

AD-A095 392

DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT OTTAWA (ONTARIO)
CARACTERISATION PHYSIQUE DES SOLS CAMP MILITAIRE DE PETAWAWA (P--ETC(U))
OCT 79 Y BEGIN, C MOUGEOT, G J IRWIN, J PILON

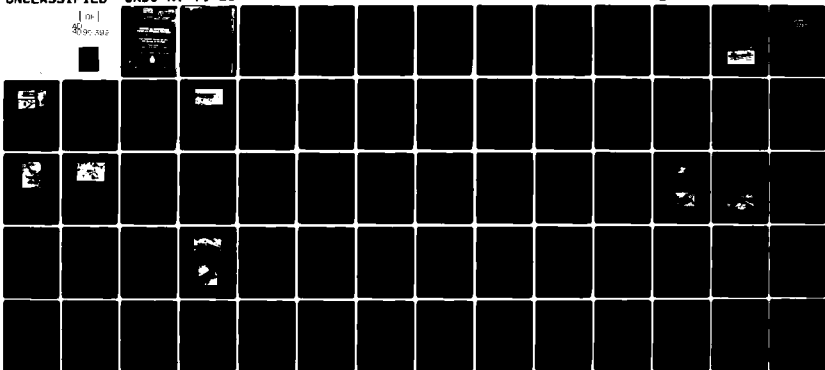
F/G 8/13

UNCLASSIFIED

CRDO-NT-79-23

NL

1 of 1
469c.392



END
DATE
FILMED
3-81
DTIC

1900

81 2 19 005



RÉSUMÉ

En vue des essais effectués sur des camions de 2½ tonnes au camp militaire de Petawawa (Ontario), une caractérisation physique et mécanique des sols au moment des expériences a été effectuée par le CRDO (Centre de recherches pour la défense à Ottawa). Cette caractérisation, dont le présent rapport n'en est que l'amorce, contient des profils d'humidité effectués à l'aide d'une sonde à neutrons rapides et des indices de résistance au cisaillement et de capacité portante obtenus au moyen d'un pénétromètre à cône, d'un scissomètre à palettes et d'un bêvamètre. Les résultats des différents sites sont brièvement comparés en vue d'une corrélation éventuelle avec des paramètres de mobilité, de traficabilité ou de manoeuvrabilité de ces véhicules.

ABSTRACT

In support of the recent trials of 2½ ton trucks at C.F.B. Petawawa, the vehicle mobility section of DND/DREO has carried out a characterization of soils in terms of certain physical and mechanical properties. The current report is preliminary and consists of:

1. profiles of soil humidity obtained by fast neutron probe;
2. determinations of soil shear strength and bearing capacity using the bevameter, the McGill vane-cone penetrometer and the WES cone.

Soil test results from each vehicle trial site are discussed with a view to possible future correlation with vehicle mobility parameters, terrain trafficability and vehicle manoeuvrability.

Accession For	
NTIS GRA&I	<input checked="" type="checkbox"/>
DTIC TAB	<input type="checkbox"/>
Unannounced	<input type="checkbox"/>
Justification	
By _____	
Distribution /	
Availability Codes	
Dist. _____	
A	

NON-CLASSIFIE

TABLE DES MATIÈRES

1. Techniques et équipement utilisés.....	2
1.1 Pénétrromètre du WES.....	2
1.2 Pénétrromètre McGill.....	2
1.3 Bèvamètre.....	2
1.4 Sonde à neutrons.....	3
2. Analyse des sites des essais.....	5
2.1 Deluthier	5
2.11 Description du site.....	5
2.12 Caractéristiques physiques des sols.....	8
2.2 Ruisseau.....	17
2.21 Description du site avant le passage.....	17
2.22 Caractéristiques au moment et après le passage.....	17
2.3 Plaine Mattawa.....	21
2.4 Champ des pentes.....	31
2.5 Pentès.....	34
2.6 Champ de sable.....	45
2.7 Lac Halfmile.....	51
Bibliographie.....	58

NON-CLASSIFIE

NON-CLASSIFIE

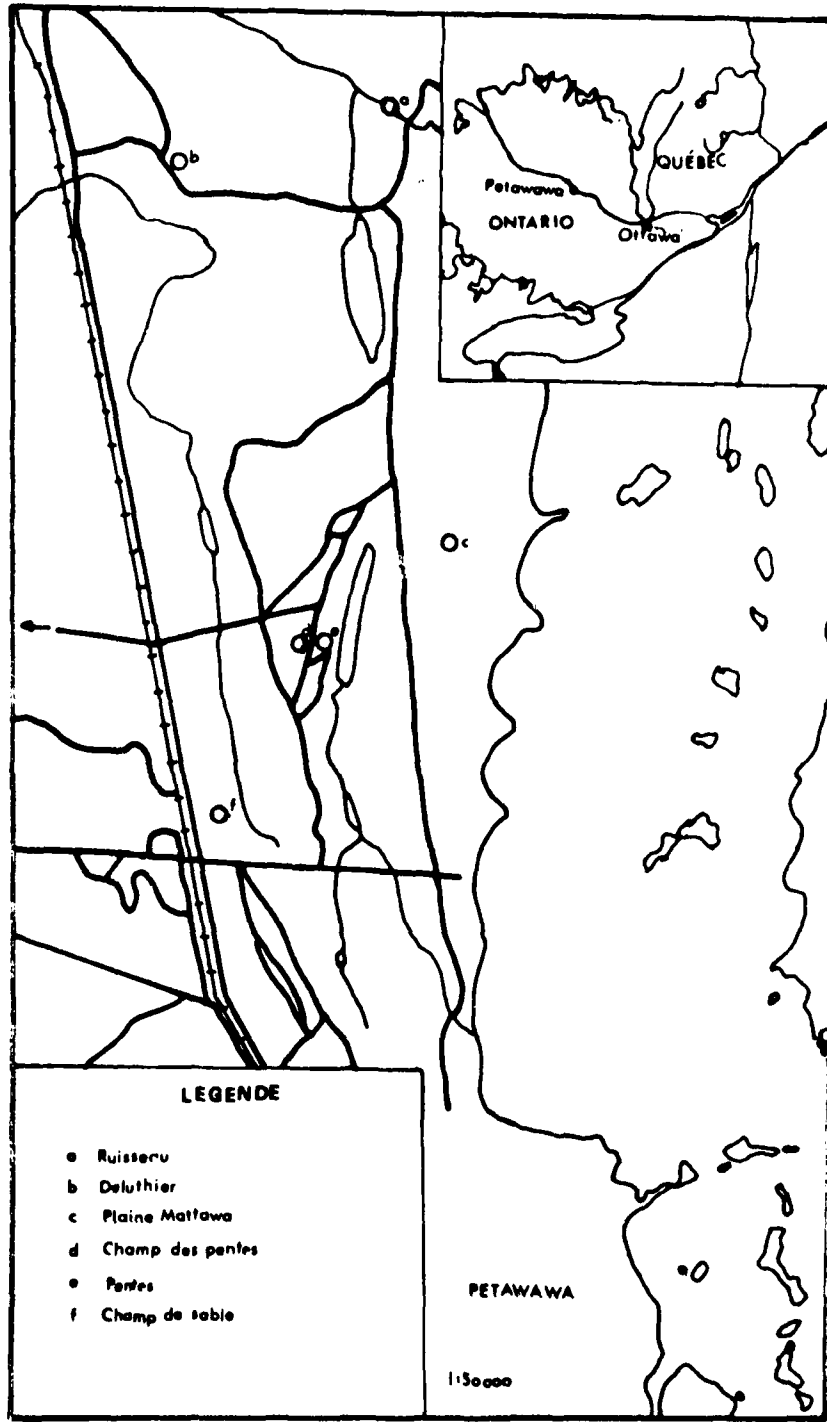
LISTES DES FIGURES

- 1-1 Pénétrromètre à cône du WES
- 1-2 Pénétrromètre à cône et à palettes McGill
- 1-3 Bèvamètre du CRDO
- 1-4 Sonde à neutrons rapides du CRDO
- 2-1 Site de Deluthier
- 2-2 Courbes moyennes de capacité portante (WES)
- 2-3 Capacité portante du sol affecté (traces)
- 2-4 Capacité portante du sol non-affecté
- 2-5 Test de compacité
- 2-6 Capacité portante à l'aide du pénétrromètre McGill
- 2-7 Test de cisaillement
- 2-8 Capacité portante à l'aide du bèvamètre du CRDO
- 2-9 Site du ruisseau
- 2-10 Composition du site
- 2-11 Camion franchissant un versant
- 2-12 Capacité portante du sol non-affecté
- 2-13 Capacité portante du sol remanié
- 2-14 Tests de cisaillement
- 2-15 Tests de cisaillement
- 2-16 Capacité portante
- 2-17 Tests de remaniement
- 2-18 Plaine Mattawa
- 2-19 Tranchée
- 2-20 Champs des pentes.
- 2-21 Capacité portante sur sol non-affecté
- 2-22 Les pentes (nos. 3 à 5)
- 2-23 Capacité portante (pénétrromètre du WES)
- 2-24 Test de compacité effectué à l'aide du pénétrromètre du WES
- 2-25 Tests de cisaillement
- 2-26 Profils topographiques des pentes
- 2-27 Champ de sable
- 2-28 Courbes moyennes de capacité portante (WES)
- 2-29 Test de compacité (WES)
- 2-30 Capacité portante à l'aide du bèvamètre
- 2-31 Résistance au cisaillement avec le bèvamètre
- 2-32 Capacité portante de la tourbière flottante
- 2-33 Profils d'humidité des différents sites

NON-CLASSIFIE

LISTE DES TABLES

- 1.1 Capacité portante à Deluthier. Valeurs obtenues à l'aide du pénétromètre du WES.
- 1.2 Test de compacité effectué au moyen du tube de compression du WES
- 1.3 Capacité portante à Deluthier. Valeurs obtenues à l'aide du pénétromètre McGill.
- 1.4 Résistance au cisaillement calculée à l'aide des mesures du pénétromètre à palettes McGill.
- 1.5 Données obtenues à l'aide du bêvamètre.
- 2.1 Capacité portante mesurée à l'aide du pénétromètre du WES
- 2.2 Test de remaniement effectué à l'aide du tube de compression du WES.
- 2.3 Tests de cisaillement effectués à l'aide du pénétromètre McGill
- 2.4 Capacité portante du sol non-affecté (WES)
- 2.5 Test de compacité (WES)
- 2.6 Test de cisaillement effectué à l'aide du pénétromètre à palettes McGill.
- 2.7 Capacité portante du sol calculée avec le pénétromètre du WES.
- 2.8 Tests de compacité effectués à l'aide du tube de compression du WES.
- 2.9 Tests de cisaillement effectué à l'aide du pénétromètre à palettes McGill.
- 2.10 Valeurs des pentes.
- 2.11 Capacité portante du sol calculée à l'aide du pénétromètre du WES.
- 2.12 Test de compacité effectué à l'aide du tube de compression du WES.
- 2.13 Tests effectués à l'aide du pénétromètre à palettes McGill
- 2.14 Données obtenues à l'aide du bêvamètre.
- 2.15 Profils d'humidité obtenus à l'aide d'une sonde à neutrons rapides.



Petawawa

INTRODUCTION

Dans une optique terra-mécanique, le sol ou la partie superficielle des dépôts meubles revêt une grande importance en ce qu'il conditionne le passage des véhicules avec les autres composantes de l'environnement. Outre les obstacles topographiques ou microtopographiques que peuvent présenter les différentes surfaces que nous allons étudier, il y a les obstacles émanant du matériau de surface lui-même. La méthodologie utilisée dans l'évaluation des caractéristiques physiques des dépôts a trait à une quantification des propriétés intrinsèques qui ne varient pas d'une unité à l'autre. Les résultats obtenus permettant d'évaluer ces propriétés font ressortir les particularités de chaque site. Ces éléments distinctifs sont les caractéristiques des dépôts. Dans cette étude, sept sites typiques de l'éventail des surfaces de Petawawa ont été choisis pour des études détaillés.

La capacité portante ou portabilité d'un dépôt s'exprime par la relation entre la pression verticale appliquée par une masse quelconque et l'enfoncement résultant dans le dépôt. Parallèlement, la résistance au cisaillement s'exprime dans une relation entre la pression appliquée horizontalement et une déformation subséquente provoquant une brisure dans la structure initiale du dépôt. L'action conjuguée de la portabilité et de la résistance au cisaillement nous donne une relation contrainte-déformation tridimensionnelle où les caractéristiques du dépôt sont traduites mécaniquement. En outre, pour aider à l'analyse de ces caractéristiques nous avons pris des relevés des courbes d'humidité des sols aux différents sites.

La démarche du présent travail sera d'abord de passer en revue les méthodes empiriques que nous avons utilisées pour la caractérisation et ensuite d'étaler les résultats paramétriques obtenus.

1. TECHNIQUES ET EQUIPEMENT UTILISES

Seules les techniques sont brièvement décrites ici. De plus amples détails sur les méthodes utilisées seront fournis dans un second rapport (1).

1.1 Pénétrromètre à cônes du W.E.S.

Le pénétromètre à cône du W.E.S. (Waterways Experiment Station) a été conçu pour des fins de mesures rapides pour des reconnaissances militaires (fig. 1-1). Il consiste en une tige de 0.5 pouce de diamètre et d'un cadran dont la lecture est proportionnelle à la pression appliquée manuellement sur une surface d'un pouce carré. La tige est graduée en pouces et au fur et à mesure de l'enfoncement des différentes unités, une lecture de pression est prise. Il est donc possible de connaître la relation pression-enfoncement à l'endroit du test. Le cône que nous avons utilisé a une pointe de 30 degrés et une surface de base de 0.5 po². Une pression de 150 livres sur ce cône se traduit par une lecture de 300 lbs/po², mais ceci ne peut être qu'un indice plutôt que l'enfoncement réel d'une roue. Il faut donc corréler cette valeur à des paramètres provenant des caractéristiques mêmes des véhicules en vue de prédire un indice de mobilité.

1.2 Pénétrromètre McGill

Ce pénétromètre a été conçu par le professeur Yong présentement à l'université McGill à Montréal. C'est une combinaison d'un pénétromètre à cône et d'un scissomètre à palettes (fig. 1-2). Bien que comportant plusieurs défauts d'adaptation pour des mesures de terrain, cet appareil permet au moins la combinaison du pénétromètre et du scissomètre dans un même moment. Comme pour celui du WES, la procédure fournit la relation pression-enfoncement, mais ceci en combinaison avec la résistance maximale au cisaillement enregistrée à l'aide d'une balance à ressort attachée à un pivot. Les indices de pression obtenus ont été transformés à l'aide d'une courbe de calibration, de même que la force de cisaillement.

1.3 Bèvamètre

Le bèvamètre du CRDO a été construit au KRC (Keweenaw Research Center) par l'université technologique du Michigan à Houghton. Il comprend deux unités distinctes, l'une électronique et l'autre hydraulique et mécanique. Le tout est monté sur un véhicule chenillé pesant environ sept tonnes (fig. 1-3). L'unité du pénétromètre comprend des plaques allant de deux pouces à une dizaine de diamètre. Sa capacité maximale est d'environ 2000 lbs/po² sur les plaques les

(1) Bégin, Y. Caractérisation mécanique des sols, LETE, rapport préliminaire.

plus petites. L'unité du scissomètre comprend un cylindre de 11.25 pouces de diamètre auquel est fixé un anneau circulaire dont les dents ont été fixées à tous les 15 degrés. Cet anneau a un diamètre extérieur de 13.25 pouces et intérieur de 10.75 pouces. Sa surface de contact avec le sol est de 47 pouces carrés. Equipé d'un moteur individuel et d'une génératrice l'unité hydraulique fournit, de par ses déplacements, un signal qui est transformé automatiquement selon différents facteurs pour donner une lecture précise, laquelle est enregistrée sur une traçeuse à lignes à l'intérieur même du véhicule. (N.B.: Bientôt, le CRDO prévoit l'utilisation d'une unité de bande magnétique enregistrant les différents voltages proportionnels aux données recueillies au cours des essais).

1.4 Sonde à neutrons rapides

La sonde à neutrons rapides du CRDO est une des méthodes des plus avangardistes dans l'établissement des profils d'humidité (fig.1-4). Cela consiste en une sonde émettant des neutrons rapides qui, au contact de l'hydrogène de l'eau sont ralentis et deviennent des "neutrons lents". Un compteur calcule la quantité de neutrons lents à l'intérieur d'une sphère de 10 pouces de diamètre. Cette quantité est proportionnelle à la quantité d'eau par volume que le sol contient. Sur le terrain, il a fallu d'abord creuser un trou à l'aide d'une foreuse et y insérer un tube en alliage d'aluminium magnésium dans lequel une pochette de diérite absorbait l'humidité. La sonde a été descendue à différentes hauteurs dans ce tube et nous a fourni un profil d'humidité du sol.

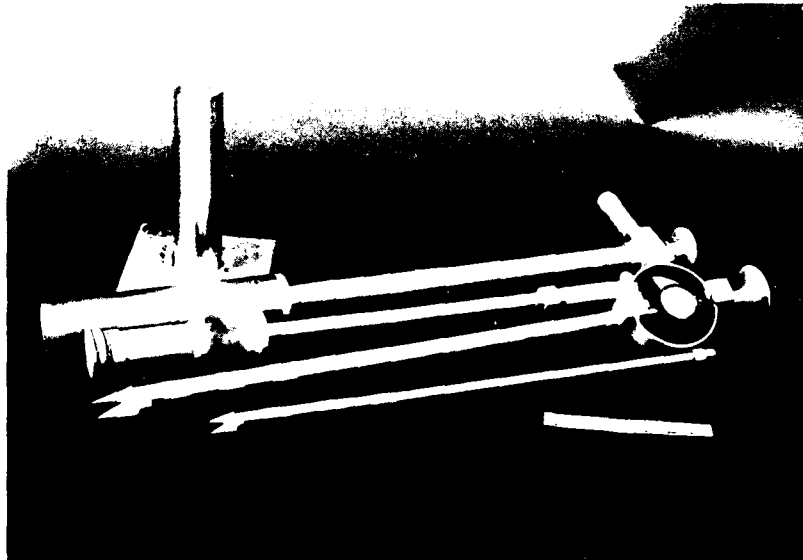


Figure 1-1 Pénétrromètre à cône du WES

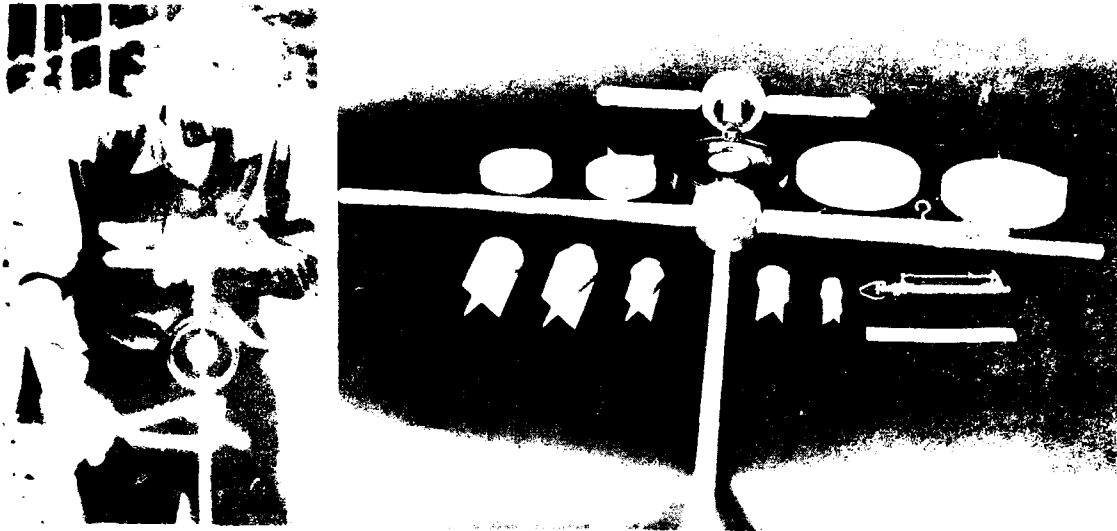


Figure 1-2 Pénétrömètre à cône et à palettes McGill

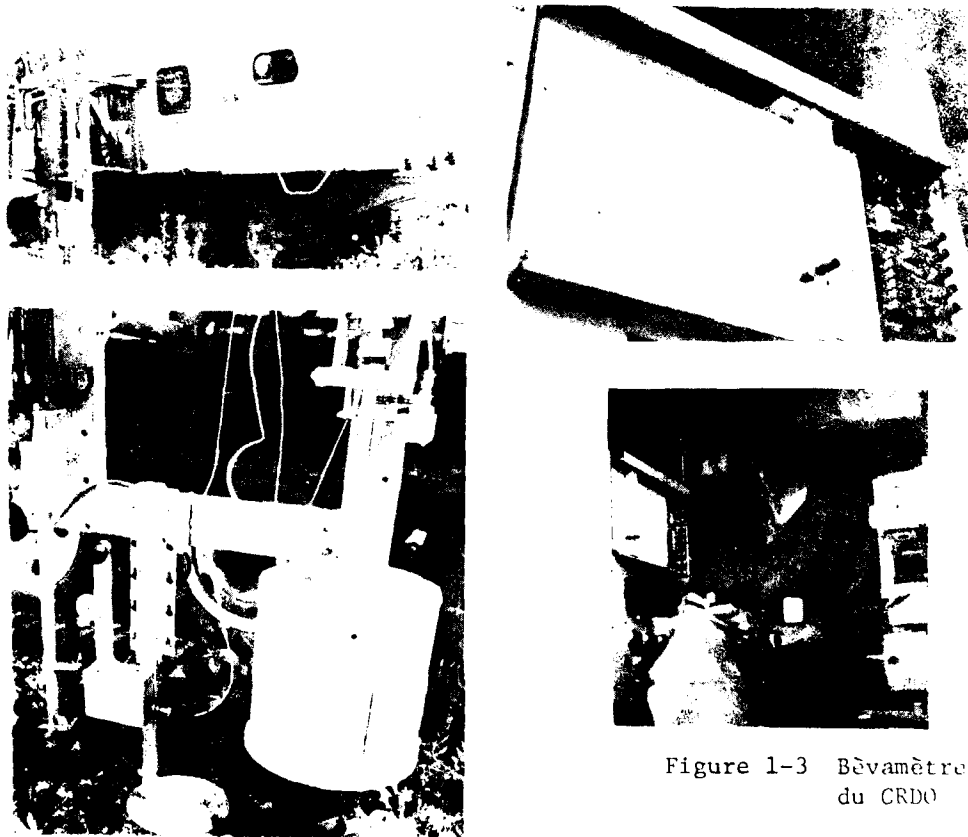


Figure 1-3 Bèvamètre du CRDO



Figure 1-4 Sonde à neutrons rapides du CRDO

2. ANALYSE DES SITES DES ESSAIS

2.1 DELUTHIER

2.11 Description du site

Ce site, choisi pour des expériences de manoeuvrabilité, pose en fait un milieu relativement complexe. Il s'agit d'un endroit où l'on a pratiqué une coupe totale (coupe à blanc d'une forêt d'épinière) et où l'on suppose déjà une affection due à cette transformation subite (fig. 2-1).

Les sols sont en plus grande partie construits sur des sables dont la structure, la texture et la composition varient grossièrement selon les horizons. La couche supérieure (premiers sept pouces) est constituée d'un humus très acide, intensément lessivé et compressé dont les nouvelles propriétés sont le résultat de l'intervention humaine. Le second horizon (Horizon 8) en est un d'accumulation où l'on retrouve des oxydes de fer et d'aluminium hydratés (texture plus fine, couleur orange due à l'oxydo-réduction par la percolation des ions ferreux et d'alumine par les eaux de pluie). La troisième strate est la roche-mère dont les caractéristiques sont surtout d'ordre granulométrique (sable de l'horizon C).

La principale raison nous permettant d'affirmer que la couche d'humus avait déjà été compressée avant les essais nous est fournie dans les tests de compression du WES (fig. 2-5). Ces derniers consistent en une simulation de 40 à 50 passages de véhicules sur un même sol, ce qui fournit une estimation de la compacité maximale du sol. L'indice de remaniement maximal pour cet horizon est alors de 0.69. Si l'on compare les courbes obtenues réellement, on obtient dans les mêmes conditions un indice de 0.50, ce qui dépasse le maximum prévu. (Il nous est ainsi possible de remettre en cause l'indice de remaniement du WES dans ce genre de situation).

Sous cette couche d'humus se situe un sable (7 à 11 pouces) dont la teneur en eau va en augmentant selon la profondeur. C'est dans la basse partie de cet horizon que se localise une nappe d'eau rendant le matériel très visqueux relativement aux autres couches avoisinantes.

Au contact de cet horizon B, on observe un revirement total dans les courbes de capacité portante. Alors qu'au début, cela nécessitait une très forte pression pour obtenir peu d'enfoncement, ici, c'est le contraire: il faut peu de poids pour s'enfoncer. Quoique la cohésion d'un horizon minéral par rapport à un autre organique est beaucoup plus faible, la forte teneur en eau unit surtout les particules les plus fines pour fournir un milieu relativement glissant.

L'horizon sous-jacent, c'est-à-dire la roche mère, est un milieu plus grossier, plus sec et moins cohésif.

La courbe humifère présente une très grande résistance au cisaillement, si bien que dans des conditions normales, on ne peut considérer une déformation significative du sol en termes de cisaillement par les roues des camions (fig. 2-7). Les résultats obtenus à l'aide du bévamètre nous permettent d'en arriver à cette conclusion, puisqu'en appliquant des pressions verticales de 2.3 à 4.5 lbs/po², l'effort de cisaillement développé va de 225 à 650 livres par pouce de déplacement horizontal, ce qui est énorme et ne suffit pas à fournir une déformation significative du sol. Ainsi la grande force de cisaillement fournie au cours de l'essai était insuffisante face à la résistance au cisaillement du sol. Cela veut dire que dans l'ensemble du site, l'effort de cisaillement des roues dans des conditions normales de déplacement ne parvient pas à déformer la couche d'humus et qu'ainsi l'obstacle majeur n'est pas le sol en tant que tel, mais sa microtopographie. Si dans des conditions spéciales, la couche d'humus était traversée, les roues des véhicules seraient exposées à de toutes autres conditions, mais cette éventualité n'est que très spécifique et occasionnelle.

Les données de pénétration obtenues à l'aide du bévamètre sont beaucoup plus reliables à l'action des roues des camions que ne peuvent l'être celles des cônes du WES ou de l'université McGill (fig. 2-8). L'usage d'une plaque s'avère beaucoup plus simulateur de l'effet d'une surface de contact d'une roue que ne peut l'être un cône (fig 2-6). Ainsi, notre premier test fut très significatif car avec une plaque de 27.4 pouces carrés de surface, on n'a obtenu aucun enfoncement significatif en y appliquant une pression égale à environ 20 fois celle exercée par le poids des camions. Plus l'on diminue la surface de contact, plus la pression se concentre et plus l'enfoncement augmente. Dans tous les cas, les pressions enregistrées ne nous indiquent aucun enfoncement significatif possible des roues des camions (en termes de pression verticale). Si un obstacle (ex: tronc d'arbre) empêche l'avancement d'une roue occasionnant une déformation locale du sol, l'enfoncement résulte de ce bouleversement et non du simple poids vertical. On attribut ceci à un déplacement des particules, ce qui crée une dépression où peut s'enliser une roue.



Figure 2-1 Site de Deluthier

2.12 Caractéristiques physiques des sols

Les courbes obtenues à l'aide du pénétromètre du WFS illustrent bien la différente consistance des trois horizons énumérés dans le paragraphe précédant (fig. 2-2). En observant l'allure des courbes moyennes, on remarque une couche superficielle plus résistante où la pression nécessaire pour enfoncer le cône croît d'une façon vertigineuse avec peu de résultats en enfoncement. Cette couche, composée en majeure partie d'humus, était déjà compressée presque à son maximum avant même les essais, si bien que le propre poids des véhicules ne fournissait aucun enfoncement des roues. Habituellement, l'humus est très compressible, au contraire des minéraux. Une fois compressée, la matière organique offre une plus grande résistance (fig. 2-3). Non seulement on assiste à une diminution des pores, mais aussi à une modification de la structure et de la texture des composantes qui fournissent ce durcissement (fig. 2-4). Il faut considérer au départ que la matière organique offre une plus grande résistance horizontale que la matière minérale; nous comparons ici une structure ligneuse, filamenteuse à une autre granulaire, voir fractionnaire où les indices de cohésion sont naturellement très opposés.

La teneur en eau de la couche d'humus est anormalement faible, ce qui en augmente la résistance en asséchant les brindilles qui fournissent alors un treillis moins souple et plus rigide horizontalement. Ceci pourrait être mis en relation avec la diminution des pores par restructuration du matériel, donc une réduction des surfaces de contact où peuvent se fixer les ions d'hydrogène de l'eau.

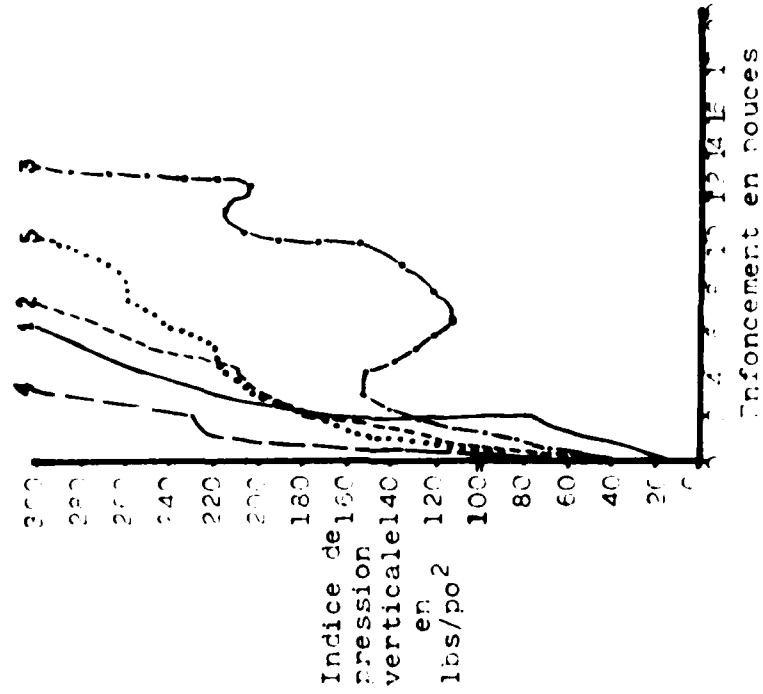


Figure 2-3 Capacité portante sur sol affecté (Traces)

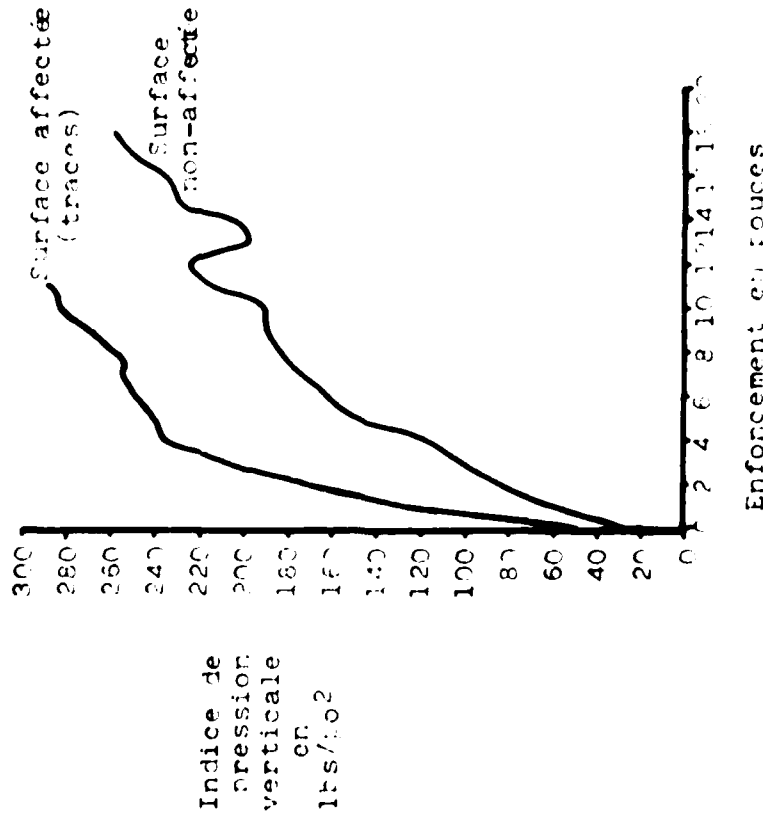


Figure 2-2 Courbes moyennes de capacité portante (MFS)

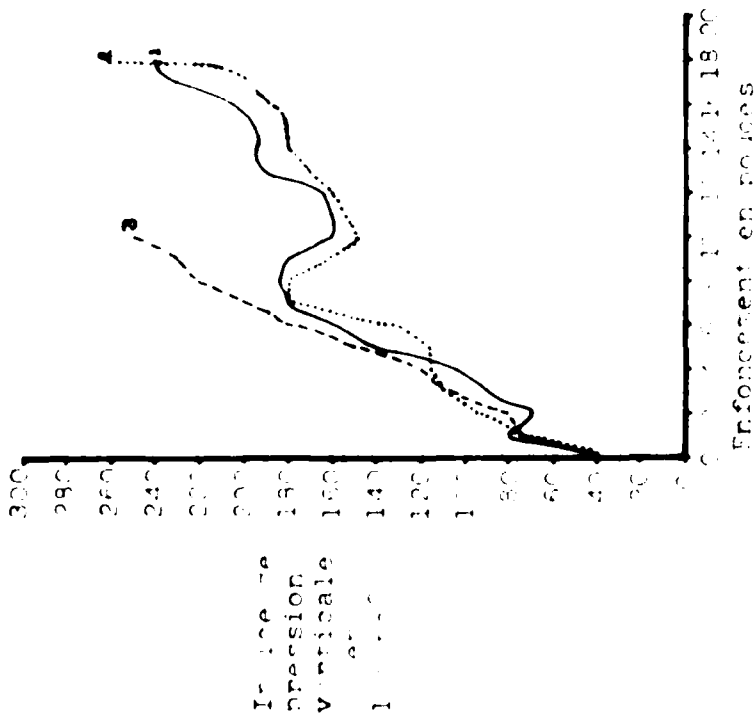
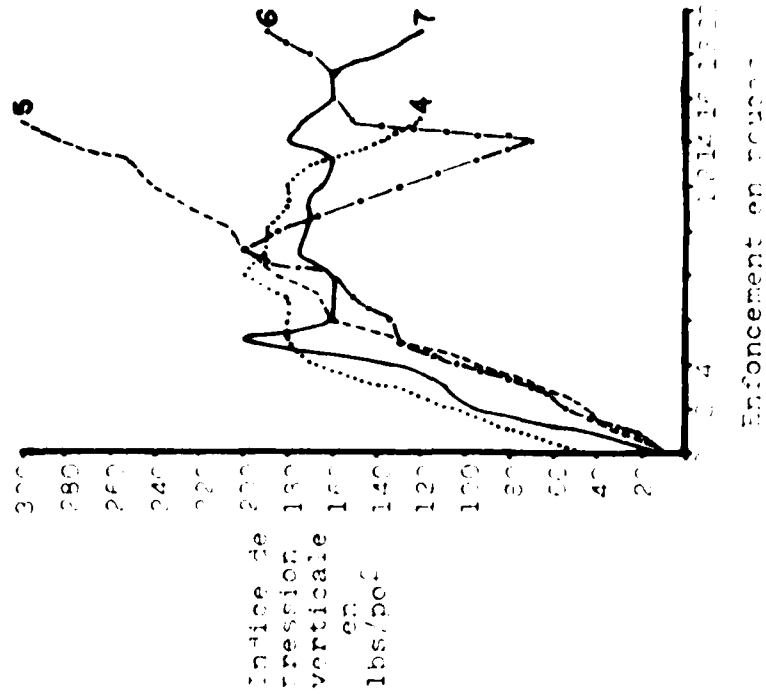


Figure 2-4 Capacité portante sur sol non-affecté

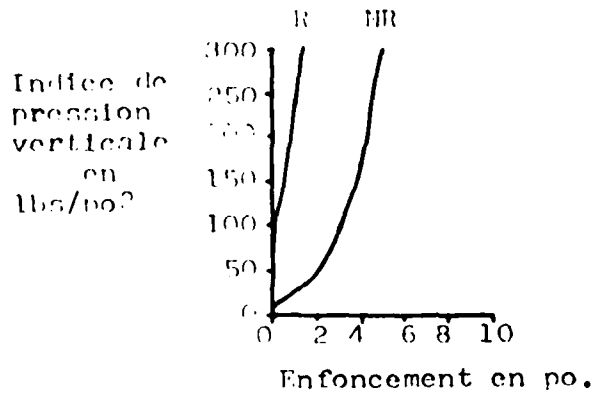
Table 1.1 Capacité portante. Valeurs obtenues à l'aide du pénétromètre du WES.
(Voir Fig. 2-3, 2-4)

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²													
	Moyenne sol affecté	Moyenne sol non- affecté	Sol non-affecté							Sol affecté				
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
0	46	31	40	40	40	50	15	15	15	18	40	40	65	65
1	133	64	80	75	75	80	40	35	60	75	120	95	220	155
2	168	79	70	95	80	110	50	55	95	145	180	125	220	170
3	204	100	90	110	110	140	70	70	110	220	215	155	230	200
4	235	121	105	115	120	170	95	105	135	255	250	155	300	215
5	240	149	140	115	155	180	130	125	200	280	270	130		220
6	248	158	160	135	180	180	160	130	160	300	300	115		240
7	255	174	180	180	200	180	165	150	160			115		260
8	257	184	185	180	220	200	185	160	160			125		260
9	268	191	180	160	230	190	205	200	175			160		280
10	280	190	160	150	250	190	225	185	170			200		300
11	284	215	160	155		180	240		170			220		
12	280	217	165	160		180	250		165			200		
13		224	190	170		170	280		160			300		
14		195	195	180		140	300	70	180					
15		203	195	180		120		150	175					
16		230	205	185				160	160					
17		236	230	200				160	160					
18		244	240	260				170	140					
19	300	258						185	120					

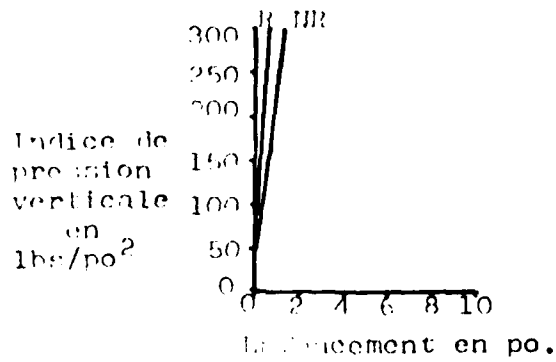
Table 1.2 Test de compacité effectué au moyen du tube de compression du WES (Voir Fig. 2-5)

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²					
	Echantillon de surface		de 8 à 11 pouces		de 11 à 15 pouces	
	non-remanié	remanié*	non-remanié	remanié*	non-remanié	remanié*
0	10	60	40	80	2	43
0.2				300		
0.5		240	300			160
1.0	50	300			9	200
1.2						300
1.5	100					
2.0	170				64	
2.5	260				180	
3.0	300				300	
Indice de remaniement	0.69		0.96		0.59	

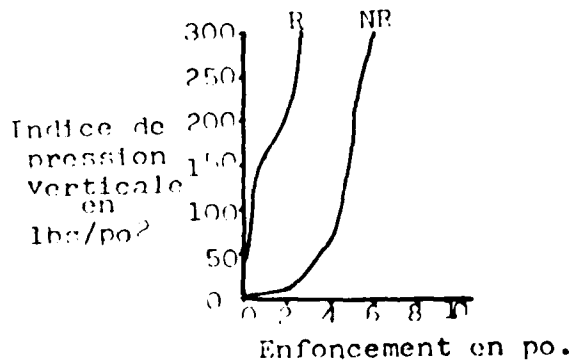
* Remanié à l'aide d'une application de 25 martellement de 2 1/2 livres. Simulation de 40 à 50 passages de véhicules (compression maximale).



Echantillon de surface



Echantillon de 8 à 11"



Echantillon de 11 à 15"

Figure 2.5 Test de compacité à l'aide du tube de compression du WES

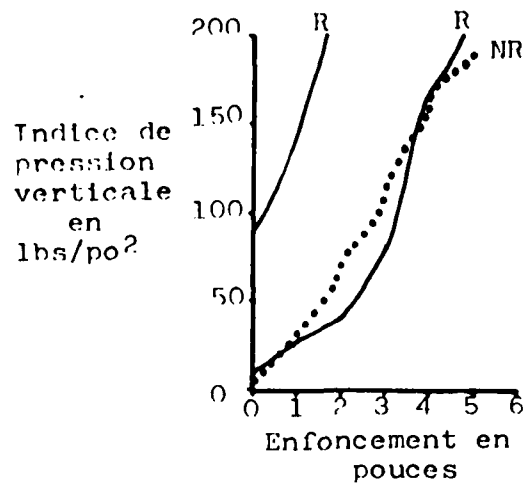


Figure 2-6 Capacité portante à l'aide du pénétrömètre McGill.

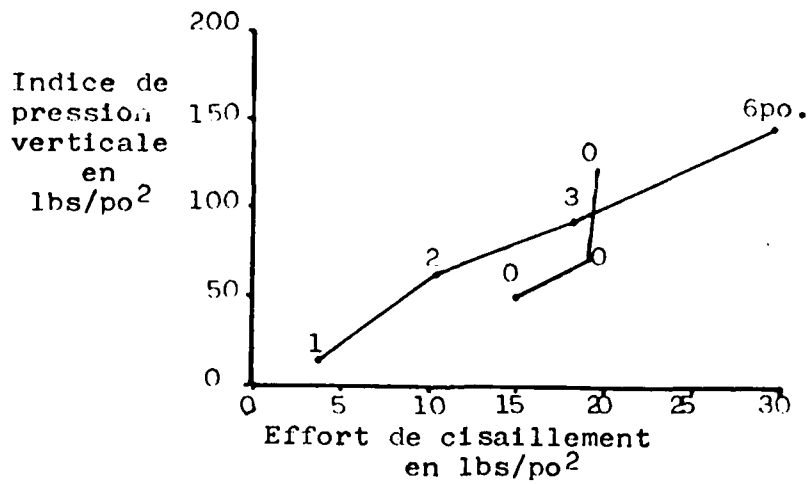


Figure 2-7 Test de cisaillement.

Table 1.3 Capacité portante. Valeurs obtenues à l'aide du pénétromètre à palettes de l'université McGill. (Voir Fig. 2-6)

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²		
	Sol non-remanié	Sol remanié	
0	5.0	94.4	11.7
1	31.5	148.3	26.0
2	71.8		40.5
3	116.8		82.7
4	166.9		184.2
5	188.5		238.0

Table 1.4 Résistance au cisaillement calculé à l'aide des mesures du pénétromètre à palettes McGill. (Voir Fig. 2-7)

Profondeur en pouces	Indice de pression lbs/po ²	Effort de cisaillement lbs/po ²	Etat*
0	94.4	14	NR
0	134.8	19	NR
0	179.6	19	NR
1	12.6	4	R
2	69.2	10	R
3	151.0	18	R
6	225.0	29	R

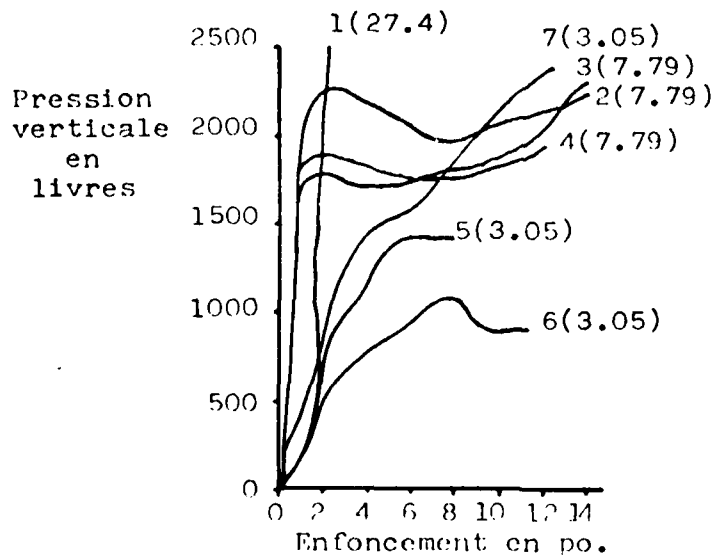
*R: remanié (traces) NR: non-remanié.

Table 1.5 Données obtenues à l'aide du bévamètre

Capacité portante				
Essai	Pression maximale (lbs)	Enfoncement maximal (po)	Pression en lbs/po ²	Surface de la plaque (po ²)
1°	3000+	1.5	110+	27.4
2°	2250	14	288.1	7.79
3°	1700	14	218	7.79
4°	1350	12	173	7.79
5°	1600	8	524.9	3.05
6°	1320	11	433.0	3.05
7°	2200	12	721.8	3.05

Résistance au cisaillement			
Pression verticale ₂		Effort de cisaillement en lbs/po	
en lbs	en lbs/po		
62.3	2.31	225-250	
122.3	4.53	650	

Déformation du sol considérée comme nulle dans les deux cas.



(7.79): surface de la plaque circulaire utilisée en pouces²

Figure 2-8 Capacité portante à l'aide du bévamètre du CRDO.

2.2 RUISSEAU

2.21 Description du site avant le passage

Ce site présente deux différences fondamentales dans la série d'obstacles rencontrés au cours des essais. Ce sont l'affleurement de la roche en place précambrienne et l'eau sécoulant dans le ruisseau. Ces deux paramètres auront un rôle très important dans la performance des véhicules à leur passage. Outre ces deux différences, les variables du sable et du till sont de règle.

Le versant sud comprend beaucoup plus d'éléments organiques que la face nord. Ceci a un effet sur le potentiel de rétention d'eau au champ. Par contre, la pente et la forte dominance sableuse de ce dépôt (porosité) contribue à en améliorer le drainage. Ces caractéristiques sont valables pour la partie amont du versant sud. Dans la basse section de cette même partie se trouve un matériau beaucoup plus grossier où les fines comblent les vides en profondeur. Directement à la surface, il y a des galets et des cailloux fortement émoussés dont les diamètres peuvent varier d'un à vingt centimètres. Dans la rivière même, on retrouve ce même élément grossier, mais les fines y sont pratiquement inexistantes. On peut imaginer que la crue du printemps joue un rôle dans le dégagement et l'émoussé des gros éléments et dans la distribution des fractions granulométriques autour de son lit (fig. 2-9).

Le versant nord présente des caractéristiques quelque peu différentes. En plus d'un affleurement du socle au contact du ruisseau, c'est-à-dire un endroit découvert de la taille d'environ un mètre carré, on a une couverture de till dont les fines sont abondantes sur une bande d'environ deux mètres en aval. En amont, les sables dominent. Le drainage y est de beaucoup meilleur et la rétention d'eau au champ s'y voit grandement diminuée (fig. 2-10).

En résumé, ce site présente une variété d'obstacles appropriés pour les essais. Les pentes des versants n'ont rien de critique cependant; leur maximum n'atteignait pas 15 degrés.

2.22 Caractéristiques au moment et après le passage

Les conditions mêmes du sol au moment du passage des véhicules ne variaient pas surtout avec le nombre de passages, mais plutôt à partir du moment où le sol était affecté par la première traversée (fig. 2-11).

Les deux premières traversées des sept véhicules furent du sud vers le nord. Lors de la descente, le versant sud fut

comprimé et tout l'effort de traction fut développé sur le versant nord. De ce côté, au contact du ruisseau, un cisaillement intensif du matériau superposant la roche en place prévalait. Les roues, tout en déformant, ont apporté un surplus d'eau venant saturer le matériel sur une bande d'environ deux mètres, parallèlement au ruisseau. La surface devint alors plus glissante et beaucoup plus meuble, si bien qu'après un bouleversement minimal du sol les roues venaient en contact avec la roche en place où la traction devenait très ferme. Dans la haute pente du versant nord, les sables furent tassés et leur teneur en eau ne semble pas avoir changée pour autant. On avait là une surface très cohésive où la traction était très efficace.

Dans le sens inverse, c'est-à-dire du nord vers le sud, les mêmes phénomènes se produisirent. L'apport en eau sur les deux premiers mètres n'a pas eu autant d'effet cependant. La très forte porosité du matériel permettait une évacuation presque instantanée de l'eau. Sur le haut du versant, le sol auparavant compacté fut déformé, mais fournissait quand même une bonne adhésion au moment du passage, de telle sorte que le glissement des roues furent presque inexistantes. Encore ici, le versant nord a subi un tassement entraînant l'évacuation du surplus d'eau sur les deux premières mètres. Quant au lit de la rivière, aucun changement notable n'est apparu.

Ce site n'a pu permettre de tirer des conclusions valables sur une différentiation des performances des véhicules, compte-tenu des variations des paramètres du sol. Seuls la manoeuvrabilité et le conducteur lui-même peuvent fournir des différences dans les performances.



Figure 2-9 Site du Ruisseau

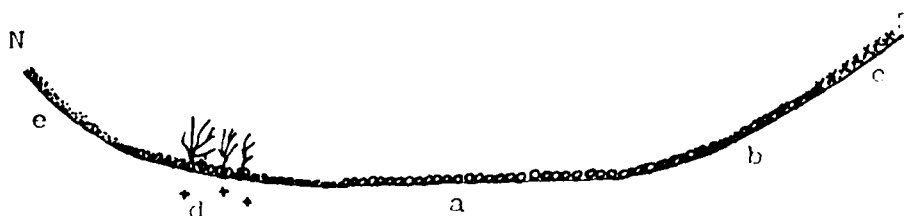


Figure 2-10 Composition du site

- a ruisseau
- b till à dominante grossière
- c Sable à forte dominante organique
- d till avec forte proportion de fines sur affleurement rocheux
- e Sable

Figure 2-10 Composition du site



Figure 2-11 Camion franchissant un versant

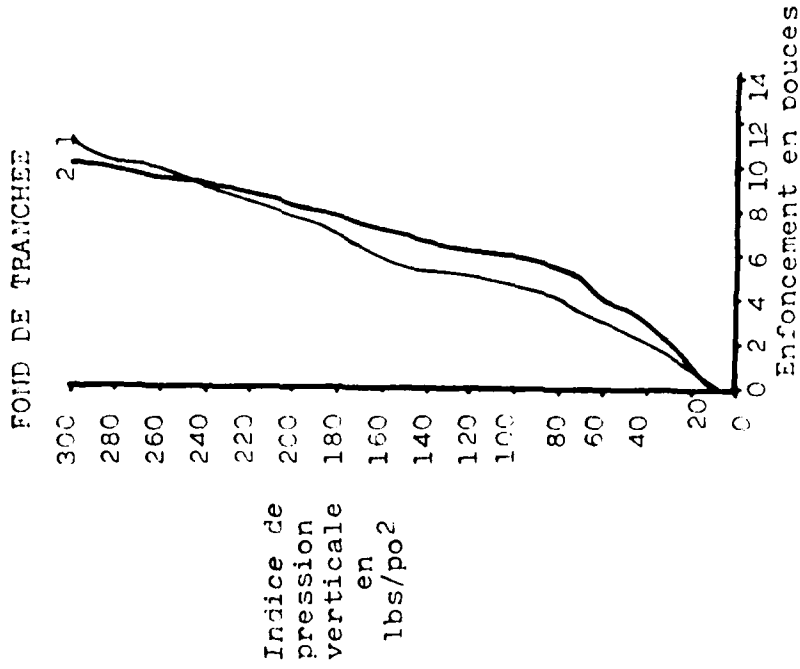
2.3 PLAINE MATTAWA

La plaine Mattawa est généralement constituée de sables remaniés pour la plupart en dunes encore actives par endroits. Les dunes fossiles sont occupées par un mince tapis végétal constitué de basses herbes et d'une muscinaie très localisée où les crustacés dominent. Cette mince couche végétale est très importante dans des mesures de mobilité, voir même de manoeuvrabilité. Les racines de ces végétaux fournissent une grande cohésion au sol, si bien qu'un poids appliqué verticalement a un effet beaucoup plus étendu en surface qu'en profondeur. Ce tapis végétal fournit aussi une plus grande résistance au cisaillement (voir strate crustacée) que les sables avoisinants. Comme cette végétation n'est que le résultat d'un stade pionnier, elle apparaît comme de petits culots très localisés, fournissant une microtopographie très tourmentée. Le passage d'une roue chargée d'un certain poids ne fait qu'accentuer les irrégularités en comprimant les sables dans les dépressions. C'est là qu'apparaît un obstacle à la manoeuvrabilité (fig 2-18).

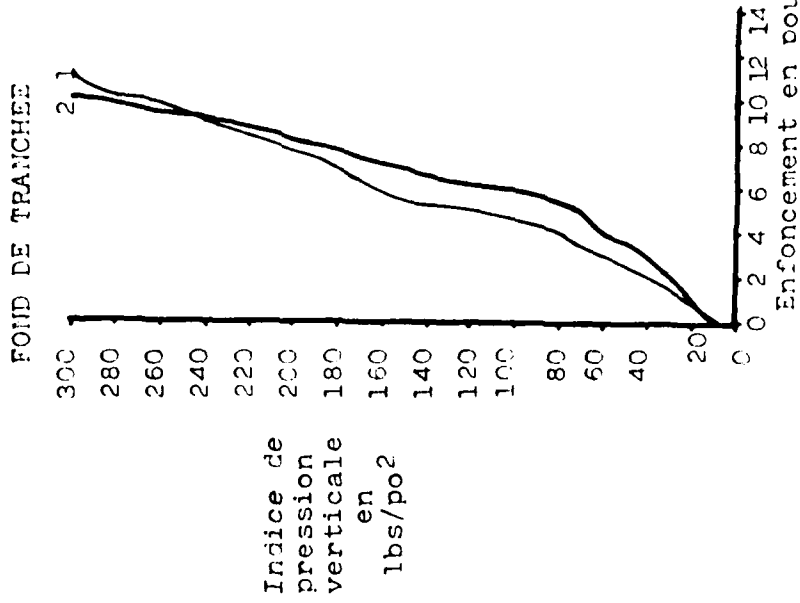
Les tests de capacité portante ont été faits dans les endroits présentant le plus grand obstacle pour les essais des 2 1/2 tonnes, c'est-à-dire les surfaces sableuses. Sur les sols non-affectés, les courbes présentant la relation pression-enfoncement présentent toutes les mêmes caractéristiques, indépendamment du milieu topographique (cette règle s'applique essentiellement sur les sols non-affectés par le passage des camions). Ainsi, généralement, l'indice maximum du WES de 300 lbs/po² fut atteint vers les 10 à 11 pouces de profondeur (fig. 2-12 et 2-13). La quasi homogénéité verticale du matériel contribue grandement à la cause d'une linéarité presque parfaite des courbes de capacité portante.

Après la simulation d'une cinquantaine de passages de véhicules à l'aide du tube de compression du WES, on a obtenu deux indices de remaniement des sables, c'est-à-dire dans la couche superficielle comprenant les cinq premiers pouces (fig. 2-16, 2-17). Les valeurs ont une moyenne de 0.63, ce qui est très normal pour des sables. Ceci est sûrement lié au contenu d'humidité (environ 7% par volume) et à la consistance minérale du sol dont la règle générale dit qu'ils sont moins compressibles que ne peuvent l'être la plupart des composantes organiques.

Nous avons comparé un endroit présentant des conditions moyennes à un autre localisé au fond d'une tranchée (fig. 2-19). Il ne semble pas y avoir de changement significatif dans les courbes d'enfoncement, mais les indices de remaniement sont relativement différents. On pourrait peut-être trouver ici une explication dans l'analyse granulométrique.



(A)



(B)

Figure 2-12 Capacité portante sur sol non-affecté. (Voir table 2-1)

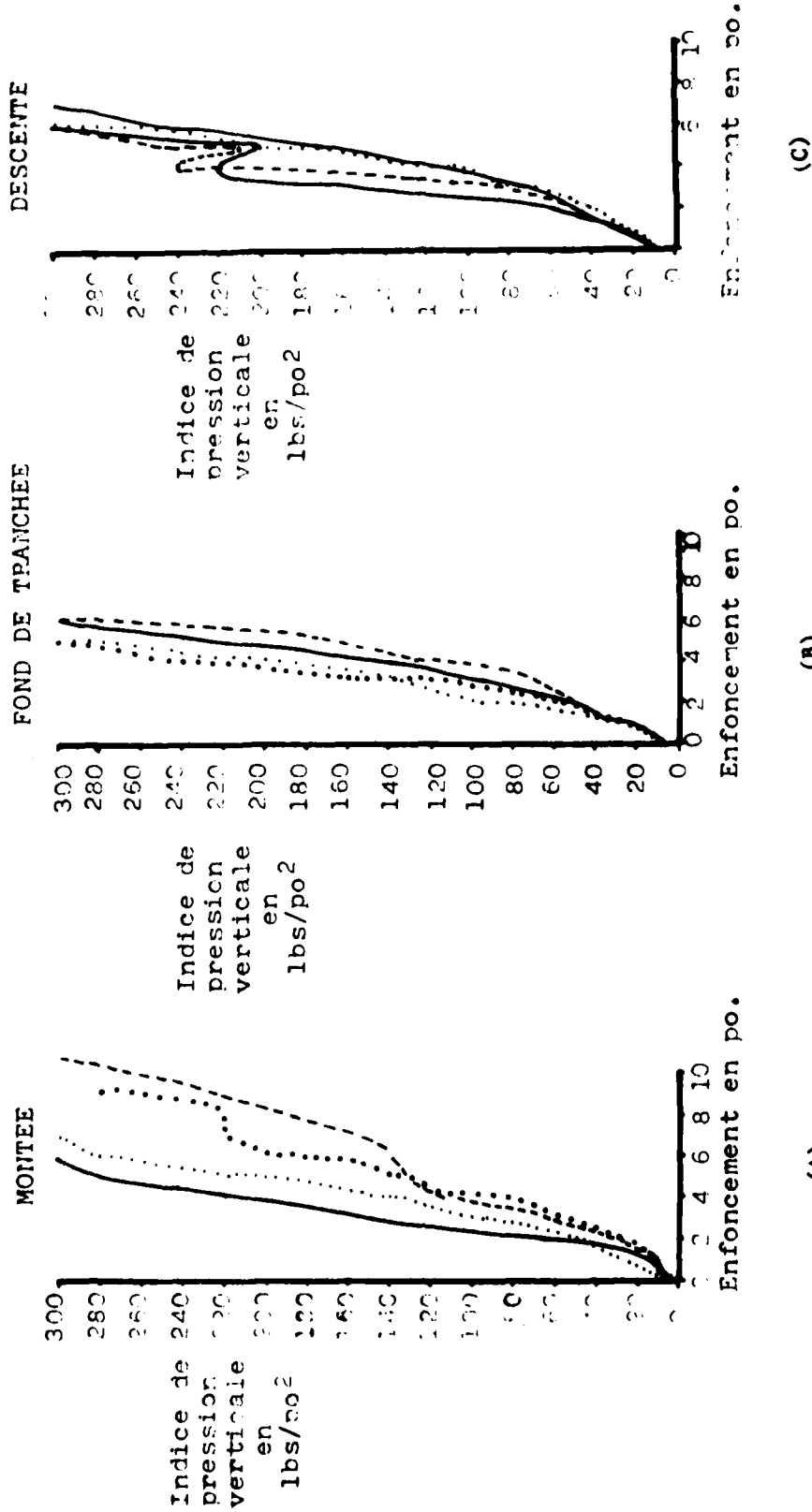


Figure 2-13 Capacité portante sur sable remanié. (Voir Table 2-1)

Table 2.1 Capacité portante mesurée à l'aide du pénétromètre du WES. (Voir Fig. 2-12)

Indice de pression en lbs/po²

profondeur en pouces	Fig. 2-12A sol non-affecté	Fig. 2-12B affecté fond d'une fosse	Fig. 2-13A Remanié (montée)	Fig. 2-13B Remanié fond d'une fosse	Fig. 2-13C Remanié (descente)
0	5 10 10	10 7	4 5 4 3	10 6 9 8	10 9 4 5
1.0	17 19 30	20 21	19 30 15 9	30 30 25 35	30 22 26 26
2.0	30 25 45	28 40	65 45 30 30	95 55 45 60	48 41 60 45
3.0	38 60 51	40 62	150 95 60 65	135 95 75 160	75 85 160 115
4.0	70 90 58	60 80	220 140 115 105	240 140 135 240	115 130 220 240
4.5				300 240 175 300	
5.0	83 110 75	75 140	280 220 140 130		170 200 200 200
5.5			300		300
6.0	95 130 93	110 183	280 195 160	300	240 300
6.5			300		300
7.0	140 170 110	158 240	220 195		
8.0	180 180 140	197 280	260 220		
9.0	240 180 220	240 300	300 280		
10.0	280 220 280	300			
11.0	300 300 300				

Table 2.2 Test de remaniement effectué à l'aide
du tube de compression du WES (voir fig. 2-17)

Indice de pression en lbs/po ²				
Profondeur en pouces	Echantillon non-remanié		Echantillon remanié	
	Plaine	fond de tranchée	Plaine	fond de tranchée
0	21	9	135	75
0.5				300
1.0	50	30	280	
2.0	260	105	300	
2.3	300	260		
3.0				

indices de remaniement = 0.55 (fond tranchée)
0.71 (plaine)

Table 2.3 Tests de cisaillement effectués à l'aide du pénétromètre McGill.

Profondeur en pouces	Indices de pression et de cisaillement en lbs/po ²											
	Sol non-affecté Fig. 2-14		Sol affecté Fig. 2-14		Remanié (montée) Fig. 2-15		Remanié (montée) Fig. 2-15		Remanié (fond de tranchée)		Remanié	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
0	54	1	13	0	12	11	0	11	0	32	16	0
1.0	94	1	41	2	63	58	0	38	2	72	40	2
2.0	126	5	55	5	121	99	5	58	4	85	81	10
3.0	184	11	70	7	180	180	12	79	8	180	153	17
4.0	196	20	85	10	247			100	12		225	
5.0	202	21	112	13				126	14			
6.0	202		137	16				153	20			
6.5								180	22			
7.0	207		180	21								
8.0	225											

P : Indice de pression verticale
 C : Indice de pression horizontale

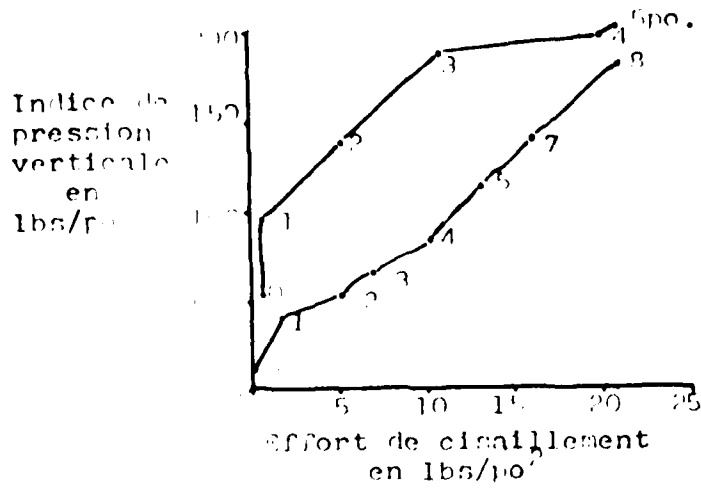


Figure 2-14 Tests de cisaillement
(Voir Table 2-3)

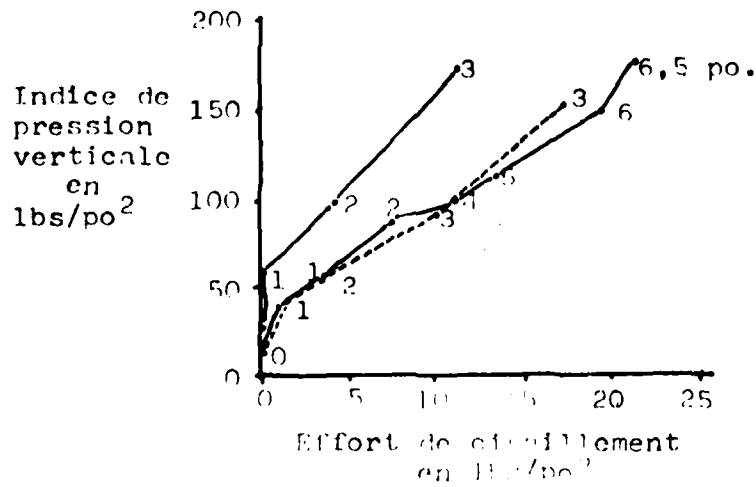


Figure 2-15 Tests de cisaillement
(Voir Table 2-3)

NON-CLASSIFIE

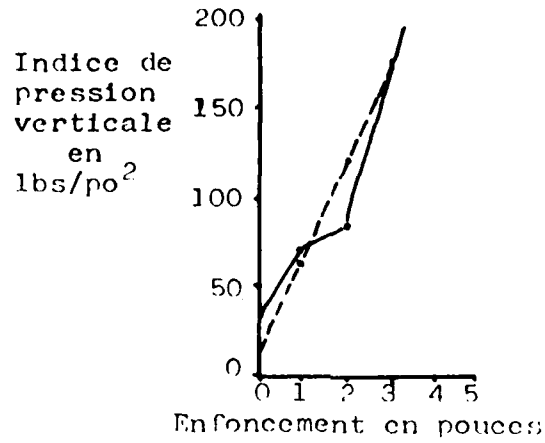
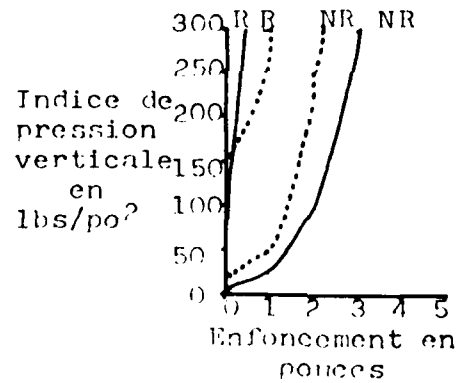


Figure 2-16 Capacité portante

Figure 2-17 Tests de remaniement
(Voir Table 2-2)

NON-CLASSIFIE

Après le passage des véhicules, on constate que généralement le sol a subi un tassement de 4 à 6 pouces. Le maximum de pression atteint vers les 10 à 12 pouces dans les conditions initiales apparaissait vers les 4 à 10 pouces. Les hautes pressions dans les sables remaniés s'observent sur une plus grande étendue en profondeur que dans des conditions de sol intact. Ceci pourrait être bien illustré par une variété d'indices de remaniement en relation directe avec la granulométrie. Au fond de la tranchée, comme la pression s'exerçait d'une façon plus perpendiculaire par rapport au sol, l'adhésion semble plus effective et le remaniement relativement plus uniforme (diminution de l'effort de cisaillement) (fig. 2-14 et 2-15). Le même phénomène s'observe dans la descente où le sol semble subir un fort tassement, ce qui augmente sa résistance au cisaillement.

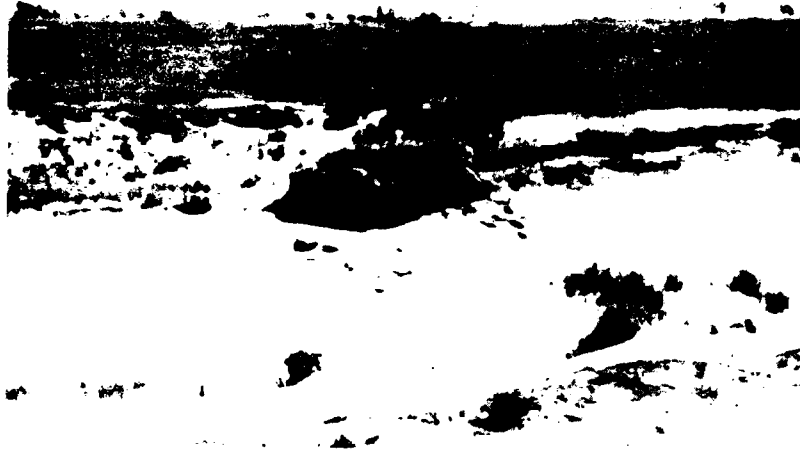


Figure 2-18 Plaine Mattawa



Figure 2-19 Tranchée

2.4 CHAMP DES PENTES

Cette surface que l'on a appelée "champ des pentes" pour la simple raison que ces pentes y sont juxtaposées, ne présente aucun intérêt quant à l'affectation du sol. Il s'agit d'une surface relativement plane, bordée d'une faible pente (fig. 2-20). On y retrouve des sables très comprimés et parcemés de culots de végétation, ce qui en font une surface très résistante. Ceci est bien illustré par le fait que l'enfoncement du pénétromètre du WES n'a pu excéder la valeur de 2 à 3 pouces avec une pression maximale (fig. 2-21). Les données de compacité sont très révélatrices parce que le sol n'est presque pas affecté par le passage d'un véhicule et qu'il était déjà compressé à son maximum avant même les essais.

Le profil d'humidité du sol est l'un des plus constants rencontrés au cours des essais. L'étendue maximale des données est de 7.1% et la moyenne est de 9.5%, ce qui est très faible pour la région.

Ce site fournissait un obstacle à la manoeuvrabilité. Aucunement, il ne peut être considéré comme présentant un obstacle compte-tenu des conditions du sol même. C'est la micro-topographie tourmentée (culots de végétation) qui en fait une surface rugueuse et limitative de certains paramètres de la mobilité.



Figure 2-20 Champ des pentes.

Table 2.4 Capacité portante du sol non-affecté (WES)

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²			
	1°	2°	3°	4°
0	40	60	55	45
1	115	105	120	110
2	190	250	200	190
3	280		300	300

Table 2.5 Test de compacité (WES)

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²	
	Remanié	Non-remanié
0	20	300
1	30	
2	50	

Table 2.6 Test de cisaillement effectué
à l'aide du pénétromètre à
palettes McGill

Profondeur en pouces	Indice de	Effort de
	Pression verticale lbs/po ²	Cisaillement lbs/po ²
0	180	19
0	180	20

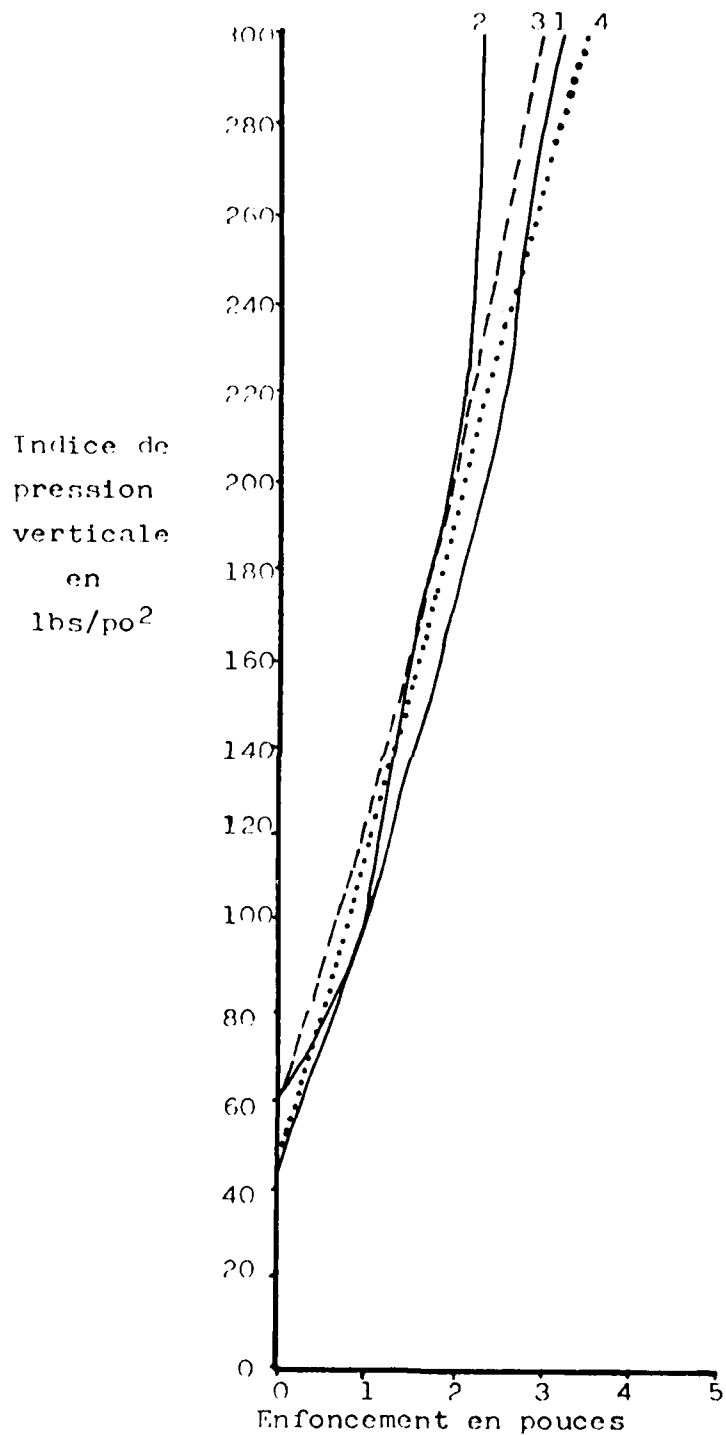


Figure 2-21. Capacité portante du sol non-affecté (WES)

2.5 PENTES

Bien qu'il ait été impossible pour les camions de 2 1/2 tonnes de gravir ces pentes, leur déclinaison moyenne se situe vers les 20 ou 21 degrés. Nos essais se sont concentrés sur le site de la pente numérotée 4 (fig. 2-22). Celle-ci présentait l'avantage d'un obstacle assez accentué (fig. 2-26). Nous avons établi un profil d'humidité du sol au milieu de cette pente (sère mésique) et un autre au bas (sère hydrique). Les mesures de capacité portante et de résistance au cisaillement ont aussi été effectuées dans ces deux endroits et dans le haut de la pente, avant et après le passage des camions. Enfin, un profil topographique de chacune des pentes a été tracé d'une façon systématique.

Au départ, le fait le plus intéressant à constater c'est une différence des conditions en fonction de la situation topographique. Par exemple, un taux d'humidité enregistré à une certaine profondeur au milieu de la pente apparaît plus en surface au bas de la pente. Ceci illustre parfaitement le bilan du drainage sur une pente.

Pour les essais, il est plus qu'important d'imaginer que ces conditions changeaient à l'endroit même où les camions atteignaient le maximum de leur course ascensionnelle. Par exemple, dans la pente 4, il s'agit à la fois du point d'inflexion de la pente et de l'endroit où le sol est plus ou et moins cohésif. A ce point même, la résistance au cisaillement du sol sous des conditions de pressions uniformes est de la moitié de celle du bas de la pente. A ce point de changement aussi, on obtient un indice de remaniement relativement le même que dans le haut de la pente, mais très différent du bas (0.46 au milieu contre 0.72 au bas) (fig. 2-24). Les essais avec les pénétromètres nous indiquent que le sol peut supporter seulement la moitié du poids du bas de la pente pour obtenir le même enfoncement au milieu de la pente.

En résumé, lorsqu'un camion gravissait la pente, les phénomènes mécaniques se produisaient selon les étapes suivantes en fonction des conditions du sol:

- 1° Compression du sol au bas de la pente, ce qui entraîne une augmentation de la résistance au cisaillement et de la capacité portante (augmentation de l'adhésion et de la cohésion des particules) (fig. 2-23 et 2-25).
- 2° Diminution de la vitesse due à la pente (gravité).
- 3° Augmentation de la friction par inertie.

4° Glissement des roues dû à:

- a) la gravité
- b) une résistance au cisaillement plus faible du sol,
- c) l'enfoncement des roues dû à une diminution de la capacité portante combiné à l'enfoncement dû à un simple cisaillement et à un déplacement des particules (créant ainsi une dépression),
- d) perte totale d'énergie, si bien que celle développée pour gravir la pente est dépensée en luttant contre la gravité et les conditions du sol.



Figure 2-22 Les pentes (nos 3,4 et 5) et la pente no 4.

4° Glissement des roues dû à:

- a) la gravité
- b) une résistance au cisaillement plus faible du sol,
- c) l'enfoncement des roues dû à une diminution de la capacité portante combiné à l'enfoncement dû à un simple cisaillement et à un déplacement des particules (créant ainsi une dépression),
- d) perte totale d'énergie, si bien que celle développée pour gravir la pente est dépensée en luttant contre la gravité et les conditions du sol.

Table 2.7 Capacité portante du sol calculée avec le pénétromètre du WES.
(Voir fig. 2.23)

Profondeur en pouces	Indices de pression en lbs/po ²												
	Bas de la pente				Milieu de la pente				Haut de la pente				
	NR	NR	R	R	NR	NR	R	R	NR	NR	R	R	
0	15	10	40	40	15	15	30	36	35	25	25	45	50
1	55	55	160	160	40	50	60	58	50	40	45	100	180
2	120	120	270	300	80	90	95	150	100	80	70	200	300
3	160	170			125	135	180	160	135	110	115	300	
4	220	240			200	180	210	200	300	140	130		
5	280	270			210	200	300	200		160	145		
6	300	300			300	300		300		190	155		
7										210	180		
8										240	260		
9										300	300		

R : Remanié (traces)
NR: Non-remanié

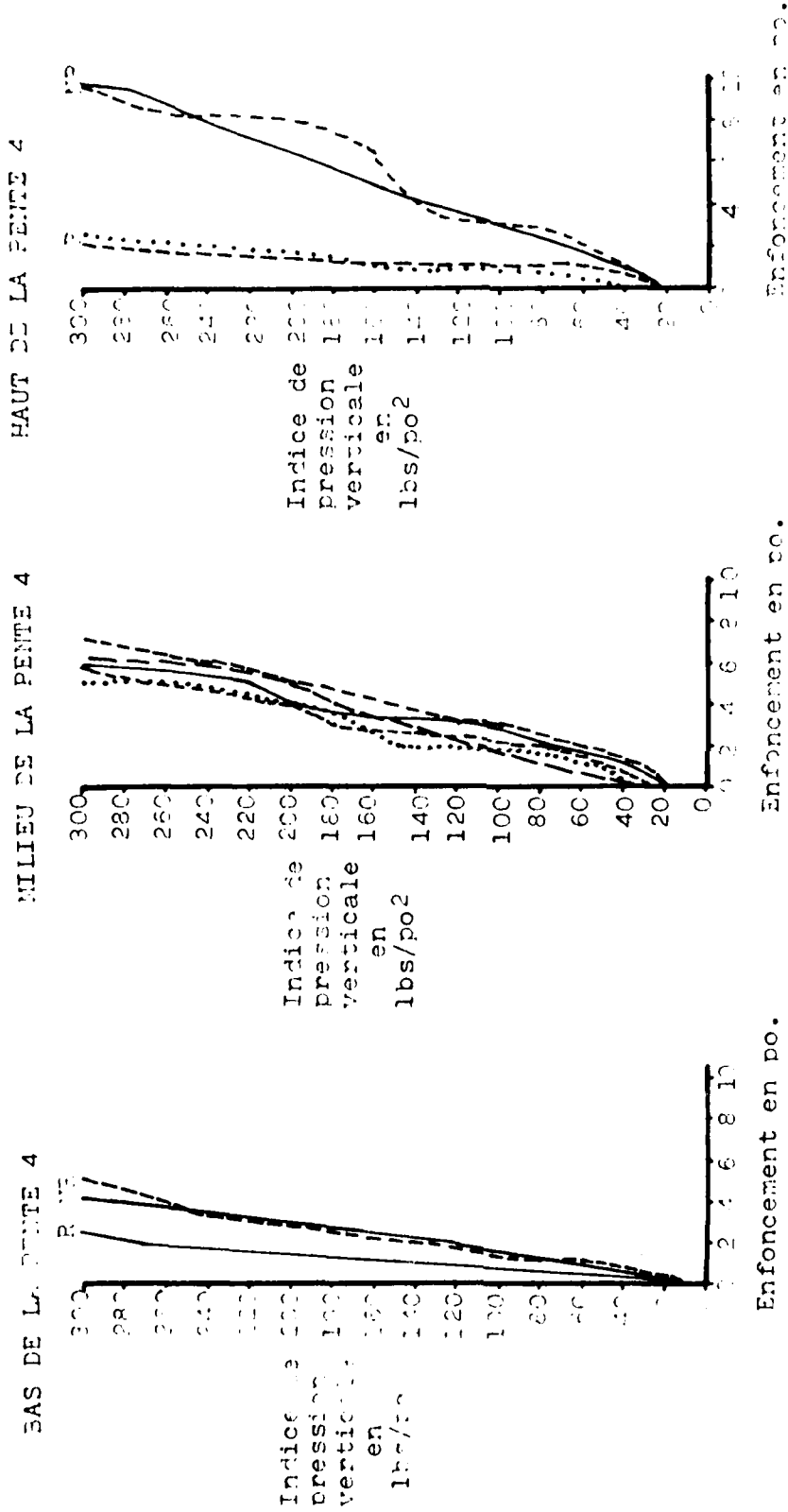


Figure 2-23 Capacité portante (pénétromètre du WES) (Voir Table 2-7)

Table 2.8 Tests de compacité effectués à l'aide du tube de compression du WES.

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²					
	Bas de la pente		Milieu de la pente		Haut de la pente	
	NR	R	NR	R	NR	R
0	5	150	10	100	5	130
0.3		300				
1.0	15		35	220	55	300
1.2				300		
1.8			45			
2.0	74		50		300	
2.5	280					
3.0	300		170			
3.5			300			
Indice de remaniement	0.51		0.46		0.72	

R: remanié NR: non-remanié

Table 2.9 Tests de cisaillement effectué à l'aide du péné-
tromètre à palettes McGill.
(N:Remanié NR:Non-remanié)

Profon- deur en pouces	Situation dans la pente	Indice de pression lbs/po ²	Indice de cisaillement lbs/po ²	Etat
0	Bas	49	6	NR
1	Bas	108	14	NR
2	Bas	179	20	NR
0	Bas	63	4	R
1	Bas	139	17	R
1.5	Bas	179	22	R
0	Milieu	50	3	NR
1	Milieu	94	8	NR
2	Milieu	148	13	NR
0	Milieu	51	4	R
1	Milieu	76	6	R
2	Milieu	99	10	R
2.5	Milieu	166	16	R
0	Haut	27	1	NR
1	Haut	117	8	NR
2	Haut	180	17	NR
0	Haut	137	12	R

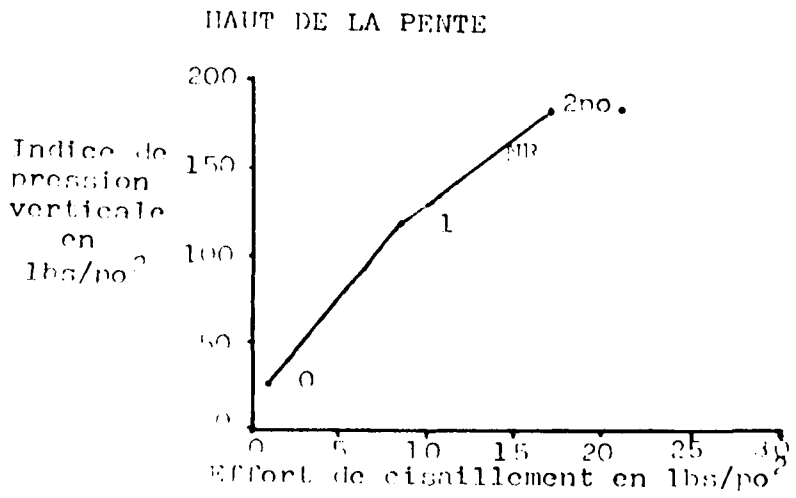
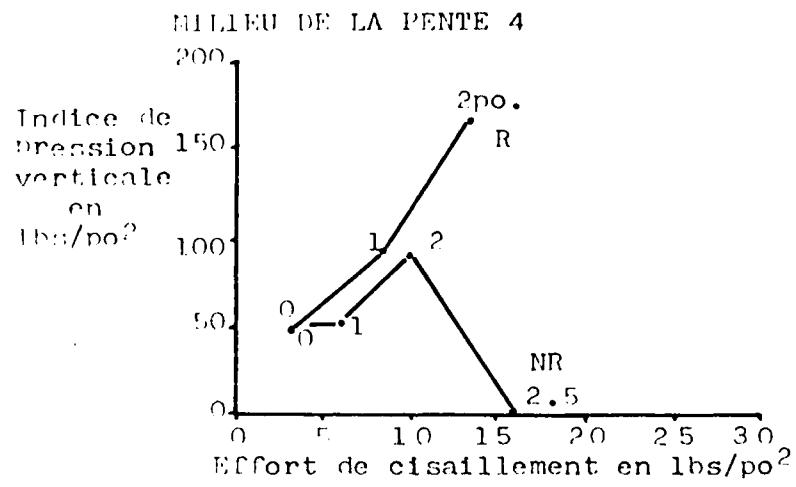
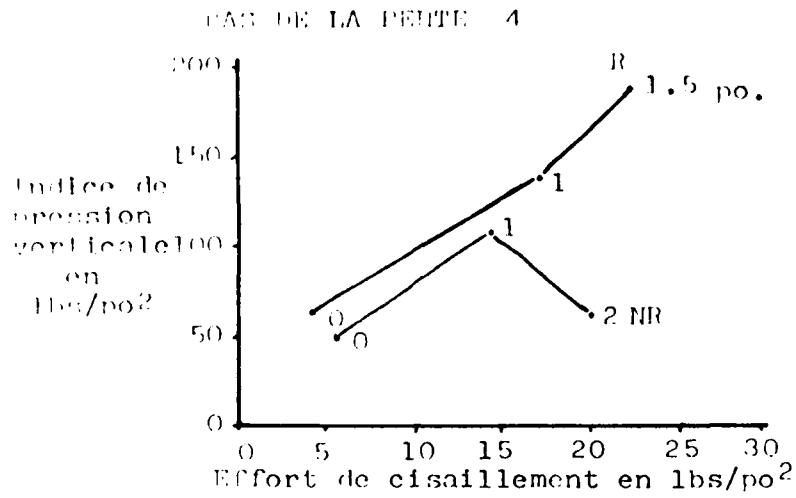


Figure 2-24 Test de compacité effectué à l'aide du tube de compression du WES

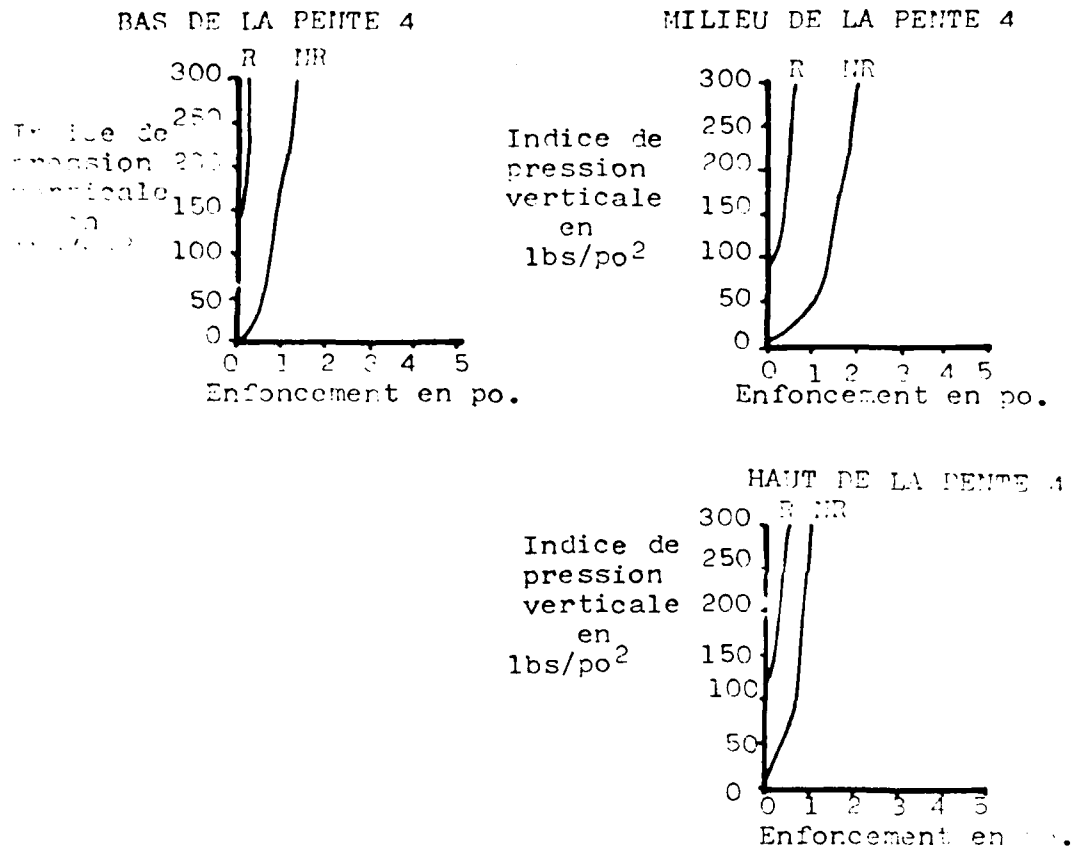


Figure 2-25

Test de cisaillement effectué à l'aide
du pénétromètre à palettes McGill

Table 2.10 Valeurs des pentes*

Distance en pieds	Pentes en degrés				
	1°	2°	3°	4°	5°
0	5.0	2.2	6.5	6.0	3.2
10	7.0	3.5	5.5	6.5	5.6
20	6.5	9.8	8.0	9.0	9.0
30	5.5	12.0	10.5	10.2	12.0
40	8.0	10.5	17.0	16.0	21.2
50	10.0	15.6	26.5	26.5	24.5
60	12.5	21.0	24.6	22.5	26.5
70	10.0	21.5	25.4	19.6	22.0
80	9.0	20.0	21.5	18.5	23.8
90	19.0	17.0	12.5	23.5	21.5
100	16.0	15.0	3.5		-3.0
110	15.0	-9.0			
120	6.0				
Pente maximale	19.0	21.5	26.5	26.5	26.5
Pente moyenne**	10.0	13.5	14.5	15.8	16.9

*D'après C. Mougeot

**Excluant les valeurs négatives

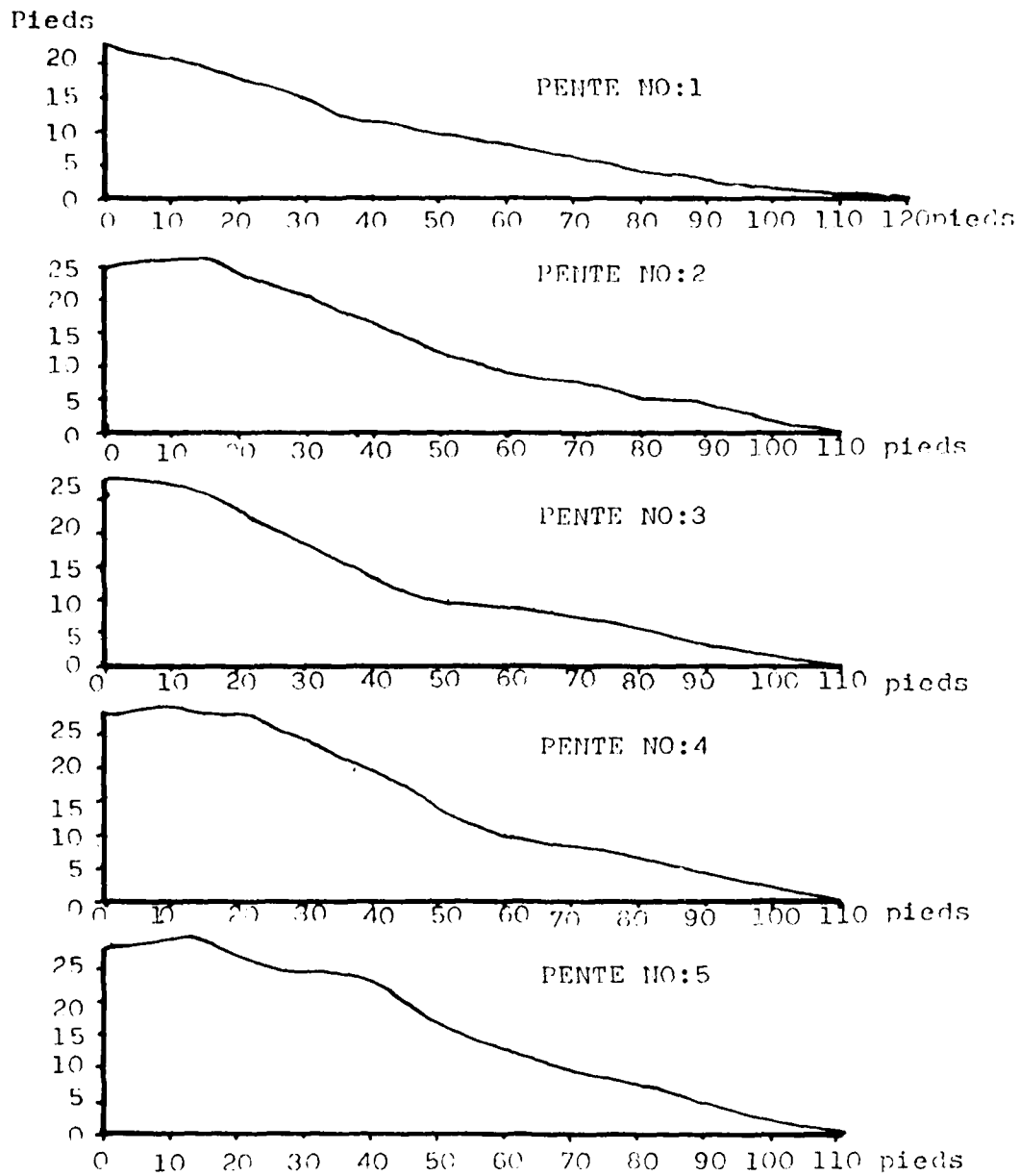


Figure 2-26 Profils topographiques des pentes.

2.6 CHAMP DE SABLE

Tout comme la plaine Mattawa, ce site est composé de sable fortement remanié par l'action éolienne (fig. 2-27). Nous y retrouvons en majeure partie les mêmes caractéristiques physiques. Les deux seules grandes différences pourraient surgir d'une part de l'analyse granulométrique et d'autre part des conditions du temps au moment des essais.*

Ainsi, au moment du passage des camions, une fine pluie tombait. Son effet s'est fait sentir sur les deux premiers pouces de sol comme en témoigne le profil d'humidité. En deçà de cette couche, on a des sables très secs. C'est donc dire que la cohésion des particules est grandement plus élevée sur les deux premiers pouces que plus profondément. Il faut cependant noter que sur une telle profondeur, l'effet de l'eau n'a pas affecté le passage. C'est l'élément granulométrique qui a le plus d'influence.

La résistance au cisaillement est très faible par rapport aux autres sites, même comparativement à la plaine Mattawa (fig. 2-31). Les indices de remaniement sont relativement les mêmes dans ces deux endroits (fig. 2-29). On pourrait associer ce fait à des compositions et des granulométries similaires. Ainsi, 0.67 correspond très bien à la caractéristique des sables disant qu'ils ne sont presque pas compressibles. Il s'agit d'une diminution des pores plutôt que d'une compression ou d'un bris des fractions minérales.

La faible cohésion des sables facilite leur déplacement horizontal. Cela leur donne une haute capacité portante, mais aussi une faible résistance au cisaillement (fig. 2-28 et 2-30). Par exemple, si une roue tourne sur place, elle s'enfoncera à cause de leur compression. Les résultats obtenus à l'aide du bévamètre illustrent bien ce fait.

En résumé, ce site présente l'avantage d'une grande possibilité de tests de traction où l'enfoncement n'est dû qu'à cette traction et non au poids même de la charge.

*Voir Mougeot, C. et Pilon J. Caractérisation des sols camp Petawawa, juillet 78 (rapport sur les analyses en laboratoire).

Table 2.11 Capacité portante du sol calculée à l'aide du pénétromètre du WES.

Prof. en pc.	Indice de pression verticale en lbs/po ²																courbes moyennes										
	Sol non-affecté								Sol affecté								NR	R									
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	14	15	16	
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	15	19	10
1	21	15	20	21	30	25	25	20	25	20	25	20	25	20	25	20	25	30	30	30	30	30	30	30	25	31	22
2	45	50	50	55	40	35	30	30	40	35	30	30	40	35	30	40	45	50	50	50	50	50	50	30	48	45	
3	80	95	120	100	95	65	45	55	65	45	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	83	82	
4	135	130	160	150	130	110	65	80	130	110	65	80	100	100	100	100	140	140	140	140	140	140	140	50	162	120	
5	200	180	180	200	165	160	100	115	160	160	100	115	160	160	160	160	300	300	300	300	300	300	300	110	227	163	
6	230	230	200	220	180	140	115	160	140	140	115	160	140	140	140	140	300	300	300	300	300	300	300	220	267	184	
7	230	230	200	260	210	130	120	170	130	130	120	170	130	130	130	130	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	194
8	220	190	240	300	240	150	110	190	150	150	110	190	150	150	150	150	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	205
9	195	210	260	300	300	160	110	210	160	160	110	210	160	160	160	160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	218
10	260	260	300	300	300	160	120	220	160	160	120	220	160	160	160	160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	240
11	300	300	300	300	300	200	115	225	200	200	115	225	200	200	200	200	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	255
12						300	130	250	300	300	130	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	273
13							160	300	160	160	160	300	160	160	160	160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	283
14							180		180	180	180		180	180	180	180	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	293
15							240		240	240	240		240	240	240	240	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
16							300		300	300	300		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

NR: non-affecté
R : affecté



Figure 2-27 Champ de sable.

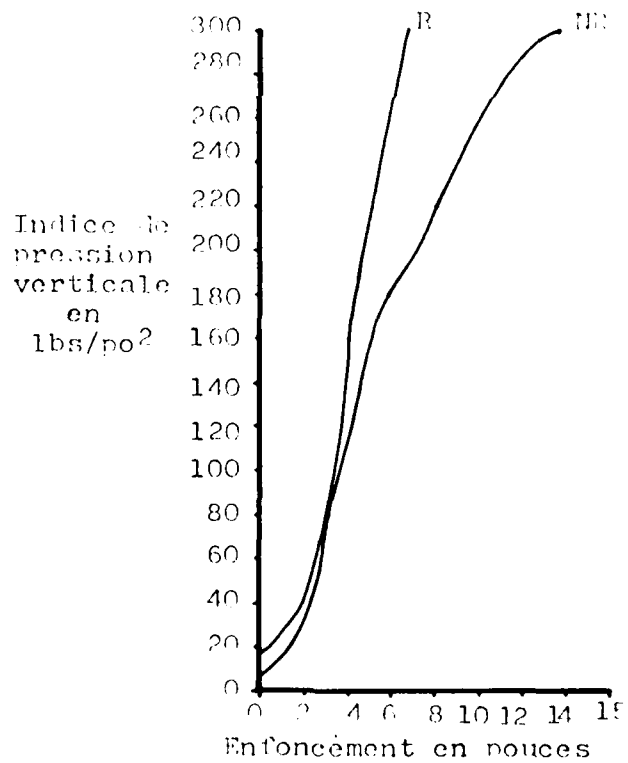


Figure 2-28 Courbes moyennes de capacité portante (WES).

Table 2.12 Test de compacité effectué à l'aide du tube de compression du WES.

Profondeur en pouces	Indice de pression lbs/po ²	
	Remanié	Non-remanié
0	50	18
0.5	280	
1.0	300	40
2.0		160
3.0		300

indice de remaniement: 0.67

Table 2.13 Tests effectués à l'aide du pénétromètre à palettes McGill.

Capacité portante
Essai sur sol non-affecté

Profondeur en pouces	Indice de pression lbs/po ²		
	1°	2°	3°
0	5.8	17.4	13.1
1	30.5	30.5	32.7
2	74.0	47.9	56.6

Résistance au cisaillement

Profondeur en pouces	Indice en lbs/po ²	
	Pression verticale	Résistance au cisaillement
0	13	1.5
0	13	1.6
0	13	1.6
1	52.3	3.25
2		5.7

Table 2.14 Données obtenus à l'aide du bèvamètre.

Capacité portante

Pression verticale		Enfoncement en pouces	Surface de la plaque utilisée
lbs	lbs/po ²		
2535	145	6	17.5
2075	266	14	7.7
1750	144	14	12.2
2420	198	13	12.2
2280	187	10	12.2

Résistance au cisaillement

Pression verticale		Effort de cisaillement ultime en lbs
lbs	lbs/po ²	
62.3	2.31	129
122.3	4.16	232

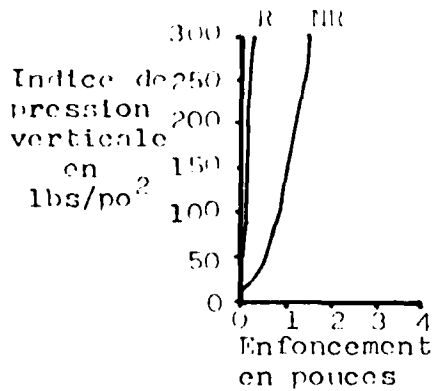
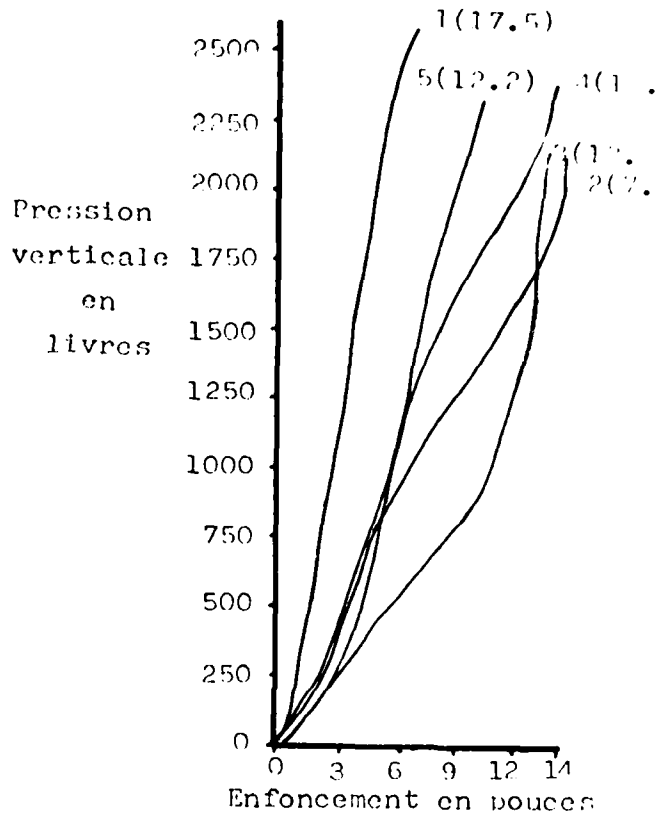
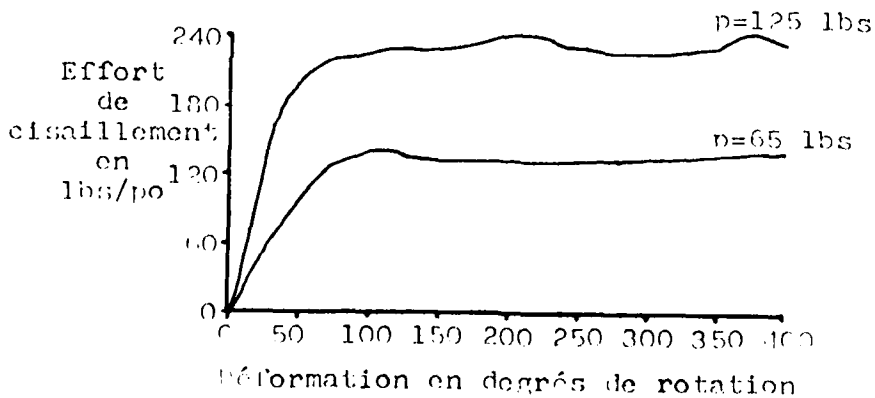


Figure 2-29 Test de compacité (WES)



(12.2) surface en po² de la plaque

Figure 2-30 Capacité portante à l'aide du bêvamètre.



P: pression verticale appliquée

Figure 2-31 Résistance au cisaillement avec le bêvamètre.

2.7 LAC HALFMILE

Le site du lac Halfmile présente un milieu relativement complexe. Il s'agit d'une tourbière flottante dont les caractéristiques sont des plus variées. Ainsi, l'on peut trouver des endroits où l'on a un pied de tourbe flottant sur cinq pieds d'eau, au fond de laquelle on a 2 pieds de boue (dominance organique). Dans d'autres endroits, l'on peut trouver cette tourbe nettement enracinée dans les boues, mais ceci n'est qu'en périphérie et n'apparaît que sur des surfaces d'environ un mètre carré.

Comme dans tous les milieux organiques, la situation est très complexe. L'effort de cisaillement ne peut être constant, car il dépend de la nature du végétal, de sa structure, de ses racines, etc.; ainsi, aucune mesure ne peut être valable.

Les données obtenues à l'aide des pénétrromètres nous indiquent que ce site se situe au seuil de la traficabilité. Cela veut dire que seul un véhicule spécialement équipé pourrait faire face aux obstacles qu'il présente et qu'un camion de 2½ tonnes s'aventurant dans un tel milieu sans assistance peut être assuré à 100% d'y rester. Ainsi, c'est l'endroit idéal pour des tests de dépannage ou de remorquage.

Table 2.15 Résistance au cisaillement (pénétrromètre McGill).

Profondeur en pouces	Indice de pression verticale en lbs/po ²	Effort de cisaillement en lbs/po ²
0	35.9	4.5
1	44.9	5.5
20	20.2	2.75
21	22.5	
22	33.7	
23	44.9	5.5
27	49.4	5.5
à 400 après 0.5 minutes, on glisse au fond		
28	29.2	
29	33.7	
30	28.1	
31	35.9	4.5
32	40.4	
33	40.4	
34	42.7	
35	42.7	
36	48.3	
37	48.3	
0	44.9	3.15 et 5.0
10	13.5	0.75
12	13.5	0.20

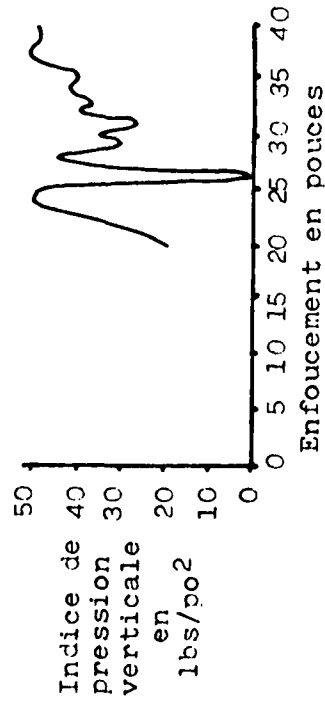
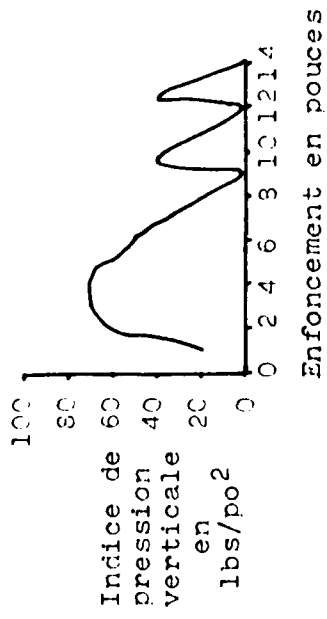
à l'aide d'une plaque de 3.6 pouces de diamètre

	Pression verticale lbs/po ²	Effort de cisaillement en lbs par pouce de rotation
	7.1	11.75
	10.6	15+
Sans dents	7.1	6.5
	10.6	10.5
Différence	7.1	5.5
	10.6	

Table 2.16 Capacité portante sur la tourbière flottante (WES).

Profondeur en pouces	Indice de pression en lbs/po ²
0	0
1	25
2	60
3	75
4	75
5	60
6	55
-	
9	40
-	
12	25

NON-CLASSIFIE



NON-CLASSIFIE

Figure 2-32 Capacité portante de la tourbière flottante.

Table 2.15 Profils d'humidité obtenus à l'aide d'une sonde à neutrons rapides.

Pourcentage d'humidité par volume

Profondeur en pouces	Deluthier	Plaine Mattawa	Champ des pentes	Pentes** bas	Pentes** milieu	Champ de sable
2*	9.4	11.1	10.0	9.3	6.1	2.8
4*	4.5	5.0	5.2	4.0	3.0	8.4
6	4.0	3.1	4.2	2.5	4.0	2.6
8	9.1	5.0	6.5	4.4	6.0	1.0
10	15.3	9.4	9.2	7.5	8.0	1.6
12	19.7	13.3	10.5	10.0	9.6	4.0
14	22.5	15.9	10.8	10.7	11.0	7.6
16	23.5	16.0	10.8	10.9	11.6	11.9
18	24.9	15.9	10.6	11.0	11.8	12.2
20	26.2	14.7	10.4	11.3	11.5	21.0
22	26.3	13.5	10.0	12.0	11.4	22.1
24	26.0	12.4	10.0	12.5	10.6	21.2
26	25.5	11.4	10.1	12.7	10.2	20.5
28	24.5	10.5	10.5	12.5	10.3	20.0
30	23.2	10.4	10.8	12.4	10.4	20.2
32	22.7	9.9	11.0	12.4	10.5	22.0
34	22.0	9.2	11.3	12.0		24.2
36				11.9		25.2
38						24.5
moyenne	19.4	11.0	9.5	10.0	9.1	15.7
étendu	22.3	11.0	7.1	10.2	8.8	27.0

*Les valeurs à ces profondeurs sont soumises à controverse après l'analyse des échantillons en laboratoire, car le volume utilisé est une sphère de 5 pouces de rayon.

**Les test ont été effectués sur la pente no. 4.

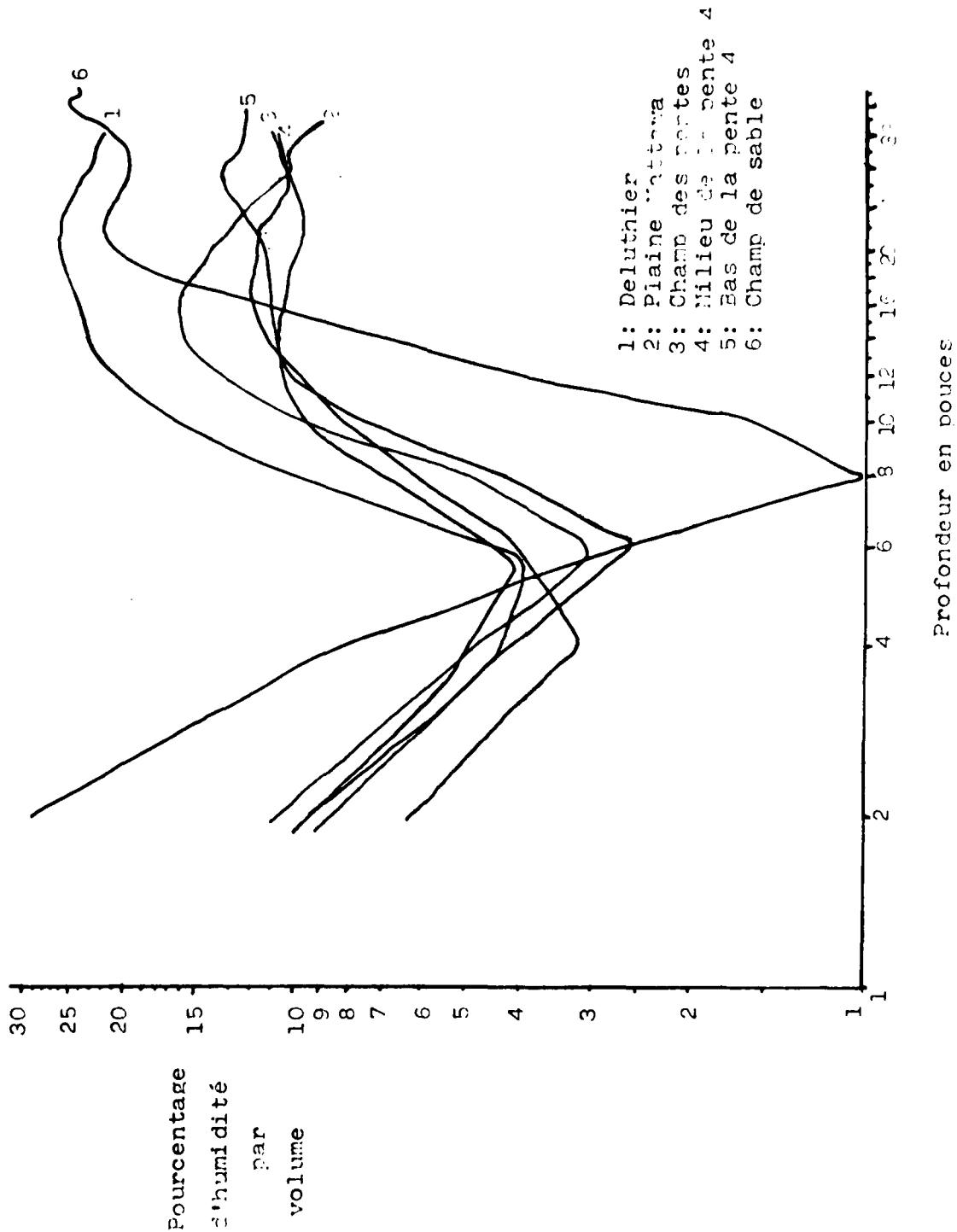


Figure 2-33 Profils d'humidité obtenus à l'aide d'une sonde à neutrons rapides.

CONCLUSIONS

Dans la plupart des sites de Petawawa, l'évaluation des caractéristiques mécaniques ou physiques des dépôts ou des sols ne peut fournir totalement la base des différences de performances entre les différents passages des véhicules. S'il ne s'agissait que du dépôt comme au site du champ de sable, il serait possible d'obtenir une différenciation. Les autres composantes de l'environnement comme la pente (longueur, hauteur, forme), la rugosité de surface, la végétation, etc., fournissent très souvent une partie de l'obstacle limitatif de la performances des véhicules. Ainsi, pour que notre caractérisation ait une signification sur les essais des camions de 2½ tonnes, il faut l'insérer dans une analyse plus générale du terrain avec ses obstacles; autrement, il ne s'agit que d'une description des passages successifs des véhicules.

REMERCIEMENTS

Les auteurs veulent exprimer leur gratitude au capitaine M. Pistyner, directeur des essais de terrain pour le remplacement du camion de 2½ tonnes, pour ses conseils et son support logistique. Leurs remerciements sont aussi offert à M. G. Hutton pour la coordination des arrangements administratifs entre le CRDO et la BFC Petawawa durant cette série d'expérience.

BIBLIOGRAPHIE

Bekker M.G., Introduction to Terrain Vehicle Systems, Université du Michigan, 1969, pp. 1-157.

Bekker M.G., Wong J.Y., Terrain Vehicle Systems Analysis, Département de l'ingénierie mécanique et aéronautique de l'université Carleton, Ottawa, 1960-69, (recueil d'articles).

Golob T.B., Current Progress in Research on Terrain Properties, Forest Management Institute, information report FMR-X-110, mai 1978, pp. 1-10.

Keweenaw Research Center, Bevameter, Michigan Technological University, Haughton, mars 1978.

McGill University, Vane-Cone Apparatus, "specification and instructions for use", Montréal, Geotechnical Research Center, Vehicle mobility section.

Waterways Experiment Station, Dept. of the U.S. Army, Soil Trafficability, Washington, D.C., juillet 1959.

U

Security Classification

DOCUMENT CONTROL DATA - R & D		
<small>(Security classification of title, body of abstract and indexing annotation must be entered when the overall document is classified)</small>		
1. ORIGINATING ACTIVITY Centre de recherches pour la défense, Ottawa Quartiers généraux de la défense nationale Ottawa, Ontario K1A 0Z4		2a. DOCUMENT SECURITY CLASSIFICATION Non-classifié
3. DOCUMENT TITLE CARACTERISATION PHYSIQUE DES SOLS, BASE DES FORCES CANADIENNES PETAWAWA		2b. GROUP
4. DESCRIPTIVE NOTES (Type of report and inclusive dates) Note technique		
5. AUTHOR(S) (Last name, first name, middle initial) Bégin, Yves A., Irwin, Gerald J. et Pilon, Jean A.		
6. DOCUMENT DATE OCTOBRE 1979	7a. TOTAL NO. OF PAGES 58	7b. NO. OF REFS 6
8a. PROJECT OR GRANT NO. 24A00	9a. ORIGINATOR'S DOCUMENT NUMBER(S) CRDO Note technique 79-23	
8b. CONTRACT NO.	9b. OTHER DOCUMENT NO.(S) (Any other numbers that may be assigned this document)	
10. DISTRIBUTION STATEMENT Non-limitée		
11. SUPPLEMENTARY NOTES		12. SPONSORING ACTIVITY
13. ABSTRACT En vue des essais effectués sur des camions de 2½ tonnes au camp militaire de Petawawa (Ontario), une caractérisation physique et mécanique des sols au moment des expériences a été effectuée par le CRDO (Centre de recherches pour la défense à Ottawa). Cette caractérisation, dont le présent rapport n'en est que l'amorce, contient des profils d'humidité effectués à l'aide d'une sonde à neutrons rapides et des indices de résistance au cisaillement et de capacité portante obtenus au moyen d'un pénétromètre à cône, d'un scissomètre à palettes et d'un bévamètre. Les résultats des différents sites sont brièvement comparés en vue d'une corrélation éventuelle avec des paramètres de mobilité, de traficabilité ou de manoeuvrabilité de ces véhicules.		

KEY WORDS

Caractéristiques des sols
Bêvamètre
pénétrromètre à vannes

INSTRUCTIONS

1. **ORIGINATING ACTIVITY** Enter the name and address of the organization issuing the document.
- 2a. **DOCUMENT SECURITY CLASSIFICATION** Enter the overall security classification of the document including special warning terms whenever applicable.
- 2b. **GROUP** Enter security reclassification group number. The three groups are defined in Appendix 'M' of the DRB Security Regulations.
3. **DOCUMENT TITLE** Enter the complete document title in all capital letters. Titles in all cases should be unclassified. If a sufficiently descriptive title cannot be selected without classification, show title classification with the usual one-capital-letter abbreviation in parentheses immediately following the title.
4. **DESCRIPTIVE NOTES** Enter the category of document, e.g. technical report, technical note or technical letter. If appropriate, enter the type of document, e.g. interim, progress, summary, annual or final. Give the inclusive dates when a specific reporting period is covered.
5. **AUTHOR(S)** Enter the name(s) of author(s) as shown on or in the document. Enter last name, first name, middle initial. If military, show rank. The name of the principal author is an absolute minimum requirement.
6. **DOCUMENT DATE** Enter the date (month, year) of Establishment approval for publication of the document.
- 7a. **TOTAL NUMBER OF PAGES** The total page count should follow normal pagination procedures, i.e., enter the number of pages containing information.
- 7b. **NUMBER OF REFERENCES** Enter the total number of references cited in the document.
- 8a. **PROJECT OR GRANT NUMBER** If appropriate, enter the applicable research and development project or grant number under which the document was written.
- 8b. **CONTRACT NUMBER** If appropriate, enter the applicable number under which the document was written.
- 9a. **ORIGINATOR'S DOCUMENT NUMBER(S)** Enter the official document number by which the document will be identified and controlled by the originating activity. This number must be unique to this document.
- 9b. **OTHER DOCUMENT NUMBER(S)** If the document has been assigned any other document numbers (either by the originator or by the sponsor), also enter this number(s).
10. **DISTRIBUTION STATEMENT** Enter any limitations on further dissemination of the document, other than those imposed by security classification, using standard statements such as
 - (1) "Qualified requesters may obtain copies of this document from their defence documentation center."
 - (2) "Announcement and dissemination of this document is not authorized without prior approval from originating activity."
11. **SUPPLEMENTARY NOTES** Use for additional explanatory notes.
12. **SPONSORING ACTIVITY** Enter the name of the departmental project office or laboratory sponsoring the research and development. Include address.
13. **ABSTRACT** Enter an abstract giving a brief and factual summary of the document, even though it may also appear elsewhere in the body of the document itself. It is highly desirable that the abstract of classified documents be unclassified. Each paragraph of the abstract shall end with an indication of the security classification of the information in the paragraph (unless the document itself is unclassified) represented as (TS), (S), (C), (R), or (U).

The length of the abstract should be limited to 20 single-spaced standard typewritten lines, 7½ inches long.
14. **KEY WORDS** Key words are technically meaningful terms or short phrases that characterize a document and could be helpful in cataloging the document. Key words should be selected so that no security classification is required. Identifiers, such as equipment model designation, trade name, military project code name, geographic location, may be used as key words but will be followed by an indication of technical context.

**DATE
FILMED**

3-8