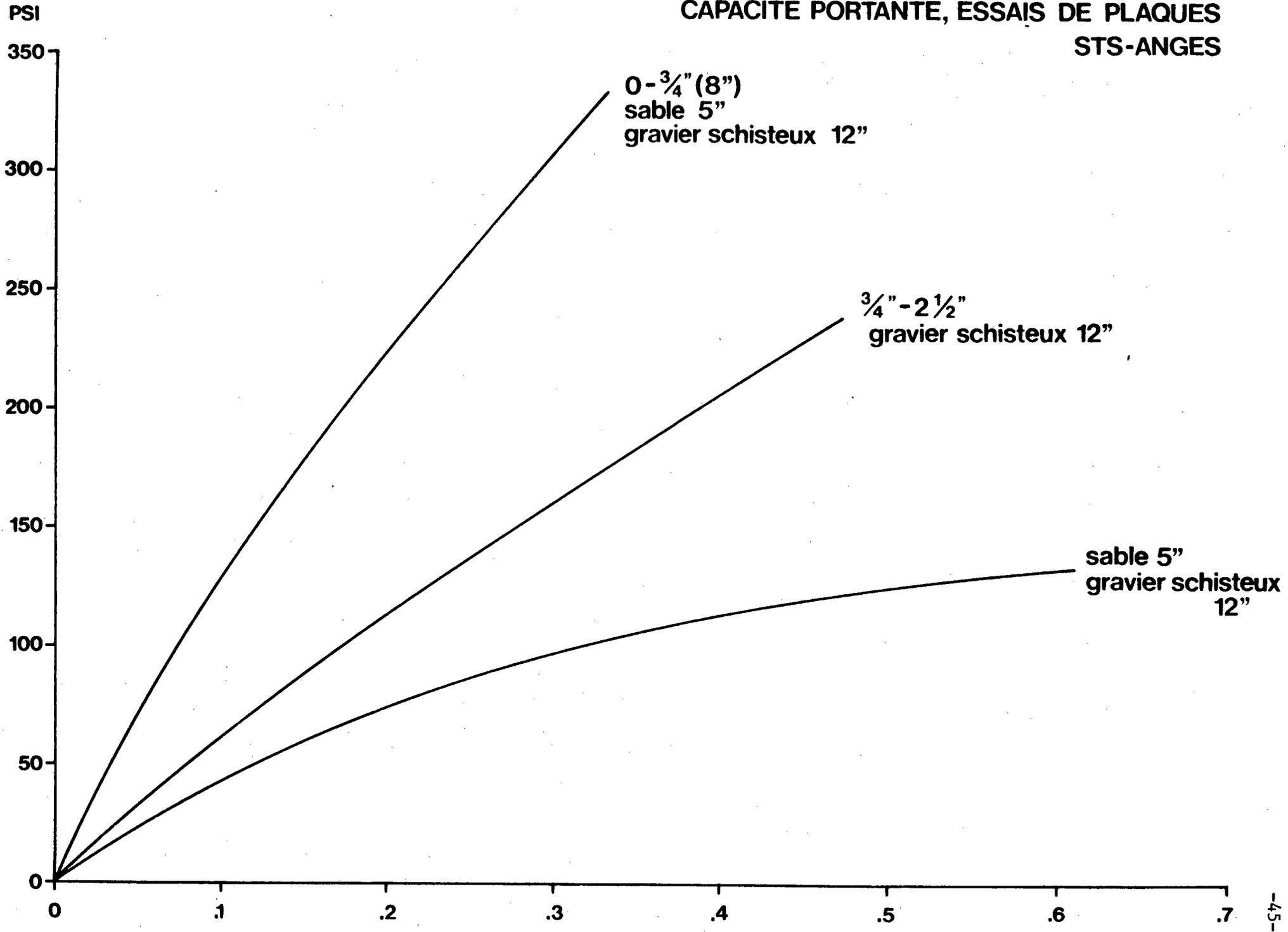


figure F-2

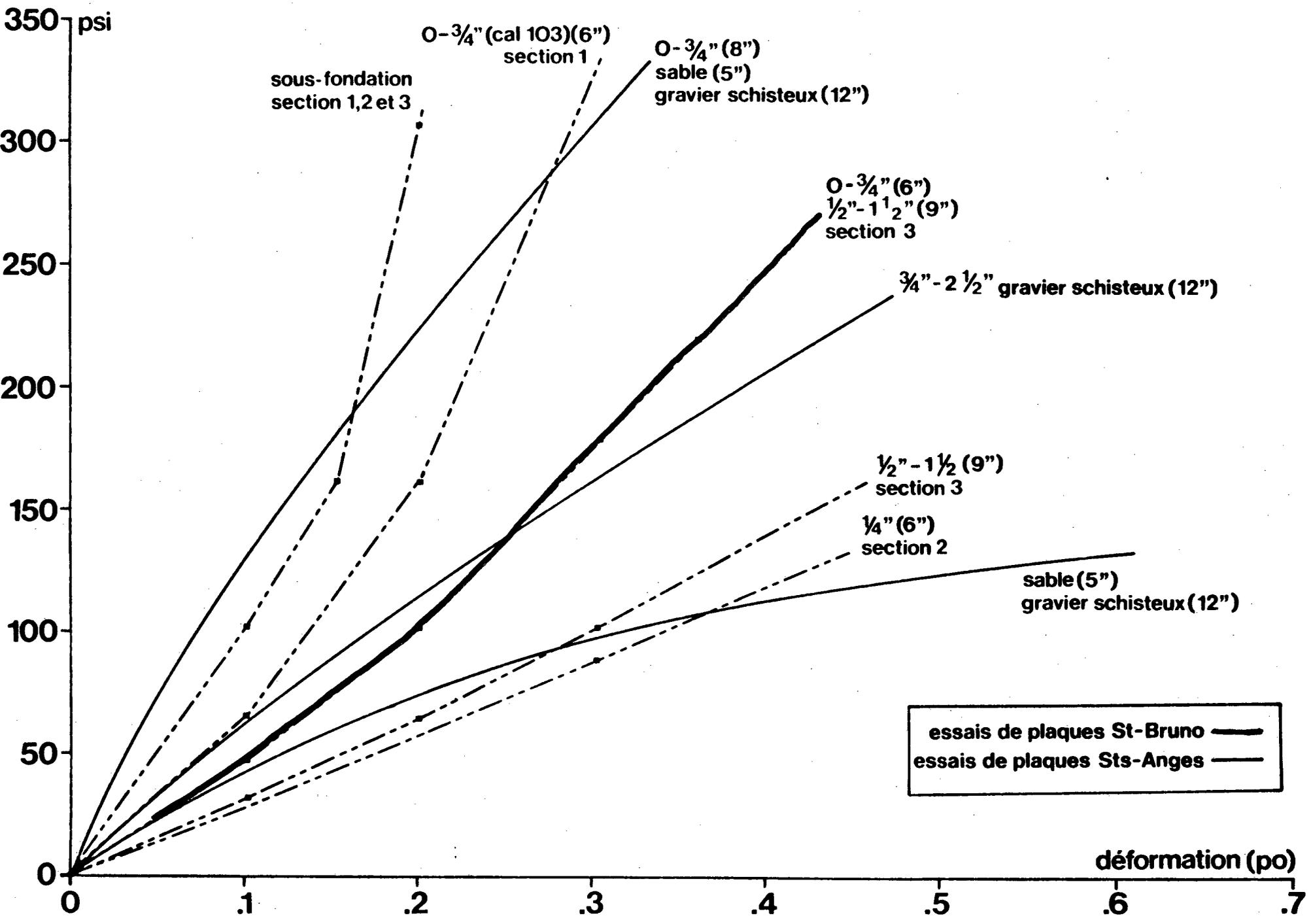


figure E-2-B

ÉTUDE À L'APPAREIL BENKELMAN

RANG NO4
STS-ANGES
BEAUCE

\bar{X} = Déflexion moyenne corrigée

σ = Écart type

—	Direction	NORD 80-08-18	$\bar{X}_c + 2\sigma$	114
- - -	Direction	NORD 80-08-04	$\bar{X}_c + 2\sigma$	160
.....	Direction	NORD 80-07-22	$\bar{X}_c + 2\sigma$	356

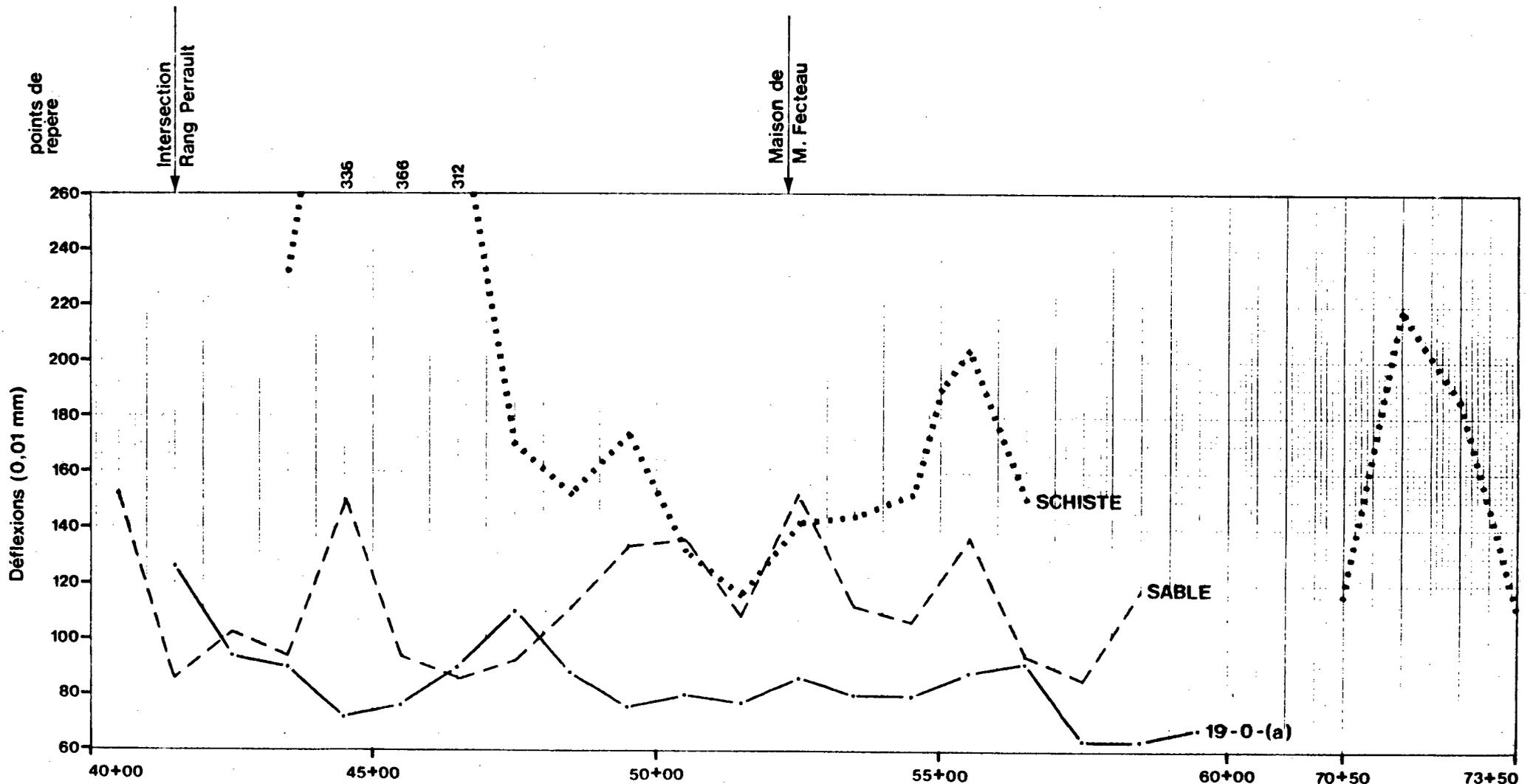


figure E-3

ÉTUDE À L'APPAREIL BENKELMAN

RANG NO 4
STS-ANGES
BEAUCE

\bar{X} = Déflexion moyenne corrigée

σ = Écart type

— Direction SUD 80-08-18
- - - Direction SUD 80-08-04
..... Direction SUD 80-07-22

$\bar{X}_c + 2\sigma$	124
$\bar{X}_c + 2\sigma$	221
$\bar{X}_c + 2\sigma$	265

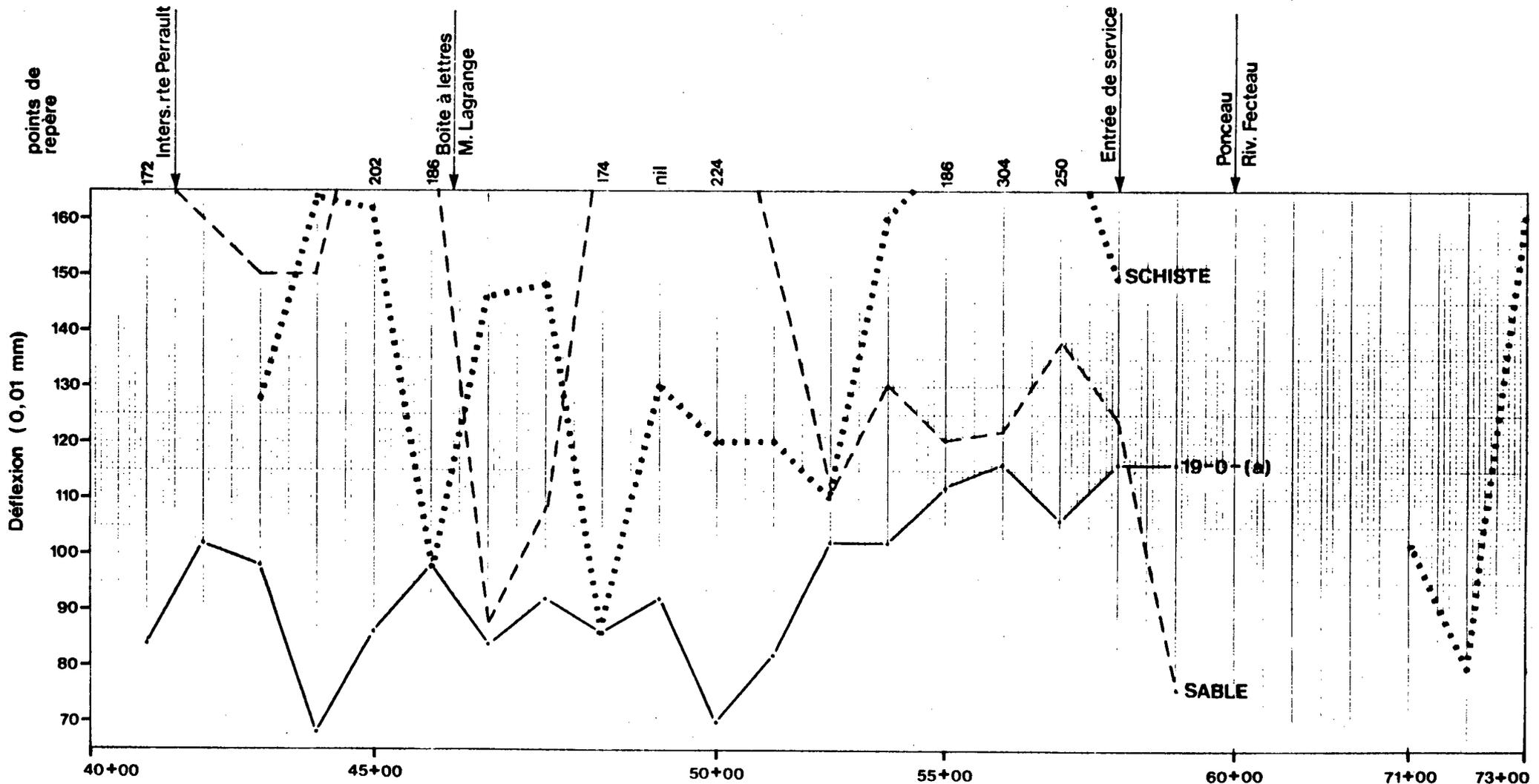


figure E-4

FONDATION SUPÉRIEURE (0-3/4")

RÉSULTATS DES ESSAIS DE COMPACTION

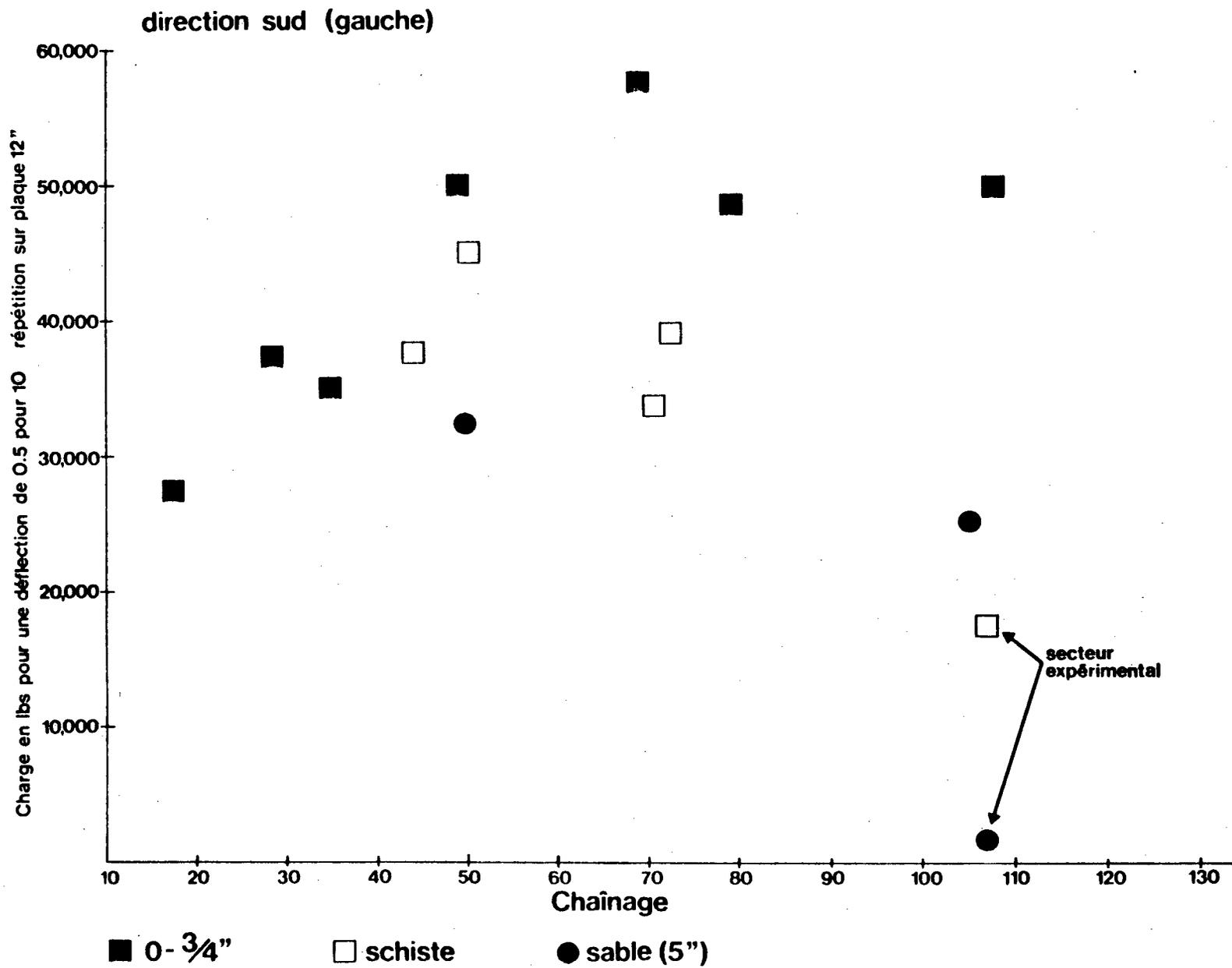
CHAÎNAGE	DISTANCE	DEN.HUM. (lb/pi ³)	DEN.SÈCHE (lb/pi ³)	% HUMIDITÉ
17+10	9' G	142.6	137.5	3.6
22+15	5' D	143.4	138.4	3.5
27+08	C/L	143.9	137.9	4.3
32+05	6' D	142.6	136.9	4.1
37+12	5' G	143.6	138.3	3.8
42+00	7' G	145.7	139.3	4.5
47+20	C/L	143.2	137.5	4.1
52+15	8' D	144.3	138.0	4.4
57+10	6' G	144.3	138.2	4.3
62+11	C/L	151.8	145.0	4.2
67+15	2' D	146.1	138.3	5.5
72+30	4' G	143.4	138.3	3.6
77+25	10' D	143.4	138.3	3.6
82+13	8' G	144.2	138.2	4.3
87+22	C/L	144.9	139.1	4.1
92+20	5' D	144.3	137.1	5.2
97+33	7' G	143.2	137.1	4.3
102+09	C/L	144.9	138.0	4.9
107+15	6' D	144.2	138.3	4.2
112+18	9' G	144.8	138.9	4.2
117+24	8' D	144.7	138.5	4.4

PROCTOR 140,03 lb/pi³
HUMIDITÉ 7,3%

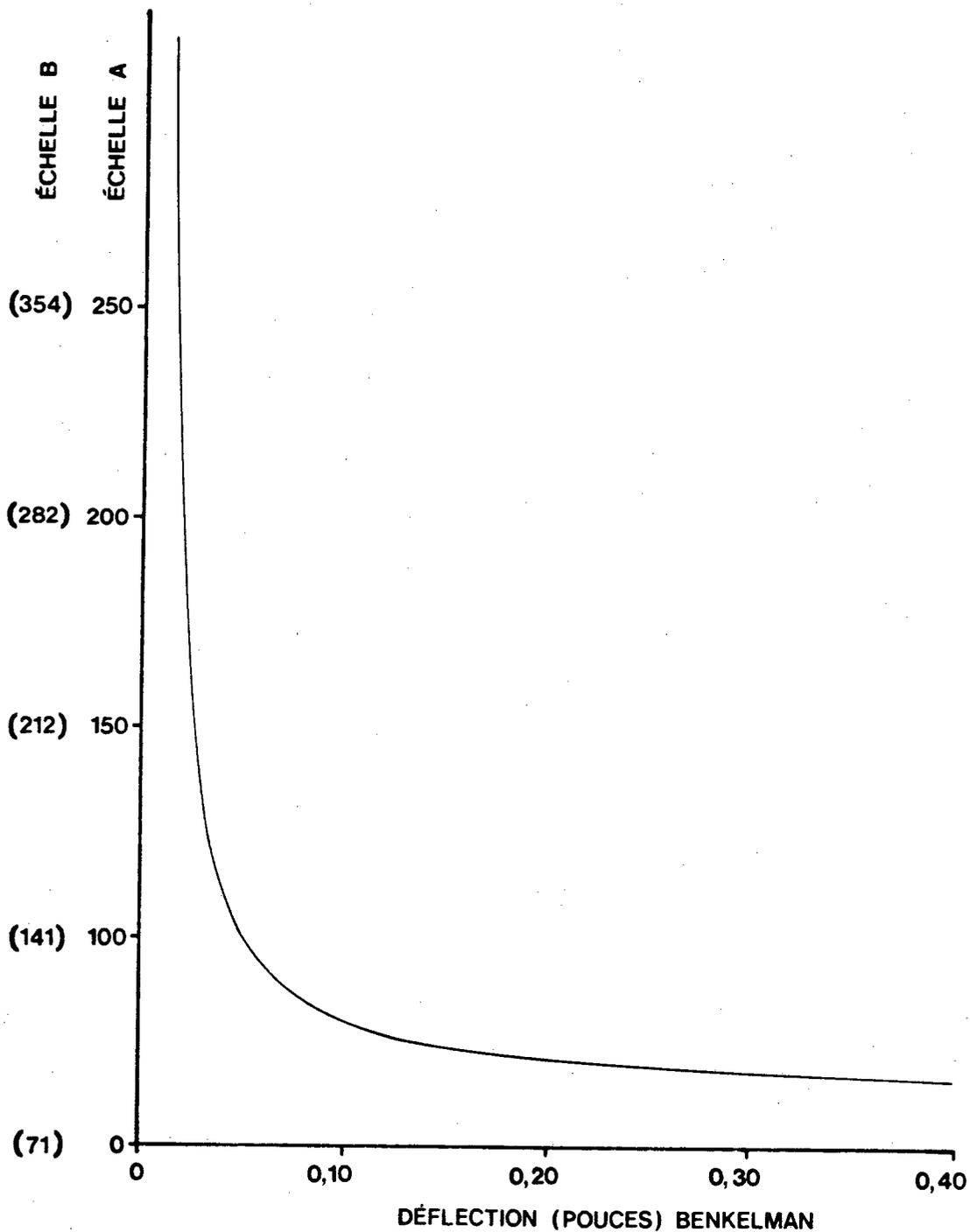
tableau E-5

Essais de plaque

Sts-Anges District 23



DÉFLECTION À LA POUTRE BENKELMAN VS ESSAIS DE PLAQUE



ÉCHELLE A: Charge en kips sur une plaque de 30 pouces pour une déformation de 0,5 pouce - 10 répétitions

ÉCHELLE B: Même charge en psi

figure E-6

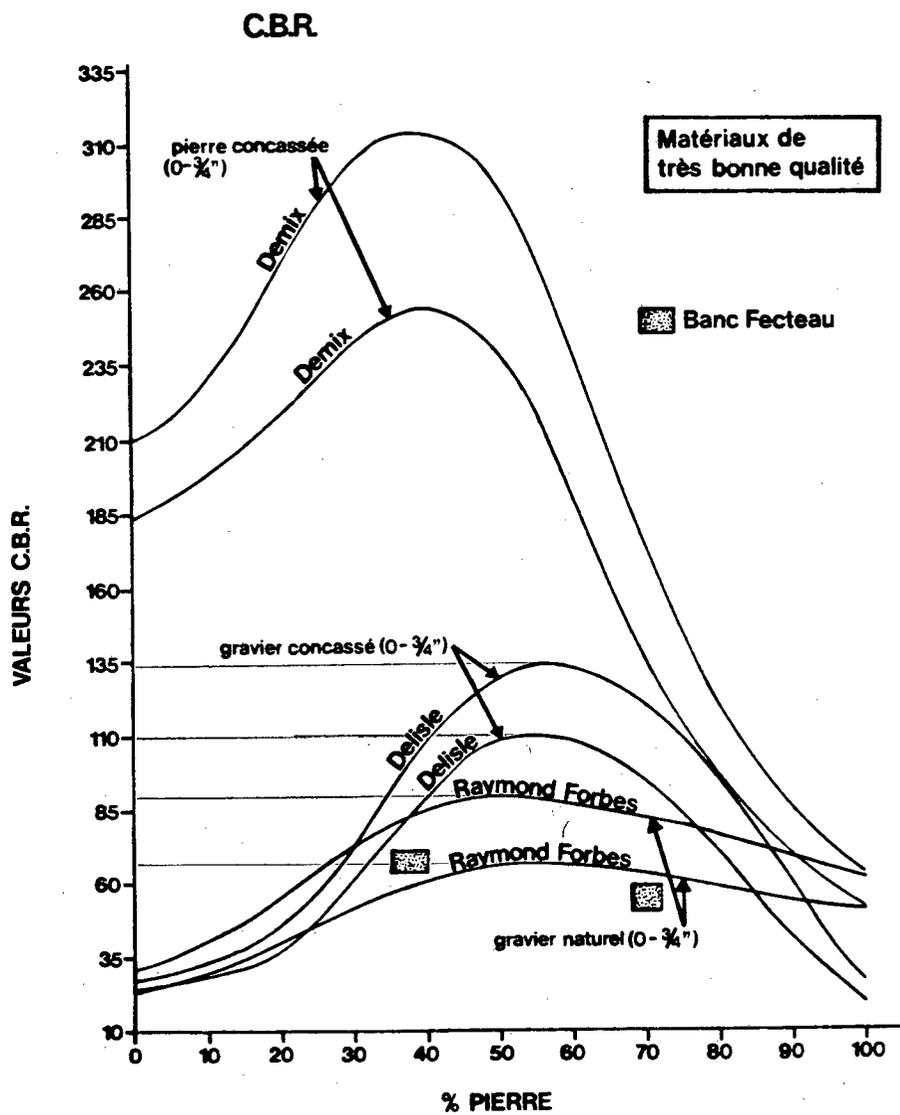


figure E-7

NOTE A: Monsieur Guy Dallaire, ing.
Service du Laboratoire Central

DU : Service des Sols et Chaussées
La division des Structures de Chaussées

DATE : 80-09-11

SUJET : Essais à la poutre Benkelman
Rang 4, Sts-Anges, comté Beauce nord
N/Réf: 80 (22) 175

Pour faire suite à votre appel téléphonique du 3 septembre 1980, nous avons compilé les résultats des essais à la poutre Benkelman exécutés sur le tronçon expérimental à Sts-Anges.

Les résultats obtenus, portés en graphique aux figures 1 et 2, suggèrent les commentaires suivants:

- La portance au niveau du schiste est faible et très variable;
- Des bourrelets peuvent se former, lors des essais sur une couche de sable, en bordure du pneu où se trouve justement le pointeau de la poutre Benkelman. De tels bourrelets sont de nature à fausser les résultats (direction sud);
- Le résultat final, au niveau de la fondation, indique une portance fort acceptable pour une route de cette catégorie.



Gaston Larose, ing.
Division des Structures de Chaussées
Service des Sols et Chaussées
875, Grande-Allée Est 3^e étage
QUEBEC
G1R 4Y8

c.c. MM. Pierre De Montigny, ing.
Jean-Pierre Leroux, ing.

STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE RANG IV STS-ANGES

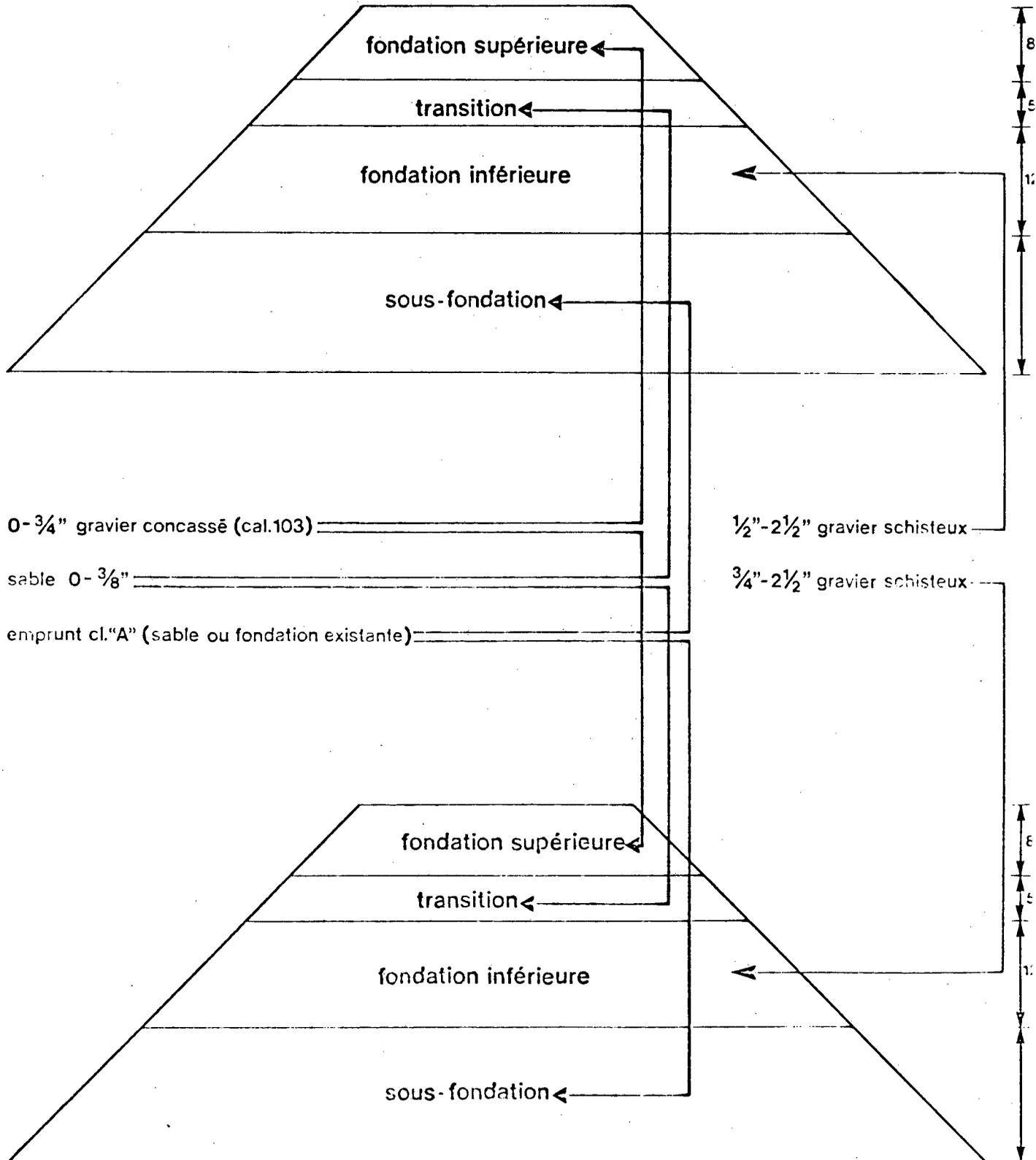


Figure C-5

CONCLUSION

Une fondation inférieure de route doit être perméable et non-susceptible au gel. Elle doit aussi montrer une portance acceptable qui contribue à l'ensemble de la capacité structurale de la route. Suite à notre étude, un matériau schisteux dégradable (gravier ou pierre concassée) réunit toutes ces conditions s'il contient plus de 85% de retenu 4 (voir figure f-1). Dans le cas de matériau non-dégradable, une teneur de plus de 75% de pierre (0 à 25% de passant 4) est recommandée pour des matériaux dont le coefficient Deval est de 18 à 26 (voir figures F-1 et F-2). Dans le cas de coefficient Deval inférieur à 18, la teneur minimum de gros granulat recommandée est de 65% (0 - 35% passant 4).

Au niveau de la fondation supérieure, une priorité doit être accordée à la capacité portante. La norme actuelle est de 40 à 65% de retenu # 4 (35 à 60% passant 4). Dans le but de rendre cette fondation moins imperméable tout en conservant une portance et une surface relativement unie et fermée, nous sommes d'avis que la teneur de passant 4 soit de 20 à 30% (70 à 80% de retenu # 4) dans le cas de matériaux schisteux dégradables (i.e. le coef. Deval humide > 26) et de 30 à 50% si le matériaux schisteux est non dégradable (voir figures F-1 et F-3).

DEVAL HUMIDE vs PERTE AU $MgSO_4$

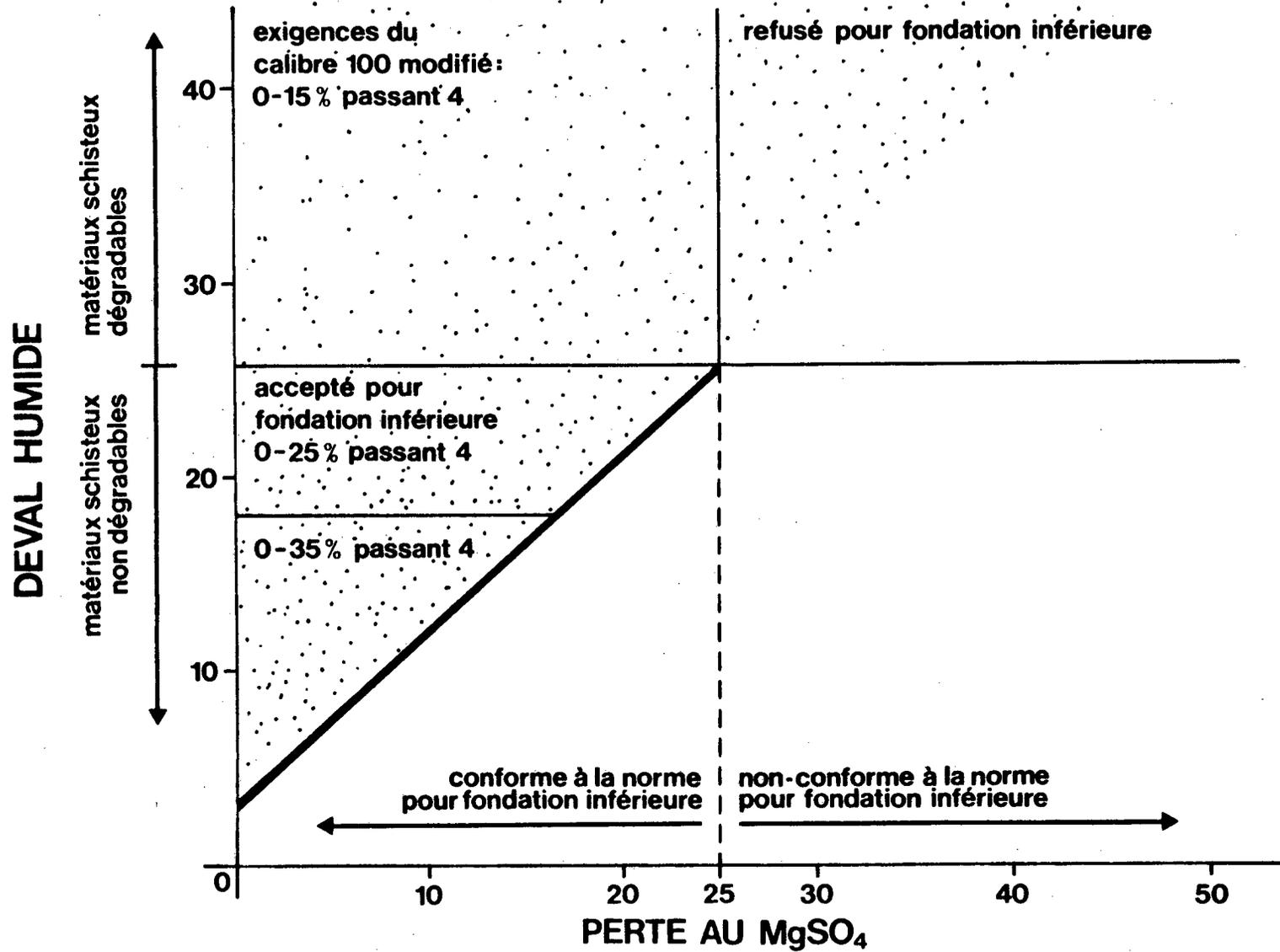


figure F-2

DEVAL HUMIDE vs PERTE AU $MgSO_4$

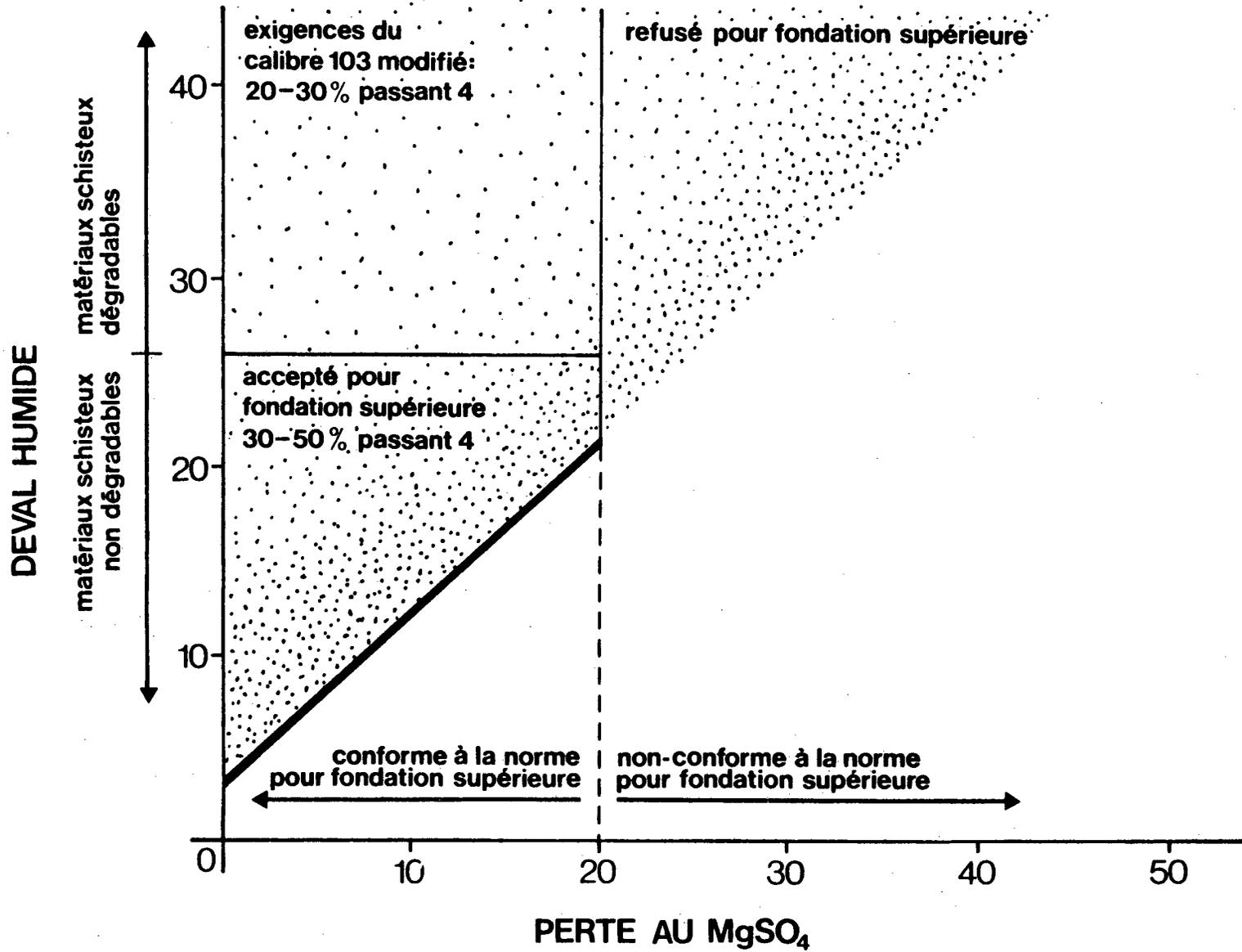
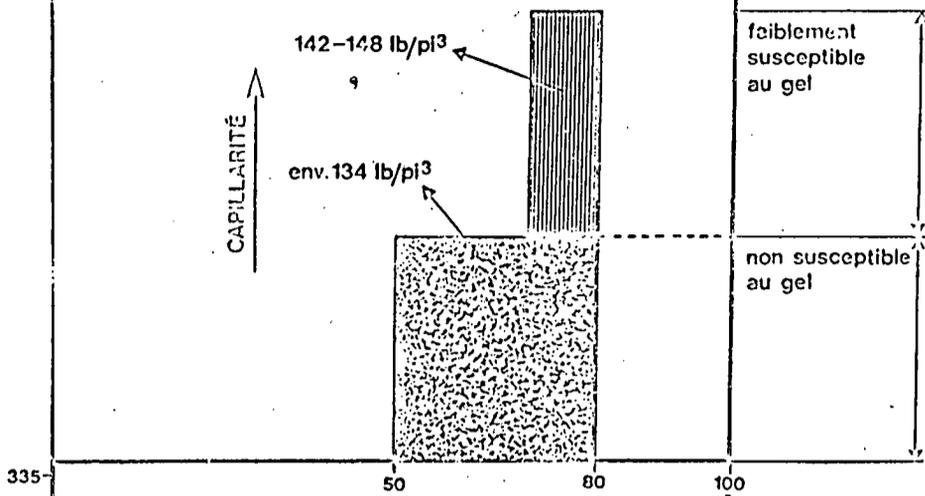


FIGURE F-3

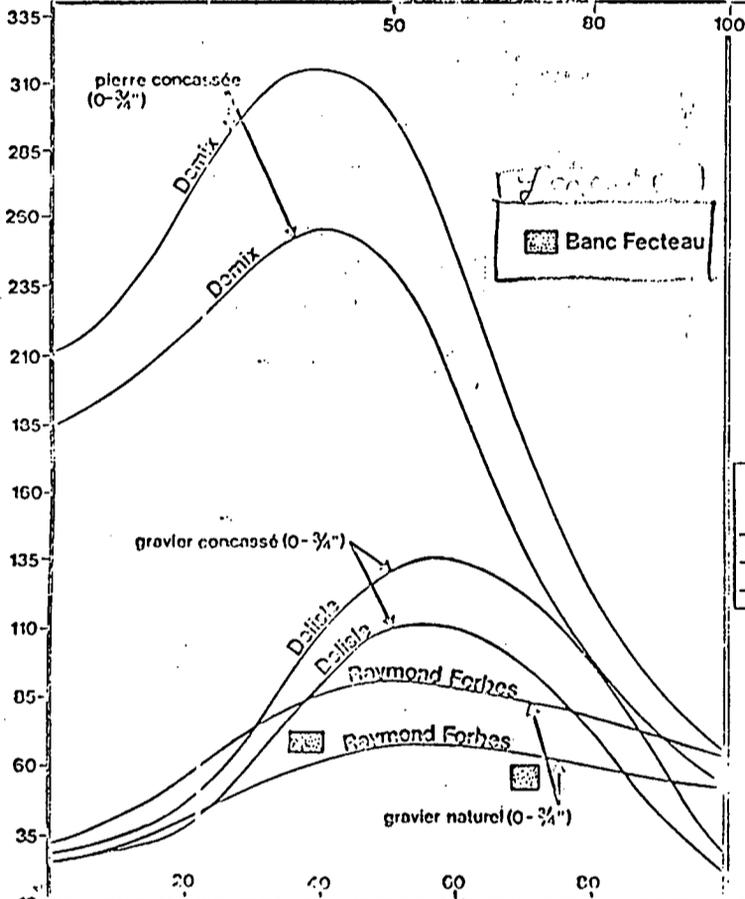
PROPRIETES VS % DE PIERRE

SUSCEPTIBILITÉ AU GEL

BANC FECTEAU (4 à 9% passant 200)



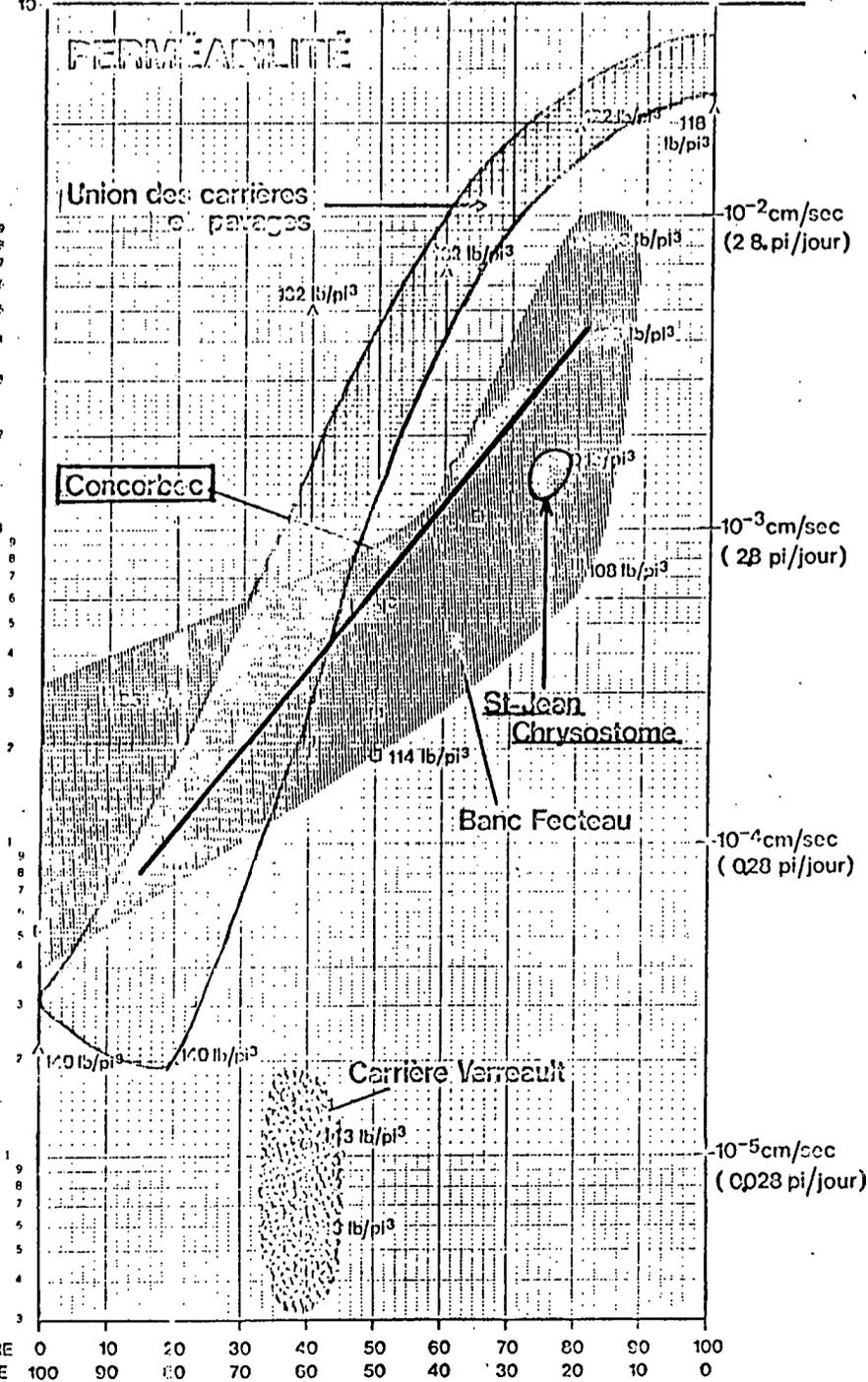
VALEURS C.D.R.



CAPACITÉ STRUCTURALE

- Matériaux de bonne qualité:
- pierre concassée Demix
 - gravier concassé Delisle
 - gravier naturel Raymond Forbes

PERMEABILITÉ



% PIERRE 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
 % SABLE 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

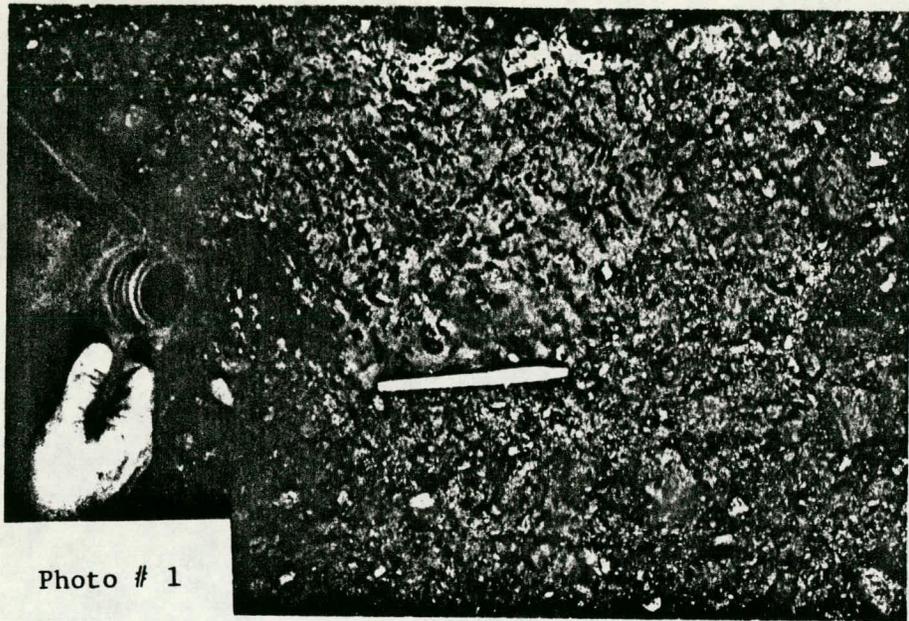


Photo # 1



Photo # 2

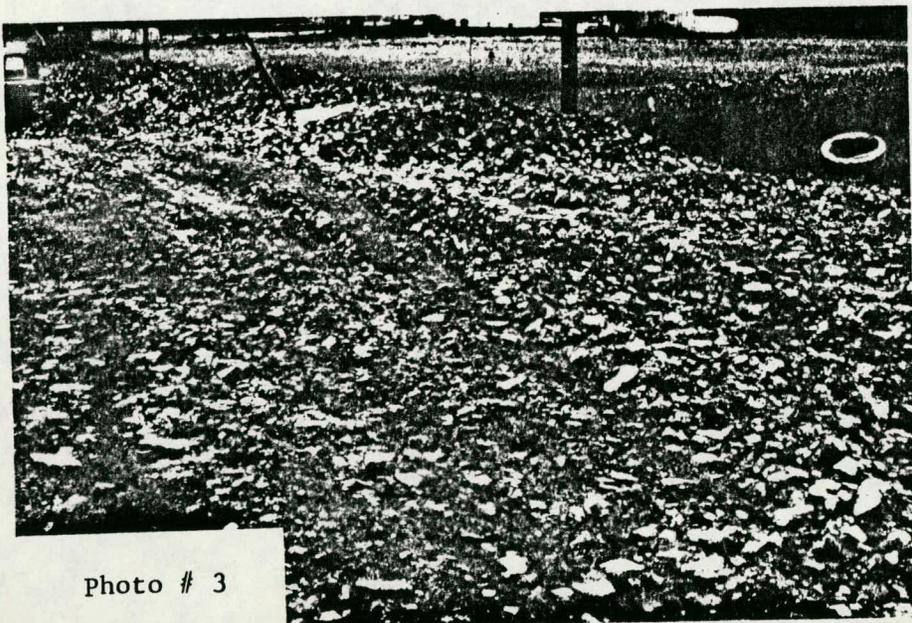


Photo # 3

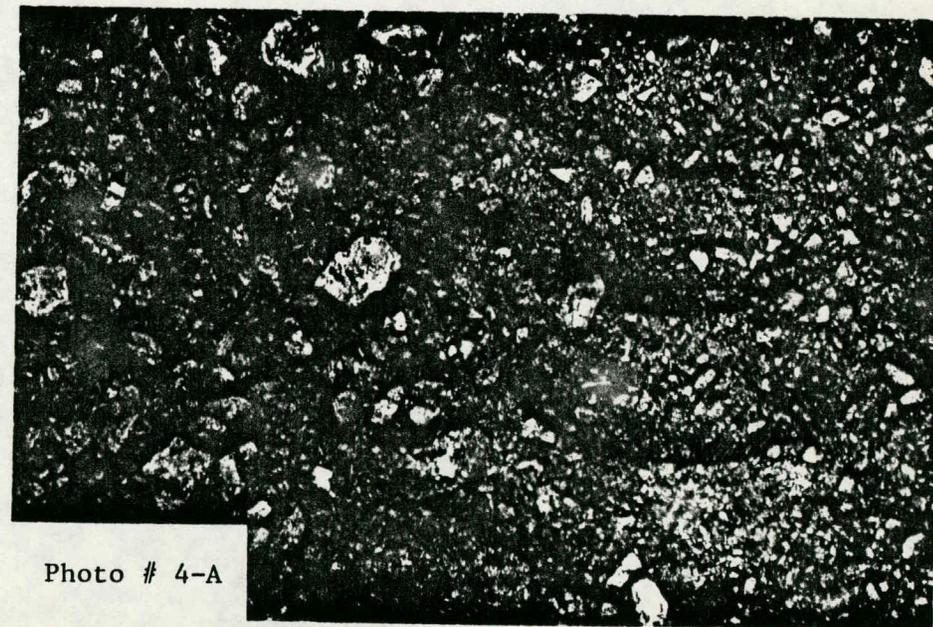


Photo # 4-A

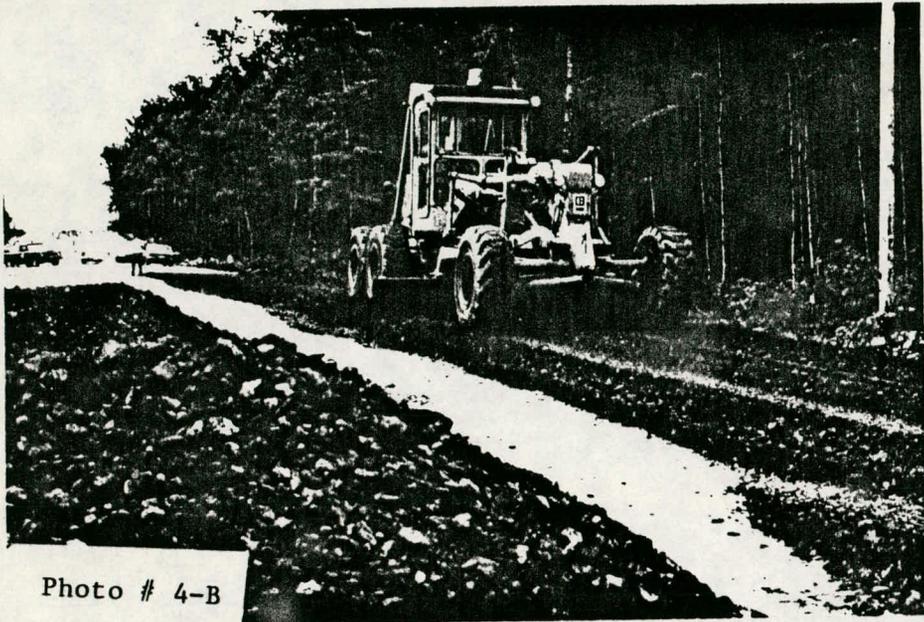


Photo # 4-B

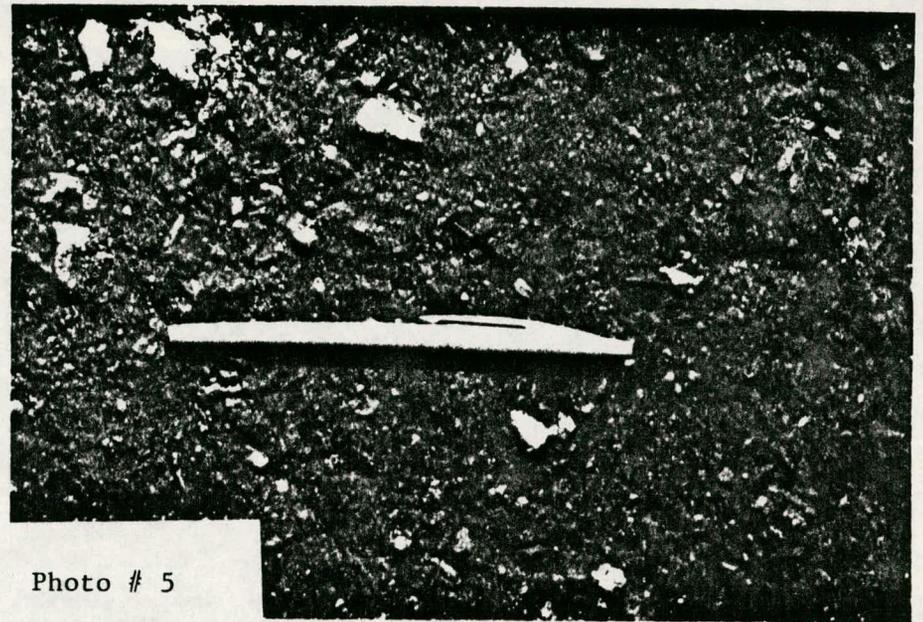


Photo # 5

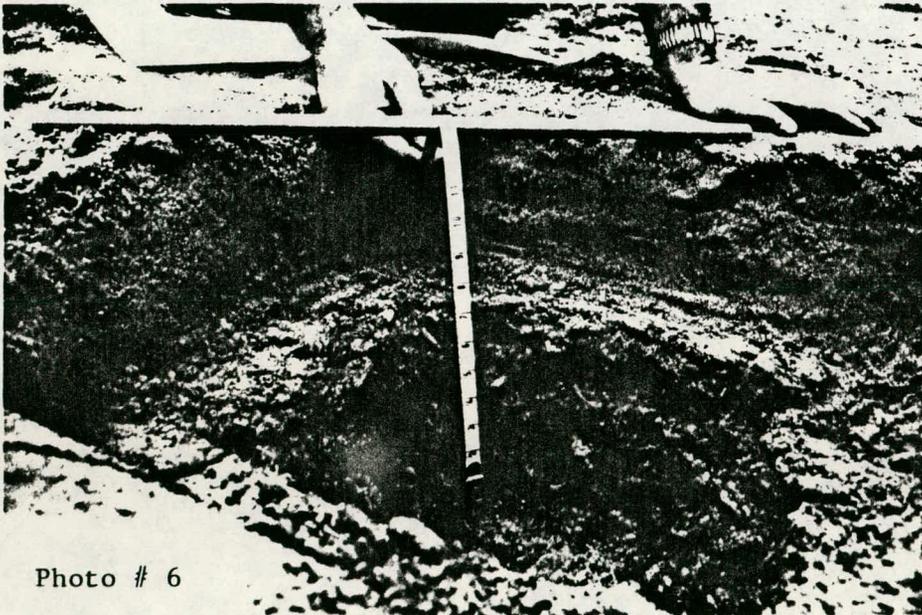


Photo # 6



Photo # 7

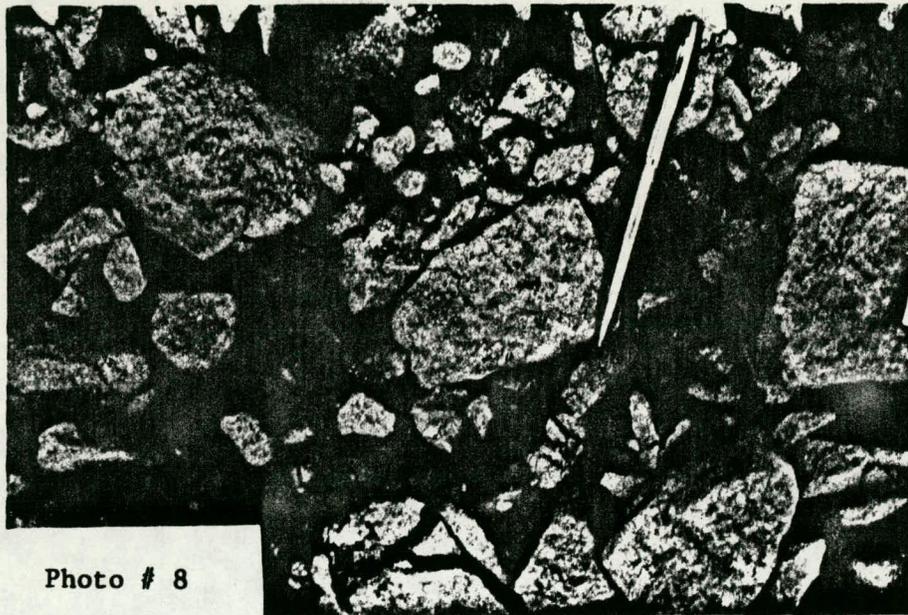


Photo # 8

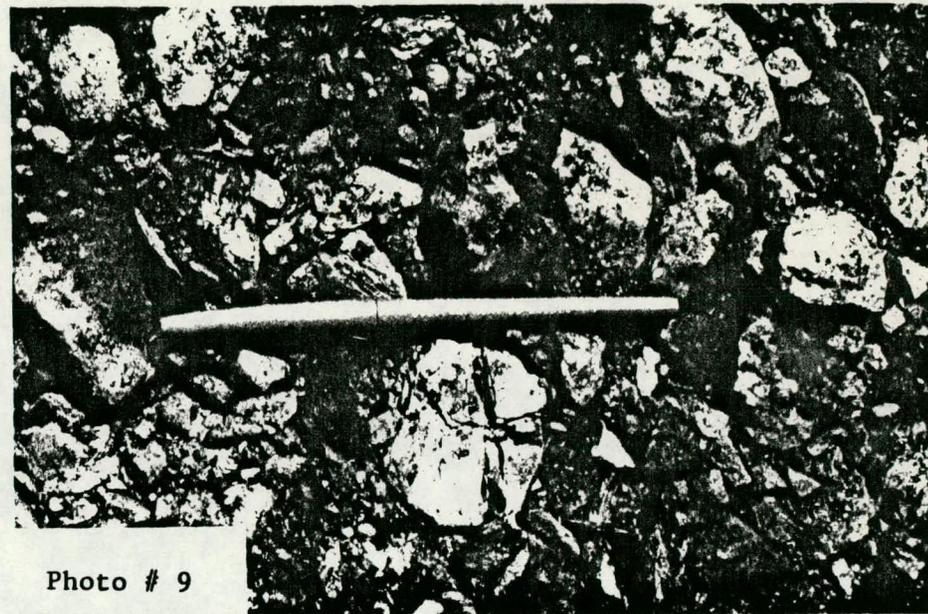


Photo # 9

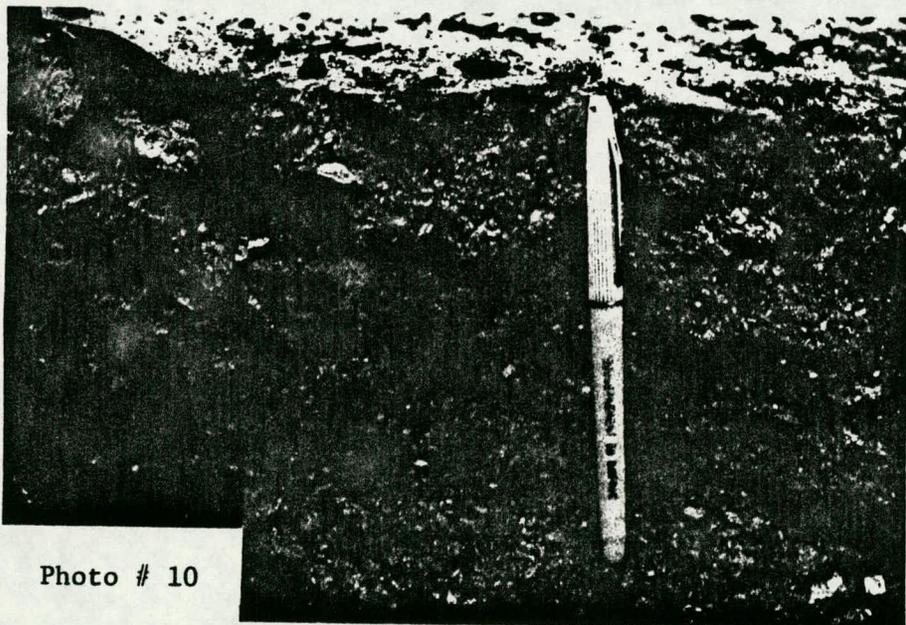


Photo # 10

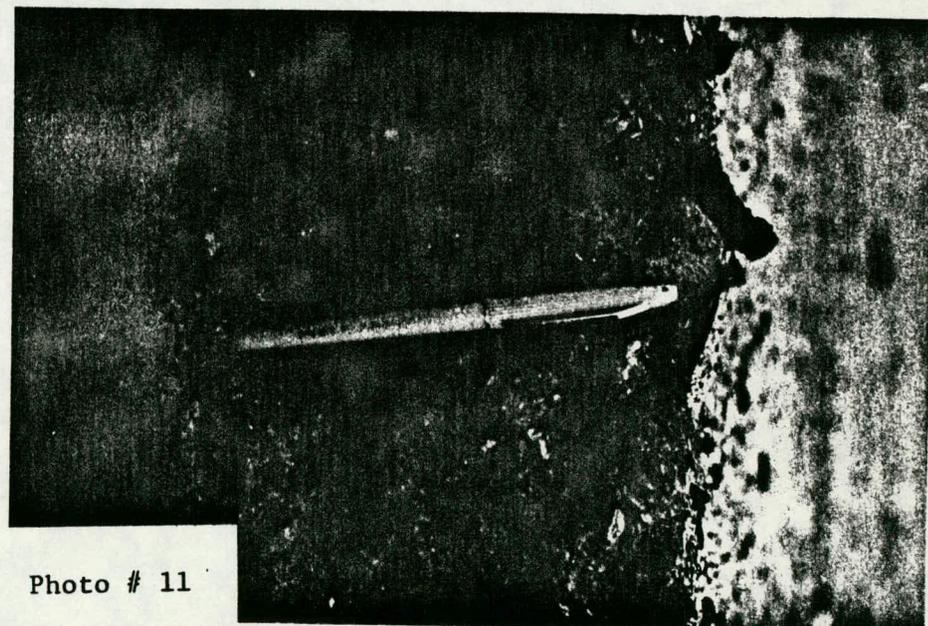


Photo # 11



Photo # 12

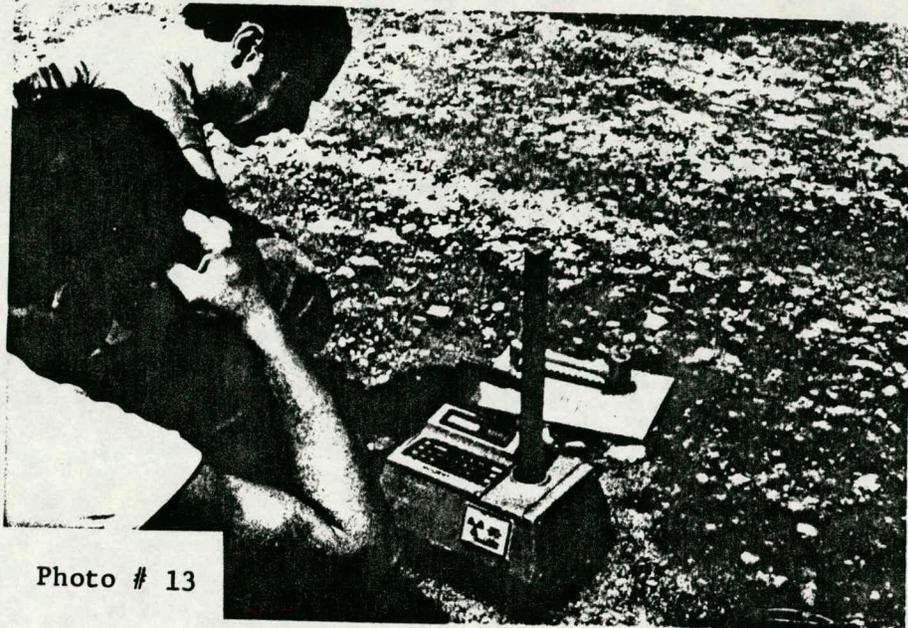


Photo # 13

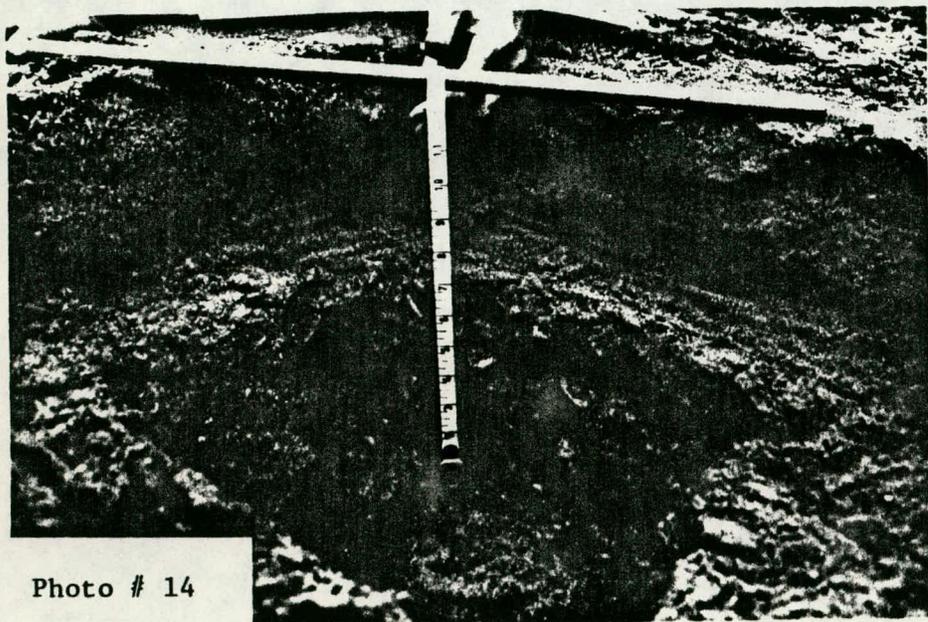


Photo # 14

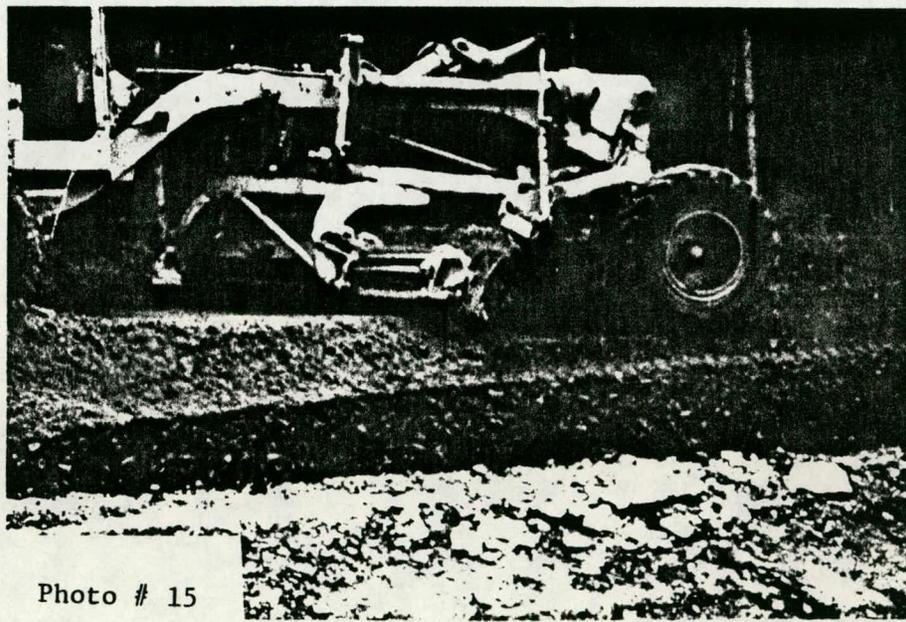


Photo # 15

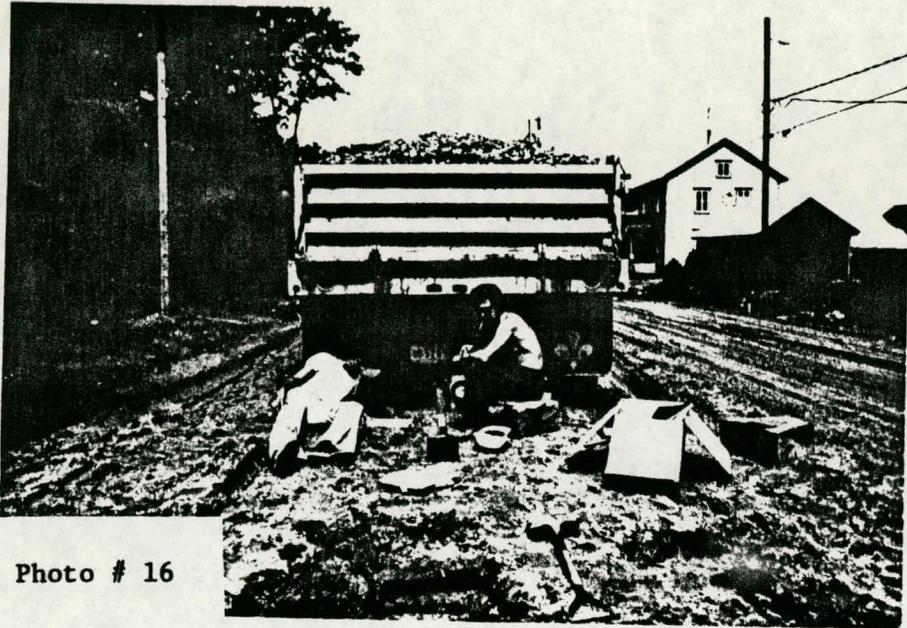


Photo # 16

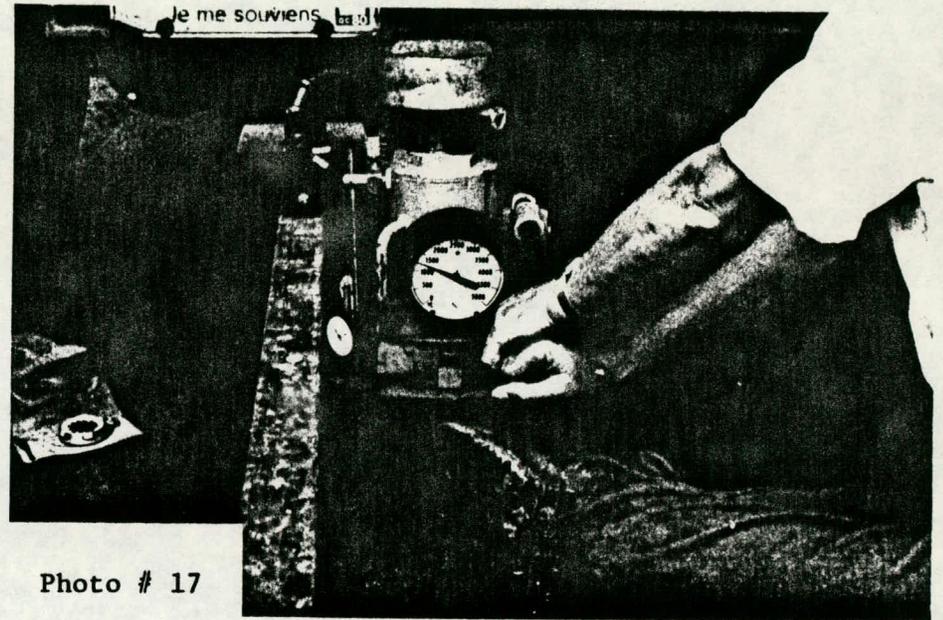


Photo # 17



Photo # 18

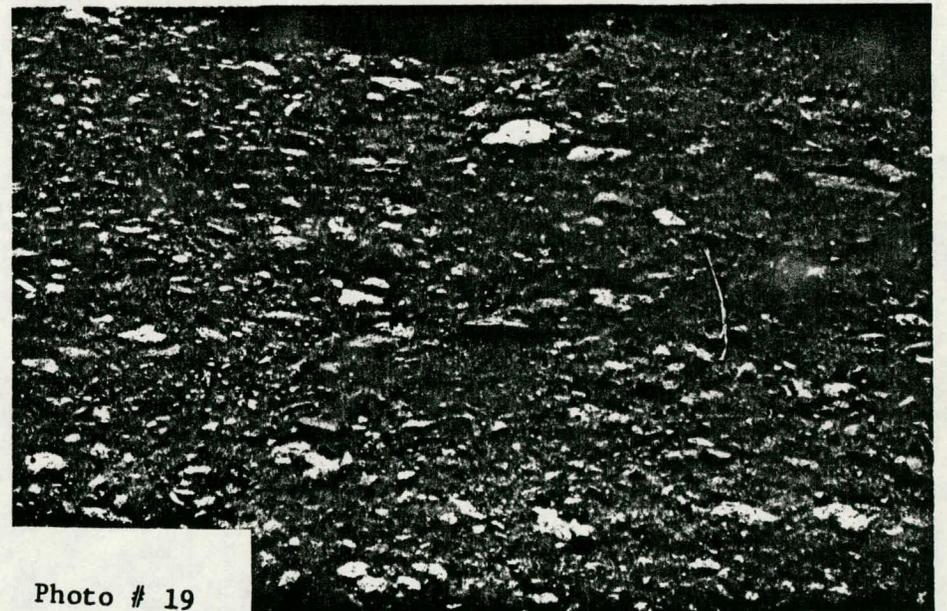


Photo # 19

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 102 211