

ANALYSE EN CHANTIER DE L'EFFICACITE
DES MEMBRANES D'IMPERMEABILISATION

CENTR

CANQ
TR
GE
RC
106



Ministère des Transports
Direction recherche et contrôle
Service du laboratoire central

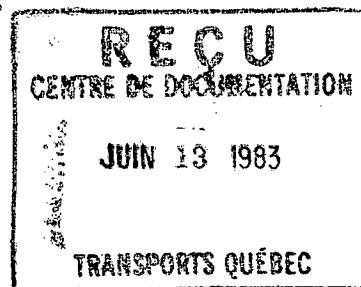
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUETTEVILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

LABORATOIRE CENTRAL - MINISTÈRE DES TRANSPORTS

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

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
 CENTRE DE DOCUMENTATION
 700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,
 21e ÉTAGE
 QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA
 G1R 5H1

ANALYSE EN CHANTIER DE L'EFFICACITÉ
 DES MEMBRANES D'IMPERMEABILISATION



Préparé par: *Daniel Vézina*
 Daniel Vézina, ing.

Nicole Raymond
 Nicole Raymond, chim.

Athanas Claveau
 Athanas Claveau, T.Sc.A.

SAINTE-FOY, le 14 décembre 1981

CANQ
 TR
 GE
 RC
 106
 T 531

1. INTRODUCTION

En 1979, le Laboratoire Central a publié une analyse en laboratoire de différents types de membranes d'imperméabilisation pouvant être utilisées sur les structures. Cette étude énumérait trois (3) types de membranes qui étaient susceptibles de prévenir la pénétration d'eau et de sels de déglacage dans les dalles de ponts. Afin de compléter ce travail une nouvelle étude a été entreprise au cours de l'été 1981, dans le but d'évaluer l'efficacité des membranes d'imperméabilisation qui sont utilisées sur nos structures depuis 1964. Cette nouvelle étude porte donc sur les deux (2) membranes prévues au Cahier des charges et Devis Généraux du Ministère des Transports.

2. PROCEDURES

2.1 Choix des structures

L'étude a été effectuée sur 41 structures réparties à travers le Québec. Le choix des structures, leur emplacement ainsi que le type et l'année de réalisation de la membrane d'imperméabilisation nous ont été fournis par la Direction des Structures. Cette étude est complétée par des données obtenues par le Laboratoire Central, provenant des expertises effectuées sur différentes structures de béton;

ainsi nous avons des teneurs en NaCl sur dix structures dont les dalles n'ont jamais reçu de membrane d'imperméabilisation. Ces données nous procurent un point de comparaison entre les structures dont les dalles sont protégées ou non par une membrane. La répartition des structures est donnée au tableau I.

TABLEAU I
TYPE DE PROTECTION DES STRUCTURES EVALUEES

Imperméabilisation	Aucune	Type I	Type II	Autres *
Nombre structures	10	17	8	6

* Autres: On retrouve parmi ce groupe 5 structures dont 1'imperméabilisation est celle que l'on applique sur les cu-
lées et 1 structure imperméabilisée à l'aide d'un bitume
d'amorçage spécial.

2.2 Description des membranes

Les deux types de membranes de protection des dalles de ponts étudiés dans ce rapport sont discutés au Cahier des Charges et Devis

Général du Ministère des Transports à l'article 16.04.1, "Enduits pour planchers de structures". La description de ces deux procédés est la suivante:

A) Type I - Enduit posé à chaud

L'enduit doit être composé d'un mélange de bitume, de caoutchouc naturel ou synthétique, de farine de pierre, de particules dures, de sable ou de pierre, et d'huile non-volatile dans les proportions suivantes:

	Pourcentage	
	Min.	Max.
Bitume 85-100	13	20
Caoutchouc pulvérisé	2	4
Farine de pierre	65	75
Sable ou pierre	5	10
Huile non-volatile	5	10

Le pourcentage de bitume nécessaire doit être chauffé et maintenu à une température comprise entre 175 et 230°C.

B) Type II - Enduit posé à froid

Les normes suivantes s'appliquent:

- CGSB-37-GP-2 "Emulsified asphalts mineral colloid type, unfilled for damproofing and waterproofing, and for roof coatings"
- CGSB-56-GP-13 "Cloth woven glass, coated for membrane waterproofing systems and built up roofing"
- ONGC 37-GP-27 " Bitumes émulsionnés de type à émulsifiant chimique, pour revêtements de planchers en mastic d'asphalt"

2.3 Evaluation de la teneur en NaCl

L'efficacité de la membrane d'imperméabilisation est évaluée d'après la quantité de NaCl retrouvé à différentes profondeurs dans la dalle de béton. Une quantité élevée de sel dans la dalle signifie que la membrane laisse filtrer l'eau ainsi que les sels donc elle est inefficace.

La façon d'évaluer la concentration de NaCl à l'intérieur de la dalle de béton et ceci pour chaque pouce de profondeur, consiste en un prélèvement de béton pour chacune des profondeurs suivi d'une analyse en laboratoire afin de déterminer la concentration d'ions chlorures (Cl⁻). Une fois cette concentration d'ions chlorures déterminée,

cette valeur est convertie en kilogramme de sel (NaCl) par mètre cube de béton (kg/m^3). Cette teneur en chlorure est déterminée par un titrage potentiométrique à l'aide d'une électrode sélective au chlore.

Le prélèvement des échantillons de béton a été fait de telle sorte qu'il y ait un minimum de dommage à la structure. L'équipement pour le prélèvement était composé d'une foreuse électrique muni d'un récupérateur de poussière raccordé à un système à vide. Ce système permet de récupérer la poussière de béton produite par la mèche et ceci pour la profondeur désirée dans la dalle de béton. (Voir annexe 1). Le diamètre des trous forés était de 19 mm et d'une profondeur maximum de 125 mm; les forages étaient localisés principalement près de chasse-roues à environ 30 cm de ceux-ci et un minimum de 4 forages a été effectué sur les structures.

2.4 Inspection visuelle des structures

En plus de la détermination de la teneur en sel, cette étude en chantier nous a permis de recueillir diverses informations sur l'état général de la structure. Un relevé visuel de différents défauts a été

fait principalement sur les points suivants: drains, état du dessus de la dalle, état de la surface de roulement, aspect du dessous de la dalle et joints d'expansion.

3. CONCENTRATION DE NaCl DANS LES DALLES

3.1 Représentation mathématique

Les résultats complets de la détermination de la teneur en NaCl pour chacune des structures sont donnés en annexe 2. Afin de mieux visualiser la situation, les concentrations moyennes de sels en fonction de la profondeur ont été déterminées et ceci selon le type d'imperméabilisation utilisé sur la dalle. Les concentrations moyennes sont données au tableau 2 ainsi qu'en annexe 3.

TABLEAU 2

Imperméabilisation			Aucune	Type I	Type II	Autres types
Nombre de structures			10	17	8	6
Age moyen de l'imperméabilisation			7 20	14.13	7.75	14.67
Teneur en NaCl ₃ (kg/m ³)	Profondeur en mm	0-25	7.34	1.08	0.67	3.45
		25-50	4.78	0.70	0.28	2.56
		50-75	4.40	0.57	0.20	1.99
		75-100	3.05	0.51	0.19	1.79
		100-125	2.68	0.30	0.21	1.71

L'examen de ces résultats nous indique clairement que l'application d'une membrane d'imperméabilisation ralenti la pénétration des sels à l'intérieur de la dalle. On ne peut cependant conclure que ce type de protection est totalement efficace car la pénétration de l'eau n'est pas arrêtée donc il existe toujours la possibilité de corrosion des aciers d'armature. Il est généralement admis que si on retrouve une concentration de sels de 0.89 kg/m^3 au niveau des barres d'armature, il peut y avoir corrosion active lorsque toutes les conditions favorables sont rencontrées.

A partir des résultats obtenus, nous avons tenté de trouver un modèle mathématique qui pourrait représenter l'évolution de la teneur en NaCl en fonction de la profondeur pour une dalle de pont. Ce modèle mathématique peut être représenté par la formule suivante:

$$S = a_0 a_1^P$$

où

S = Teneur en NaCl en kg/m^3

a_0 et a_1 = constante

P = Profondeur dans la dalle en millimètre

TABLEAU 3

Pont no	Dossier	Année de réalisation	Type d'imperméabilisation	Modèle math.	Coefficient de corrélation
1	P-13368	1966	A	$S = (2.863) (0.985)^P$	0.933
2	P-01024	1968	I	$S = (0.339) (0.996)^P$	0.579
3	P-01024	1968	I	$S = (1.317) (0.982)^P$	0.990
4	P-13891	1970	I	$S = (7.987) (0.961)^P$	0.980
5	P-06910	1970	I	$S = (0.584) (0.998)^P$	0.702
6	P-13624	1971	II	$S = (0.238) (0.990)^P$	0.982
7	P-13624	1971	II	$S = (0.448) (0.993)^P$	0.738
8	P-13630	1968	I	$S = (0.274) (0.999)^P$	0.407
9	P-13625	1970	I	$S = (0.632) (0.997)^P$	0.810
11	P-14964	1975	II	$S = (0.147) (0.998)^P$	0.728
12	P-14835	1975	II	$S = (0.639) (0.991)^P$	0.903
13	P-14841	1974	II	$S = (0.279) (0.999)^P$	0.411
13	P-14841	1974	II	$S = (0.759) (0.980)^P$	0.897
14	P-13400	1967	A	$S = (5.758) (0.996)^P$	0.985
14	P-13400	1967	A	$S = (4.368) (0.995)^P$	0.936

Pont no	Dossier	Année de réalisation	Type d'imperméabilisation	Modèle math.	Coefficient de corrélation
15	P-13420	1966	A	S= (4.588) (0.977) ^P	0.996
15	P-13420	1966	A	S= (8.105) (0.987) ^P	0.996
16	P-13193	1964	I	S= (1.557) (0.995) ^P	0.898
16	P-13193	1964	I	S= (1.683) (0.991) ^P	0.987
17	P-13680	1964	I	S= (3.385) (0.972) ^P	0.992
18	P-14097	1971	II	S= (4.817) (0.968) ^P	0.927
19	P-14911	1975	II	S= (0.243) (0.994) ^P	0.606
21	P-06273	1968	I	S= (0.947) (0.989) ^P	0.957
22	P-03236	1965	I	S= (11.692) (0.974) ^P	0.997
23	P-13712	1965	I	S= (1.819) (0.994) ^P	0.977
24	P-07824	1966	I	S= (0.672) (0.998) ^P	0.652
24	P-07824	1966	I	S= (0.458) (1.002) ^P	0.321
25	P-07824	1966	I	S= (0.713) (1.000) ^P	0.155
25	P-07824	1966	I	S= (1.497) (0.993) ^P	0.972
26	P-13503	1966	A	S= (0.759) (0.996) ^P	0.352

A partir du tableau 2, on peut dériver une équation mathématique représentant la teneur en NaCl moyenne pour chaque type d'imperméabilisation. Ces nouvelles équations sont:

- 1) Membrane type I : $S: (1.265)(0.990)^P$ $R= .958$
- 2) Membrane type II : $S: (0.813)(0.984)^P$ $R= .912$
- 3) Membrane "Autres" : $S: (4.125)(0.991)^P$ $R= .980$

Ces courbes sont représentées à la figure no 1.

3.2 Concentration de NaCl en fonction de l'année de réalisation

A partir de l'analyse des résultats obtenus en 3.1, nous avons tenté de vérifier s'il y a une corrélation entre la concentration de NaCl retrouvé dans les dalles et l'année de réalisation de cette protection ou bien la localisation des structures évaluées. Les données regroupées de cette façon apparaissent au tableau 4.

TABLEAU 4

CONCENTRATION DE NaCl SELON L'ANNEE ET L'ENDROIT

Année	Nombre	Localisation des structures	Concentration de NaCl (kg/m ³)				Type de membrane
			0-25mm	25-50mm	50-75mm	75-100mm	
1964	3	Autoroute 20, Rte 161	1.54	0.97	0.75	0.61	I
1965	2	Chemin des 25	1.60	1.28	1.06	0.99	I
1966	4	Autoroute 40	0.81	0.68	0.68	0.70	I
1968	4	Autoroute 20-30-540	0.58	0.36	0.31	0.27	I
1970	3	Rte 132-138, Hochelaga	1.46	0.72	0.42	0.40	I
1971	3	Autoroute 40, Rte 132	1.19	0.37	0.20	0.20	II
1974	2	Autoroute 40	0.46	0.21	0.20	0.19	II
1975	3	Rang Société, Rte 138, Moulin	0.30	0.22	0.21	0.17	II

Ces résultats nous révèlent qu'il n'y a pas de corrélation entre la teneur en NaCl et l'année de réalisation de l'imperméabilisation. En général, les structures protégées par une membrane de type II sont situées à des endroits moins exposés que celles recouvertes de membrane du type I.

4. RELEVÉ VISUEL DES DÉFAUTS

Ce relevé a pour but de fournir le plus d'informations sur l'état général de la structure et en particulier l'état de la dalle. Ce dernier point est très important afin de déterminer si la membrane d'imperméabilisation est efficace ou pas. La présence sous la dalle de trace de rouille, d'efflorescence ou d'humidité laisse présager un mauvais rendement de la membrane. Tous les défauts ont été compilés et regroupés selon la membrane d'imperméabilisation utilisée sur la dalle. Les résultats sont groupés au tableau 5,6 et 7. En ce qui concerne l'état de la surface de roulement en enrobé bitumineux, les chiffres présentés indiquent un pourcentage de structure qui ont des fissures longitudinales, transversales ou aléatoires et non pas un pourcentage de fissuration de la surface de roulement.

5. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Le résumé des résultats inscrits au tableau 2 a confirmé le fait que l'utilisation des membranes d'imperméabilisation n'empêche pas la pénétration des sels dans la dalle; ce type de protection ne fait que retarder cette pénétration. L'étude nous révèle donc que l'utilisation des deux (2) types de membranes prévues au C.C.D.G. du Ministère ne procure pas une protection

totalement efficace des dalles de ponts. Il faut cependant admettre que ce mode de protection des dalles (Type I et II) est à notre avis très acceptable car on retrouve au niveau des aciers d'armature une concentration de NaCl inférieure au seuil de corrosion actif qui se situe à 0.89 kg/m^3 . Les autres types de protection utilisés comme un bitume d'amorçage spécial ou bien un mélange du même type que celle utilisée sur les culées se sont avérés inefficaces. Il y a une légère différence entre la concentration de NaCl au niveau des armatures selon que la membrane utilisée soit du type I ou II. A notre avis, cette différence s'explique par le fait que l'âge moyen de ce type de protection est de 7.75 ans comparativement à 14.13 pour les membranes du type I. Un deuxième facteur qu'il faut aussi considérer est la localisation des structures évaluées. Toutes les structures protégées à l'aide de la membrane du type I sont situées sur des routes à grande circulation. et très près des grandes régions urbaines de Québec et Montréal alors que les structures protégées par des membranes du type II sont situées sur des routes en banlieue de Québec ainsi qu'à l'extérieur de Québec notamment près de Rivière-du-Loup. A notre avis cette situation engendre une différence entre les teneurs en sel observées sur les dalles de ponts.

Le relevé visuel des défauts nous indique principalement que la surface de roulement en enrobé bitumineux présente une fissuration beaucoup plus sérieuse dans le cas des structures imperméabilisées à l'aide de la membrane du type II.

TABLEAU 5

IMPERMEABILISATION: Type I

NOMBRE DE STRUCTURES: 17

		Rien	Léger	Modéré	Sévère	Bon	Mauvais	Pauvre	Non applicable	Total %
DRAINS	Etat			12		25	25		38	100
	Saleté ou obstruction	62							38	100
	Ecoulement			6		50	6		38	100
	Ouverture					62			38	100
APPARENCE GENERALE DU BÉTON DE CIMENT EXPOSE	Parapet + trottoir						25		75	100
	Chasse-roue		12			88				100
	Culée ou pilier	31	37	12						100
DALLE SUR LE DESSUS	Béton Bitumineux									
	Fissures longitudinales	38	50	6	6					100
	Fissures transversales	64	18	12	6					100
	Fissures aléatoires	69	25		6					100
DALLE ET ELEMENT DE CHARPENTE (EN DESSOUS)	Fissure sèche	88	12							100
	Efflorescence	94	6							100
	Rouille	100								100
	Armature visible	100								100
	Humidité	100								100
	Efficacité					44	56			

TABLEAU 6

IMPERMEABILISATION: Type II

NOMBRE DE STRUCTURES: 8

		Rien	Léger	Modéré	Sévère	Bon	Mauvais	Pauvre	Non applicable	Total %
DRAINS	Etat					100				100
	Salreté ou obstruction	90		10						100
	Ecoulement					100				100
	Ouverture					100				100
APPARENCE GENERALE DU BETON DE CIMENT EXPOSE	Parapet + trottoir		10			10			80	100
	Chasse-roue					100				100
	Culée ou pilier					100				100
DALLE SUR LE DESSUS	Béton Bitumineux									
	Fissures longitudinales		30		70					100
	Fissures transversales			100						100
	Fissures aléatoires		10		90					100
DALLE ET ELEMENT DE CHARPENTE (EN DESSOUS)	Fissure sèche	100								100
	Efflorescence	100								100
	Rouille	100								100
	Armature visible	100								100
	Humidité	100								100
	Efficacité					100				100

TABLEAU 7

IMPERMEABILISATION: Types "Autres"

Nombre de structures: 6

		Rien	Léger	Modéré	Sévère	Bon	Mauvais	Pauvre	Non applicable	Total %
DRAINS	Etat		20						80	100
	Saleté ou obstruction					20			80	100
	Ecoulement					20			80	100
	Ouverture					20			80	100
APPARENCE GENERALE DU BÉTON DE CIMENT EXPOSE	Parapet + trottoir								100	100
	Chasse-roue		10			90				100
	Culée ou pilier			60		40				100
DALLE SUR LE DESSUS	Béton Bitumineux									
	Fissures longitudinales		20	20		60				100
	Fissures transversales					100				100
	Fissures aléatoires					100				100
DALLE ET ELEMENT DE CHARPENTE (EN DESSOUS)	Fissure sèche			20	40	40				100
	Efflorescence		20	40		40				100
	Rouille	100								100
	Armature visible	100								100
	Humidité	100								100
	Efficacité				20				80	100

6. CONCLUSION

Les principales conclusions que l'on peut tirer de cette étude sont:

- Les deux types de membranes prévues au C.C.D.G. du Ministère sont le type I et II et utilisées sur nos structures ne peuvent être considérées comme des moyens vraiment efficaces pour empêcher toute pénétration d'eau et de sel dans les dalles de ponts. Elles ne font que ralentir la pénétration d'eau et des sels.
- Les résultats nous démontrent qu'il n'y a pas de corrosion active des aciers d'armature lorsque l'on utilise une membrane d'imperméabilisation du type I ou II et ceci après 14.13 ans et 7.75 ans respectivement.
- L'utilisation du matériel servant à l'imperméabilisation des culées n'est pas efficace pour la protection de la dalle. On observe une concentration de NaCl supérieure au seuil de 0.89 kg/m^3 au niveau des aciers d'armature soit entre 50 et 75 mm.
- Le fait de n'appliquer aucune protection aux dalles de ponts est très néfaste et on remarque une détérioration prononcée du béton de la dalle ainsi qu'une concentration en NaCl très élevée et ceci pour toute l'épaisseur de la dalle.

- L'utilisation de la membrane de type II semble occasionner une fissuration plus considérable de la surface d'enrobé bitumineux et de même en bas âge. Ce phénomène peut occasionner une détérioration plus rapide de la dalle si la couche de roulement n'est pas réparée.
- L'examen des performances en laboratoire ainsi que des résultats et observations recueillis en chantier nous incitent à recommander que l'utilisation de la membrane de type I soit maintenue alors que l'utilisation de la membrane de type II soit discontinuée.
- Les modèles mathématiques qui représentent l'évolution de la concentration de NaCl dans les dalles de ponts en fonction de la profondeur et selon le type de pénétration de la dalle sont les suivants:

$$\text{Type I} \quad S = (1.265) (0.990)^P \quad R = 0.958$$

$$\text{Type II} \quad S = (0.813) (0.984)^P \quad R = 0.912$$

$$\text{Type "Autres"} \quad S = (4.125) (0.991)^P \quad R = 0.980$$

où

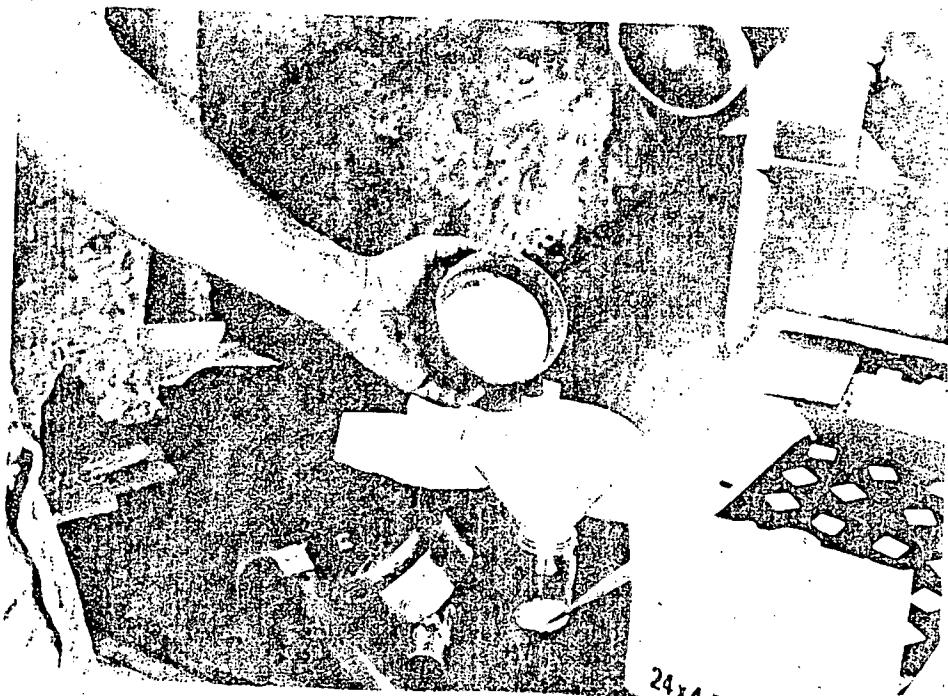
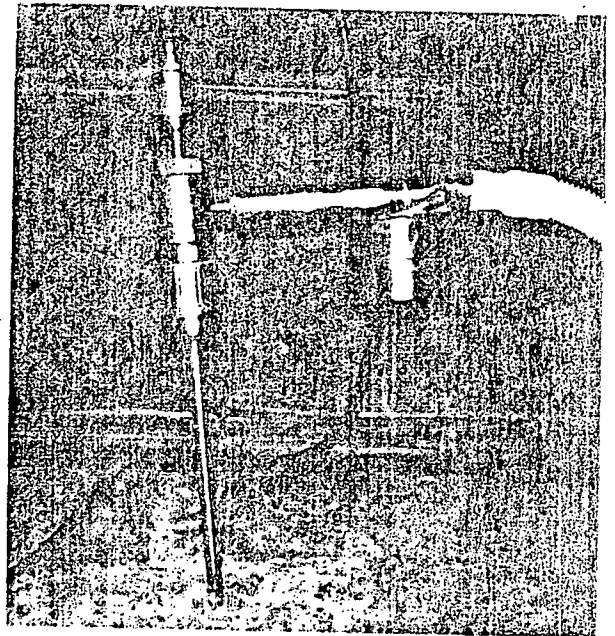
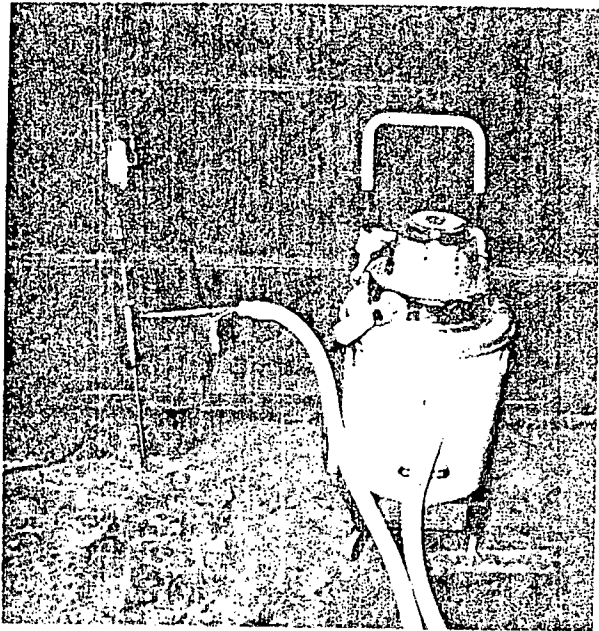
S = concentrations de NaCl en kg/m^3

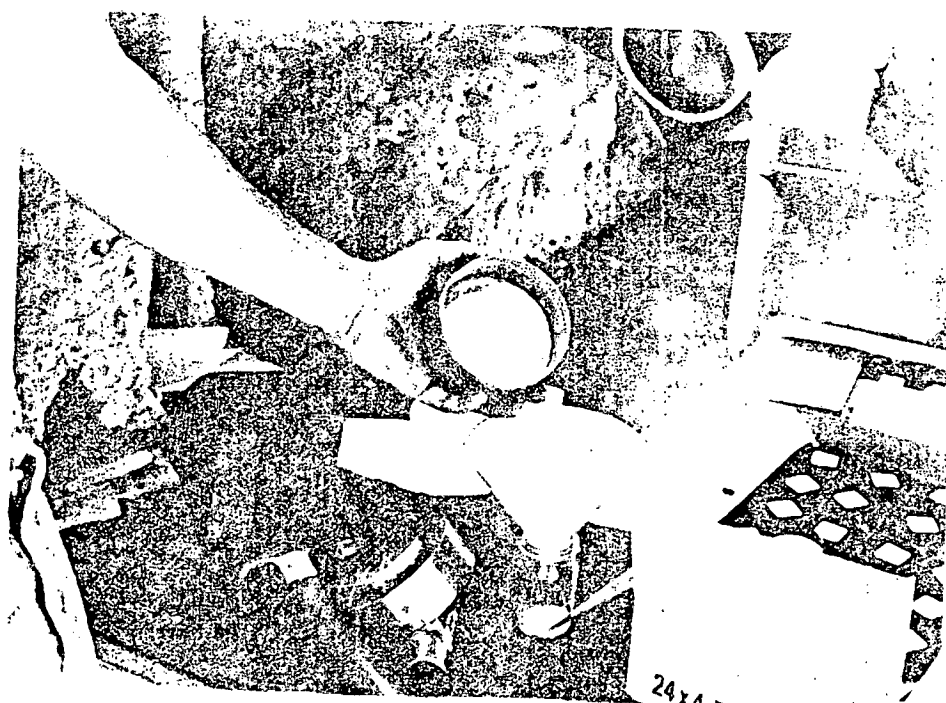
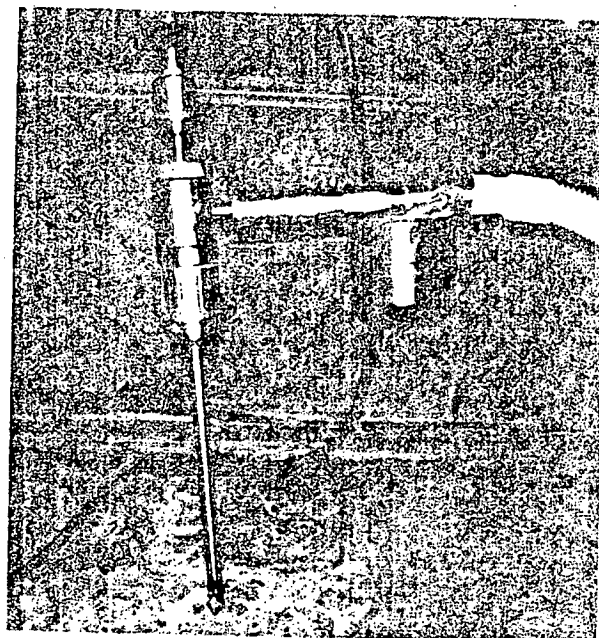
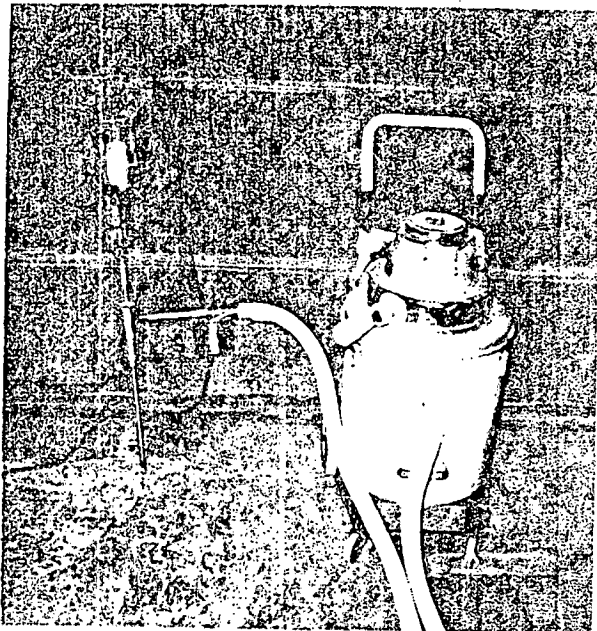
P = profondeur dans la dalle en millimètre.

ANNEXE 1

ILLUSTRATION DU MATERIEL DE FORAGE







ANNEXE 2

CONCENTRATION DE NaCl POUR LES STRUCTURES ÉVALUÉES

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : LES SAULES

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13368

PONT NO: 1

TYPE D'IMPERMEABILISATION: A

ANNEE : 1966

ROUTE : 138

AU-DESSUS DE : RIVIERE LORETTE

		1- 1	1- 2	1- 3	1- 4	1- 5	1- 6		X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	1.45	2.97	0.70	2.91		2.94		2.20	1.06	0.70	2.97
25- 50	MM	0.65	1.41	0.55	1.47	1.72	1.81		1.27	0.54	0.55	1.81
50- 75	MM		0.47	0.51	0.67	1.07	0.88		0.72	0.26	0.47	1.07
75-100	MM				0.59	1.00	0.65		0.75	0.22	0.59	1.00
100-125	MM					0.69	0.77		0.73		0.69	0.77

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-MICHEL

DOSSIER DES STRUCTURES : P-01024

PONT NO: 2

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1968

ROUTE : 20 EST

AU-DESSUS DE : RIVIERE BOYER

		2- 1	2- 2	2- 3	2- 4	2- 5	2- 6	2- 7	2- 8		X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.30	0.30	0.41	0.74	0.24	0.20	0.51	0.21		0.36	0.18	0.20	0.74
25- 50	MM	0.15	0.15	0.15	0.65	0.18	0.24	0.20	0.20		0.24	0.17	0.15	0.65
50- 75	MM	0.20	0.18		0.39	0.24	0.14	0.30	0.14		0.23	0.09	0.14	0.39
75-100	MM	0.15	0.12		0.31	0.43	0.20	0.37	0.27		0.27	0.12	0.12	0.43
100-125	MM		0.08			0.26	0.14	0.08	0.27		0.17	0.09	0.08	0.27

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-MICHEL

DOSSIER DES STRUCTURES : P-01024

PONT NO: 3

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1968

ROUTE : 20 OUEST

AU-DESSUS DE : RIVIERE BOYER

		3- 1	3- 2	3- 3	3- 4	3- 5	3- 6	3- 7	3- 8		X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.20	0.34	0.36	2.14	0.16	0.27	3.56	0.08		0.89	1.28	0.08	3.56
25- 50	MM	0.15	0.08	0.22	0.51	0.22	0.24	1.78			0.46	0.60	0.08	1.78
50- 75	MM	0.59	0.16	0.10	0.24	0.36	0.24	0.59			0.33	0.20	0.10	0.59
75-100	MM	0.18	0.12	0.30	0.36	0.20	0.14	0.22			0.21	0.08	0.12	0.36
100-125	MM	0.30	0.06	0.24	0.22	0.24	0.18	0.20			0.20	0.07	0.06	0.30

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-ROMUALD

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13891

PONT NO: 4

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1970

ROUTE : 132

AU-DESSUS DE : RIVIERE ETCHEMIN

		4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8	4-9	4-10	4-11				
													X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	6.45	6.01	6.52	5.00	5.56	4.48	0.24	0.08	0.16	0.16	0.16	3.16	2.93	0.08	6.52
25- 50	MM	3.92	0.24	2.00	2.30	2.02	1.49	0.18	0.08	0.16	0.18	0.12	1.15	1.28	0.08	3.92
50- 75	MM	0.49	0.22	0.78	0.20	0.21	0.30	0.24	0.04	0.20	0.18	0.15	0.27	0.20	0.04	0.78
75-100	MM	0.28	0.24		0.14	0.04	0.18	0.24	0.04		0.28	0.20	0.18	0.09	0.04	0.28
100-125	MM	0.21			0.28	0.04	0.15	0.24	0.08		0.06		0.15	0.09	0.04	0.28

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : HAUTERIVE

DOSSIER DES STRUCTURES : F-06910

FONT NO: 5

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1970

ROUTE : 138

AU-DESSUS DE : RIVIERE MANICOUAGAN

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : BEAUFORT

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13624

PONT NO: 6

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1971

ROUTE : 40 EST

AU-DESSUS DE : CN ET ROUTE 15

[illegible]

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : BEAUPORT

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13624

PONT NO: 7

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1971

ROUTE : 40 OUEST

AU-DESSUS DE : CN ET ROUTE 15

		7- 1	7- 2	7- 3	7- 4	7- 5	7- 6	7- 7	7- 8				
										X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.15	0.36	0.24	0.86	0.66	0.36	0.43	0.43	0.44	0.23	0.15	0.86
25- 50	MM	0.15	0.15	0.15	0.27	0.24	0.20	0.59	0.36	0.27	0.15	0.15	0.59
50- 75	MM	0.15	0.20	0.15	0.20	0.08	0.15	0.43	0.24	0.20	0.11	0.08	0.43
75-100	MM		0.15	0.15	0.20	0.24	0.08	0.43	0.59	0.26	0.18	0.08	0.59
100-125	MM	0.15	0.15	0.15	0.20	0.24		0.24	0.24	0.20	0.04	0.15	0.24

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-FOY

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13630

PONT NO: 8

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1968

ROUTE : 540, SERVICE SUD

AU-DESSUS DE : 73 EST ET OUEST

		8- 1	8- 2	8- 3	8- 4	8- 5	8- 6	8- 7	8- 8	8- 9	8-10	8-11		X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.31	0.51	0.24	0.20	0.24	0.27	0.24	0.31	0.39	0.20	0.20		0.28	0.09	0.20	0.51
25- 50	MM	0.39	0.20	0.24	0.27	0.20	0.08	0.27	0.43	0.24	0.20	0.20		0.24	0.10	0.08	0.43
50- 75	MM	0.31	0.24	0.15	0.15	0.20	0.08	0.27	0.82	0.31	0.24	0.20		0.27	0.20	0.08	0.82
75-100	MM	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15	0.20	0.24	0.47	0.31	0.39	0.24		0.25	0.10	0.15	0.47
100-125	MM	0.24	0.24	0.15	0.20	0.24	0.15			0.15		0.24		0.20	0.04	0.15	0.24

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-FOY

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13625

PONT NO: 9

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1970

ROUTE : BOUL. HOCHELAGA

AU-DESSUS DE : 73 (BOUL. HENRI IV)

		9- 1	9- 2	9- 3	9- 4	9- 5	9- 6	9- 7	9- 8	9- 9	9-10	9-11	9-12	X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.66	0.78	0.82	0.78	0.35	0.59	0.71	0.51	0.55	0.74	0.43	0.55	0.62	0.15	0.35	0.82
25- 50	MM	0.51	0.47	0.51	0.66	0.55	0.74	0.47	0.43	0.51	0.47	0.43	0.47	0.52	0.09	0.43	0.74
50- 75	MM	0.35	0.59	0.43	0.55	0.55	0.47	0.43	0.55	0.51	0.43	0.35	0.43	0.47	0.08	0.35	0.59
75-100	MM	0.74	0.35	0.55	0.47	0.55	0.35	0.66	0.51	0.47	0.55	0.35	0.43	0.50	0.12	0.35	0.74
100-125	MM	0.74	0.66	0.47	0.55		0.43	0.47	0.55	0.35		0.35	0.27	0.49	0.14	0.27	0.74

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-ETIENNE

DOSSIER DES STRUCTURES : P-14964

PONT NO: 11

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1975

ROUTE : ST-THOMAS (ROUTE DU MOULIN)

AU-DESSUS DE : RIVIERE BEAURIVAGE

	11- 1	11- 2	11- 3	11- 4	11- 5	11- 6	11- 7	11- 8		X	S	MIN.	MAX.
0- 25 MM	0.20	0.04	0.04	0.08	0.15	0.08	0.20	0.24	0.13	0.08	0.04	0.24	
25- 50 MM	0.08	0.04	0.08	0.15	0.15	0.20	0.20	0.24	0.14	0.07	0.04	0.24	
50- 75 MM	0.04	0.04	0.15	0.08	0.08	0.24	0.15	0.27	0.13	0.09	0.04	0.27	
75-100 MM	0.08	0.04	0.24	0.04	0.15	0.04	0.08	0.24	0.11	0.08	0.04	0.24	
100-125 MM	0.08	0.15		0.15	0.15		0.27	0.24	0.17	0.07	0.08	0.27	

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : L'ANGE-GARDIEN, CHATEAU-RICHER

DOSSIER DES STRUCTURES : P-14835

FONT NO: 12

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1975

ROUTE : 138

AU-DESSUS DE : RIVIERE PETIT PRE

		12- 1	12- 2	12- 3	12- 4	12- 5	12- 6	12- 7	12- 8					
											X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.43	0.51	0.24	0.27	0.47	0.86	0.82	1.01		0.58	0.28	0.24	1.01
25- 50	MM	0.24	0.47	0.27	0.20	0.27	0.27	0.47	0.51		0.34	0.12	0.20	0.51
50- 75	MM	0.24	0.27	0.20	0.24	0.24	0.27	0.43	0.55		0.30	0.12	0.20	0.55
75-100	MM	0.35	0.20		0.24	0.15		0.47			0.28	0.13	0.15	0.47
100-125	MM	0.24	0.24		0.35	0.15					0.24	0.08	0.15	0.35

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-AUGUSTIN DE DESMAURES

DOSSIER DES STRUCTURES : P-14841

FONT NO: 13

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1974

ROUTE : 40 EST

AU-DESSUS DE : RUE GIRARD

		13- 1	13- 2	13- 3	13- 4	X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.27	0.47	0.15	0.27	0.29	0.13	0.15	0.47
25- 50	MM	0.24	0.35	0.15	0.24	0.24	0.08	0.15	0.35
50- 75	MM	0.27	0.31	0.15	0.27	0.26	0.07	0.15	0.31
75-100	MM	0.27	0.35	0.15	0.27	0.26	0.08	0.15	0.35
100-125	MM	0.27	0.35	0.15	0.24	0.26	0.08	0.15	0.35

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-AUGUSTIN DE DESMAURES

DOSSIER DES STRUCTURES : F-14841

FONT NO: 13

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1974

ROUTE : 40 OUEST

AU-DESSUS DE : RUE GIRARD

	13- 1	13- 2	13- 3	13- 4		X	S	MIN.	MAX.
0- 25 MM	0.51	0.82	0.86	0.27		0.62	0.28	0.27	0.86
25- 50 MM	0.15	0.24	0.15	0.15		0.18	0.04	0.15	0.24
50- 75 MM	0.15	0.15	0.20	0.08		0.15	0.05	0.08	0.20
75-100 MM	0.15	0.08	0.20	0.04		0.12	0.07	0.04	0.20
100-125 MM	0.15	0.15	0.24	0.04		0.15	0.08	0.04	0.24

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-APOLLINAIRE

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13400

PONT NO: 14

TYPE D'IMPERMEABILISATION: A

ANNEE : 1967

ROUTE : 20 OUEST

AU-DESSUS DE : 273

		14- 1	14- 2	14- 3	14- 4				
						X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	2.11	4.58	3.09	5.64	3.86	1.56	2.11	5.64
25- 50	MM	3.48	3.83	1.76	4.81	3.47	1.27	1.76	4.81
50- 75	MM	2.97	2.97	0.98	3.80	2.68	1.20	0.98	3.80
75-100	MM	2.74	3.13	0.71	4.27	2.71	1.48	0.71	4.27
100-125	MM	3.29		0.66	4.03	2.66	1.77	0.66	4.03

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : LAURIER STATION

DOSSIER DES STRUCTURES : F-13420

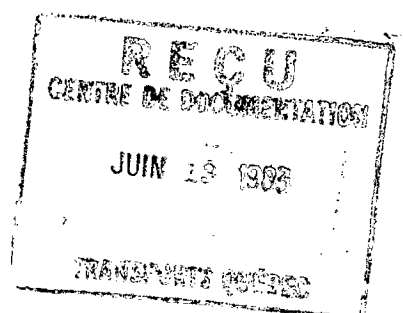
FONT NO: 15

TYPE D'IMPERMEABILISATION: A

ANNEE : 1966

ROUTE : 20 EST

AU-DESSUS DE : 271

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : LAURIER STATION

DOSSIER DES STRUCTURES : F-13420

FONT NO: 15

TYPE D'IMPERMEABILISATION: A

ANNEE : 1966

ROUTE : 20 OUEST

AU-DESSUS DE : 271

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-EULALIE

DOSSIER DES STRUCTURES : F-13680

PONT NO: 17

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1964

ROUTE : 161

AU-DESSUS . DE : 20

					X	S	MIN.	MAX.	
0- 25	MM	0.86	2.11	3.36	1.06	1.85	1.15	0.86	3.36
25- 50	MM	0.35	0.78	1.76	0.20	0.77	0.71	0.20	1.76
50- 75	MM	0.12	0.35	0.63		0.37	0.26	0.12	0.63
75-100	MM		0.12	0.35		0.23		0.12	0.35
100-125	MM		0.08			0.08			

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : LECLERCVILLE

DOSSIER DES STRUCTURES : P-14097

PONT NO: 18

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1971

ROUTE : 132

AU-DESSUS DE : RIVIERE DU CHENE

		18- 1	18- 2	18- 3	18- 4	18- 5	18- 6	18- 7	18- 8	18- 9	18-10	18-11	18-12	X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	1.45	0.78	1.25	0.74	4.74	3.41	7.86	6.14	0.82	1.69	1.37	5.16	2.95	2.45	0.74	7.86
25- 50	MM	0.43	0.20	0.31	0.24	0.86	0.78	3.25	0.51	0.27	0.59	0.24	0.94	0.72	0.84	0.20	3.25
50- 75	MM	0.47	0.31	0.15	0.24	0.27	0.27	0.35	0.24	0.04	0.24	0.24	0.27	0.26	0.10	0.04	0.47
75-100	MM	0.66	0.20	0.24	0.24	0.20	0.24	0.27	0.27	0.20	0.20	0.24	0.24	0.27	0.13	0.20	0.66
100-125	MM	0.24	0.20	0.24	0.27	0.20	0.24	0.27	0.27	0.24	0.20	0.24	0.24	0.24	0.03	0.20	0.27

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-JEAN DE DIEU

DOSSIER DES STRUCTURES : P-14911

PONT NO: 19

TYPE D'IMPERMEABILISATION: II

ANNEE : 1975

ROUTE : RANG SOCIETE-EST

AU-DESSUS DE : RIVIERE BOISROUSCACHE

[illegible]

MUNICIPALITE : SOREL-TRACY

DOSSIER DES STRUCTURES : F-06273

FONT NO: 21

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1968

ROUTE : 30

AU-DESSUS DE : RIVIERE RICHELIEU

[illegible]

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : SENNEVILLE, ILE AUX TOURTES

DOSSIER DES STRUCTURES : P-03236

PONT NO: 22

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1965

ROUTE : 40

AU-DESSUS DE : RIVIERE OUTAOUAIS

		22- 1	22- 2	22- 3	22- 4	22- 5	22- 6	22- 7	22- 8	22- 9		X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	7.59		5.87	10.72	2.31	7.95			0.90		5.89	3.69	0.90	10.72
25- 50	MM	3.13		3.83	6.65	1.10	4.74			0.39		3.31	2.32	0.39	6.65
50- 75	MM	1.21		1.84	3.05	0.51	1.88			0.43		1.49	0.99	0.43	3.05
75-100	MM	0.78		0.82	1.53	0.35	0.71					0.84	0.43	0.35	1.53
100-125	MM	0.51		0.71	0.66		0.51					0.60	0.10	0.51	0.71

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-JULIE

DOSSIER DES STRUCTURES : P-13712

FONT NO: 23

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1965

ROUTE : CHEMIN DES 25

AU-DESSUS DE : 20

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-MADELEINE DE RIGAUD

DOSSIER DES STRUCTURES : F-07824

FONT NO: 24

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1966

ROUTE : 40 EST

AU-DESSUS DE : RIVIERE A LA GRAISSE

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-MADELEINE DE RIGAUD

DOSSIER DES STRUCTURES : P-07824

FONT NO: 24

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1966

ROUTE : 40 OUEST

AU-DESSUS DE : RIVIERE A LA GRAISSE

[illegible]

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : STE-MADELEINE DE RIGAUD

DOSSIER DES STRUCTURES : F-07823

FONT NO: 25

TYPE D'IMPERMEABILISATION: I

ANNEE : 1966

ROUTE : 40 OUEST

AU-DESSUS DE : RIVIERE A LA RAQUETTE

					X	S	MIN.	MAX.
0- 25	MM	0.59	0.98	2.39	1.32	0.94	0.59	2.39
25- 50	MM	0.59	0.82	1.57	0.99	0.51	0.59	1.57
50- 75	MM	0.59	0.74	1.21	0.85	0.32	0.59	1.21
75-100	MM	0.59	0.94		0.77		0.59	0.94
100-125	MM							

TENEUR EN NaCl (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

MUNICIPALITE : ST-JACQUES LE MINEUR

DOSSIER DES STRUCTURES : F-13503

FONT NO: 26

TYPE D'IMPERMEABILISATION: A

ANNEE : 1966

ROUTE : MONTEE ST-JACQUES

AU-DESSUS DE : 15

[illegible]

ANNEXE 3

TENEUR MOYENNE EN NaCl EN FONCTION
DU TYPE DE PROTECTION DE LA DALLE

TENEUR EN NAEL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

TYPE : I

NOMBRE DE PONTS : 15

PRO. (MM)	X	S	N
0- 25	1.08	0.74	15
25- 50	0.70	0.34	15
50- 75	0.57	0.27	15
75-100	0.51	0.28	14
100-125	0.30	0.26	7

TENEUR EN NAÏL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

TYPE : II

NOMBRE DE PONTS : 8

PRO. (MM)	X	S	N
0- 25	0.67	0.94	8
25- 50	0.28	0.19	8
50- 75	0.20	0.07	8
75-100	0.19	0.09	8
100-125	0.21	0.04	6

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

TYPE : A

NOMBRE DE PONTS : 6

PRO. (MM)	X	S	N
0- 25	3.45	1.95	6
25- 50	2.56	1.74	6
50- 75	1.99	1.53	6
75-100	1.79	1.43	6
100-125	1.71	1.26	5

TENEUR EN NACL (KG/M3) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR (MM)

TYPE: AUCUNE IMPERMEABILISATION

MUNICIPALITE	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125
CHATEAUGUAY	10.99	7.45	5.82	4.07	3.94
MASSON	6.59	4.39	3.98	3.86	
PAPINEAUVILLE	11.45	9.08	6.29	2.02	1.42
MANIWAKI	10.15	8.78	5.10	2.26	
FERME-NEUVE	18.78	9.41			
FERME-NEUVE	2.76	0.82	0.78		
N.-D. PONTMAIN	3.56	1.06			
L'ANNONCIATION	6.07	4.27			
BOUCHETTE	1.12	1.12			
ASCOTCORNER	1.88	1.41			
X	7.34	4.78	4.40	3.05	2.68
S	5.53	3.62	2.20	1.06	1.78

N.C.I
 $\frac{h_0}{h^3}$

Teneur en NACH ($\frac{kg}{m^3}$) vs. Profondeur (mm)

— COURBE THEORIQUE
 - - - VALEURS EXPERIMENTALES

4
3
2

1

0

1

$S = (4.125)(0.991)^P$ TYPE "A"

$S = (1.265)(0.954)^P$ TYPE I

$S = (0.913)(0.981)^P$ TYPE II

Prof (mm)

25

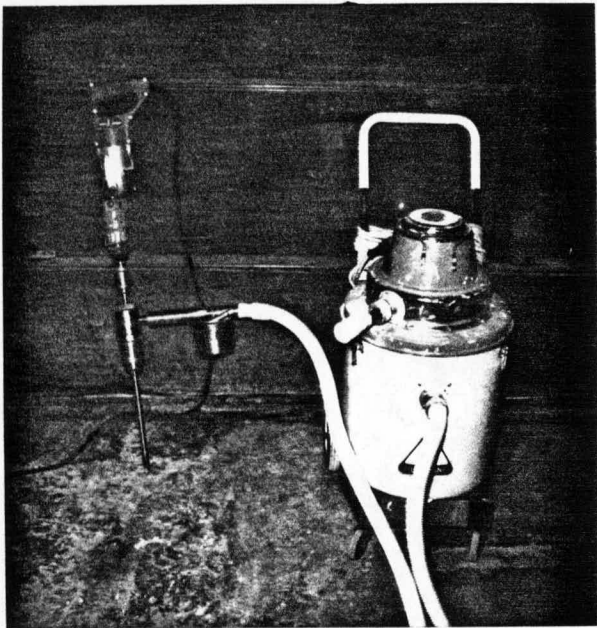
50

75

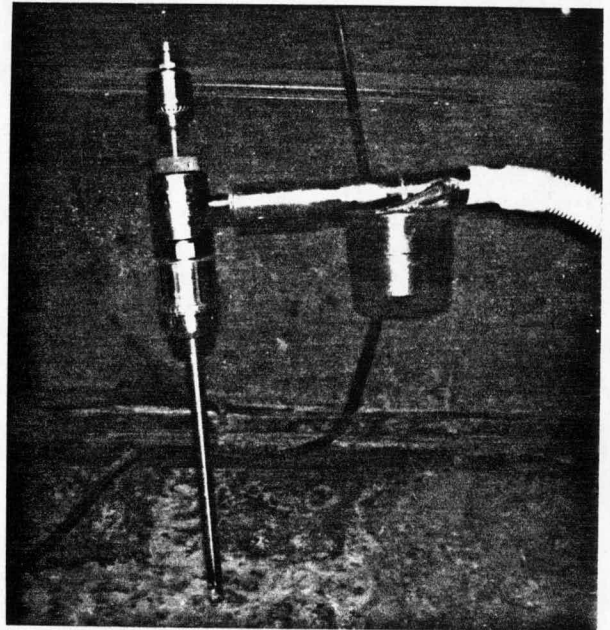
100

46 48 70

SEMILOGARITHMIC



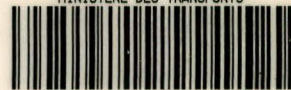
Appareil utilisé



Mèche et récupérateur de poussière



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 104 438