

## ANNEXE 2

### DENSITÉ RELATIVE



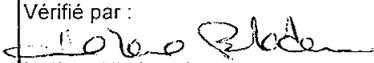


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE F-007  
 ÉCHANT. TM-3  
 PROF.(m) 6.24 - 6.34  
 ÉCH. No : 007-3  
 FICHER : 007-3.DRS

DENSITÉ RELATIVE DU GROS AGRÉGAT OU DES GRAVIERS					
Détermination		1	2	3	4
Masse SSS + Tare					
Masse sèche + Tare					
Poids net dans l'eau					
Température de l'eau (°C)					
Tare no					
Masse de la Tare (g)					
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente				
Teneur en eau d'absorption					

DENSITÉ RELATIVE DE L'AGRÉGAT FIN OU DU SOL					
Détermination		1	2	3	4
Pycnomètre	Numéro				
	Masse (g)	167.78	163.77		
	Volume (cc)	499.68	499.99		
Masse Pycnom. + Sol SSS					
Masse Pycnom. + Sol + Eau		738.10	735.70		
Température de l'eau (°C)		26.7	26.7		
Masse Pycnom + Eau à T°		665.15	661.46		
Masse Sol sec + Tare		143.95	130.94		
Tare no		3	166B		
Masse de la Tare		29.66	14.41		
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente	2.760	2.751		
Teneur en eau d'absorption					

RESULTATS D'ESSAIS		
Agrégat	Gros	Fin
D <sub>R</sub> Vrac		
D <sub>R</sub> Sss		
D <sub>R</sub> Appar.		2.76
W <sub>abs</sub>		
Remarques :		
Effectué par : J. Lemay 01-05-02		
Vérifié par :  Hélène Bilodeau ing.		
Date : 01-05-09		



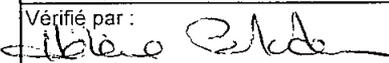
DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE F-007  
 ÉCHANT. TM-5  
 PROF.(m) 12.26 - 12.36

ÉCH. No : 007-5  
 FICHER : 007-5.DRS

DENSITÉ RELATIVE DU GROS AGRÉGAT OU DES GRAVIERS					
Détermination		1	2	3	4
Masse SSS + Tare					
Masse sèche + Tare					
Poids net dans l'eau					
Température de l'eau (°C)					
Tare no					
Masse de la Tare (g)					
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente				
Teneur en eau d'absorption					

DENSITÉ RELATIVE DE L'AGRÉGAT FIN OU DU SOL					
Détermination		1	2	3	4
Pycnomètre	Numéro	1	2		
	Masse (g)	163.05	166.05		
	Volume (cc)	499.86	500.29		
Masse Pycnom. + Sol SSS					
Masse Pycnom. + Sol + Eau		730.70	727.30		
Température de l'eau (°C)		26.6	26.4		
Masse Pycnom + Eau à T°		660.62	664.07		
Masse Sol sec + Tare		124.33	128.44		
Tare no		72	173		
Masse de la Tare		14.39	29.02		
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente	2.754	2.743		
Teneur en eau d'absorption					

RESULTATS D'ESSAIS		
Agrégat	Gros	Fin
D <sub>R</sub> Vrac		
D <sub>R</sub> Sss		
D <sub>R</sub> Appar.		2.75
W <sub>abs</sub>		
Remarques :		
Effectué par :		
J. Lemay		01-05-02
Vérifié par :		
		
Hélène Bilodeau ing.		
Date :		01-05-09

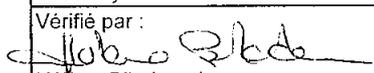
DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

 SONDAGE F-007  
 ÉCHANT. TM-7  
 PROF.(m) 18.24 - 18.34

 ÉCH. No : 007-7  
 FICHIER : 007-7.DRS

DENSITÉ RELATIVE DU GROS AGRÉGAT OU DES GRAVIERS					
Détermination		1	2	3	4
Masse SSS + Tare					
Masse sèche + Tare					
Poids net dans l'eau					
Température de l'eau (°C)					
Tare no					
Masse de la Tare (g)					
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente				
Teneur en eau d'absorption					

DENSITÉ RELATIVE DE L'AGRÉGAT FIN OU DU SOL					
Détermination		1	2	3	4
Pycnomètre	Numéro	1	2		
	Masse (g)	163.05	166.05		
	Volume (cc)	499.86	500.29		
Masse Pycnom. + Sol SSS					
Masse Pycnom. + Sol + Eau		745.30	741.00		
Température de l'eau (°C)		25.3	25.2		
Masse Pycnom + Eau à T°		660.77	664.21		
Masse Sol sec + Tare		146.99	134.48		
Tare no		604	606		
Masse de la Tare		14.04	13.95		
Densité relative	Vrac (Bulk)				
	Sss (Ssd)				
	Apparente	2.742	2.752		
Teneur en eau d'absorption					

RESULTATS D'ESSAIS		
Agrégat	Gros	Fin
D <sub>R</sub> Vrac		
D <sub>R</sub> Sss		
D <sub>R</sub> Appar.		2.75
W <sub>abs</sub>		
Remarques :		
Effectué par :		
J. Lemay		01-05-03
Vérifié par :		
 Hélène Bilodeau ing.		
Date :	01-05-09	



## ANNEXE 3

### SÉDIMENTOMÉTRIES



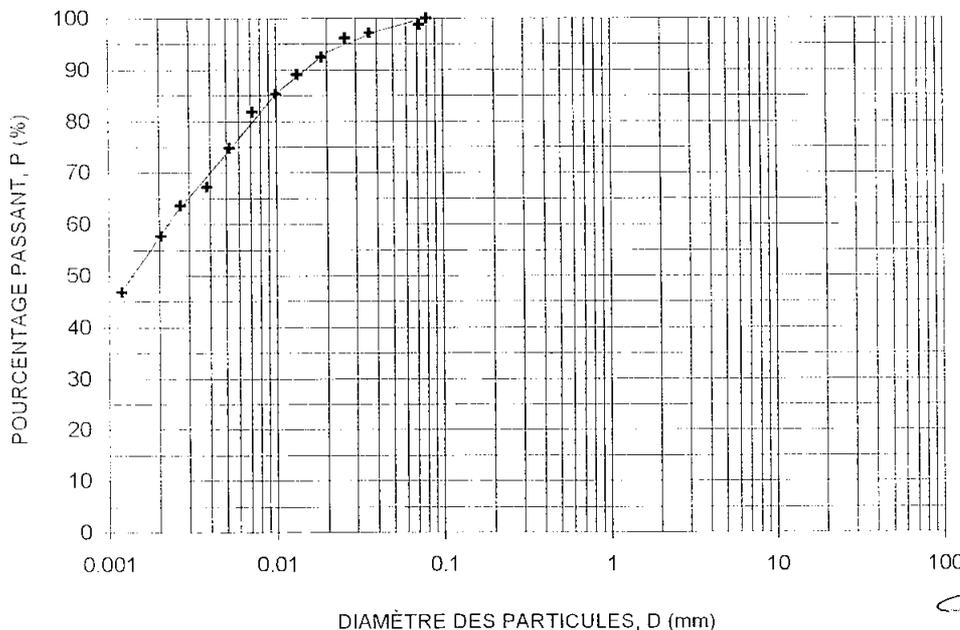


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-002  
 ÉCHANT : TM-7  
 PROF. (m) : 18.12 - 18.22

Échant. no. : 002-7  
 Fichier no. : 002-7.GRN

Argile et silt.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE :	112					
Masse totale sèche (g) :	80					
Masse totale > 5mm :	56					
Pourcentage retenu 5mm :	40					
Diamètre maximum (mm) :	28					
	20					
	14					
	10					
	5		0	0.0		100.0
	Plateau		47			
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE						
Fraction passant tamis :	2.50		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide :	1.25		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche :	0.63		0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1478 :	0.32		0.0	0.0	100.0	100.0
	0.16		0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) :	0.08		0.0	0.0	100.0	100.0
	Plateau		47.3			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE :	HUMIDE					
Fraction passant tamis :	Aucun	D (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)
Masse de sol humide utilisée (g) :	74.48	0.0723	0.25	21.2	33.5	7.7
Masse de sol sec utilisée (g) :	47.30	0.0365	1		33.0	7.8
Densité relative (DR) :	2.75	0.0259	2		32.7	7.9
Pourcentage total passant :	100.0	0.0187	4	21.2	31.6	8.2
Hydromètre 151H no 3742 :		0.0134	8		30.6	8.5
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	0.0100	15	20.9	29.5	8.7
		0.0072	30	20.6	28.5	9.0
L = A.R + B A (1/cm) :	-0.27	0.0053	60	20.5	26.4	9.6
B (cm) :	17.57	0.0038	120	20.7	24.1	10.2
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) :	4.0	0.0027	255	20.7	23.0	10.5
Facteur d'échelle F (1/1) :	1.00	0.0020	450	20.8	21.2	11.0
		0.0012	1 440	20.4	18.0	11.8
Défloculant :	5 g hexamétoposphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	57.2
0.0002	10
0.0005	30
0.0023	60
CU :	11.7
CC :	0.6
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL4
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Vérifié par :	<i>[Signature]</i>
Hélène Bilodeau ing.	
Date :	01-10-18

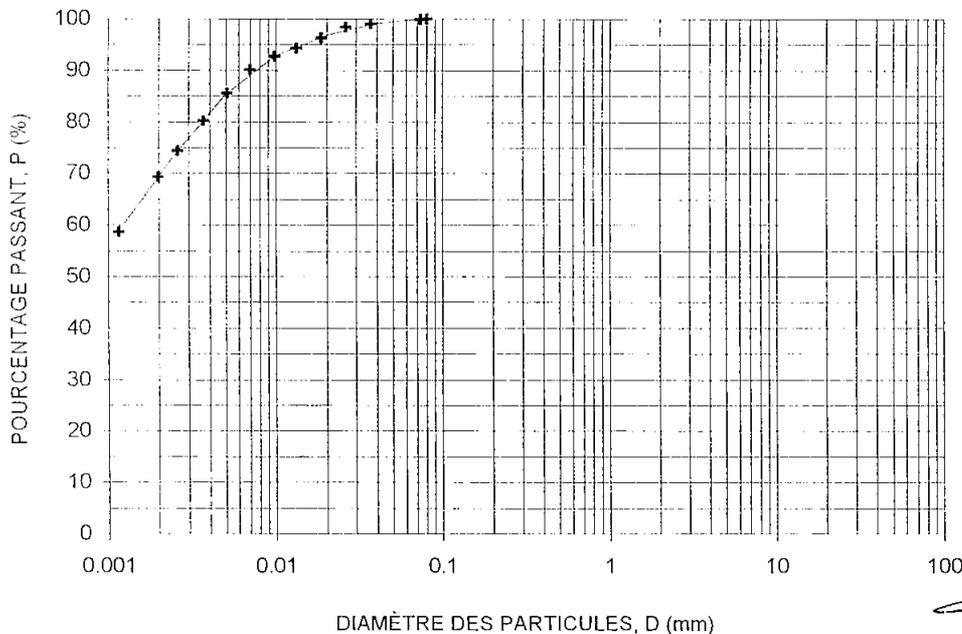


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-004  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.40 - 6.50

Échant. no. : 004-3  
 Fichier no. : 004-3.GRN

Argile silteuse	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE :	112					
Masse totale sèche (g) :	43	80				
Masse totale > 5mm :	0	56				
Pourcentage retenu 5mm :	0.0	40				
Diamètre maximum (mm) :		28				
		20				
		14				
		10				
		5	0	0.0		
	Plateau		46			100.0
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE		2.50	0.0	0.0	100.0	100.0
Fraction passant tamis :	Aucun	1.25	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide :	45.1	0.63	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche :	27.8	0.32	0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1428 :	1.0	0.16	0.0	0.0	100.0	100.0
		0.08	0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) :	64.62	Plateau	45.8			100.0
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE :	HUMIDE	D (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)
Fraction passant tamis :	Aucun	0.0731	0.25	21.2	32.9	7.9
Masse de sol humide utilisée (g) :	75.31	0.0367	1		32.6	7.9
Masse de sol sec utilisée (g) :	45.75	0.0260	2		32.4	8.0
Densité relative (DR) :	2.75	0.0186	4	21.2	31.8	8.1
Pourcentage total passant :	100.0	0.0133	8		31.2	8.3
Hydromètre 151H no :	3742	0.0098	15	20.9	30.8	8.4
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	0.0070	30	20.6	30.1	8.6
L = A.R + B A (1/cm) :	-0.27	0.0051	60	20.5	28.8	8.9
B (cm) :	17.57	0.0037	120	20.7	27.2	9.4
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) :	4.0	0.0026	255	20.7	25.5	9.8
Facteur d'échelle F (1/1) :	1.00	0.0020	450	20.8	24.0	10.2
		0.0012	1 440	20.4	21.0	11.0
Défloculant :	5 g hexamétaphosphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	69.5
0.0001	10
0.0003	30
0.0012	60
CU :	12.8
CC :	0.6
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL3
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Vérifié par :	<i>Hélène Bilodeau</i>
Hélène Bilodeau ing.	
Date :	01-10-18

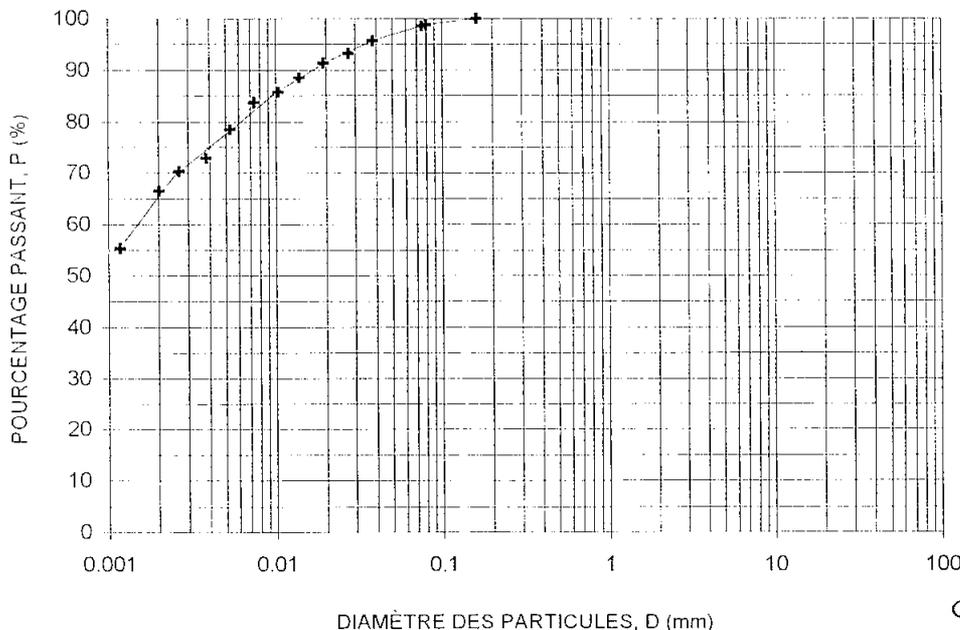


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-005  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.06 - 12.16

Échant. no. : 005-5  
 Fichier no. : 005-5.GRN

Argile silteuse, traces de sable.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE : POST-SÉDIMENTOMÉTRIE	112					
Masse totale sèche (g) : 43	80					
Masse totale > 5mm : 0	56					
Pourcentage retenu 5mm : 0.0	40					
Diamètre maximum (mm) :	28					
	20					
	14					
	10					
	5		0	0.0		100.0
	Plateau		43			
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE						
Fraction passant tamis : <b>Aucun</b>	2.50		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide : 48.8	1.25		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche : 29.3	0.63		0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1471 : 1.0	0.32		0.0	0.0	100.0	100.0
	0.16		0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) : <b>69.24</b>	0.08		0.5	1.2	98.8	98.8
	Plateau		43.4			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE : HUMIDE	D	Temps	Tempér.	Lecture	L	
Fraction passant tamis : <b>Aucun</b>	(mm)	(min)	(C)	R	(cm)	
Masse de sol humide utilisée (g) : 73.50	0.0754	0.25	21.2	31.0	8.3	98.6
Masse de sol sec utilisée (g) : 43.43	0.0382	1		30.2	8.6	95.7
Densité relative (DR) : 2.75	0.0273	2		29.5	8.7	93.1
Pourcentage total passant : 100.0	0.0194	4	21.2	29.0	8.9	91.3
Hydromètre 151H no 3742	0.0139	8		28.2	9.1	88.4
Masse de l'hydromètre (g) : 53.79	0.0103	15	20.9	27.5	9.3	85.7
L = A.R + B A (1/cm) : -0.27	0.0074	30	20.6	27.0	9.4	83.7
B (cm) : 17.57	0.0053	60	20.5	25.6	9.8	78.5
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) : 4.0	0.0038	120	20.7	24.0	10.2	72.9
Facteur d'échelle F (1/1) : 1.00	0.0027	255	20.7	23.3	10.4	70.3
	0.0020	450	20.8	22.2	10.7	66.4
	0.0012	1 440	20.4	19.2	11.5	55.3
Défloculant : 5 g hexamétaphosphate / litre						



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	98.8
0.002	66.2
0.0001	10
0.0003	30
0.0015	60
CU :	11.3
CC :	0.6
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL3S1
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Vérifié par :	<i>Helene Bilodeau</i>
	Helene Bilodeau ing.
Date :	01-10-18

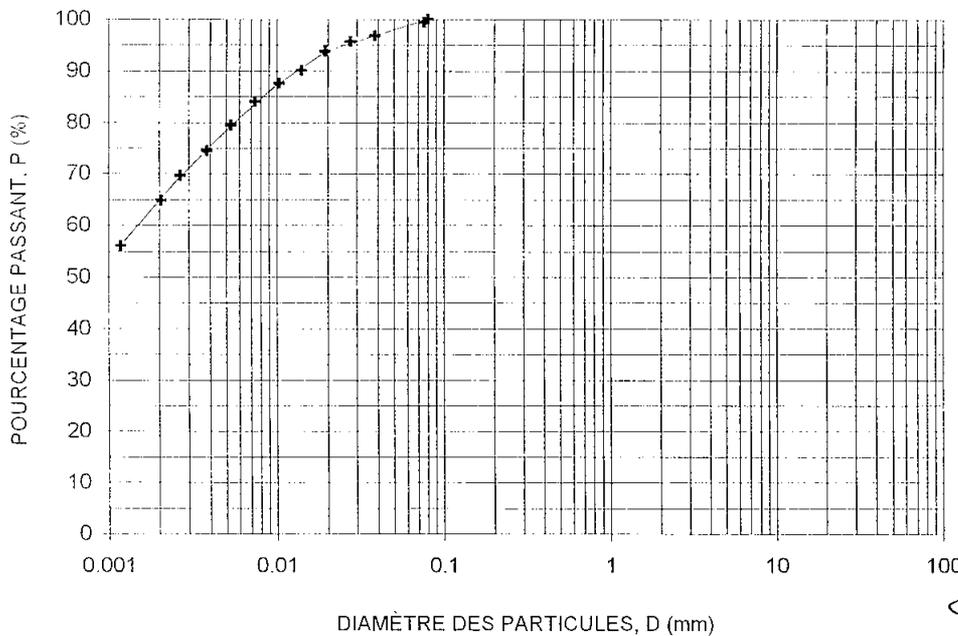


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-007  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.46 - 12.56

Échant. no. : 007-5  
 Fichier no. : 007-5.GRN

Argile et silt.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE :	112					
Masse totale sèche (g) :	42	80				
Masse totale > 5mm :	0	56				
Pourcentage retenu 5mm :	0.0	40				
Diamètre maximum (mm) :		28				
		20				
		14				
		10				
		5	0	0.0		100.0
	Plateau		42			
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE		2.50		0.0	0.0	100.0
Fraction passant tamis :	Aucun	1.25		0.0	0.0	100.0
Masse totale humide :	39.8	0.63		0.0	0.0	100.0
Masse totale sèche :	23.7	0.32		0.0	0.0	100.0
Tare no 1476 :	1.0	0.16		0.0	0.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) :	70.66	0.08		0.0	0.0	100.0
		Plateau	42.3			100.0
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE :	HUMIDE	D (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)
Fraction passant tamis :	Aucun	0.0760	0.25	21.2	30.5	8.5
Masse de sol humide utilisée (g) :	72.18	0.0384	1		29.8	8.7
Masse de sol sec utilisée (g) :	42.29	0.0273	2		29.5	8.7
Densité relative (DR) :	2.75	0.0194	4	21.2	29.0	8.9
Pourcentage total passant :	100.0	0.0139	8		28.0	9.2
Hydromètre 151H no :	3742	0.0103	15	20.9	27.4	9.3
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	0.0074	30	20.6	26.5	9.6
L = A.R + B A (1/cm) :	-0.27	0.0053	60	20.5	25.3	9.9
B (cm) :	17.57	0.0038	120	20.7	23.9	10.2
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) :	4.0	0.0027	255	20.7	22.6	10.6
Facteur d'échelle F (1/1) :	1.00	0.0020	450	20.8	21.3	10.9
		0.0012	1 440	20.4	19.0	11.6
Défloculant :	5 g hexamétoposphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	64.5
0.0001	10
0.0002	30
0.0015	60
CU :	22.3
CC :	0.5
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL4
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Véifié par :	<i>Hélène Bilodeau</i>
Hélène Bilodeau ing.	
Date :	01-10-18

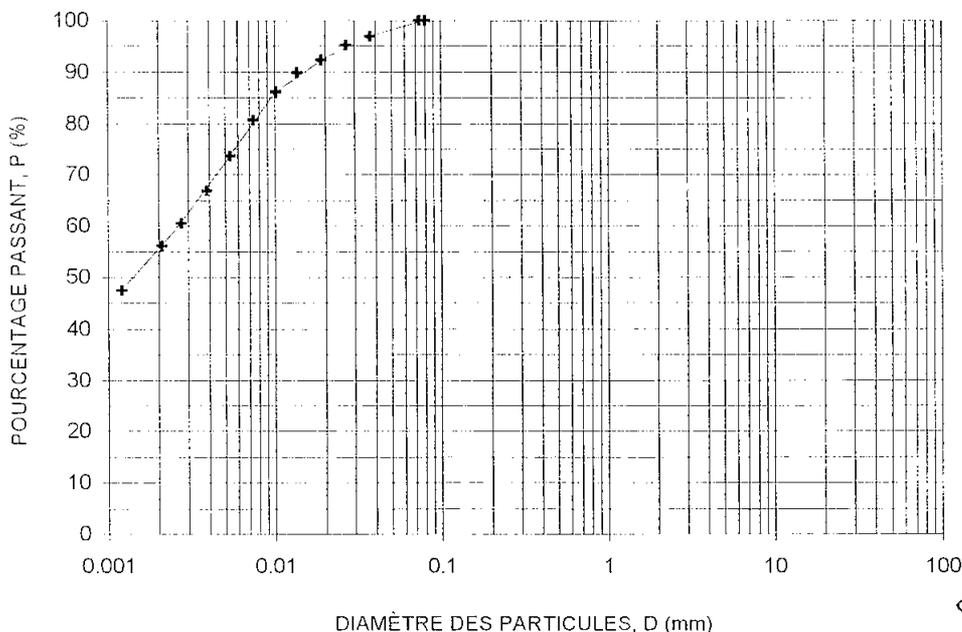


DOSSIER : **S-9403-2**  
 CLIENT : **GSI Environnement**  
 PROJET : **293-2549-150**  
 LOCAL : **U.T.L.**

SONDAGE : **F-008**  
 ÉCHANT. : **TM-7**  
 PROF. (m) : **18.24 - 18.34**

Échant. no. : **008-7**  
 Fichier no. : **008-7.GRN**

Argile et silt.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
<b>MÉTHODE :</b>	<b>112</b>					
Masse totale sèche (g) :	45	<b>80</b>				
Masse totale > 5mm :	0	<b>56</b>				
Pourcentage retenu 5mm :	0.0	<b>40</b>				
Diamètre maximum (mm) :		<b>28</b>				
		<b>20</b>				
		<b>14</b>				
		<b>10</b>				
		<b>5</b>	0	0.0		
	Plateau		45			<b>100.0</b>
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
<b>TENEUR EN EAU NATURELLE</b>		<b>2.50</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
Fraction passant tamis :	<b>Aucun</b>	<b>1.25</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
Masse totale humide :	41.4	<b>0.63</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
Masse totale sèche :	26.3	<b>0.32</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
Tare no 1461 :	1.0	<b>0.16</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
		<b>0.08</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
<b>TENEUR EN EAU, w (%) :</b>	<b>59.83</b>	<b>0.08</b>		0.0	0.0	<b>100.0</b>
		Plateau	45.0			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
<b>MÉTHODE :</b>	<b>HUMIDE</b>					
Fraction passant tamis :	<b>Aucun</b>	<b>D (mm)</b>	<b>Temps (min)</b>	<b>Tempér. (C)</b>	<b>Lecture R</b>	<b>L (cm)</b>
Masse de sol humide utilisée (g) :	71.92	<b>0.0737</b>	0.25	21.2	32.4	<b>8.0</b>
Masse de sol sec utilisée (g) :	45.00	<b>0.0374</b>	1		31.5	<b>8.2</b>
Densité relative (DR) :	2.75	<b>0.0266</b>	2		31.0	<b>8.3</b>
Pourcentage total passant :	100.0	<b>0.0191</b>	4	21.2	30.2	<b>8.6</b>
Hydromètre 151H no 3742 :		<b>0.0136</b>	8		29.5	<b>8.7</b>
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	<b>0.0101</b>	15	20.9	28.5	<b>9.0</b>
		<b>0.0074</b>	30	20.6	27.0	<b>9.4</b>
L = A.R + B	A (1/cm) :	<b>0.0054</b>	60	20.5	25.0	<b>10.0</b>
	B (cm) :	<b>0.0039</b>	120	20.7	23.0	<b>10.5</b>
C = D + 0.2 (20-T)	D (1/1) :	<b>0.0027</b>	255	20.7	21.2	<b>11.0</b>
Facteur d'échelle	F (1/1) :	<b>0.0021</b>	450	20.8	19.9	<b>11.3</b>
		<b>0.0012</b>	1 440	20.4	17.5	<b>12.0</b>
Déflocculant :	5 g hexamétaphosphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	55.5
0.0001	10
0.0004	30
0.0026	60
CU :	23.5
CC :	0.5
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL4
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Véifié par :	<i>Hélène Bilodeau</i>
Hélène Bilodeau ing.	
Date :	01-10-18

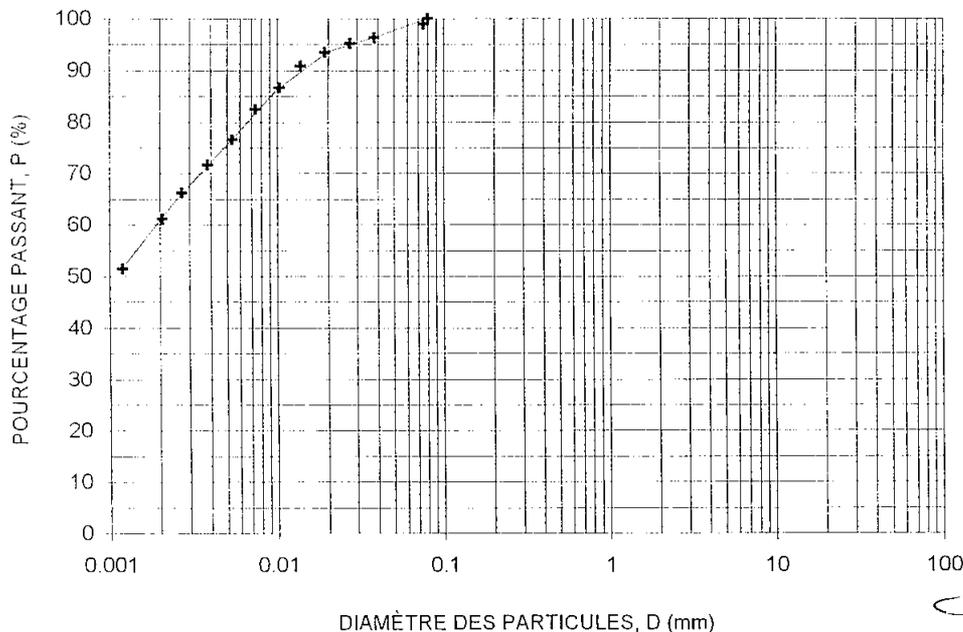


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-010  
 ÉCHANT. : TM-7  
 PROF. (m) : 18.24 - 18.34

Échant. no. : 010-7  
 Fichier no. : 010-7.GRN

Argile et silt.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE :	112					
Masse totale sèche (g) :	43	80				
Masse totale > 5mm :	0	56				
Pourcentage retenu 5mm :	0.0	40				
Diamètre maximum (mm) :		28				
		20				
		14				
		10				
		5	0	0.0		
	Plateau		43			100.0
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE		2.50	0.0	0.0	100.0	100.0
Fraction passant tamis :	Aucun	1.25	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide :	40.1	0.63	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche :	25.2	0.32	0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1494 :	1.0	0.16	0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) :	61.31	0.08	0.0	0.0	100.0	100.0
		Plateau	43.3			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE :	HUMIDE	D (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)
Fraction passant tamis :	Aucun	0.0754	0.25	21.2	31.0	8.3
Masse de sol humide utilisée (g) :	69.86	0.0381	1		30.3	8.5
Masse de sol sec utilisée (g) :	43.31	0.0271	2		30.0	8.6
Densité relative (DR) :	2.75	0.0193	4	21.2	29.5	8.7
Pourcentage total passant :	100.0	0.0138	8		28.8	8.9
Hydromètre 151H no :	3742	0.0103	15	20.9	27.7	9.2
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	0.0074	30	20.6	26.6	9.5
L = A.R + B A (1/cm) :	-0.27	0.0054	60	20.5	25.0	10.0
B (cm) :	17.57	0.0038	120	20.7	23.6	10.3
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) :	4.0	0.0027	255	20.7	22.1	10.7
Facteur d'échelle F (1/1) :	1.00	0.0021	450	20.8	20.7	11.1
		0.0012	1 440	20.4	18.1	11.8
Défloculant :	5 g hexamétoposphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	60.7
0.0001	10
0.0004	30
0.0019	60

CU : 16.6  
 CC : 0.6  
 USC : CH  
 MF :  
 Csi :  
 Symbole : AL4

Remarques :

Effectué par :  
 J.L. - H.B. 01-10-15

Vérifié par  
*Hélène Bilodeau*

Hélène Bilodeau ing.  
 Date : 01-10-18

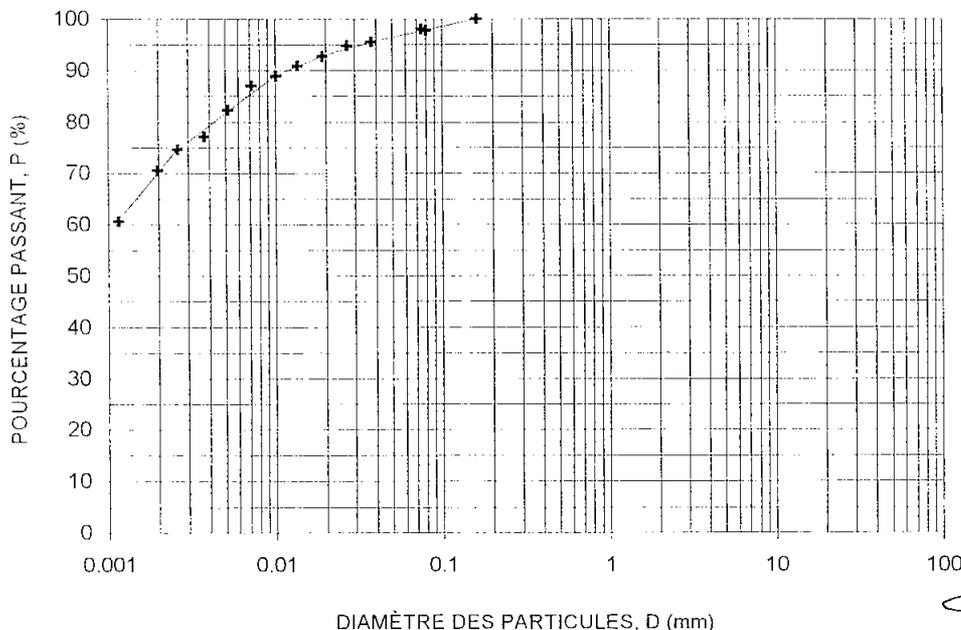


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-011  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.54 - 12.64

Échant. no. : 011-5  
 Fichier no. : 011-5.GRN

Argile silteuse, traces de sable.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE : POST-SÉDIMENTOMÉTRIE	112					
Masse totale sèche (g) : 45	80					
Masse totale > 5mm : 0	56					
Pourcentage retenu 5mm : 0.0	40					
Diamètre maximum (mm) :	28					
	20					
	14					
	10					
	5		0	0.0		100.0
	Plateau		45			
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE						
Fraction passant tamis : <b>Aucun</b>	2.50		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide : 51.0	1.25		0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche : 31.6	0.63		0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1317 : 1.0	0.32		0.0	0.0	100.0	100.0
	0.16		0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) : 63.83	0.08		1.0	2.3	97.7	97.7
	Plateau		44.5			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE : HUMIDE						
Fraction passant tamis : <b>Aucun</b>	D. (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)	
Masse de soi humide utilisée (g) : 72.90	0.0748	0.25	21.2	31.5	8.2	98.0
Masse de sol sec utilisée (g) : 44.50	0.0378	1		30.8	8.4	95.5
Densité relative (DR) : 2.75	0.0268	2		30.6	8.5	94.8
Pourcentage total passant : 100.0	0.0191	4	21.2	30.0	8.6	92.7
Hydromètre 151H no 3742	0.0136	8		29.5	8.7	90.9
Masse de l'hydromètre (g) : 53.79	0.0101	15	20.9	29.0	8.9	88.9
L = A.R + B A (1/cm) : -0.27	0.0072	30	20.6	28.5	9.0	86.9
B (cm) : 17.57	0.0052	60	20.5	27.2	9.4	82.3
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) : 4.0	0.0037	120	20.7	25.7	9.8	77.1
Facteur d'échelle F (1/1) : 1.00	0.0026	255	20.7	25.0	10.0	74.7
	0.0020	450	20.8	23.8	10.3	70.5
	0.0012	1 440	20.4	21.1	11.0	60.7
Déflocculant : 5 g hexamétaphosphate / litre						



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	97.7
0.002	70.6
0.0001	10
0.0002	30
0.0011	60
CU :	15.9
CC :	0.6
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL3S1
Remarques :	
Effectué par : J.L. - H.B. 01-10-15	
Véifié par : <i>[Signature]</i>	
Hélène Bilodeau ing.	
Date : 01-10-18	

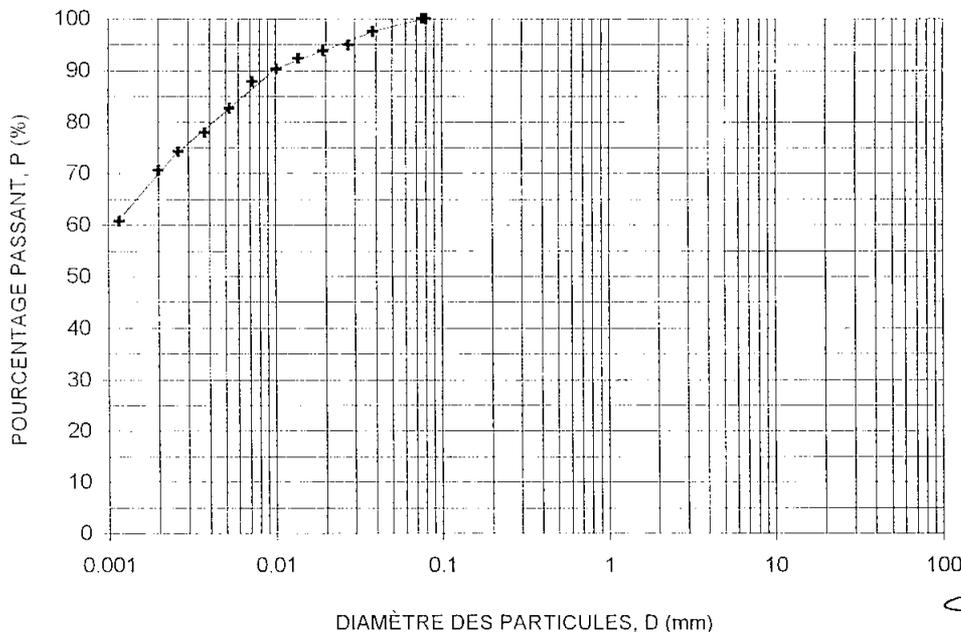


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-150  
 LOCAL : U.T.L.

SONDAGE : F-012  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.28 - 12.38

Échant. no. : 012-5  
 Fichier no. : 012-5.GRN

Argile silteuse.	TAMIS (mm)	MASSES RETENUES		POURCENTAGES		POURCENT. TOTAL PASSANT
		INDIVID.	CUMUL.	RETENU	PASSANT	
<b>TAMISAGE DES GRAVIERS</b>						
MÉTHODE :	112					
Masse totale sèche (g) :	43	80				
Masse totale > 5mm :	0	56				
Pourcentage retenu 5mm :	0.0	40				
Diamètre maximum (mm) :		28				
		20				
		14				
		10				
		5	0	0.0		100.0
	Plateau		43			
<b>TAMISAGE DU SABLE</b>						
TENEUR EN EAU NATURELLE		2.50	0.0	0.0	100.0	100.0
Fraction passant tamis :	Aucun	1.25	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale humide :	28.1	0.63	0.0	0.0	100.0	100.0
Masse totale sèche :	16.8	0.32	0.0	0.0	100.0	100.0
Tare no 1469 :	1.0	0.16	0.0	0.0	100.0	100.0
TENEUR EN EAU, w (%) :	71.16	0.08	0.0	0.0	100.0	100.0
		Plateau	42.6			
<b>SÉDIMENTOMÉTRIE</b>						
MÉTHODE :	HUMIDE	D (mm)	Temps (min)	Tempér. (C)	Lecture R	L (cm)
Fraction passant tamis :	Aucun	0.0755	0.25	21.2	30.9	8.4
Masse de sol humide utilisée (g) :	72.91	0.0382	1		30.2	8.6
Masse de sol sec utilisée (g) :	42.60	0.0273	2		29.5	8.7
Densité relative (DR) :	2.75	0.0194	4	21.2	29.2	8.8
Pourcentage total passant :	100.0	0.0138	8		28.8	8.9
Hydromètre 151H no :	3742	0.0102	15	20.9	28.3	9.1
Masse de l'hydromètre (g) :	53.79	0.0073	30	20.6	27.7	9.2
L = A.R + B A (1/cm) :	-0.27	0.0053	60	20.5	26.3	9.6
B (cm) :	17.57	0.0038	120	20.7	25.0	10.0
C = D + 0.2 (20-T) D (1/1) :	4.0	0.0026	255	20.7	24.0	10.2
Facteur d'échelle F (1/1) :	1.00	0.0020	450	20.8	23.0	10.5
		0.0012	1 440	20.4	20.4	11.2
Défloculant :	5 g hexamétaphosphate / litre					



DIAMÈTRE (mm)	POURCENT. PASSANT
20	100.0
5	100.0
0.4	100.0
0.08	100.0
0.002	70.7
0.0001	10
0.0002	30
0.0011	60
CU :	15.7
CC :	0.6
USC :	CH
MF :	
Csi :	
Symbole :	AL3
Remarques :	
Effectué par :	J.L. - H.B. 01-10-15
Vérifié par :	<i>Hélène Bilodeau</i>
Hélène Bilodeau ing.	
Date :	01-10-18

## **ANNEXE 4**

### **ESSAIS OEDOMÉTRIQUES**





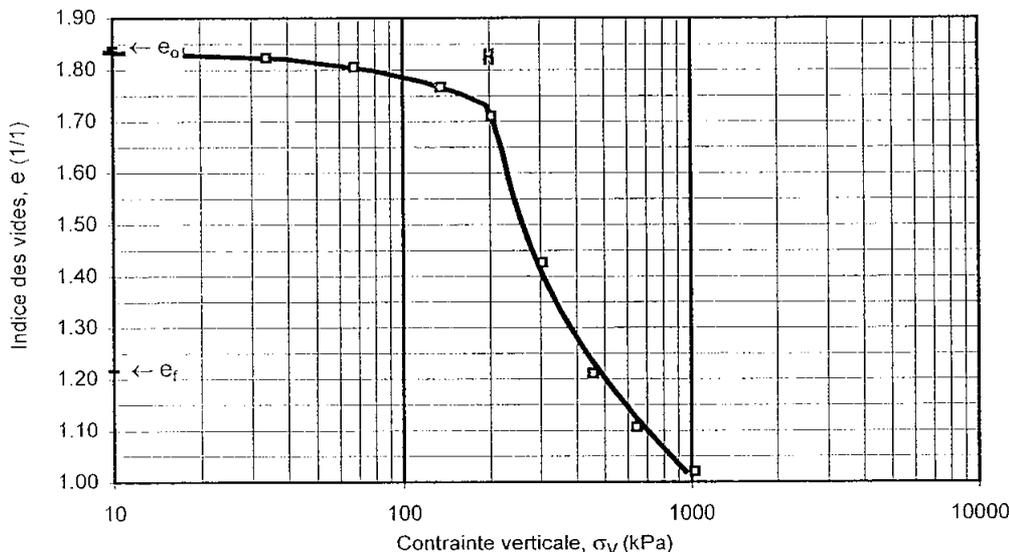
DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-001  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.42 - 6.52  
 Échant. no. : 001-3  
 Fichier no. : 001-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	14.97
Volume (cc) :	60.90	47.47
M. humide + tare	257.20	242.12
M. tare :	158.88	157.05
M. humide :	98.32	85.07
M. sèche :	58.73	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	67.4	44.8
Ind. des vides :	1.843	1.216
Degr. de saturat.	100.6	101.4

Équipement et constantes				
Chassis :	1	Levier :	10.95	1/1
Anneau :	1	Diam. :	63.55	mm
Cellule :	1	Fact. :	33.85	kPa / kg
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	40.95	98.32	242.12	
M. sèche	25.50	58.73		72.97
Tare no.	1214		Anneau	G-128
M. tare	1.03		157.05	14.24
w (%)	63.1	67.4	44.8	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-05-22	0.1	25		3	0.00	1.843					
Co1	01-05-22	0.2	37	4	7	0.08	1.841		4.1	0.008		
Co2	01-05-22	0.5	69	11	17	0.34	1.833		3.8	0.018		
Co3	01-05-22	1.0	111	19	34	0.70	1.823		4.6	0.034		
Co4	01-05-22	2.0	178	27	68	1.32	1.806		5.4	0.058		
Co5	01-05-23	4.0	318	35	135	2.69	1.767		4.8	0.130		
Co6	01-05-24	6.0	515	42	203	4.67	1.710		3.4	0.319		
Co7	01-05-25	9.0	1482	50	305	14.65	1.427		1.0	1.612		
Co8	01-05-26	13.5	2222	62	457	22.24	1.211		2.0	1.225	1.9E-04	Cv1
Co9	01-05-27	19.1	2588	76	647	25.90	1.107		5.2	0.691		
Co10	01-05-28	30.3	2901	98	1026	28.93	1.020		12.4	0.430		
Do11	01-05-28	0.1	2168	26	3	22.05	1.216					



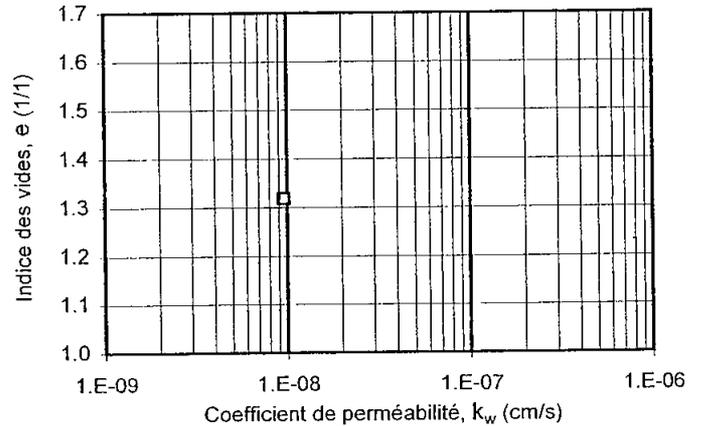
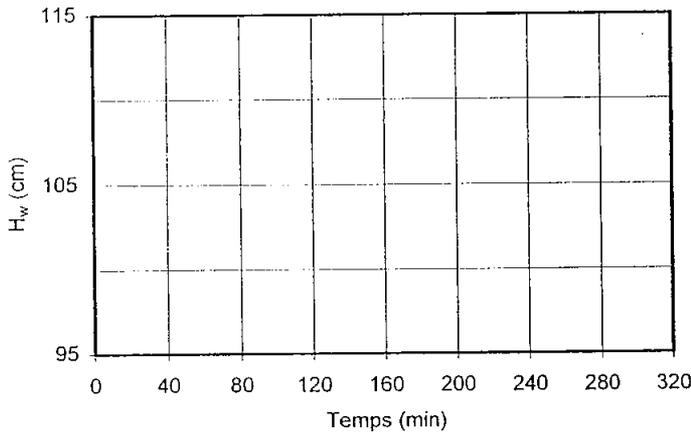
Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	193 kPa
$\sigma_p$ max :	205 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.03 1/1
$C_c$ max :	2.55 1/1
Remarques	
C <sub>v</sub> : Asaoka	
(*) : Valeur estimée	
Effect. par H. Bilodeau, ing.	
Vérifié par : Yves Robert ing.	
Date : 01-05-31	



DOSSIER : S-9403-2  
CLIENT : GSI Environnement  
PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
LOCAL :

SONDAGE : F-001  
ÉCHANT. : TM-3  
PROF. (m) : 6.42 - 6.52  
Échant. no. : 001-3  
Fichier no. : 001-3.OED

Évaluation du coefficient de perméabilité



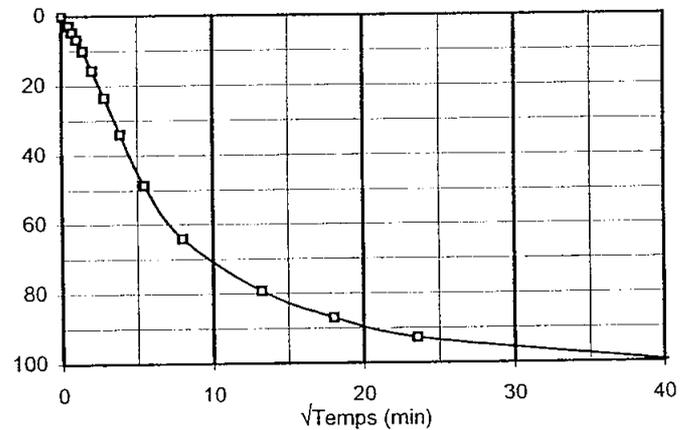
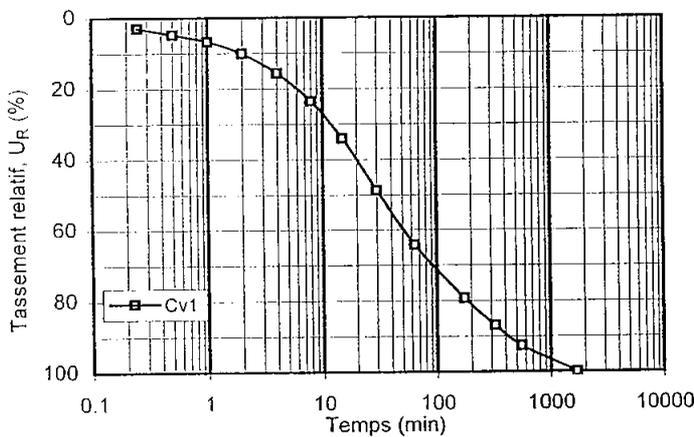
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> <sup>*</sup> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Cv1	1.566	1.319			9.59E-09	C <sub>k</sub> :	Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
						K <sub>w</sub> e <sub>0</sub> :	cm/s
						C <sub>k</sub> /e <sub>0</sub> :	1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w)/\Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

Évaluation graphique du coefficient de consolidation



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> /C <sub>c</sub>
			(min)							
Cv1	1.566	457	22.3	61.4	21.7	9.1E-05	1.4E-04	1.9E-04	3.25E-02	0.041

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_c/\pi)^2 \beta/\Delta t$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)  
β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-003

ÉCHANT. : TM-3

PROF. (m) : 6.42 - 6.52

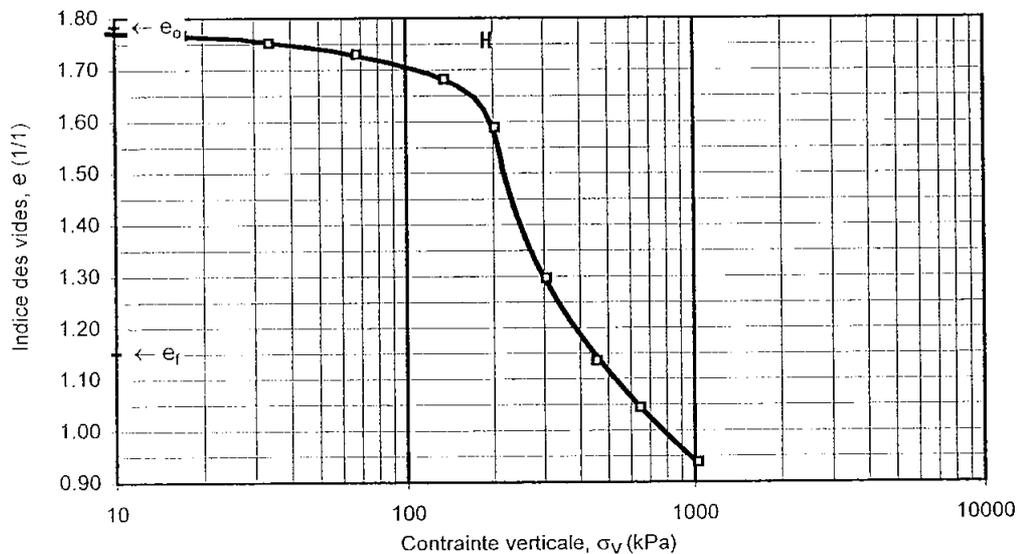
Échant. no. : 003-3

Fichier no. : 003-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	14.84
Volume (cc) :	60.90	47.08
M. humide + tare	256.99	243.65
M. tare :	157.91	157.93
M. humide :	99.08	85.72
M. sèche :	60.00	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	65.1	42.9
Ind. des vides :	1.783	1.151
Degr. de saturat.	100.5	102.4

Équipement et constantes				
Chassis :	2	Levier :	10.96 1/1	
Anneau :	2	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	2	Fact. :	33.89 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	32.05	99.08	243.65	
M. sèche	19.60	60.00		73.90
Tare no.	1226		Anneau	G-129
M. tare	1.01		157.93	13.90
w (%)	67.0	65.1	42.9	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-05-22	0.1	6		3	0.00	1.783					
Co1	01-05-22	0.2	23	1	7	0.16	1.778		2.0	0.015		
Co2	01-05-22	0.5	63	4	17	0.56	1.767		2.5	0.027		
Co3	01-05-22	1.0	116	5	34	1.09	1.753		3.1	0.049		
Co4	01-05-22	2.0	198	10	68	1.90	1.730		4.1	0.075		
Co5	01-05-23	4.0	372	16	136	3.64	1.682		3.8	0.161		
Co6	01-05-24	6.0	696	22	203	6.96	1.589		2.0	0.524		
Co7	01-05-25	9.0	1711	29	305	17.46	1.297		1.0	1.660		
Co8	01-05-26	13.5	2277	38	457	23.26	1.136		2.6	0.917	3.8E-04	Cv1
Co9	01-05-27	19.1	2603	48	647	26.55	1.044		5.7	0.607		
Co10	01-05-28	30.3	2985	63	1027	30.37	0.938		9.8	0.531		
Do11	01-05-28	0.1	2194	9	3	22.70	1.151					



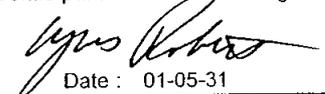
Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	185 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	196 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.05 1/1
$C_c \text{ max}$ :	3.11 1/1

**Remarques**
 $C_v$  : Asaoka

(\*) : Valeur estimée

Effect. par H. Bilodeau, ing.

Vérifié par : Yves Robert ing.



Date : 01-05-31

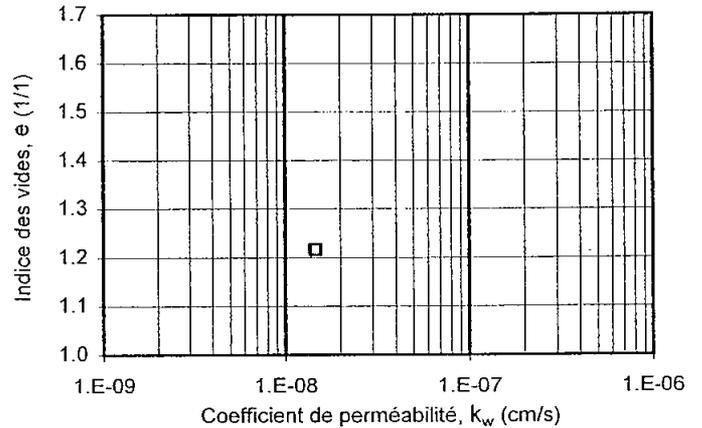
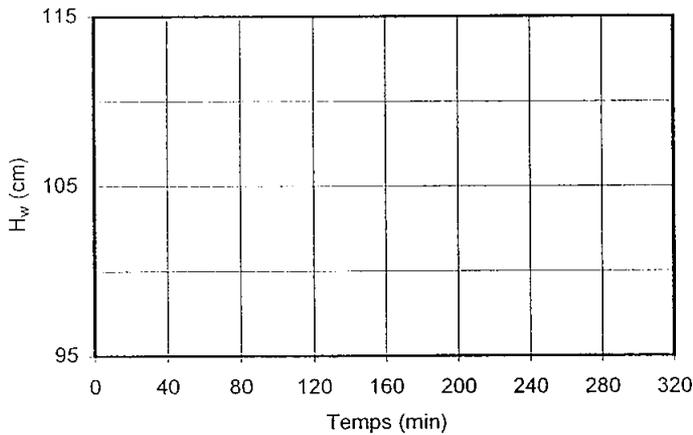


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-003  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.42 - 6.52

Échant. no. : 003-3  
 Fichier no. : 003-3.OED

**Évaluation du coefficient de perméabilité**



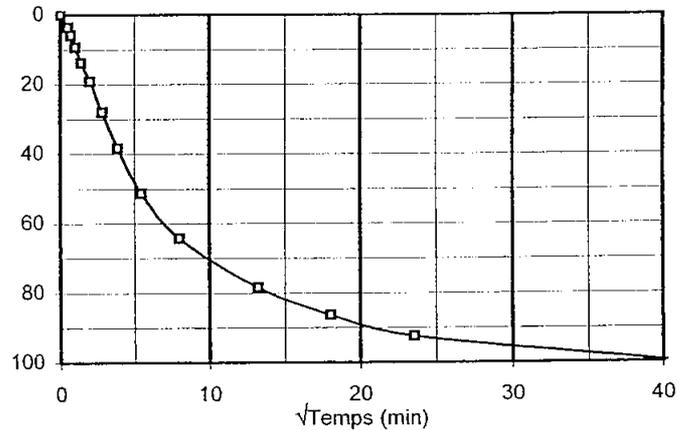
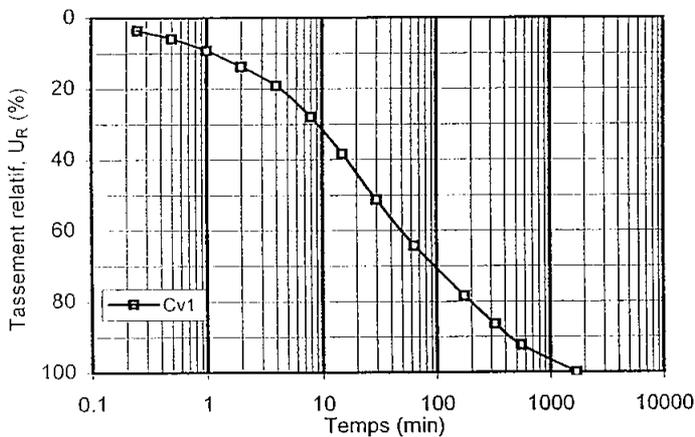
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> * (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )
Cv1	1.529	1.216			1.46E-08	C <sub>k</sub> : Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> ) K <sub>w eo</sub> : cm/s C <sub>k</sub> /e <sub>o</sub> : 1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w)/\Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
 L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	CV <sub>50</sub>	CV <sub>90</sub>	CV <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub> (1/1)	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub> (1/1)
			(min)			(cm <sup>2</sup> /s)				
Cv1	1.529	457	18.6	23.4	10.4	1.0E-04	3.5E-04	3.8E-04	2.52E-02	0.036

$CV_{50} \text{ \& } CV_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $CV_{asa} = (L_c/\pi)^2 \beta/\Delta t$

$T = 0.20 \text{ r } t_{50} \text{ (Casagrande)}$   
 $\beta = \Delta U_{R(n-1)} / \Delta U_{R(n)} \text{ (Asaoka)}$

$T = 0.85 \text{ r } t_{90} \text{ (Taylor)}$



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-003

ÉCHANT : TM-5

PROF. (m) : 12.44 - 12.54

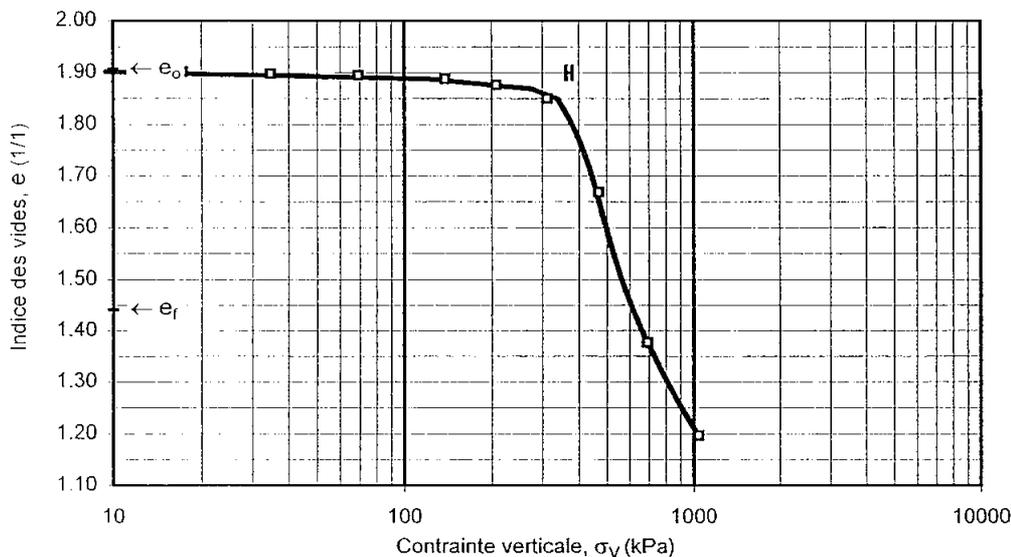
Échant. no. : 003-5

Fichier no. : 003-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.12
Volume (cc) :	60.90	51.12
M. humide + tare	265.01	254.90
M. tare :	167.80	167.80
M. humide :	97.21	87.10
M. sèche :	57.44	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	69.2	51.6
Ind. des vides :	1.907	1.440
Degr. de saturat.	99.8	98.6

Équipement et constantes				
Chassis :	4	Levier :	11.20	1/1
Anneau :	2	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	3	Fact. :	34.63 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	28.92	97.21	254.90	
M. sèche	17.51	57.44		71.30
Tare no.	1237		Anneau	G-169
M. tare	1.03		167.80	13.86
w (%)	69.2	69.2	51.6	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-05-16	0.1	100		3	0.00	1.907					
Co1	01-05-16	0.2	105	1	7	0.04	1.906		8.1	0.004		
Co2	01-05-16	0.5	120	3	17	0.18	1.902		7.4	0.010		
Co3	01-05-16	1.0	136	7	35	0.30	1.898		13.6	0.012		
Co4	01-05-16	2.0	153	13	69	0.42	1.895		28.3	0.012		
Co5	01-05-17	4.0	187	22	139	0.68	1.887		26.6	0.025		
Co6	01-05-17	6.0	231	29	208	1.06	1.876		17.9	0.064		
Co7	01-05-18	9.0	325	36	312	1.96	1.850		11.4	0.149		
Co8	01-05-19	13.5	931	45	467	8.19	1.669		2.5	1.028	4.1E-05	Cv1
Co9	01-05-20	20.0	1909	56	693	18.26	1.376		2.2	1.716		
Co10	01-05-21	30.0	2512	68	1039	24.42	1.197		5.6	1.016		
Do11	01-05-22	0.1	1653	12	3	16.05	1.440					



Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	363 kPa
$\sigma_p$ max :	380 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.01 1/1
$C_c$ max :	2.10 1/1

Remarques

$C_v$  : Asaoka  
 (\*) : Valeur estimée  
 Effect. par H. Bilodeau, ing.  
 Vérifié par : Yves Robert ing.  
 Date : 01-06-06

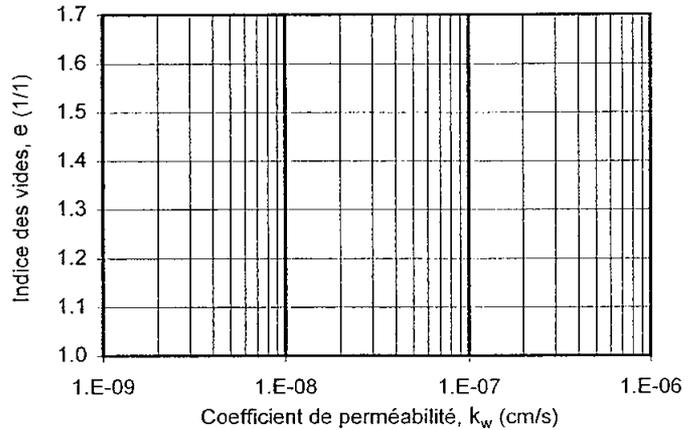
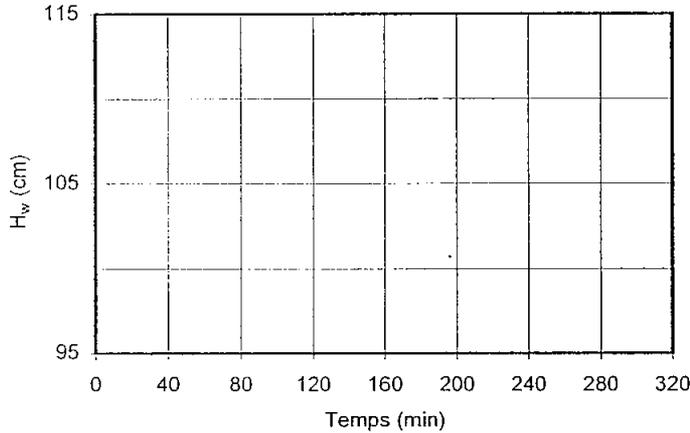


DOSSIER : S-9403-2  
CLIENT : GSI Environnement  
PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
LOCAL :

SONDAGE : F-003  
ÉCHANT. : TM-5  
PROF. (m) : 12.44 - 12.54

Échant. no. : 003-5  
Fichier no. : 003-5.OED

Évaluation du coefficient de perméabilité



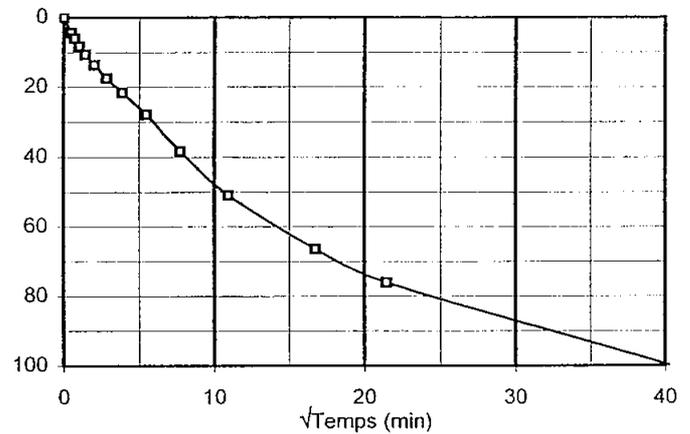
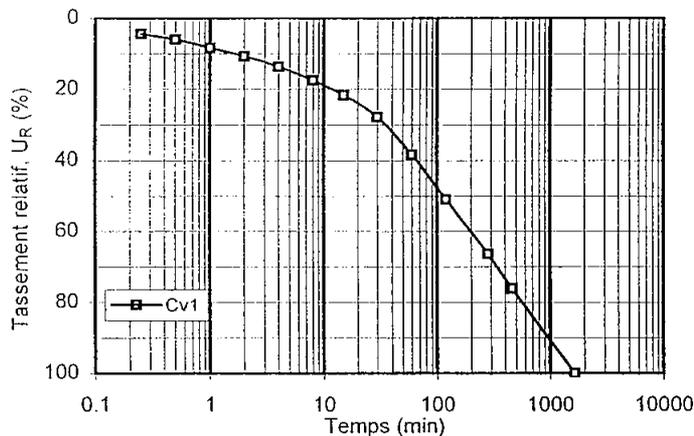
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> * (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )
Cv1	1.823	1.759			1.65E-09	C <sub>k</sub> : Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> ) K <sub>wEO</sub> : cm/s C <sub>k</sub> /e <sub>o</sub> : 1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w)/\Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

Évaluation graphique du coefficient de consolidation



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> /C <sub>c</sub>
			(min)			(cm <sup>2</sup> /s)		(1/1)	(1/1)	
Cv1	1.823	467		266.7	136.3		4.4E-05	4.1E-05		

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e/\pi)^2 \beta/\Delta t$

T = 0.20 pour t<sub>50</sub> (Casagrande)  
β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

T = 0.85 pour t<sub>90</sub> (Taylor)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

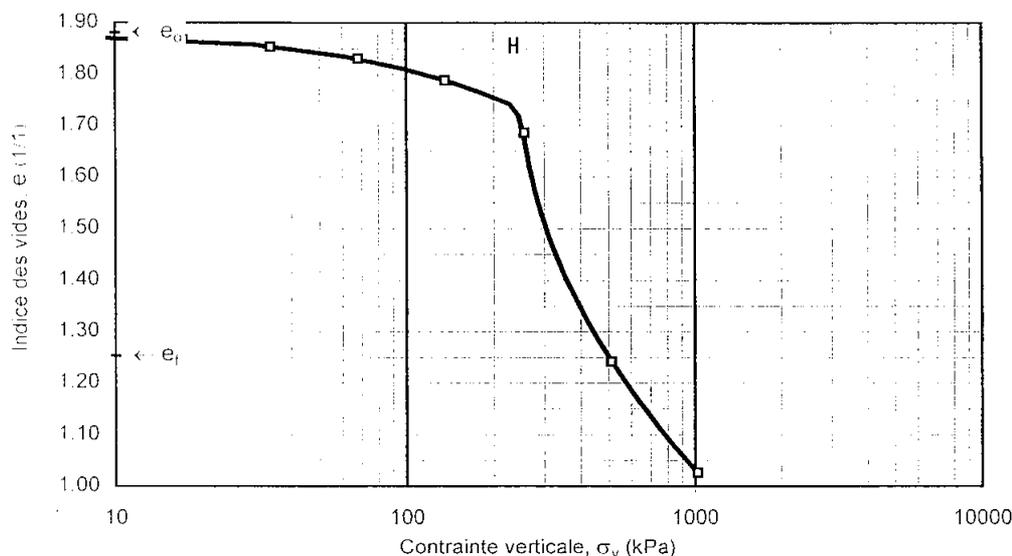
SONDAGE : F-004  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.36 - 12.46

ÉCH. No. : 004-5  
 Fichier no. : 004-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.14	14.96
Volume (cc) :	60.54	47.32
M. humide + tare	256.78	244.65
M. tare :	158.89	158.89
M. humide :	97.89	85.76
M. sèche :	58.24	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	68.1	47.3
Ind. des vides :	1.881	1.252
Degr. e saturat.	100.6	104.9

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	1	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	167.11	97.89	244.65	
M. sèche	106.81	58.24		72.84
Tare no.	158		Anneau	162
M. tare	14.59		158.89	14.60
w (%)	65.4	68.1	47.3	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-02-12	0.1	24		3	0.00	1.881					
Co1	01-02-12	0.2	35	2	7	0.09	1.878		3.6	0.009		
Co2	01-02-12	0.5	73	5	17	0.46	1.868	6.8E-08	2.7	0.026	1.9E-03	Kv1
Co3	01-02-13	1.0	127	12	34	0.95	1.854		3.4	0.047		
Co4	01-02-13	2.0	211	20	68	1.75	1.831		4.2	0.076		
Co5	01-02-14	4.0	366	34	136	3.22	1.788		4.5	0.142		
Co6	01-02-15	7.5	722	50	256	6.77	1.686	3.8E-08	3.3	0.375	1.5E-03	Kv2
Co7	01-02-16	15.0	2218	68	511	22.22	1.241	1.2E-08	1.6	1.478	3.6E-04	Kv3
Co8	01-02-17	30.0	2953	89	1022	29.68	1.026		6.7	0.714		
Do9	01-02-19	0.1	2123	10	3	21.83	1.252					



Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	230 kPa
$\sigma_p$ max :	243 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.05 1/1
$C_c$ max :	3.01 1/1
Remarques	
$C_v = k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$ (*) : Valeur estimée Effectué par H.B. Vérifié par : Yves Robert mg. Date : 01-02-25	

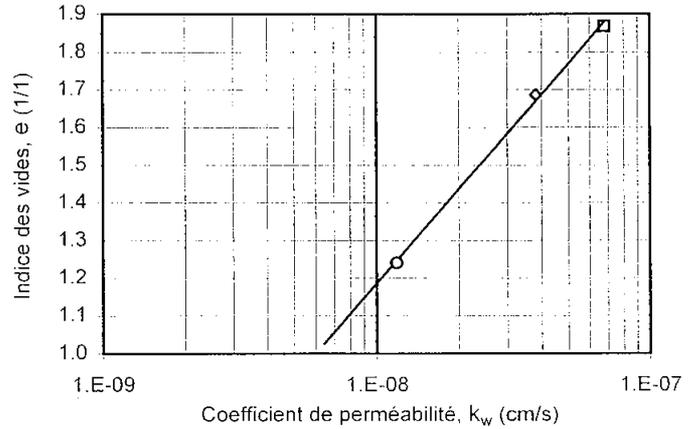
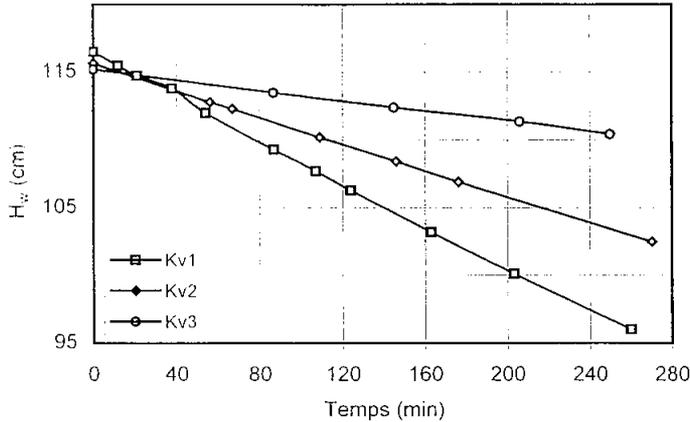


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-004  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.36 - 12.46

ÉCH. No. : 004-5  
 Fichier no. : 004-5.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Kv1	1.905	1.868	0.0905	0.9995	6.82E-08	C <sub>k</sub> :	0.83 Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Kv2	1.784	1.686	0.0905	1.0000	3.81E-08	K <sub>w(eo)</sub> :	6.9E-08 cm/s
Kv3	1.489	1.241	0.0905	0.9996	1.19E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.44 1/1

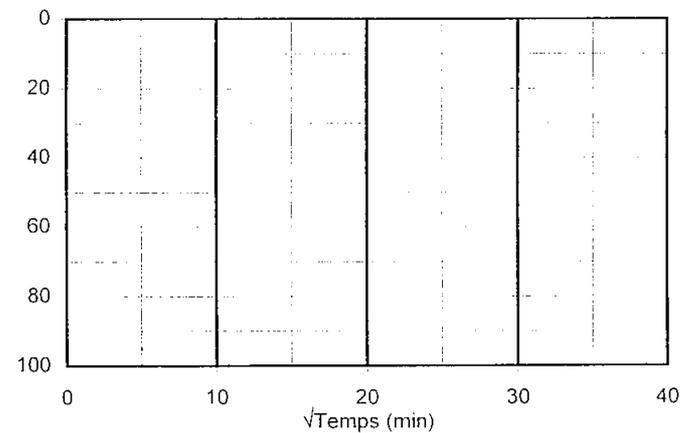
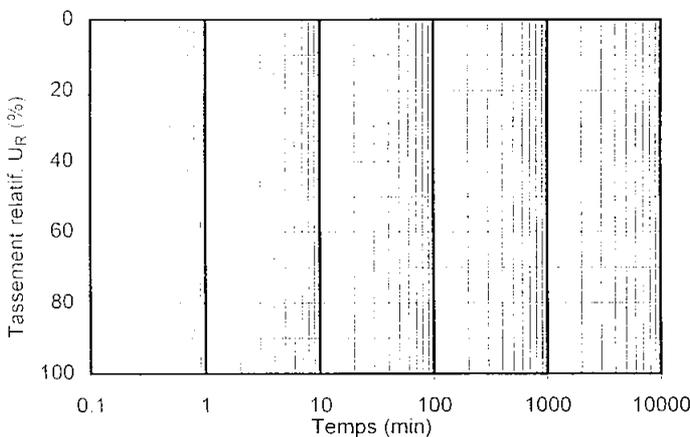
$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

$Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

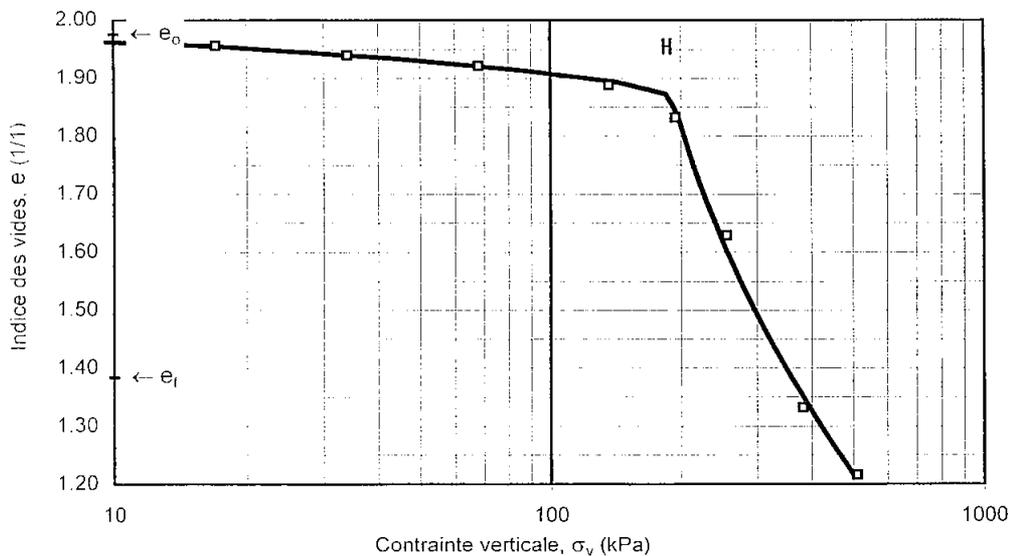
SONDAGE : F-006  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.38 - 6.48

Échant. no. : 006-3  
 Fichier no. : 006-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.38
Volume (cc) :	60.73	48.65
M. humide + tare	173.48	162.10
M. tare :	76.55	76.55
M. humide :	96.93	85.55
M. sèche :	56.57	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	71.3	51.2
Ind. des vides :	1.975	1.384
Degr. de saturat.	100.4	102.9

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	total	humide	sec
M. humide	37.94	96.93	162.10	
M. sèche	23.33	56.57		71.09
Tare no.	1422		Anneau	145
M. tare	1.02		76.55	14.52
w (%)	65.5	71.3	51.2	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-03-23	0.1	495		3	0.00	1.975					
Co1	01-03-23	0.2	513	2	7	0.17	1.970		2.0	0.016		
Co2	01-03-23	0.5	563	5	17	0.66	1.956	6.4E-08	2.0	0.037	1.3E-03	Kv1
Co3	01-03-25	1.0	621	12	34	1.19	1.940		3.1	0.053		
Co4	01-03-26	2.0	689	20	68	1.81	1.921		5.3	0.062		
Co5	01-03-26	4.0	811	34	136	2.94	1.888		5.9	0.112		
Co6	01-03-27	5.7	1001	43	194	4.83	1.832		3.1	0.364		
Co7	01-03-28	7.5	1662	50	256	11.64	1.629	2.3E-08	0.9	1.700	3.0E-04	Kv2
Co8	01-03-29	11.2	2633	60	382	21.64	1.331		1.3	1.709		
Co9	01-03-30	15.0	3015	68	511	25.54	1.215	8.3E-09	3.3	0.914	3.1E-04	Kv3
Do10	01-03-31	0.1	2404		3	19.89	1.384					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	183 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	190 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.04 1/1
$C_c \text{ max}$ :	2.35 1/1
Remarques	
$C_v = k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$	
(*) : Valeur estimée	
Effectué par H. Bilodeau, ing.	
Vérifié par : Yves Robert ing.	
Date : 01-04-04	

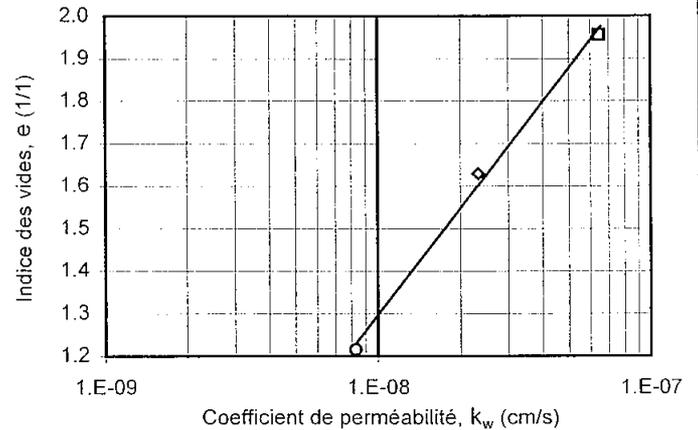
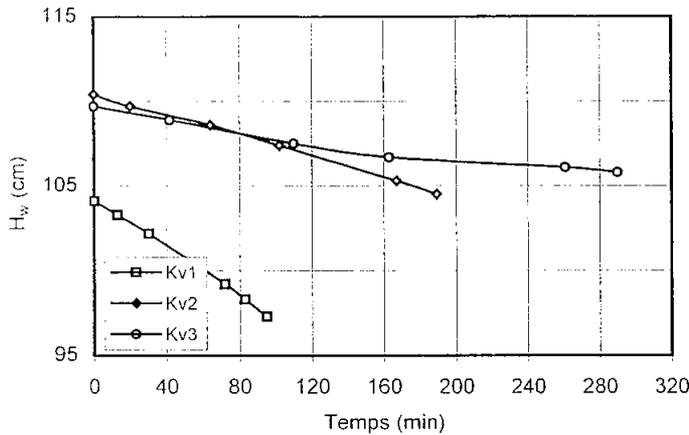


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-006  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.38 - 6.48

Échant. no. : 006-3  
 Fichier no. : 006-3.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



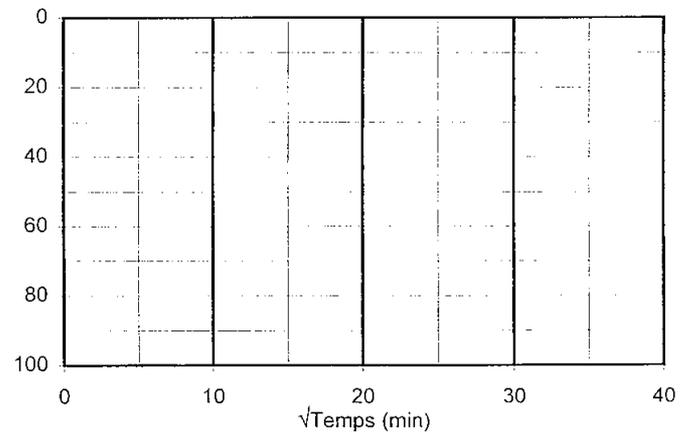
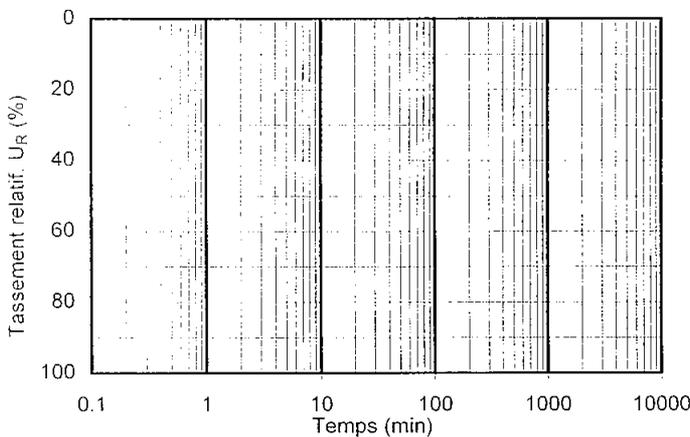
Mesure no	\$L_s\$ (cm)	\$e\$ (1/1)	\$A_t\$ (cm\$^2\$)	\$R^2\$ (1/1)	\$K_w\$ (cm/s)	Regression \$e - \log(K_w)\$	
						\$C_k\$	\$\Delta e / \Delta \log_{10}(K_w)\$
Kv1	1.907	1.956	0.0905	0.9978	6.45E-08	0.83	
Kv2	1.697	1.629	0.0905	0.9974	2.32E-08	\$K_{weo}\$ : 6.5E-08	cm/s
Kv3	1.430	1.215	0.0905	0.9485	8.30E-09	\$C_k / e_o\$ : 0.42	1/1

$K_w = (A_t / A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

\$A\_t\$ : Section du tube  
 \$L\_s\$ : Épaisseur du spécimen

\$A\_s\$ : Section du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	\$L_s\$ (cm)	\$\sigma_v\$ (kPa)	\$t_{50}\$	\$t_{90}\$	\$\Delta t / \beta\$	\$Cv_{50}\$	\$Cv_{90}\$	\$Cv_{asa}\$	\$C_{tz}\$ (1/1)	\$C_{\alpha} / C_c\$ (1/1)
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

\$T = 0.20\$ r \$t\_{50}\$ (Casagrande)  
 $\beta = \Delta U_{R(n-1)} / \Delta U_{R(n)}$  (Asaoka)

\$T = 0.85\$ r \$t\_{90}\$ (Taylor)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

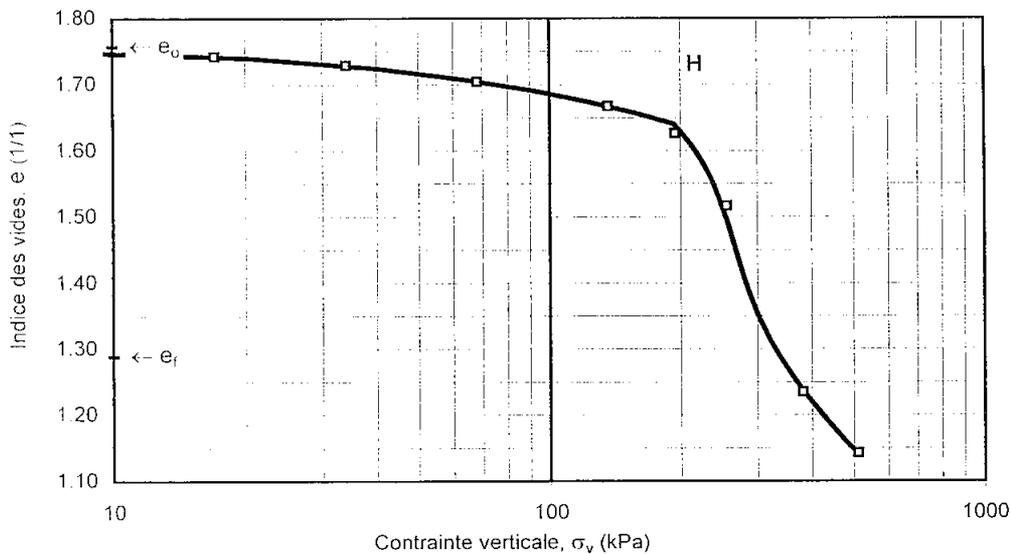
SONDAGE : F-007  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.44 - 6.54

Échant. no. : 007-3  
 Fichier no. : 007-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.94
Volume (cc) :	60.73	50.42
M. humide + tare	176.21	166.59
M. tare :	76.55	76.55
M. humide :	99.66	90.04
M. sèche :	61.06	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	63.2	47.5
Ind. des vides :	1.757	1.289
Degr. de saturat.	100.0	102.4

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	total	humide	sec
M. humide	31.18	99.66	166.59	
M. sèche	19.23	61.06		75.45
Tare no.	1324		Anneau	170
M. tare	1.02		76.55	14.39
w (%)	65.6	63.2	47.5	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\epsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-04-02	0.1	118		3	0.00	1.757					
Co1	01-04-02	0.2	132	2	7	0.13	1.753		2.7	0.011		
Co2	01-04-03	0.5	172	5	17	0.51	1.743	7.1E-08	2.6	0.027	1.9E-03	Kv1
Co3	01-04-03	1.0	227	12	34	1.01	1.729		3.3	0.046		
Co4	01-04-04	2.0	320	20	68	1.90	1.704		3.8	0.081		
Co5	01-04-05	4.0	463	34	136	3.24	1.667		5.0	0.124		
Co6	01-04-06	5.7	616	43	194	4.74	1.626		3.8	0.268		
Co7	01-04-07	7.5	1004	50	256	8.71	1.517	3.6E-08	1.5	0.918	6.6E-04	Kv2
Co8	01-04-08	11.2	1997	60	382	18.94	1.234		1.2	1.620		
Co9	01-04-09	15.0	2326	68	511	22.29	1.142	1.3E-08	3.9	0.727	5.5E-04	Kv3
Do10	01-04-10	0.1	1737		3	16.98	1.289					



Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	211 kPa
$\sigma_p$ max :	222 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.05 1/1
$C_c$ max :	2.26 1/1

Remarques

$C_v = k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$

(\*) : Valeur estimée

Effectué par H. Bilodeau, ing.

Véifié par : Yves Robit, ing.

*Yves Robit*  
 Date : 01-04-17



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement inc.

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-007

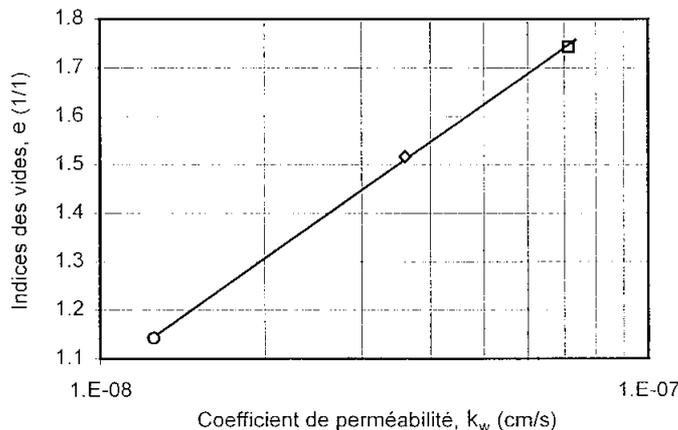
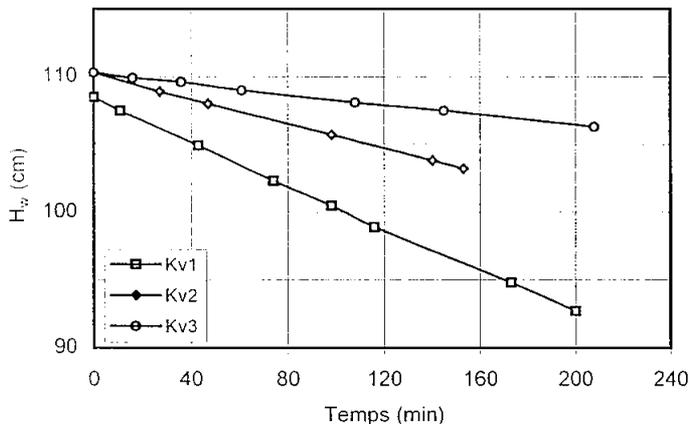
ÉCHANT. : TM-3

PROF. (m) : 6.44 - 6.54

Échant. no. : 007-3

Fichier no. : 007-3.OED

Mesure directe du coefficient de perméabilité



Mesure no	\$L_s\$ (cm)	\$e\$ (1/1)	\$A_t\$ (cm <sup>2</sup> )	\$R^2\$ (1/1)	\$K_w\$ (cm/s)	Regression \$e - \log(K_w)\$	
Kv1	1.910	1.743	0.0905	0.9998	7.14E-08	\$C_k\$ :	0.80 \$\Delta e / \Delta \log_{10}(K_w)\$
Kv2	1.753	1.517	0.0905	0.9998	3.60E-08	\$K_{weo}\$ :	7.3E-08 cm/s
Kv3	1.492	1.142	0.0905	0.9986	1.25E-08	\$C_k / e_o\$ :	0.45 1/1

$K_w = (A_t / A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$

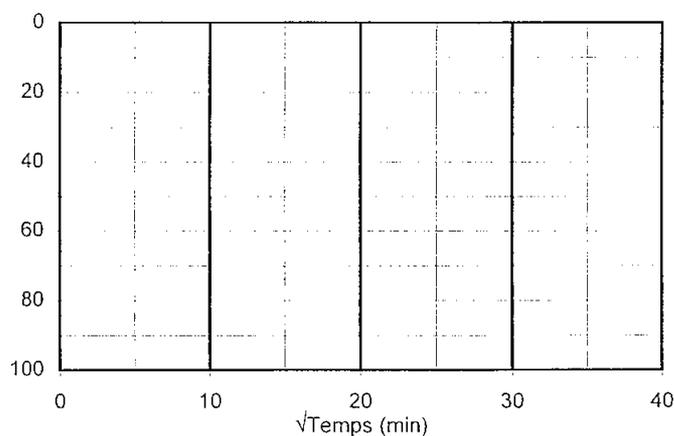
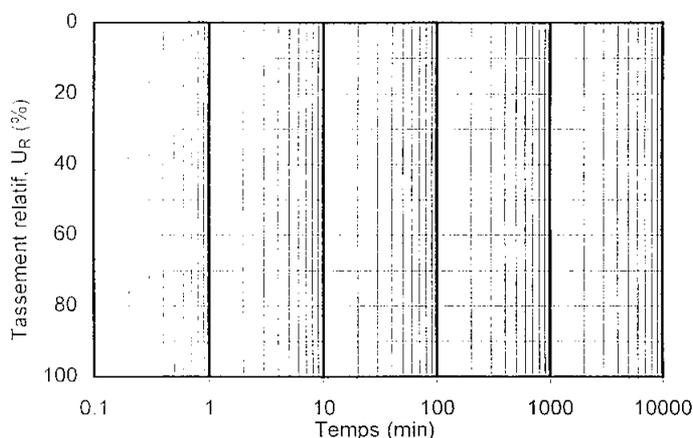
\$A\_t\$ : Section du tube

\$A\_s\$ : Section du spécimen

$K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

\$L\_s\$ : Épaisseur du spécimen

Évaluation graphique du coefficient de consolidation



Déterm. no	\$L_s\$ (cm)	\$\sigma_v\$ (kPa)	\$t_{50}\$	\$t_{90}\$	\$\Delta t / \beta\$	\$Cv_{50}\$	\$Cv_{90}\$	\$Cv_{asa}\$	\$C_{\alpha}\$ (1/1)	\$C_{\alpha} / C_c\$ (1/1)
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$

\$T = 0.20 \quad r \quad t\_{50}\$ (Casagrande)

\$T = 0.85 \quad r \quad t\_{90}\$ (Taylor)

$Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

\$\beta = \Delta U\_{R(n-1)} / \Delta U\_{R(n)}\$ (Asaoka)

DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

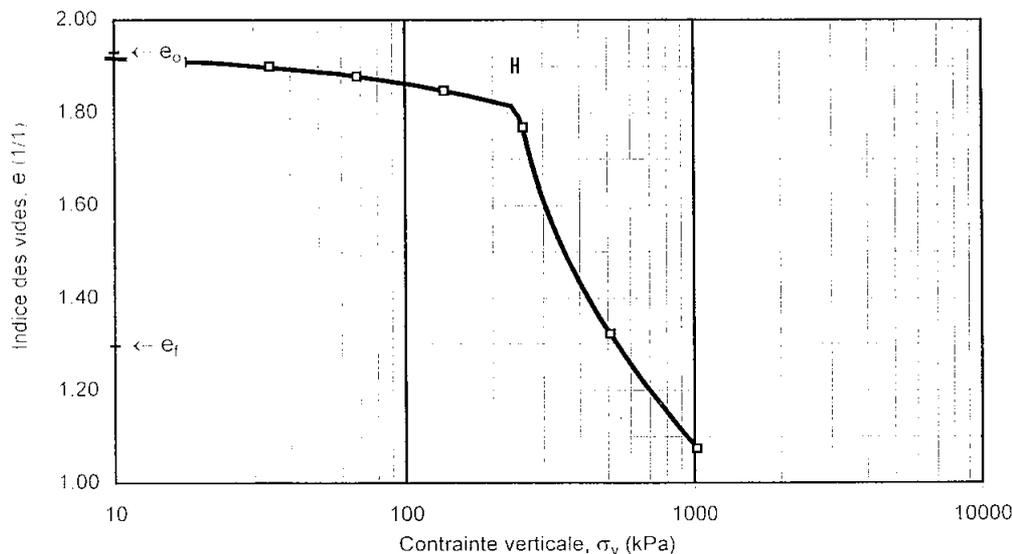
 SONDAGE : F-008  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.32 - 12.40

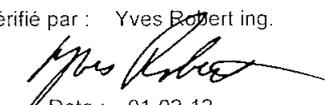
 ÉCH. No. : 008-5  
 Fichier no. : 008-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.04
Volume (cc) :	60.73	47.58
M. humide + tare	258.00	245.61
M. tare :	160.34	160.34
M. humide :	97.66	85.27
M. sèche :	57.45	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	70.0	48.4
Ind. des vides :	1.930	1.296
Degr. e saturat.	100.8	103.9

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	283.14	97.66	245.61	
M. sèche	177.99	57.45		71.85
Tare no.	500		Anneau	130
M. tare	14.16		160.34	14.40
w (%)	64.2	70.0	48.4	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-01-29	0.1	987		3	0.00	1.930					
Co1	01-01-29	0.2	1016	2	7	0.28	1.922		1.2	0.027		
Co2	01-01-30	0.5	1059	5	17	0.70	1.909	7.0E-08	2.4	0.031	1.7E-03	Kv1
Co3	01-01-30	1.0	1097	12	34	1.02	1.900		5.2	0.031		
Co4	01-01-31	2.0	1175	20	68	1.75	1.879		4.6	0.071		
Co5	01-01-31	4.0	1290	34	136	2.81	1.848		6.3	0.103		
Co6	01-02-01	7.5	1565	50	256	5.50	1.769	4.4E-08	4.4	0.289	2.3E-03	Kv2
Co7	01-02-02	15.0	3048	68	511	20.76	1.322	1.4E-08	1.6	1.485	4.2E-04	Kv3
Co8	01-02-04	30.0	3879	89	1022	29.20	1.074		5.9	0.821		
Do9	01-02-05	0.1	3075	10	3	21.65	1.296					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	236 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	246 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.04 1/1
$C_c \text{ max}$ :	2.67 1/1
Remarques	
$C_v : k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$ (*) : Valeur estimée Effectué par H.B.	
Vérifié par : Yves Robert ing.  Date : 01-02-12	

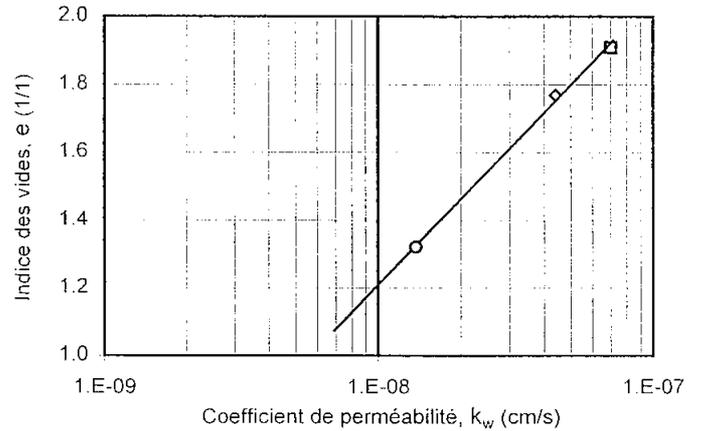
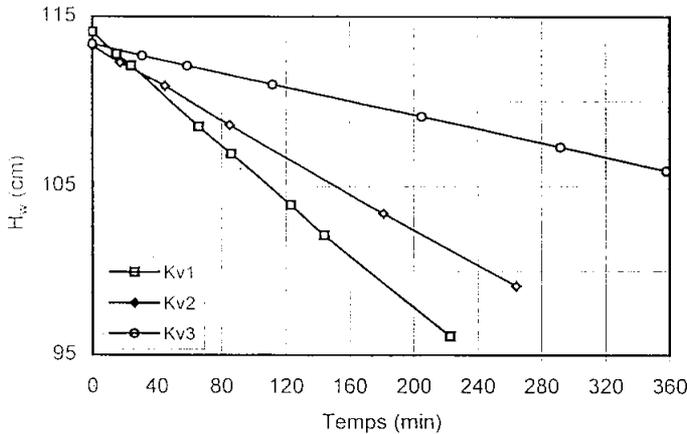


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-008  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.32 - 12.40

ÉCH. No. : 008-5  
 Fichier no. : 008-5.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Kv1	1.907	1.909	0.0905	0.9999	7.01E-08	C <sub>k</sub> :	0.84 Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Kv2	1.814	1.769	0.0905	0.9999	4.39E-08	K <sub>w(eo)</sub> :	7.2E-08 cm/s
Kv3	1.521	1.322	0.0905	0.9999	1.38E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.44 1/1

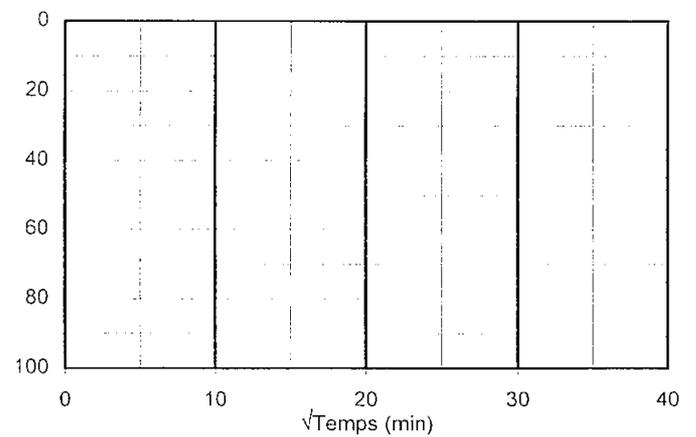
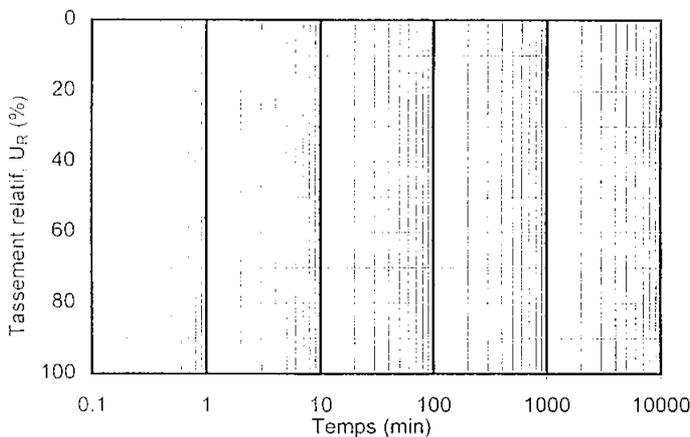
$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	ΔU/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

$Cv_{asa} = (L_e/\pi)^2 \beta / \Delta t$

β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-009

ÉCHANT. : TM-3

PROF. (m) : 6.46 - 6.56

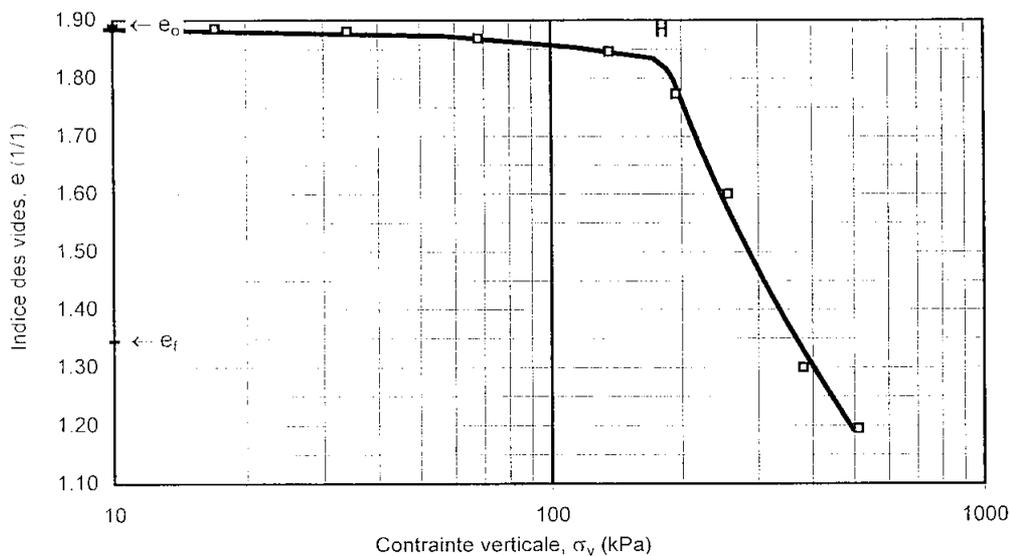
Échant. no. : 009-3

Fichier no. : 009-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.57
Volume (cc) :	60.73	49.26
M. humide + tare	174.22	163.12
M. tare :	76.55	76.55
M. humide :	97.67	86.57
M. sèche :	58.22	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	67.8	48.7
Ind. des vides :	1.891	1.345
Degr. de saturat.	99.6	100.6

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	total	humide	sec
M. humide	38.27	97.67	163.12	
M. sèche	23.08	58.22		72.70
Tare no.	1410		Anneau	144
M. tare	1.01		76.55	14.48
w (%)	68.8	67.8	48.7	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-04-10	0.1	143		3	0.00	1.891					
Co1	01-04-11	0.2	148	2	7	0.03	1.890		10.7	0.003		
Co2	01-04-11	0.5	165	5	17	0.18	1.886	8.6E-08	6.8	0.011	5.5E-03	kv1
Co3	01-04-12	1.0	190	12	34	0.36	1.881		8.9	0.018		
Co4	01-04-13	2.0	238	20	68	0.78	1.868		8.0	0.040		
Co5	01-04-15	4.0	325	34	136	1.55	1.846		8.7	0.074		
Co6	01-04-16	5.7	578	43	194	4.09	1.773		2.3	0.477		
Co7	01-04-17	7.5	1159	50	256	10.06	1.600	3.0E-08	1.0	1.450	4.8E-04	kv2
Co8	01-04-18	11.2	2167	60	382	20.45	1.300		1.2	1.725		
Co9	01-04-19	15.0	2522	68	511	24.07	1.195	1.6E-08	3.6	0.824	5.5E-04	kv3
Do10	01-04-19	0.1	1956		3	18.89	1.345					

**Résultats d'essai** $\sigma_{p \text{ min}}$  : 177 kPa $\sigma_{p \text{ max}}$  : 185 kPa $C_{rc \text{ moy}}$  : 0.01 1/1 $C_c \text{ max}$  : 2.02 1/1**Remarques** $C_v : k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$ 

(\*) : Valeur estimée

Effectué par H. Bilodeau, ing.

Vérifié par : Yves Robert ing.

Date : 01-04-20

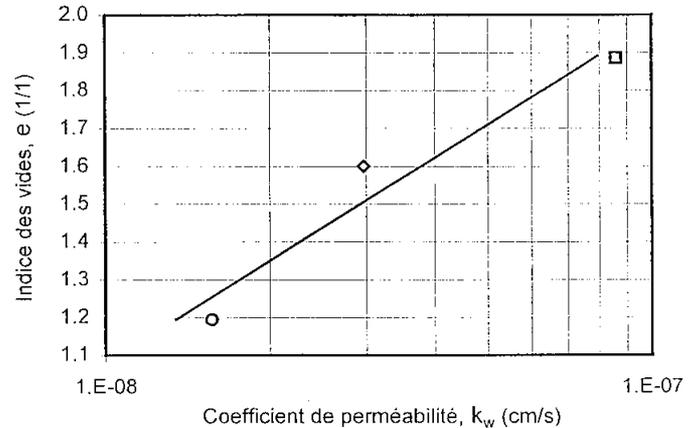
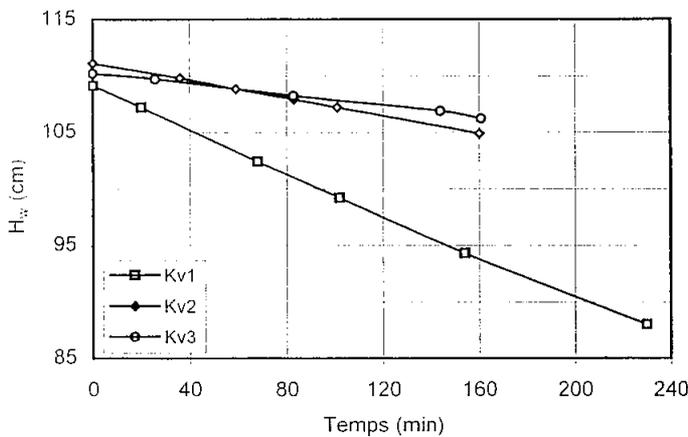


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-009  
 ÉCHANT. : TM-3  
 PROF. (m) : 6.46 - 6.56

Échant. no. : 009-3  
 Fichier no. : 009-3.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
kv1	1.917	1.886	0.0905	0.9999	8.59E-08	C <sub>k</sub> :	0.90 Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
kv2	1.727	1.600	0.0905	0.9996	2.97E-08	K <sub>w(eo)</sub> :	7.9E-08 cm/s
kv3	1.458	1.195	0.0905	0.9954	1.57E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.48 1/1

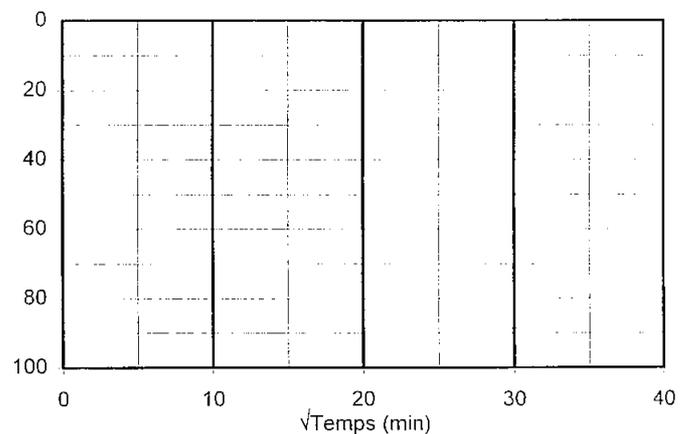
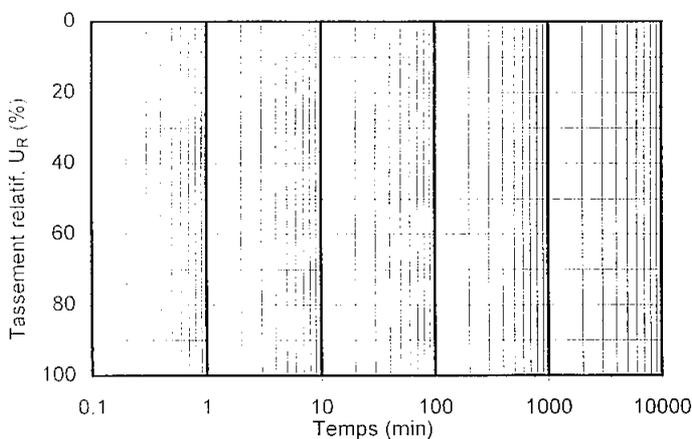
$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w)/\Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_c / \pi)^2 \beta / \Delta t$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

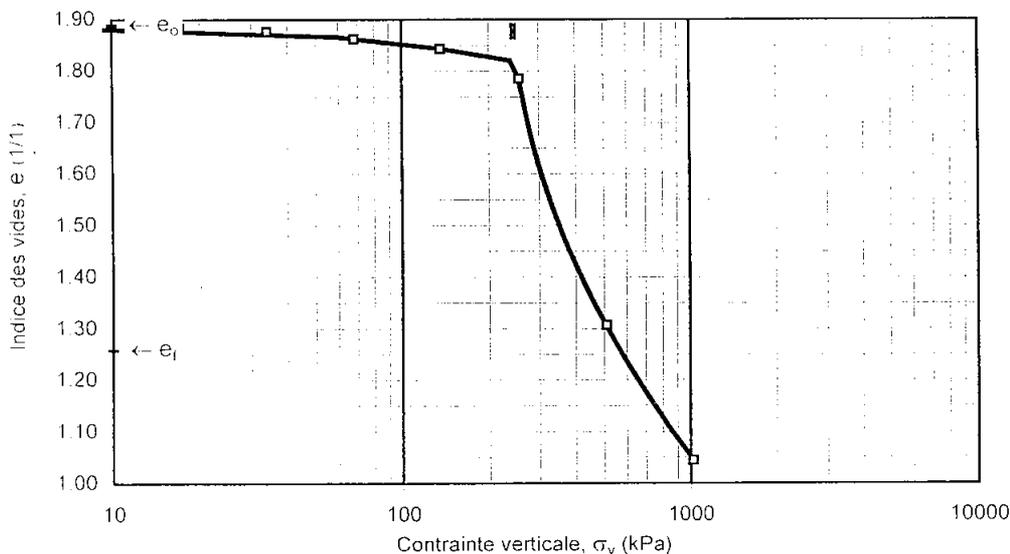
 SONDAGE : F-009  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.40 - 12.48

 ÉCH. No. :  
 Fichier no. : 009-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.01
Volume (cc) :	60.73	47.47
M. humide + tare	174.27	161.39
M. tare :	76.05	76.05
M. humide :	98.22	85.34
M. sèche :	58.27	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	68.6	46.5
Ind. des vides :	1.889	1.258
Degr. e saturat.	100.9	102.7

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	1	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	42.30	98.22	161.39	
M. sèche	25.76	58.27		72.94
Tare no.	1322		Anneau	175
M. tare	1.03		76.05	14.67
w (%)	66.9	68.6	46.5	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
lo	01-02-05	0.1	3		3	0.00	1.889					
Co1	01-02-06	0.2	10	2	7	0.05	1.887		6.4	0.005		
Co2	01-02-06	0.5	28	5	17	0.21	1.883		6.3	0.011		
Co3	01-02-06	1.0	55	12	34	0.42	1.877	8.8E-08	8.0	0.020	6.6E-03	kv1
Co4	01-02-07	2.0	111	20	68	0.92	1.862		6.7	0.048		
Co5	01-02-07	4.0	187	34	136	1.57	1.843		10.3	0.062		
Co6	01-02-08	7.5	397	50	256	3.59	1.785	5.3E-08	5.8	0.213	3.9E-03	kv2
Co7	01-02-09	15.0	2005	68	511	20.15	1.307	1.4E-08	1.5	1.589	4.4E-04	kv3
Co8	01-02-11	30.0	2900	89	1022	29.25	1.044		5.5	0.874		
Do9	01-02-12	0.1	2109	10	3	21.83	1.258					



Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	241 kPa
$\sigma_p$ max :	248 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.02 1/1
$C_c$ max :	2.82 1/1

Remarques

 $C_v : k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$   
 (\*) : Valeur estimée  
 Effectué par H.B.

Vérifié par : Yves Robert ing.



Date : 01-02-12

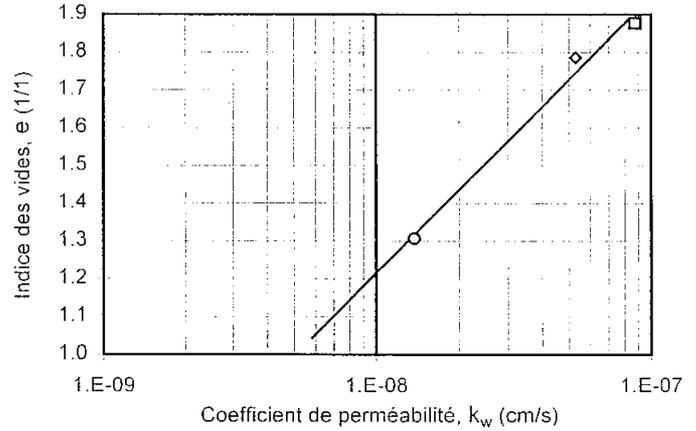
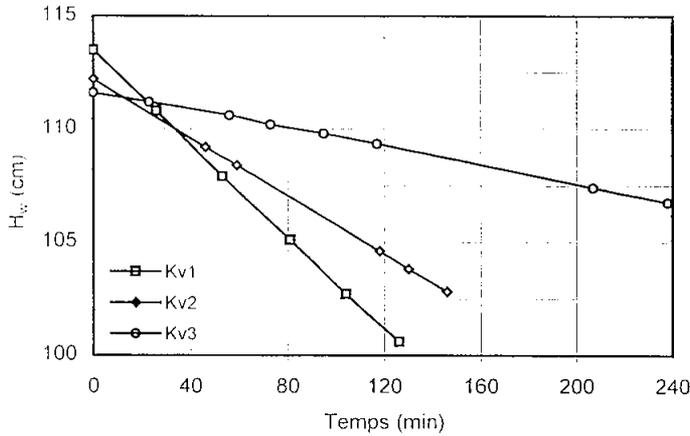


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-009  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.40 - 12.48

ÉCH. No. :  
 Fichier no. : 009-5.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



Mesure no	\$L_s\$ (cm)	\$e\$ (1/1)	\$A_t\$ (cm <sup>2</sup> )	\$R^2\$ (1/1)	\$K_w\$ (cm/s)	Regression \$e - \log(K_w)\$	
kv1	1.912	1.877	0.0905	0.9999	8.76E-08	\$C_k\$ :	0.73 \$\Delta e / \Delta \log_{10}(K_w)\$
kv2	1.851	1.785	0.0905	0.9999	5.30E-08	\$K_{weo}\$ :	8.3E-08 cm/s
kv3	1.533	1.307	0.0905	0.9985	1.38E-08	\$C_k / e_o\$ :	0.39 1/1

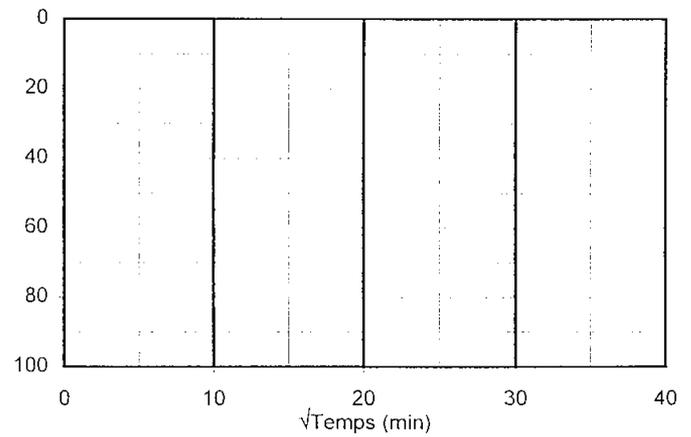
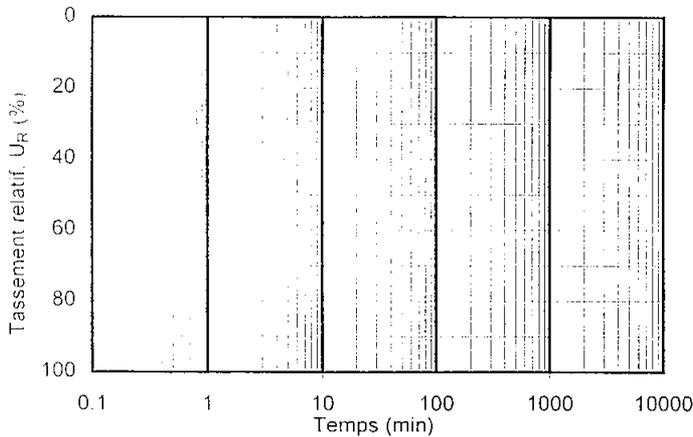
$K_w = (A_t / A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

\$A\_t\$ : Section du tube

\$A\_s\$ : Section du spécimen

\$L\_s\$ : Épaisseur du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	\$L_s\$ (cm)	\$\sigma_v\$ (kPa)	\$t_{50}\$	\$t_{90}\$	\$\Delta t / \beta\$	\$Cv_{50}\$	\$Cv_{90}\$	\$Cv_{asa}\$	\$C_{\alpha}\$ (1/1)	\$C_{\alpha} / C_c\$ (1/1)
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_c / \pi)^2 \beta / \Delta t$

\$T = 0.20\$ r \$t\_{50}\$ (Casagrande)

\$T = 0.85\$ r \$t\_{90}\$ (Taylor)

\$\beta = \Delta U\_{R(n-1)} / \Delta U\_{R(n)}\$ (Asaoka)



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-012

ÉCHANT. : TM-3

PROF. (m) : 6.62 - 6.72

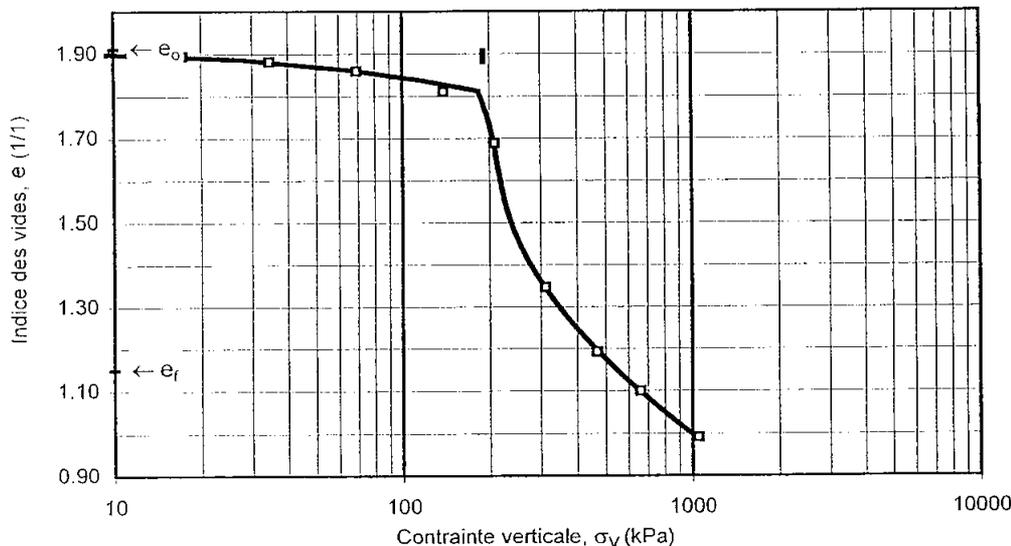
Échant. no. : 012-3

Fichier no. : 012-3.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	14.18
Volume (cc) :	60.90	44.97
M. humide + tare	256.68	241.22
M. tare :	159.39	159.40
M. humide :	97.29	81.82
M. sèche :	57.35	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	69.6	42.7
Ind. des vides :	1.912	1.150
Degr. de saturat.	100.2	102.0

Équipement et constantes				
Chassis :	4	Levier :	11.20 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.63 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	27.90	97.29	241.22	
M. sèche	17.00	57.35		71.41
Tare no.	1287		Anneau	G-127
M. tare	1.02		159.40	14.06
w (%)	68.2	69.6	42.7	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-05-22	0.1	38		3	0.00	1.912					
Co1	01-05-22	0.2	53	2	7	0.14	1.908		2.5	0.013		
Co2	01-05-22	0.5	97	5	17	0.56	1.895		2.3	0.031		
Co3	01-05-22	1.0	150	12	35	1.04	1.881		3.5	0.046		
Co4	01-05-22	2.0	230	20	69	1.79	1.859		4.5	0.073		
Co5	01-05-23	4.0	406	34	139	3.48	1.810		4.0	0.164		
Co6	01-05-24	6.0	817	44	208	7.66	1.689		1.6	0.690		
Co7	01-05-25	9.0	1955	55	312	19.40	1.347		0.9	1.942		
Co8	01-05-26	13.5	2475	65	467	24.71	1.192		2.9	0.877	3.8E-04	Cv1
Co9	01-05-27	19.1	2791	75	661	27.89	1.099		6.1	0.616		
Co10	01-05-28	30.3	3162	89	1049	31.61	0.991		10.3	0.540		
Do11	01-05-28	0.1	2559	10	3	26.16	1.150					

**Résultats d'essai** $\sigma_p$  min : 188 kPa $\sigma_p$  max : 193 kPa $C_{rc}$  moy : 0.04 1/1 $C_c$  max : 4.02 1/1**Remarques** $C_v$  : Asaoka

(\*) : Valeur estimée

Effectué par H. Bilodeau, ing.

Véifié par : Yves Robert ing.

Date : 01-05-31

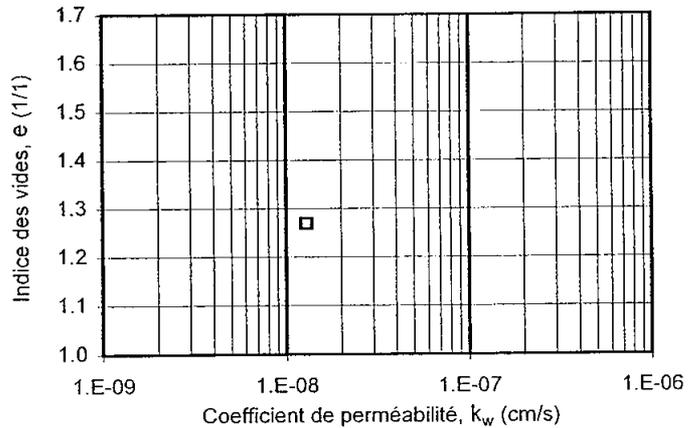
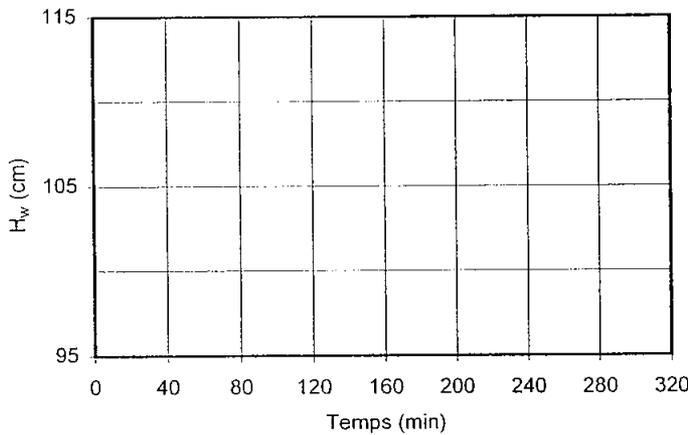


DOSSIER : S-9403-2  
CLIENT : GSI Environnement  
PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
LOCAL :

SONDAGE : F-012  
ÉCHANT. : TM-3  
PROF. (m) : 6.62 - 6.72

Échant. no. : 012-3  
Fichier no. : 012-3.OED

Évaluation du coefficient de perméabilité



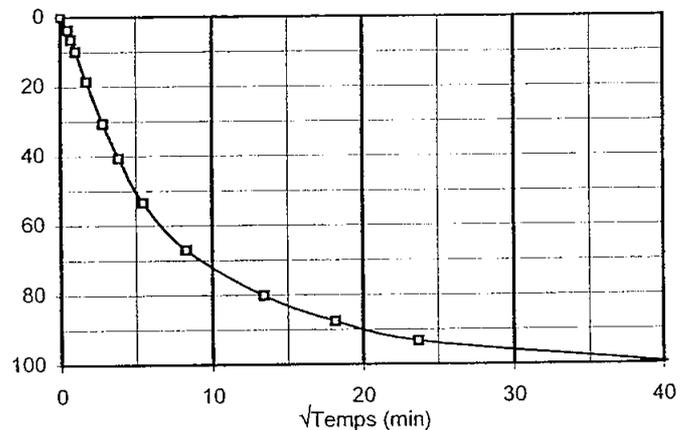
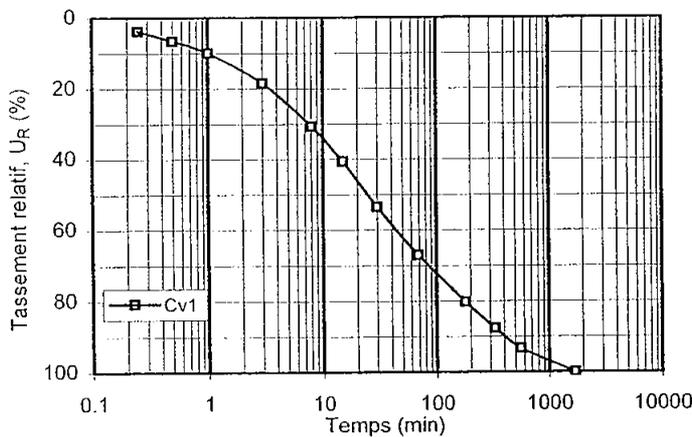
Mesure no	Ls (cm)	e (1/1)	At (cm2)	R <sup>2</sup> (1/1)	Kw* (cm/s)	Regression e - log(Kw)	
Cv1	1.497	1.269			1.29E-08	Ck :	$\Delta e / \Delta \log_{10}(K_w)$
						Kweo :	cm/s
						Ck/eo :	1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

At : Section du tube  
Ls : Épaisseur du spécimen

As : Section du spécimen

Évaluation graphique du coefficient de consolidation



Déterm. no	Ls (cm)	σv (kPa)	t50	t90	Δt/β	Cv50	Cv90	Cvasa	Ca	Ca/Cc
			(min)		(cm <sup>2</sup> /s)			(1/1)	(1/1)	
Cv1	1.497	467	17.2	27.5	10.1	1.1E-04	2.9E-04	3.8E-04	2.14E-02	0.030

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

$T = 0.20 \text{ r } t_{50} \text{ (Casagrande)}$   
 $\beta = \Delta U_{R(n-1)} / \Delta U_{R(n)} \text{ (Asaoka)}$

$T = 0.85 \text{ r } t_{90} \text{ (Taylor)}$



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

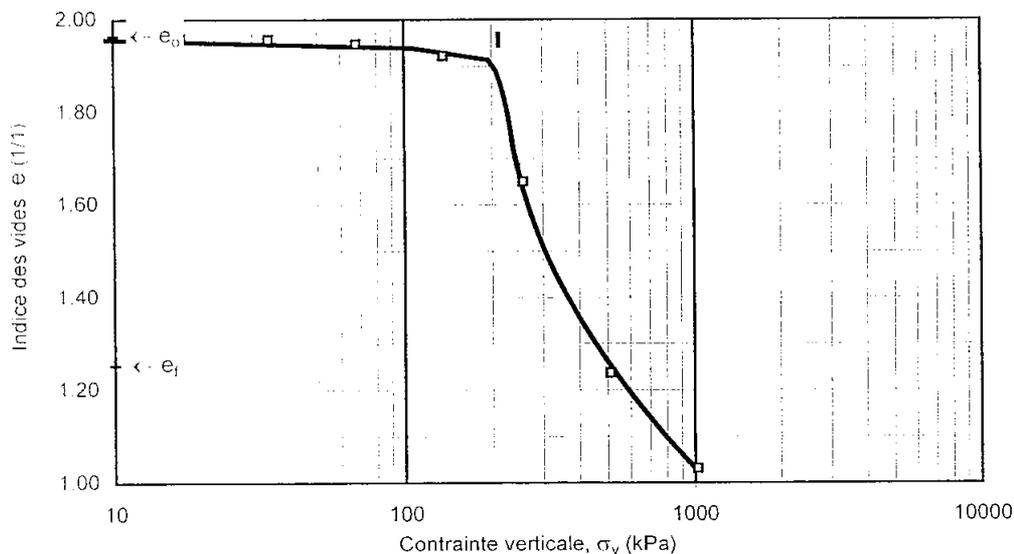
SONDAGE : F-012  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.38 - 12.48

ÉCH. No. : 012-5  
 Fichier no. : 012-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.14	14.54
Volume (cc) :	60.54	46.00
M. humide + tare	256.06	241.76
M. tare :	158.89	158.89
M. humide :	97.17	82.87
M. sèche :	56.61	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	71.6	46.4
Ind. des vides :	1.964	1.252
Degr. e saturat.	101.4	103.0

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	1	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	164.15	97.17	241.76	
M. sèche	102.61	56.61		71.25
Tare no.	185		Anneau	522
M. tare	14.41		158.89	14.64
w (%)	69.8	71.6	46.4	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-02-19	0.1	7		3	0.00	1.964					
Co1	01-02-19	0.2	13	2	7	0.04	1.963		8.0	0.004		
Co2	01-02-20	0.5	25	5	17	0.14	1.960	6.3E-07	10.5	0.007	6.9E-03	Kv1#
Co3	01-02-20	1.0	40	12	34	0.22	1.958		20.0	0.008		
Co4	01-02-20	2.0	79	20	68	0.54	1.948		10.3	0.032		
Co5	01-02-21	4.0	174	34	136	1.39	1.923		7.8	0.084		
Co6	01-02-22	7.5	1072	50	256	10.61	1.650	3.2E-08	1.3	1.000	5.6E-04	Kv2
Co7	01-02-23	15.0	2425	68	511	24.56	1.236	1.3E-08	1.8	1.373	3.7E-04	Kv3
Co8	01-02-25	30.0	3109	89	1022	31.48	1.031		7.2	0.682		
Do9	01-02-26	0.1	2316	10	3	24.02	1.252					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	210 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	214 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.01 1/1
$C_c \text{ max}$ :	4.34 1/1
Remarques	
(#): Résultat douteux $C_v : k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$ (*): Valeur estimée Effectué par H.B.	
Vérfié par : Yves Roberting	
<i>Yves Roberting</i>	
Date : 01-02-25	

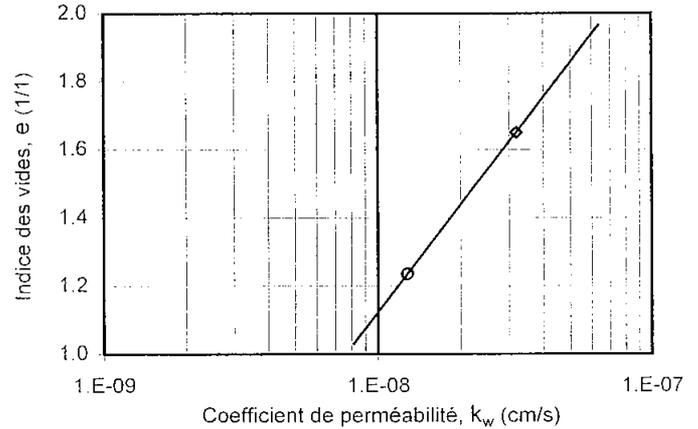
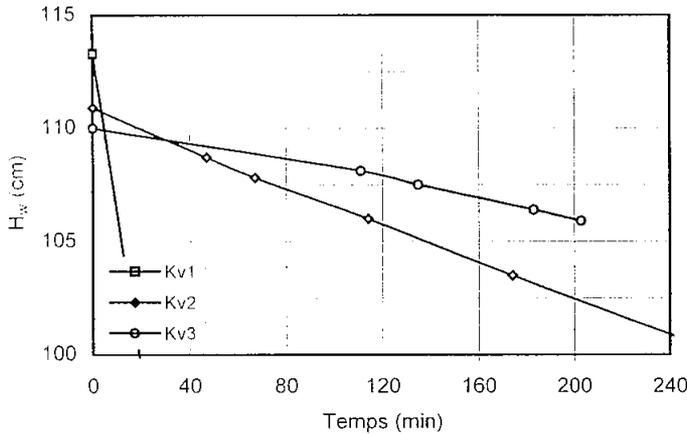


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-012  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.38 - 12.48

ÉCH. No. : 012-5  
 Fichier no. : 012-5.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



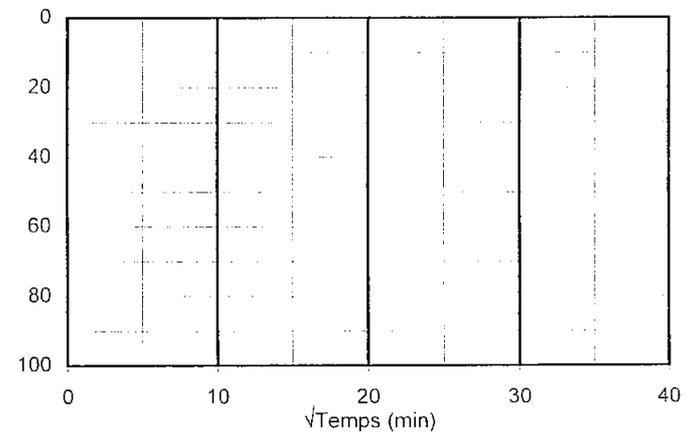
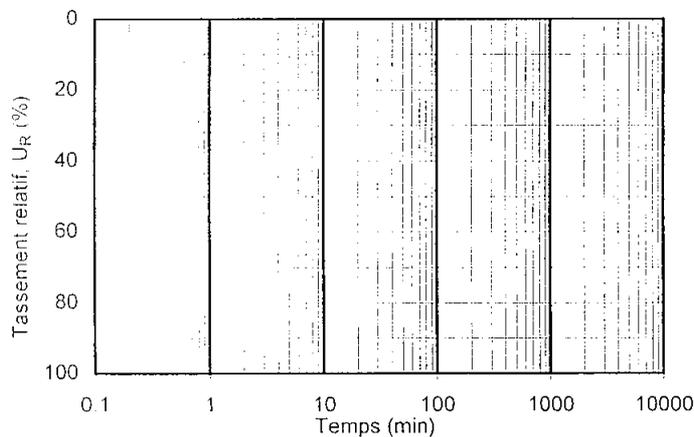
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
						C <sub>k</sub>	Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Kv1#	1.911	1.960	0.0905	0.9973	6.28E-07	1.05	Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Kv2	1.711	1.650	0.0905	0.9995	3.19E-08	K <sub>w(eo)</sub> :	6.4E-08 cm/s
Kv3	1.444	1.236	0.0905	0.9903	1.28E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.53 1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
 L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
			(min)		(cm <sup>2</sup> /s)			(1/1)	(1/1)	

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)  
 β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

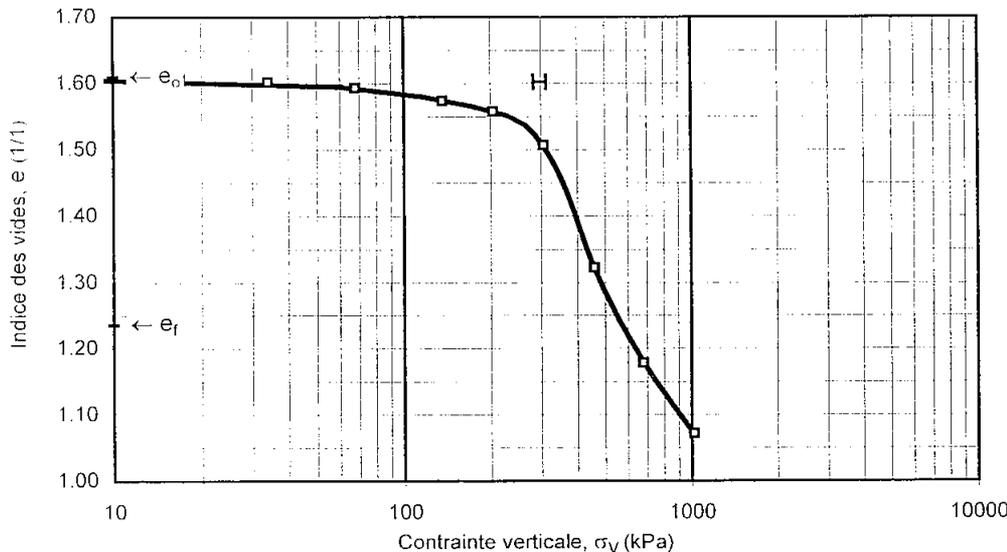
SONDAGE : F-001  
 ÉCHANT. : TM-5  
 PROF. (m) : 12.50 - 12.60

Échant. no. : 001-5  
 Fichier no. : 001-5.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.45
Volume (cc) :	60.90	52.17
M. humide + tare	258.83	250.30
M. tare :	157.51	157.51
M. humide :	101.32	92.79
M. sèche :	63.99	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	58.3	45.0
Ind. des vides :	1.609	1.235
Degr. de saturat.	99.7	100.2

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	33.98 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	33.58	101.32	250.30	
M. sèche	21.88	63.99		78.00
Tare no.	1317		Anneau	G-162
M. tare	1.03		157.51	14.01
w (%)	56.1	58.3	45.0	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\epsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-05-14	0.1	17		3	0.00	1.609					
Co1	01-05-14	0.2	22	2	7	0.03	1.609		10.7	0.003		
Co2	01-05-15	0.5	32	5	17	0.10	1.607		13.5	0.005		
Co3	01-05-15	1.0	56	12	34	0.28	1.602		9.4	0.015		
Co4	01-05-15	2.0	95	20	68	0.60	1.594		10.3	0.028		
Co5	01-05-15	4.0	181	34	136	1.36	1.574		8.8	0.065		
Co6	01-05-16	6.0	251	44	204	1.98	1.558		10.9	0.092		
Co7	01-05-17	9.0	449	55	306	3.93	1.507		5.2	0.289	1.2E-03	Cv1
Co8	01-05-18	13.5	1136	65	459	10.98	1.323		2.2	1.044		
Co9	01-05-19	20.0	1680	77	680	16.52	1.178		4.0	0.848	1.6E-04	Cv2
Co10	01-05-20	30.0	2083	89	1019	20.59	1.072		8.3	0.603		
Do11	01-05-22	0.1	1403	10	3	14.33	1.235					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	283 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	313 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.01 1/1
$C_c \text{ max}$ :	1.29 1/1

Remarques

$C_v$  : Asaoka  
 (\*): Valeur estimée  
 Effect. par H. Bilodeau, ing.

Vérfié par : Yves Robert ing.

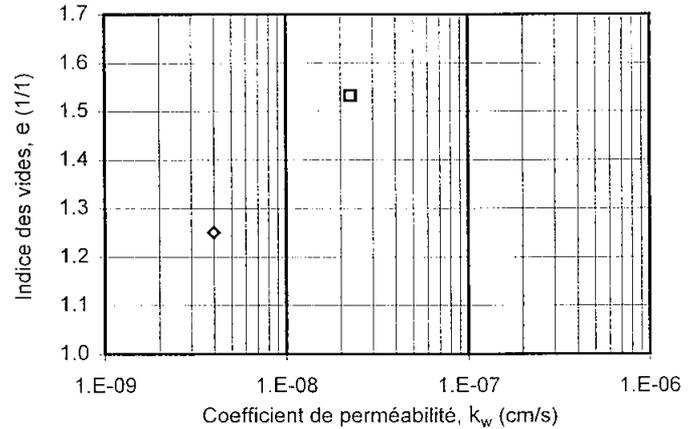
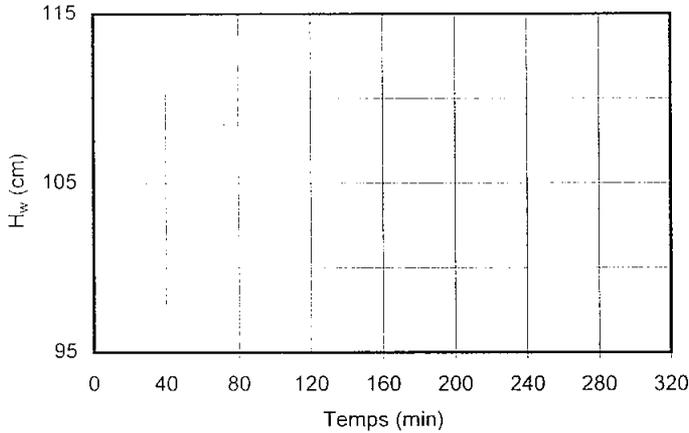
*Yves Robert*  
 Date : 01-06-06



DOSSIER : S-9403-2  
CLIENT : GSI Environnement  
PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
LOCAL :

SONDAGE : F-001  
ÉCHANT. : TM-5  
PROF. (m) : 12.50 - 12.60  
Échant. no. : 001-5  
Fichier no. : 001-5.OED

Évaluation du coefficient de perméabilité



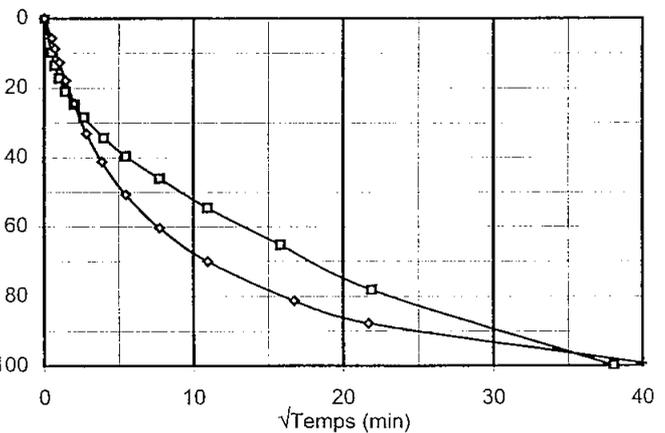
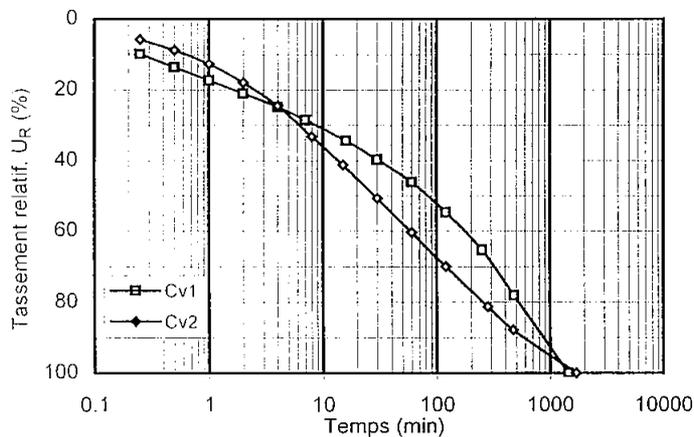
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> * (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Cv1	1.863	1.532			2.27E-08	C <sub>k</sub> :	Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Cv2	1.656	1.251			3.98E-09	K <sub>w<sub>eo</sub></sub> :	cm/s
						C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

Évaluation graphique du coefficient de consolidation



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
Cv1	1.863	306		10.3	5.0		1.2E-03	1.2E-03		
Cv2	1.656	680	14.6	71.7	29.4	1.6E-04	1.4E-04	1.6E-04	4.13E-02	0.059

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e / \pi)^2 \beta / \Delta t$

T = 0.20 pour t<sub>50</sub> (Casagrande)  
β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

T = 0.85 pour t<sub>90</sub> (Taylor)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

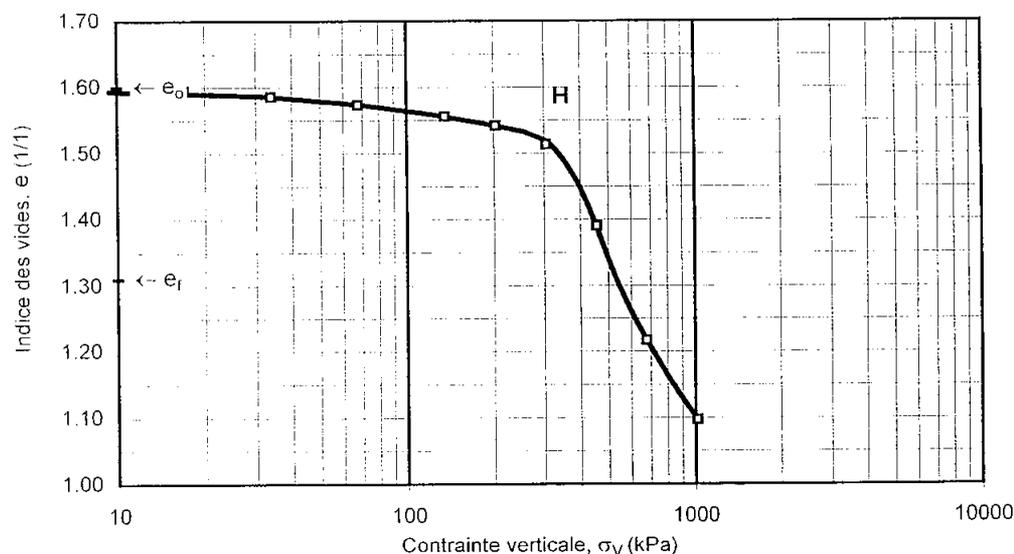
SONDAGE : F-002  
 ÉCHANT. : TM-7  
 PROF. (m) : 18.28 - 18.42

Échant. no. : 002-7  
 Fichier no. : 002-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	17.06
Volume (cc) :	60.90	54.11
M. humide + tare	259.68	252.81
M. tare :	157.92	157.92
M. humide :	101.76	94.89
M. sèche :	64.22	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	58.5	47.8
Ind. des vides :	1.600	1.310
Degr. de saturat.	100.5	100.3

Équipement et constantes				
Chassis :	2	Levier :	10.96 1/1	
Anneau :	2	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	2	Fact. :	33.89 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	30.71	101.76	252.81	
M. sèche	19.86	64.22		78.20
Tare no.	1426		Anneau	G-163
M. tare	1.02		157.92	13.98
w (%)	57.6	58.5	47.8	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-05-14	0.1	45		3	0.00	1.600					
Co1	01-05-14	0.2	51	1	7	0.05	1.599		6.6	0.004		
Co2	01-05-15	0.5	69	4	17	0.21	1.594		6.0	0.011		
Co3	01-05-15	1.0	103	5	34	0.55	1.586		5.0	0.029		
Co4	01-05-15	2.0	154	10	68	1.04	1.573		6.8	0.042		
Co5	01-05-15	4.0	225	16	136	1.71	1.556		9.9	0.058		
Co6	01-05-16	6.0	284	22	203	2.26	1.541		12.1	0.082		
Co7	01-05-17	9.0	395	29	305	3.35	1.513		9.3	0.160	2.1E-02	Cv1
Co8	01-05-18	13.5	857	38	457	8.06	1.390		3.2	0.696		
Co9	01-05-19	20.0	1509	50	678	14.73	1.217		3.3	1.016	2.5E-04	Cv2
Co10	01-05-20	30.0	1965	63	1017	19.35	1.097		7.3	0.681		
Do11	01-05-22	0.1	1125	9	3	11.16	1.310					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	330 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	360 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.03 1/1
$C_c \text{ max}$ :	1.21 1/1

Remarques

$C_v$  : Asaoka  
 (\*) : Valeur estimée  
 Effect. par H. Bilodeau, ing.

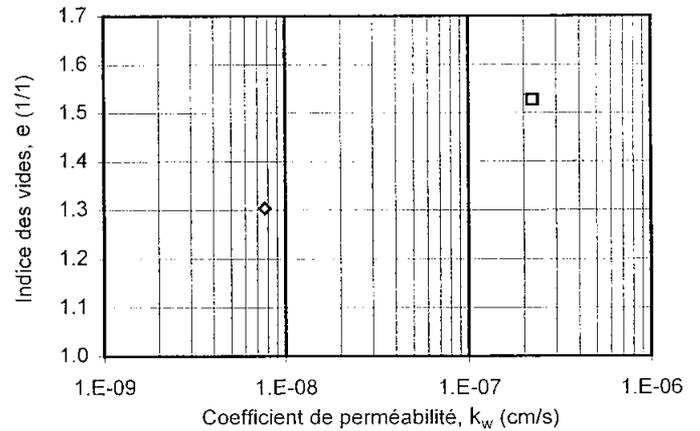
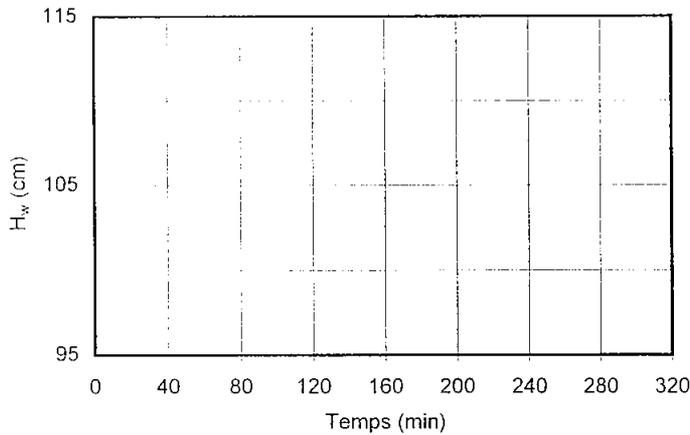
Véifié par : Yves Robert ing.

*[Signature]*  
 Date : 01-06-06



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

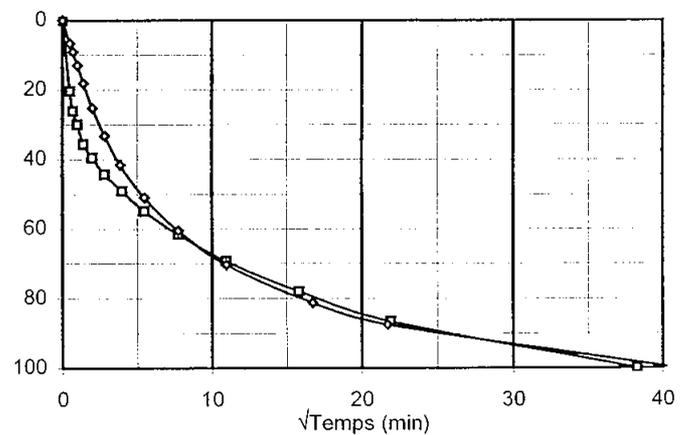
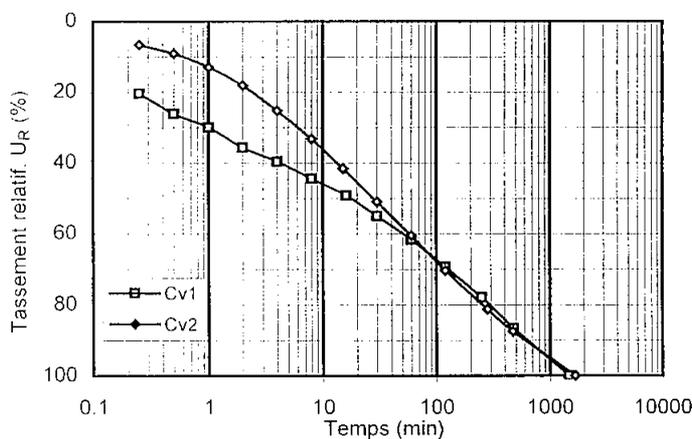
SONDAGE : F-002  
 ÉCHANT. : TM-7  
 PROF. (m) : 18.28 - 18.42  
 Échant. no. : 002-7  
 Fichier no. : 002-7.OED

**Évaluation du coefficient de perméabilité**

Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> <sup>*</sup> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )
Cv1	1.866	1.527			2.23E-07	C <sub>k</sub> : Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Cv2	1.701	1.304			7.69E-09	K <sub>w(eo)</sub> : cm/s
						C <sub>k</sub> /e <sub>o</sub> : 1/1

$$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w)/\Delta t$$

$$K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$$

A<sub>t</sub> : Section du tubeA<sub>s</sub> : Section du spécimenL<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**

Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> /C <sub>c</sub>
Cv1	1.866	305		0.9	0.3		1.4E-02	2.1E-02		
Cv2	1.701	678	13.6	44.0	19.4	1.8E-04	2.3E-04	2.5E-04	4.48E-02	0.058

$$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$$

T = 0.20 pour t<sub>50</sub> (Casagrande)T = 0.85 pour t<sub>90</sub> (Taylor)

$$Cv_{asa} = (L_o/\pi)^2 \beta/\Delta t$$

β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement inc.

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-003

ÉCHANT. : TM-7

PROF. (m) : 18.22 - 18.32

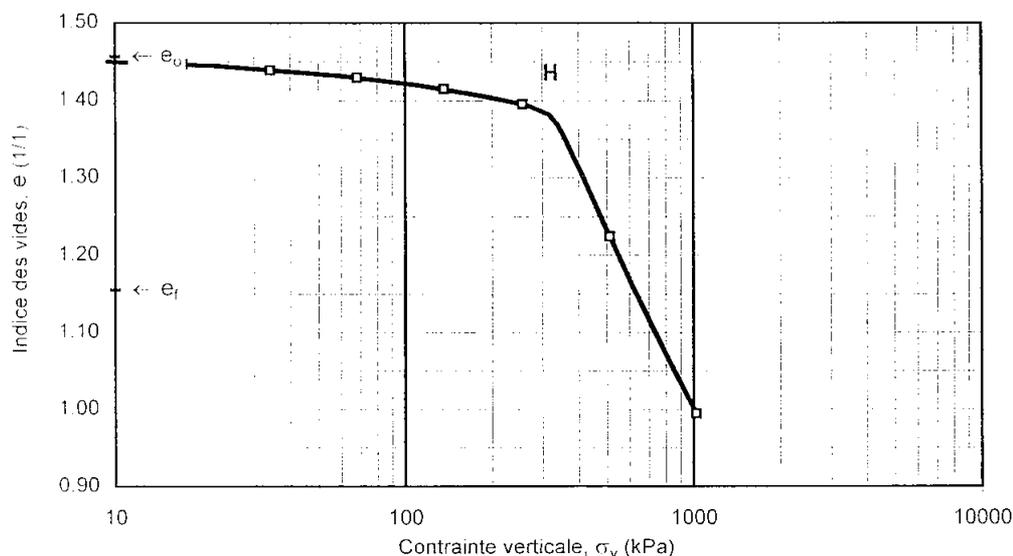
ÉCH. No. : 003-7

Fichier no. : 003-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.84
Volume (cc) :	60.73	53.28
M. humide + tare	264.90	257.71
M. tare :	160.34	160.34
M. humide :	104.56	97.37
M. sèche :	68.52	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	52.6	42.1
Ind. des vides :	1.456	1.155
Degr. e saturat.	100.4	101.3

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.46 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	34.07 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	165.69	104.56	257.71	
M. sèche	114.22	68.52		83.23
Tare no.	1017		Anneau	166
M. tare	14.09		160.34	14.71
w (%)	51.4	52.6	42.1	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\epsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-01-16	0.1	53		3	0.00	1.456					
Co1	01-01-16	0.2	68	2	7	0.14	1.453			0.011		
Co2	01-01-16	0.5	98	5	17	0.42	1.446	1.3E-07	2.5	0.017	4.6E-03	Kv1
Co3	01-01-17	1.0	135	12	34	0.73	1.439		5.3	0.026		
Co4	01-01-17	2.0	179	20	68	1.10	1.429		8.9	0.031		
Co5	01-01-18	4.0	250	34	136	1.70	1.415		11.2	0.049		
Co6	01-01-18	7.5	342	50	256	2.49	1.395	1.0E-07	14.9	0.071	1.6E-02	KV2
Co7	01-01-19	15.0	1028	68	511	9.45	1.224	5.7E-08	3.6	0.568	2.8E-03	KV3
Co8	01-01-22	30.0	1947	89	1022	18.80	0.995		5.4	0.763		
Do9	01-01-23	0.1	1241	10	3	12.27	1.155					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	309 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	334 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.03 1/1
$C_c \text{ max}$ :	0.84 1/1
Remarques	
$C_v : k_w / (m_v \gamma_w)$	
(*) : Valeur estimée	
Effectué par H.B.	
Véifié par : Yves Robert ing.	
Date : 01-02-12	

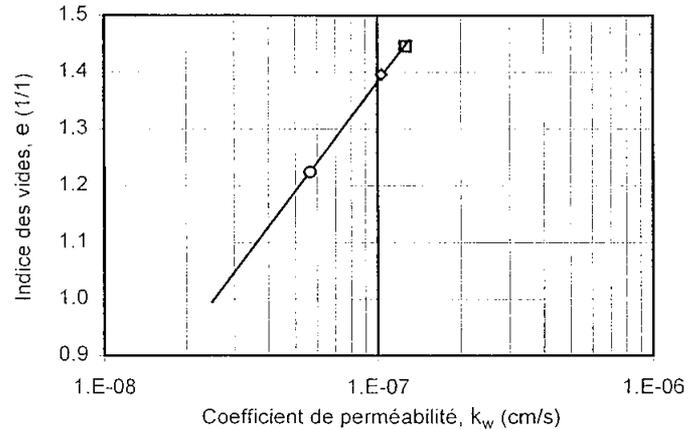
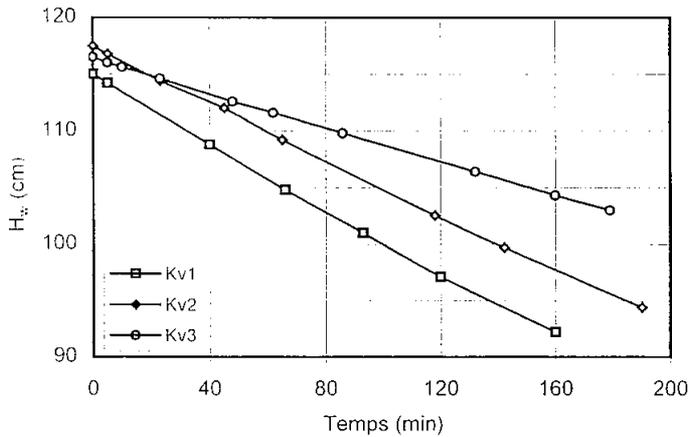


DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

SONDAGE : F-003  
 ÉCHANT : TM-7  
 PROF. (m) : 18.22 - 18.32

ÉCH. No. : 003-7  
 Fichier no. : 003-7.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



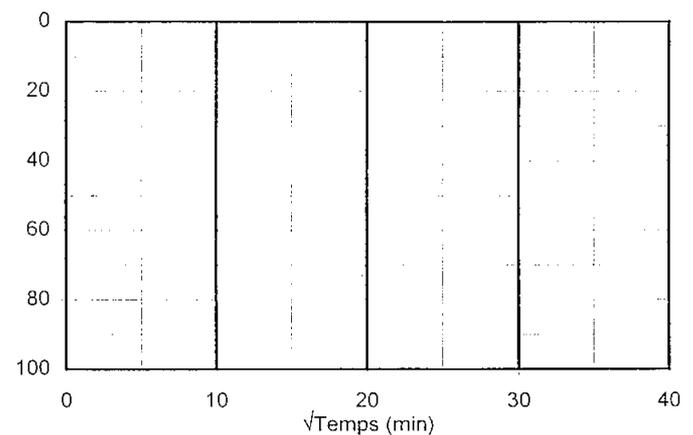
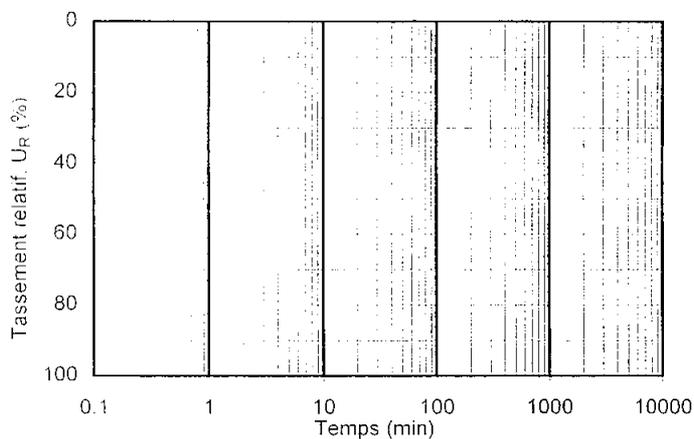
Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Kv1	1.912	1.446	0.0905	0.9998	1.27E-07	C <sub>k</sub> :	0.64 Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
KV2	1.872	1.395	0.0905	0.9996	1.03E-07	K <sub>w<sub>eo</sub></sub> :	1.3E-07 cm/s
KV3	1.739	1.224	0.0905	0.9999	5.68E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.44 1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$   
 $K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

A<sub>t</sub> : Section du tube  
 L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>
			(min)							

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$   
 $Cv_{asa} = (L_e/\pi)^2 \beta / \Delta t$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)  
 β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement inc.  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

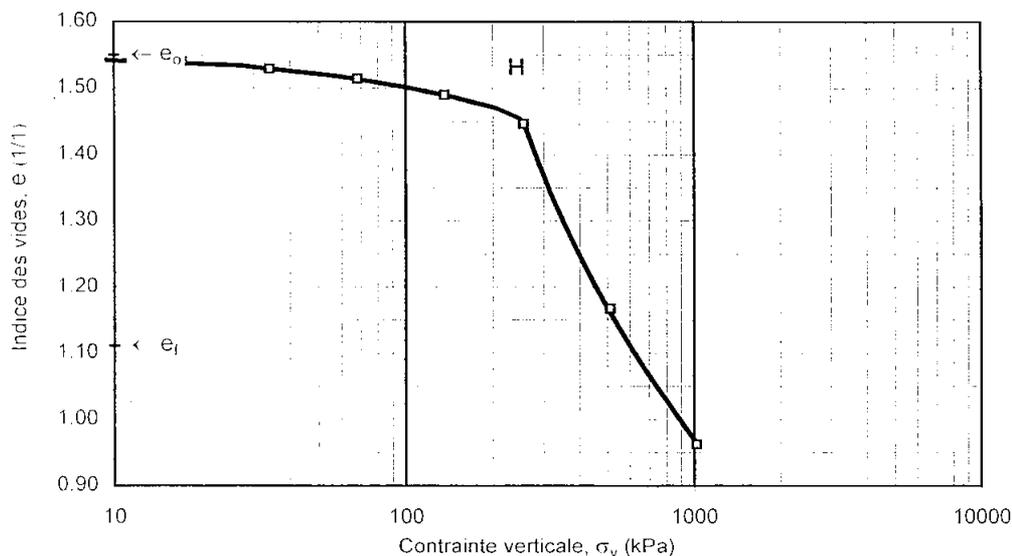
SONDAGE : F-006  
 ÉCHANT. : TM-7  
 PROF. (m) : 18.26 - 18.36

ÉCH. No. : 006-7  
 Fichier no. : 006-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	15.90
Volume (cc) :	60.73	50.28
M. humide + tare	263.34	253.12
M. tare :	160.35	160.35
M. humide :	102.99	92.77
M. sèche :	66.02	
Densité solide :	2.78*	
Teneur en eau :	56.0	40.5
Ind. des vides :	1.550	1.111
Degr. e saturat.	100.5	101.4

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99	1/1
Anneau :	3	Diam. :	63.46	mm
Cellule :	K1	Fact. :	34.07	kPa / kg
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	129.83	102.99	253.12	
M. sèche	88.80	66.02		80.41
Tare no.	143		Anneau	171
M. tare	14.46		160.35	14.39
w (%)	55.2	56.0	40.5	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.	
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1		$C_v$ cm <sup>2</sup> /s
Io	01-01-23	0.1	21		3	0.00	1.550					
Co1	01-01-23	0.2	30	2	7	0.07	1.548		4.6	0.006		
Co2	01-01-23	0.5	62	5	17	0.38	1.540	1.3E-07	3.3	0.019	4.2E-03	Kv1
Co3	01-01-24	1.0	111	12	34	0.81	1.529		3.8	0.037		
Co4	01-01-24	2.0	173	20	68	1.38	1.514		5.9	0.048		
Co5	01-01-25	4.0	281	34	136	2.36	1.489		6.8	0.083		
Co6	01-01-25	7.5	460	50	256	4.05	1.446	8.9E-08	6.9	0.158	6.9E-03	Kv2
Co7	01-01-26	15.0	1529	68	511	15.00	1.167	3.8E-08	2.3	0.927	1.4E-03	Kv3
Co8	01-01-28	30.0	2320	89	1022	23.02	0.963		6.2	0.679		
Do9	01-01-29	0.1	1683	10	3	17.21	1.111					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$	232 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$	253 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$	0.03 1/1
$C_c \text{ max}$	1.18 1/1

## Remarques

$C_v : k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$   
 (\*) : Valeur estimée

Effectué par H.B.

Vérifié par : Yves Robert ing.

*Yves Robert*  
 Date : 01-02-12



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement inc.

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-006

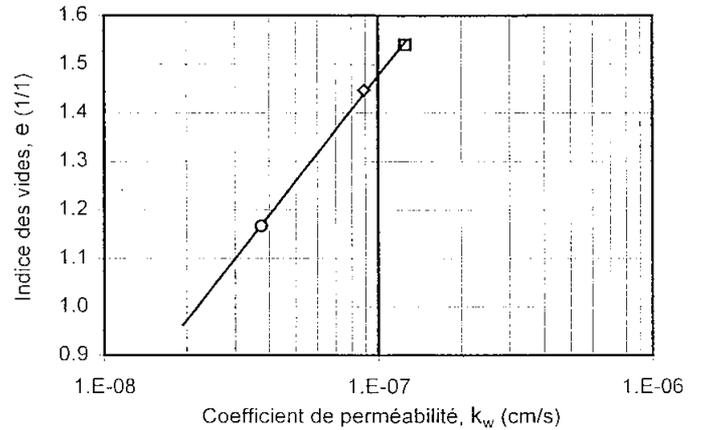
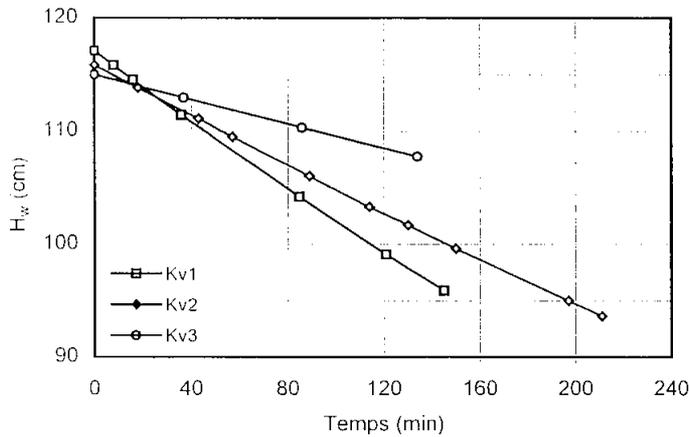
ÉCHANT. : TM-7

PROF. (m) : 18.26 - 18.36

ÉCH. No. : 006-7

Fichier no. : 006-7.OED

**Mesure directe du coefficient de perméabilité**



Mesure no	L <sub>s</sub> (cm)	e (1/1)	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	R <sup>2</sup> (1/1)	K <sub>w</sub> (cm/s)	Regression e - log(K <sub>w</sub> )	
Kv1	1.913	1.540	0.0905	1.0000	1.26E-07	C <sub>k</sub> :	0.72 Δe/Δlog <sub>10</sub> (K <sub>w</sub> )
Kv2	1.842	1.446	0.0905	0.9999	8.88E-08	K <sub>w eo</sub> :	1.3E-07 cm/s
Kv3	1.632	1.167	0.0905	1.0000	3.76E-08	C <sub>k</sub> / e <sub>o</sub> :	0.46 1/1

$K_w = (A_t/A_s) \cdot L_s \cdot \Delta \ln(H_w) / \Delta t$

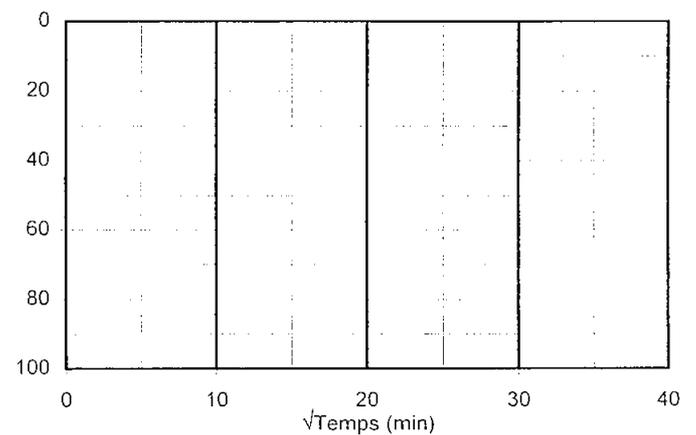
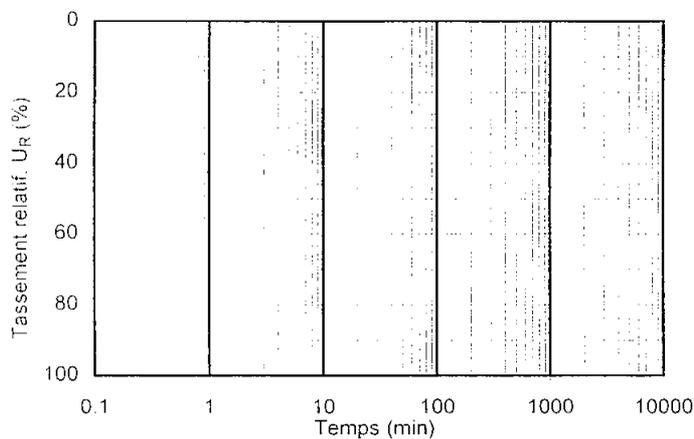
A<sub>t</sub> : Section du tube

A<sub>s</sub> : Section du spécimen

$K_w^* = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w$

L<sub>s</sub> : Épaisseur du spécimen

**Évaluation graphique du coefficient de consolidation**



Déterm. no	L <sub>s</sub> (cm)	σ <sub>v</sub> (kPa)	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	Δt/β	Cv <sub>50</sub>	Cv <sub>90</sub>	Cv <sub>asa</sub>	C <sub>α</sub>	C <sub>α</sub> / C <sub>c</sub>

$Cv_{50} \text{ \& } Cv_{90} = (T \cdot L_s^2) / (4 \cdot t)$

T = 0.20 r t<sub>50</sub> (Casagrande)

T = 0.85 r t<sub>90</sub> (Taylor)

$Cv_{asa} = (L_o^2 / \pi^2) \beta / \Delta t$

β = ΔU<sub>R(n-1)</sub> / ΔU<sub>R(n)</sub> (Asaoka)



DOSSIER : S-9403-2  
 CLIENT : GSI Environnement  
 PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
 LOCAL :

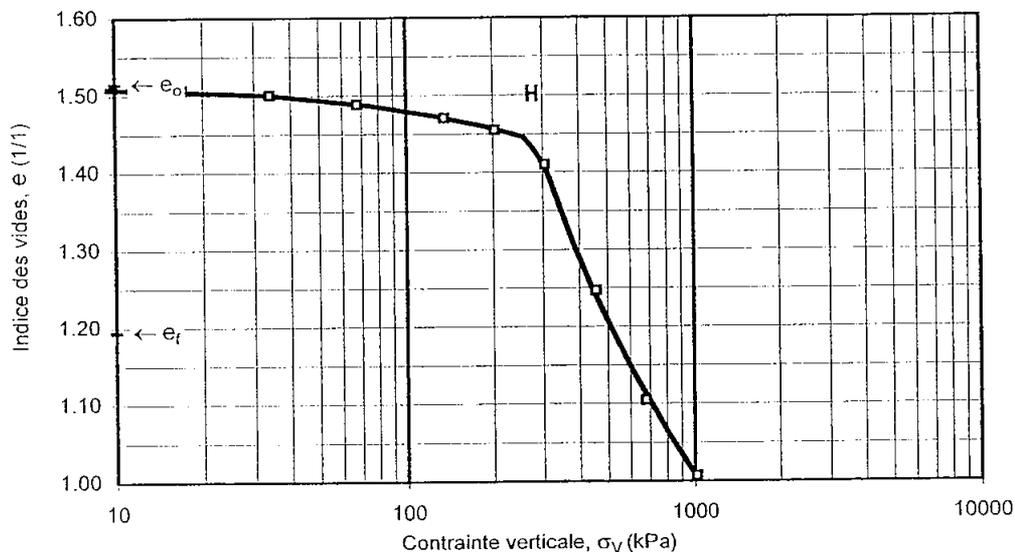
SONDAGE : F-007  
 ÉCHANT. : TM-7  
 PROF. (m) : 18.44 - 18.54

Échant. no. : 007-7  
 Fichier no. : 007-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.75
Volume (cc) :	60.90	53.12
M. humide + tare	260.86	253.10
M. tare :	157.62	157.62
M. humide :	103.24	95.48
M. sèche :	66.41	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	55.5	43.8
Ind. des vides :	1.514	1.193
Degr. de saturat.	100.7	100.9

Équipement et constantes				
Chassis :	2	Levier :	10.96 1/1	
Anneau :	2	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	2	Fact. :	33.89 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	41.82	103.24	253.10	
M. sèche	27.86	66.41		80.67
Tare no.	1431		Anneau	604
M. tare	1.03		157.62	14.26
w (%)	52.0	55.5	43.8	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	
Io	01-05-07	0.1	38		3	0.00	1.514				
Co1	01-05-07	0.2	46	1	7	0.07	1.513		4.7	0.006	
Co2	01-05-08	0.5	69	4	17	0.29	1.507		4.6	0.014	
Co3	01-05-08	1.0	95	5	34	0.54	1.501		6.6	0.021	
Co4	01-05-08	2.0	147	10	68	1.04	1.488		6.7	0.042	
Co5	01-05-09	4.0	221	16	136	1.74	1.471		9.5	0.059	
Co6	01-05-10	6.0	286	22	203	2.35	1.455		10.9	0.088	
Co7	01-05-11	9.0	465	29	305	4.15	1.410		5.6	0.256	
Co8	01-05-12	13.5	1097	38	457	10.64	1.247		2.3	0.926	
Co9	01-05-13	20.0	1653	50	678	16.31	1.104		3.9	0.835	
Co10	01-05-14	30.0	2037	63	1017	20.17	1.007		8.7	0.551	
Do11	01-05-14	0.1	1273	9	3	12.77	1.193				



Résultats d'essai	
$\sigma_p$ min :	266 kPa
$\sigma_p$ max :	286 kPa
$C_{rc}$ moy :	0.02 1/1
$C_c$ max :	1.10 1/1

## Remarques

 $C_v = k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$ 

(\*) : Valeur estimée

Effectué par H. Bilodeau, ing.

Vérifié par : Yves Robart ing.

Date : 01-05-31

DOSSIER : S-9403-2  
CLIENT : GSI Environnement  
PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)  
LOCAL :

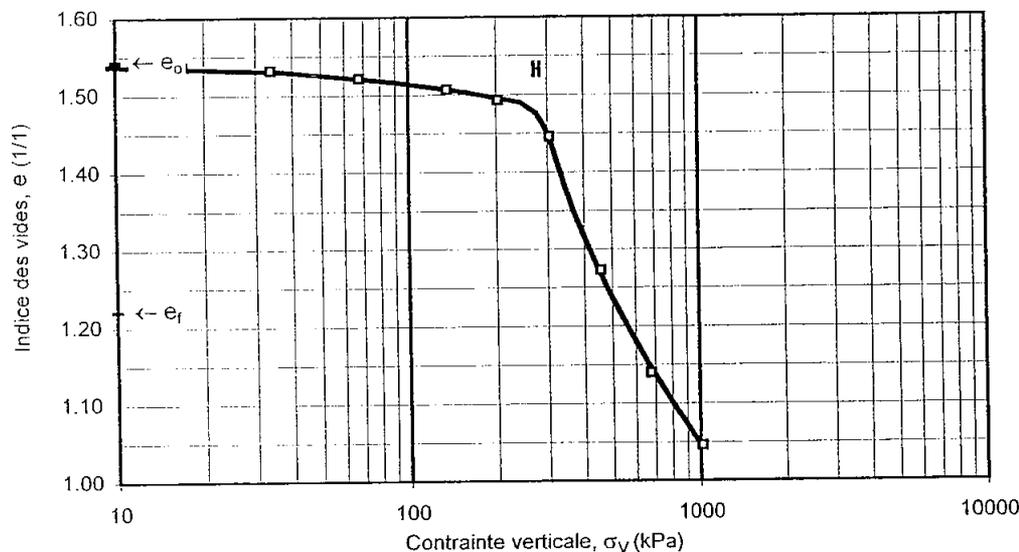
SONDAGE : F-009  
ÉCHANT. : TM-7  
PROF. (m) : 18.46 - 18.56

Échant. no. : 009-7  
Fichier no. : 009-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.77
Volume (cc) :	60.88	53.17
M. humide + tare	260.19	252.25
M. tare :	157.42	157.42
M. humide :	102.77	94.83
M. sèche :	65.63	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	56.6	44.5
Ind. des vides :	1.543	1.221
Degr. de saturat.	100.8	100.2

Équipement et constantes				
Chassis :	1	Levier :	10.95	1/1
Anneau :	1	Diam. :	63.54	mm
Cellule :	1	Fact. :	33.87	kPa / kg
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	26.60	102.77	252.25	
M. sèche	17.42	65.63		79.85
Tare no.	1401		Anneau	606
M. tare	1.02		157.42	14.22
w (%)	56.0	56.6	44.5	

Étape	Chargements				Fin de chargement				Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	$C_v$ cm <sup>2</sup> /s	
Io	01-05-07	0.1	137		3	0.00	1.543					
Co1	01-05-07	0.2	146	4	7	0.05	1.542		6.6	0.004		
Co2	01-05-08	0.5	172	11	17	0.25	1.537		5.0	0.013		
Co3	01-05-08	1.0	199	19	34	0.45	1.532		8.1	0.017		
Co4	01-05-08	2.0	247	27	68	0.87	1.521		7.9	0.035		
Co5	01-05-09	4.0	309	35	135	1.43	1.507		11.9	0.047		
Co6	01-05-10	6.0	369	42	203	1.98	1.493		12.2	0.080		
Co7	01-05-11	9.0	557	50	305	3.85	1.445		5.4	0.270		
Co8	01-05-12	13.5	1220	62	457	10.64	1.273		2.2	0.980		
Co9	01-05-13	20.0	1739	79	677	15.87	1.140		4.2	0.780		
Co10	01-05-14	30.0	2112	98	1016	19.55	1.046		9.1	0.532		
Do11	01-05-14	0.1	1380	26	3	12.67	1.221					



Résultats d'essai	
$\sigma_{p \text{ min}}$ :	270 kPa
$\sigma_{p \text{ max}}$ :	283 kPa
$C_{rc \text{ moy}}$ :	0.02 1/1
$C_c \text{ max}$ :	1.24 1/1

Remarques

$C_v = k_w / (m_v \cdot \gamma_w)$   
(\*): Valeur estimée  
Effect. par H. Bilodeau, ing.  
Vérfié par : Yves Robert, ing.  
Date : 01-05-31



DOSSIER : S-9403-2

CLIENT : GSI Environnement

PROJET : 293-2549-151 (U.T.L.)

LOCAL :

SONDAGE : F-011

ÉCHANT. : TM-7

PROF. (m) : 18.42 - 18.52

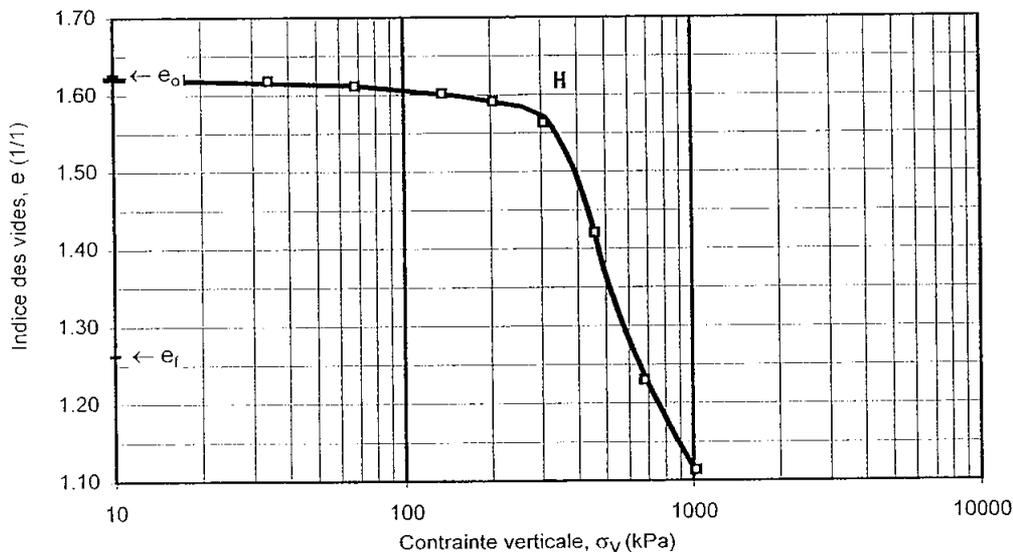
Échant. no. : 011-7

Fichier no. : 011-7.OED

Caractéristiques volumiques		
Étape	Initiale	Finale
Épaisseur (mm) :	19.20	16.54
Volume (cc) :	60.90	52.48
M. humide + tare	260.54	252.30
M. tare :	159.38	159.38
M. humide :	101.16	92.92
M. sèche :	63.59	
Densité solide :	2.75	
Teneur en eau :	59.1	46.1
Ind. des vides :	1.626	1.263
Degr. de saturat.	99.9	100.5

Équipement et constantes				
Chassis :	3	Levier :	10.99 1/1	
Anneau :	3	Diam. :	63.55 mm	
Cellule :	K1	Fact. :	33.98 kPa / kg	
Teneurs en eau et pesées				
Étape	Initiale		Finale totale	
	auxiliaire	totale	humide	sec
M. humide	25.57	101.16	252.30	
M. sèche	16.66	63.59		77.58
Tare no.	1405		Anneau	2000
M. tare	1.02		159.38	13.99
w (%)	57.0	59.1	46.1	

Étape	Chargements				Fin de chargement			Moyen dans l'intervalle			Rem.
	Date aa-mm-jj	Charge kg	Lecture 0.002mm	Correc. 0.002mm	$\sigma_v$ kPa	$\varepsilon_v$ %	e 1/1	$k_w$ cm/s	Module MPa	$C_c$ 1/1	
Io	01-05-07	0.1	52		3	0.00	1.626				
Co1	01-05-07	0.2	61	2	7	0.07	1.624		4.6	0.006	
Co2	01-05-08	0.5	75	5	17	0.19	1.621		8.6	0.008	
Co3	01-05-08	1.0	92	12	34	0.29	1.618		16.0	0.009	
Co4	01-05-08	2.0	125	20	68	0.55	1.611		12.8	0.023	
Co5	01-05-09	4.0	174	34	136	0.92	1.602		18.0	0.032	
Co6	01-05-10	6.0	223	44	204	1.32	1.591		16.8	0.060	
Co7	01-05-11	9.0	336	55	306	2.39	1.563		9.5	0.159	
Co8	01-05-12	13.5	867	65	459	7.81	1.421		2.8	0.808	
Co9	01-05-13	20.0	1575	77	680	15.07	1.230		3.0	1.116	
Co10	01-05-14	30.0	2013	89	1019	19.50	1.114		7.6	0.661	
Do11	01-05-14	0.1	1390	10	3	13.83	1.263				

**Résultats d'essai** $\sigma_p$  min : 340 kPa $\sigma_p$  max : 362 kPa $C_{rc}$  moy : 0.01 1/1 $C_c$  max : 1.43 1/1**Remarques** $C_v$  : kw / (mv.gw)

(\*) : Valeur estimée

Effect. par H. Bilodeau, ing.

Vérfié par : Yves Robert ing.

Date : 01-05-31



## **ANNEXE 5**

**DOCUMENT SYNTHÈSE RÉALISÉ PAR MONSIEUR GUY LEFEBVRE**



## ANNEXE 5

### Synthèse et commentaires sur différents aspects géotechniques – Agrandissement du secteur Nord UTL

Par

**Guy Lefebvre, Ph.D.**  
**Professeur de génie civil**  
**à l'Université de Sherbrooke**

---

#### **I. INTRODUCTION**

Depuis le début du mois d'avril 2001 et à la demande de monsieur Jean-Claude Marron de GSI, j'ai été impliqué dans les aspects géotechniques de ce projet à titre de conseiller technique. Ce document commente les résultats et l'approche des différentes analyses géotechniques réalisées par GSI.

Le projet d'agrandissement du secteur Nord couvre une superficie d'environ 1 km<sup>2</sup> et prévoit, en plus de l'enfouissement souterrain, une hauteur maximale de déchet au-dessus du terrain naturel de l'ordre de 35 m dans une première étape et d'environ 45 m dans une deuxième étape qui sera réalisée dans 20 ou 25 ans. Les parties Est et Ouest de la cellule (étape 1) consistent en deux bandes parallèles faisant environ 500 m de largeur par 1 100 m de longueur qui seront réalisées l'une après l'autre. La partie centrale de la cellule (étape 2) correspondra au remplissage du volume existant entre les parties Est et Ouest de la cellule.

À l'endroit prévu pour cet agrandissement, le terrain est relativement plat autour de l'élévation 21 à la limite est, et plutôt à l'élévation 17 ou 18 à la limite ouest du site. Le sous-sol est constitué d'une couche d'argile d'environ 20 m d'épaisseur reposant sur un till dense. Le dépôt d'argile est recouvert par une couche de sable qui a été, dans le passé, exploitée comme source de matériau. Là où elle est présente, la couche de sable a une épaisseur inférieure à 1,2 m. Les piézomètres installés essentiellement dans la couche de till indiquent des niveaux piézométriques qui coïncident assez bien avec le toit du dépôt d'argile, et qui devraient normalement refléter des conditions quasi hydrostatiques.

L'existence de cette importante couche d'argile a amené la considération de plusieurs aspects géotechniques qui ont eu un impact significatif sur l'élaboration du projet. La profondeur d'excavation dans le dépôt d'argile a d'abord été limitée par la nécessité de conserver une épaisseur d'argile suffisante sous les excavations afin d'assurer la stabilité contre le soulèvement du fond sous l'effet des pressions d'eau transmises par la couche de till. La position du fond des excavations a aussi été fortement influencée par la considération des tassements de l'argile sous le poids des déchets afin que les drains et couches drainantes, placés sur le fond des excavations, respectent, après tassements, les critères de pente pour assurer le bon fonctionnement de ces éléments drainants. La configuration du talus des déchets au-dessus du terrain a enfin été dictée par l'étude de la stabilité de la fondation argileuse sollicitée par la masse des déchets.

Les problématiques liées à l'existence de dépôts d'argile sont fréquemment rencontrées au Québec, autant dans les territoires développés de la vallée du Saint-Laurent, de l'Ontario, de l'Abitibi et du Saguenay – Lac Saint-Jean que dans les régions éloignées de la Baie James ou de la Baie d'Hudson. Une expertise de haut calibre s'est, de ce fait, développée dans ce domaine autant dû à la recherche dans les universités qu'à l'expérience accumulée dans la pratique de l'ingénierie. Dans les années 80, la Société d'Énergie de la Baie James a, par exemple, mis sur pied un comité de spécialistes internationaux pour examiner les aspects liés à la construction sécuritaire de digues sur des fondations argileuses. Pendant deux ans, nous avons, sur ce comité, fait le point et émis des recommandations sur les différentes problématiques liées aux argiles molles,

notamment les investigations et essais, la prédiction des tassements et le calcul de la stabilité.

L'expertise développée avec les argiles de l'Est du Canada permet donc d'aborder avec confiance les aspects géotechniques pour cet agrandissement du secteur Nord au site UTL. Considérant l'ampleur du projet et la sensibilité du public à ce type de développement, une approche très sécuritaire et conservatrice par rapport à la pratique usuelle a quand même été adoptée.

## **2. INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE**

Au début de ce projet, les argiles du site UTL à Lachenaie étaient déjà relativement bien connues à la suite de campagnes d'investigation et de travaux antérieurs, notamment en 1992, lors du développement du secteur Est actuellement en exploitation. Les quatre forages réalisés en 1992 dans le secteur Nord furent complétés à l'hiver 2000-2001 par treize nouveaux forages équipés de piézomètres dans la couche de till et par huit profils scissométriques Nilcon implantés sur le site prévu pour l'agrandissement. Dans les forages, des échantillons non remaniés furent systématiquement prélevés aux profondeurs 6, 12 et 18 m pour la réalisation d'essais de laboratoire. L'ensemble de ces investigations a révélé des conditions relativement homogènes sur l'ensemble du secteur Nord et aussi assez semblables à celles identifiées en 1992 dans le secteur Est.

Pour fins de sécurité, et considérant que les analyses de stabilité sont basées essentiellement sur les profils de résistance au cisaillement non drainé obtenus sur le terrain au scissomètre Nilcon, il fut décidé, en mai 2001, de réaliser vingt-huit nouveaux profils scissométriques. Le secteur Nord a donc été quadrillé par un total de trente-six profils scissométriques Nilcon.

En laboratoire, des essais d'identification (teneur en eau et limite de consistance) et des déterminations de la résistance au cisaillement non drainé et de la sensibilité au cône suédois ont été réalisés de façon systématique. De cinq à sept essais de compression

unidimensionnelle furent aussi réalisés en laboratoire pour chacun des trois niveaux d'échantillonnage afin de déterminer la pression de préconsolidation et les caractéristiques de compressibilité pour le calcul des tassements.

De façon générale, les caractéristiques de l'argile dans ce secteur sont très semblables à celles identifiées en 1992 dans le secteur Est. Comme dans le secteur Est, les caractéristiques de l'argile permettent de séparer le dépôt argileux en deux sous-couches, une couche d'argile supérieure de la surface de l'argile jusqu'à l'élévation 5 m, caractérisée par des valeurs moyennes de teneur en eau et d'indice de plasticité de 65% et 37% comparativement à 56% et 29% pour la couche d'argile inférieure comprise entre l'élévation 5 m et le till sous-jacent. L'argile inférieure est aussi sensiblement moins compressible et plus résistante que l'argile supérieure.

Selon les pressions de préconsolidation déterminées en laboratoire, la préconsolidation du dépôt argileux ( $\sigma'_p - \sigma'_{vo}$ ) est de l'ordre de 150 kPa. La valeur de résistance au cisaillement non drainé déterminée au cône suédois après remaniement de l'argile, généralement comprise entre 1.5 et 3.5 kPa, et un indice de liquidité voisin de 1.0 témoignent d'une sensibilité plutôt moyenne par rapport aux argiles de la vallée du Saint-Laurent.

### **3. STABILITÉ DU FOND DE L'EXCAVATION**

Le fait de laisser en place sous le fond de l'excavation une épaisseur d'argile dont le poids est de 10% supérieure à la pression d'eau existant dans le till sous la couche d'argile (facteur de sécurité de 1.1 contre le soulèvement) assure un niveau de sécurité satisfaisant, dû au fait, en particulier, qu'aucune réduction de la pression d'eau dans le till n'est considérée à la suite de l'excavation. L'approche adoptée ici est identique et a été bien vérifiée depuis 1992 dans le développement du secteur Est. De façon générale, la sécurité contre le soulèvement du fond limite la profondeur d'excavation à 8 ou 9 m.

#### 4. PRÉVISION DES TASSEMENTS

Le captage des lixiviats sur le fond de la cellule sera assuré par une couche drainante sur le fond de l'excavation et des drains acheminant le lixiviat vers les limites extérieures du site. Par exemple, considérant une excavation limitée à 8 m de profondeur à la limite Ouest de la partie de cellule Ouest pour assurer la stabilité du fond, le respect d'un critère de pente de 0,5% pour un drain d'une longueur de 500 m réduirait la profondeur d'excavation à quelque 5.5 m à la limite est de cette même partie de cellule Ouest, c'est-à-dire, dans l'axe Nord-Sud au centre du site. La position du fond de l'excavation sera cependant évidemment affectée par les tassements de l'argile sous l'effet de la masse des déchets d'abord lors du remplissage des deux parties de cellule Est et Ouest et ensuite lors de l'étape 2, lorsque le volume entre les deux parties de cellule Est et Ouest sera comblé jusqu'à une hauteur d'environ 45 m au-dessus des terrains avoisinants. Les tassements de plusieurs mètres dus à la compression de l'argile seraient alors susceptibles non seulement de diminuer mais d'inverser les pentes du drain sur le fond de la cellule. La position initiale de la couche drainante et des drains, en réalité la position initiale du fond des excavations doit donc être déterminée en prévoyant en tout point les tassements qui se développeront à la suite de la mise en place des déchets et en prévoyant aussi une certaine marge de sécurité pour s'assurer que les critères de pentes de la couche drainante et des drains seront respectés à long terme et au cours des différentes étapes du projet.

L'ampleur des tassements dépend des caractéristiques de compressibilité de l'argile, de l'augmentation de la charge effective due à la mise en place des déchets en tenant compte de l'excavation de l'argile et du rabattement de la nappe, et enfin de l'épaisseur de la couche d'argile susceptible de se comprimer.

Une fois la distinction faite entre les couches d'argile inférieure et supérieure, les caractéristiques de compressibilité déterminées en laboratoire dans les essais de compression unidimensionnelle s'avèrent relativement uniformes à travers le site. Par contre, la surcharge due aux déchets varie d'un point à l'autre sur le site et avec les étapes du projet. L'épaisseur d'argile après excavation varie aussi d'un point à l'autre dû à une profondeur

d'excavation variable et aussi de l'élévation du contact entre l'argile et le till qui varie de l'élévation 0 à l'élévation - 4.5 sur le site. L'épaisseur d'argile sous le fond de l'excavation doit, de plus, être ajustée pour tenir compte des tassements prévus et amène, de ce fait, un processus itératif dans les calculs.

Considérant la nécessité de calculer les tassements en un très grand nombre de points sur le site pour pouvoir en tenir compte dans la détermination de la position initiale du fond de l'excavation, le processus de calcul des tassements a été informatisé pour permettre une prédiction des tassements à tous les 25 m sur le site autant pour l'étape 1 que l'étape 2. Cet outil informatisé a aussi permis d'apprécier l'impact de la variabilité des différents paramètres influençant les tassements et d'arriver ainsi à déterminer la marge d'erreur possible sur le calcul des tassements. La position initiale du fond de l'excavation a alors été ajustée non seulement pour tenir compte des tassements prévus mais aussi de l'erreur possible sur le calcul des tassements. La marge d'erreur possible sur le calcul des tassements a amené à viser après tassements une pente pour les drains de 1.3% au lieu de 0.5%. La même approche de calcul a été utilisée aussi pour déterminer la position initiale de la couche drainante entre les drains.

Pour l'informatisation du processus de calcul des tassements, les courbes de compression unidimensionnelle obtenues dans les essais de laboratoire ont été utilisées pour établir pour chacune des deux couches d'argile une relation moyenne entre la compression de l'argile et la surcharge imposée. À titre d'exemple, sous une surcharge de 600 kPa, qui représente à peu près la charge maximale imposée par les déchets à la fin de l'étape 2 (45 m de déchets au-dessus du niveau du terrain naturel), la compression considérée pour l'argile supérieure est de 25% comparativement à 15% pour l'argile inférieure, ce qui se traduira par des tassements de l'ordre de 4.5 à 5 m considérant que toute l'épaisseur d'argile sera laissée en place dans le secteur central afin de respecter les critères de pente après tassements. La position initiale des drains sera donc déterminée en considérant ces très grandes valeurs de tassement qui ne se produiront qu'à la fin de l'étape 2. Avant que ces grands tassements reliés à l'étape 2 ne se développent, les pentes des drains entre le

centre des parties des cellule Est et Ouest et leurs limites Nord-Sud situées à l'intérieur du site pourront donc être aussi grandes que 2 ou 3%.

Les renseignements disponibles ainsi que les approches et outils de calcul utilisés amènent un niveau élevé de confiance dans le positionnement initial du fond des excavations pour respecter les critères sur les pentes des drains et de la couche drainante. Il est de plus prévu d'installer, lors de la construction, un système d'instrumentation permettant le suivi des tassements et des profils de drains à travers les cellules.

## **5. CALCUL DE LA STABILITÉ**

Dans l'analyse de la stabilité contre un glissement dans la fondation, la fiabilité des résultats est reliée presque exclusivement au choix des paramètres de la résistance au cisaillement bien que la masse volumique des déchets ait aussi un certain impact sur les résultats.

Dans le cas présent, la configuration des talus est dictée par l'aspect stabilité de la fondation. Le mécanisme de rupture à examiner n'est pas une instabilité dans la masse de déchets mais plutôt un glissement dans la fondation argileuse. L'état critique pour la stabilité d'une fondation argileuse est toujours en fin de construction, considérant que la construction est suffisamment rapide pour que la consolidation de l'argile sous l'effet du remblai et le gain de résistance qui en résulte soient négligeables. La consolidation et le gain de résistance après la fin de la construction se traduiront, par contre, par une augmentation des facteurs de sécurité avec le temps après construction.

Le facteur de sécurité obtenu dans une analyse de stabilité exprime essentiellement le rapport de la résistance au cisaillement mobilisable sur la contrainte de cisaillement imposée par le remblai. Le facteur de sécurité peut donc varier selon les choix qui sont faits lors de la sélection des paramètres de la résistance au cisaillement. La résistance au cisaillement non drainé de l'argile de la fondation a été déterminée à partir de 36 profils scissométriques obtenus sur le site. De façon générale, la résistance est minimale près de

la surface du dépôt d'argile et augmente ensuite avec la profondeur, l'augmentation étant plus marquée dans l'argile inférieure. L'ensemble des profils scissométriques forme un fuseau bien défini mais qui exprime quand même une différence importante entre les valeurs minimale et maximale de la résistance mesurée pour les différents niveaux de fondation. L'examen de la distribution des profils scissométriques sur le site n'a pas révélé de secteur où la fondation argileuse serait sensiblement plus faible ou plus résistante. La largeur du fuseau formé par l'ensemble des profils scissométriques exprime donc essentiellement d'une part une certaine errance aléatoire nécessairement attachée à toute technique de mesure et, d'autre part, des variations très locales de la résistance de l'argile. Les variations locales de résistance autour d'une valeur moyenne n'ont pas vraiment d'impact lorsque la surface de rupture analysée est suffisamment étendue.

Afin de respecter l'approche conservatrice notée précédemment, la limite inférieure du fuseau de résistance a été considérée dans les analyses de stabilité sur l'ensemble du site. La valeur minimale de la résistance près de la surface du dépôt d'argile est alors de 40 kPa, ce qui, en termes normalisés, identifie cet horizon comme constitué d'argile ferme. La résistance au cisaillement, définie par la limite inférieure du fuseau, augmente avec la profondeur pour atteindre une valeur de 70 kPa à la base du dépôt, ce qui, toujours en termes normalisés, identifie le sol comme une argile raide.

La résistance au cisaillement définie par la limite inférieure du fuseau est, pour tous les niveaux de la fondation, d'environ 35% plus faible que la valeur définie par un profil moyen calculé à partir de tous les profils scissométriques. Le choix du profil minimum par rapport au profil moyen de résistance au cisaillement non drainé implique une marge de sécurité importante qui devra être considérée au moment d'apprécier les résultats d'analyse de stabilité.

Le profil de résistance ainsi déterminé à partir des profils scissométriques a ensuite été corrigée selon une relation en fonction de l'indice de plasticité proposée par Bjerrum en 1972. Cette correction empirique, établie à partir de l'analyse de la rupture de plusieurs remblais, a pour objectif d'ajuster la résistance mesurée au scissomètre de façon à ce

qu'elle représente la résistance au cisaillement mobilisable dans la fondation d'un remblai. Dans le cas présent, l'application de cette correction impose une réduction de résistance d'environ 15%.

Les valeurs des paramètres retenues pour définir la résistance au cisaillement des déchets apparaissent aussi conservatrices par rapport aux valeurs publiées dans la littérature.

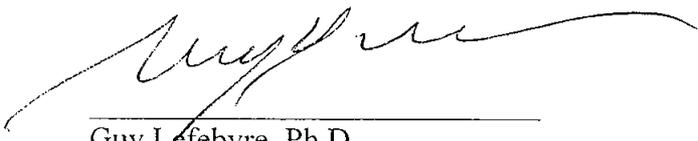
Avec des talus inclinés à 30%, une berme dans les déchets, de 60 m de largeur et de 15 de hauteur, est suffisante pour assurer la stabilité de la fondation avec un facteur de sécurité supérieur à 1.4. Comme un volume important d'argile sera disponible à la suite des excavations, le pied du talus des déchets sera confiné par une berme additionnelle en argile de 30 m de largeur et de 8 m de hauteur. Le facteur de sécurité minimum est alors augmenté à une valeur de 1.6 dans les analyses avec surface de rupture circulaire et de 1.5 lorsque des surfaces composites sont considérées.

Les analyses avec surfaces composites permettent d'insérer un segment horizontal ou plan dans la surface de rupture tout en conservant les extrémités circulaires. Ce mécanisme de rupture est généralement légèrement plus critique qu'une rupture circulaire lorsque l'épaisseur de la fondation est mince par rapport à l'épaisseur et la largeur du remblai. Dans le cas présent, la surface composite permet aussi de maximiser la portion de la surface de rupture dans la fondation argileuse qui constitue un horizon faible par rapport aux déchets.

Pour des remblais sur argile, un facteur de sécurité de 1.4 est considéré comme représentant une réserve de stabilité suffisante. Dans le cas présent, le facteur de sécurité minimal de 1.5 représente une valeur élevée, surtout lorsque considérant l'approche sécuritaire adoptée pour le choix des valeurs de résistance au cisaillement.

## CONCLUSION

Les différents aspects géotechniques dans le projet, autant au niveau des investigations que des analyses, ont été traités selon les règles de l'art et de façon très sécuritaire. La nature du projet justifie, à notre avis, l'approche conservatrice adoptée tout au long de cette étude.



---

Guy Lefebvre, Ph.D.  
Professeur de génie civil

28 novembre 2001

## ANNEXE 6

### MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS



## **NOTE TECHNIQUE**

### **AGRANDISSEMENT DU SECTEUR NORD BFI – USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE CALCUL DES TASSEMENTS**

(N/D : 293-2549-151)

Préparé par :

GSI ENVIRONNEMENT INC.  
5227, rue Notre-Dame Est  
Bureau 200  
Montréal (Québec) H1N 3P2  
Tél. (514) 257-7644

28 novembre 2001

## TABLE DES MATIÈRES

1. MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS ABSOLUS.....	1
2. MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS DIFFÉRENTIELS.....	9
2.1 MÉTHODE DE CALCUL.....	9
2.2 VALEUR DES PARAMÈTRES.....	10
2.3 INFLUENCE SUR LA PENTE DES DRAINS .....	11
2.4 RÉSULTATS.....	12
2.5 CONCLUSIONS.....	13

## TABLEAU

Tableau 2.1	Valeurs des paramètres de calcul.....	10
Tableau 2.2	Influence des différents paramètres.....	13

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Représentation schématique des paramètres géométriques de calcul des tassements de l'argile .....	2
Figure 1.2	Courbes $(e_{1i}-e_{1f})/(1+e_{1i})$ (argile supérieure) .....	7
Figure 1.3	Courbes $(e_{2i}-e_{2f})/(1+e_{2i})$ (argile inférieure) .....	8
Figure 2.1	Mécanisme de tassement différentiel.....	12
Figure 2.2	Distribution des tassements différentiels maximum.....	15

## 1. MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS ABSOLUS

L'objectif des calculs de tassement est d'anticiper l'amplitude des tassements de façon à en tenir compte lors du profilage du fond des cellules et des tranchées des drains.

La figure 1.1 représente schématiquement les paramètres géométriques de calcul des tassements de la couche d'argile.

La formule générale de calcul des tassements dans le cas d'une bicouche est la suivante :

$$\Delta H = H_1 \frac{\Delta e_1}{1 + e_{1i}} + H_2 \frac{\Delta e_2}{1 + e_{2i}} \quad (1)$$

avec :

$H_1$ et $H_2$	=	épaisseur des couches d'argiles supérieure et inférieure (m)
$\Delta H$	=	tassements totaux des couches d'argile (m)
$\Delta H_1$ , $\Delta H_2$	=	tassements respectifs des couches d'argile supérieure et inférieure (m)
$\Delta e_1$ , $\Delta e_2$	=	variation des indices des vides correspondant à la variation de contrainte effective au centre des couches d'argile supérieure et inférieure
$e_{1i}$ , $e_{2i}$	=	indices des vides initiaux des couches d'argile supérieure et inférieure

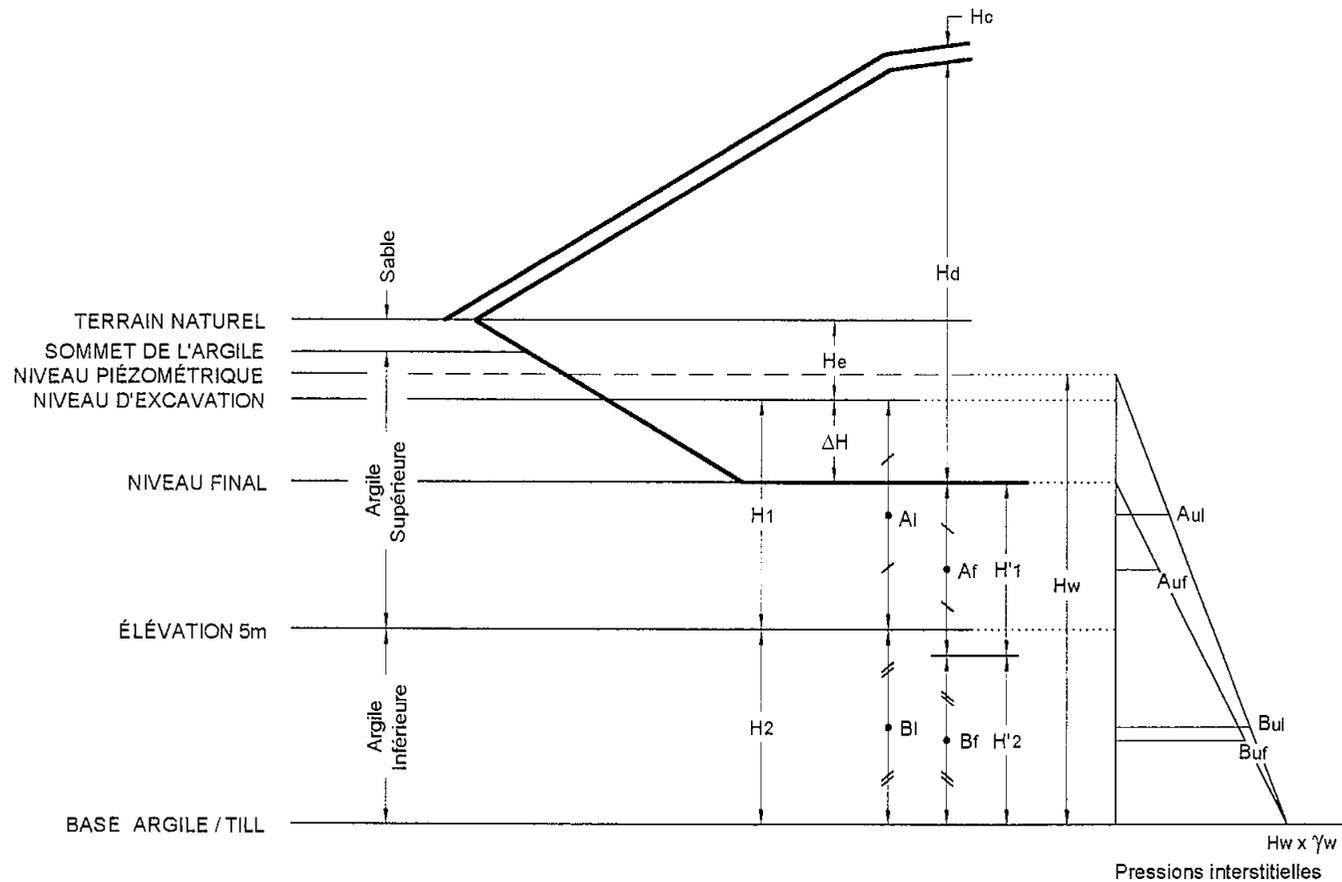
Le calcul de  $\Delta H$  nécessite la détermination de  $\Delta e_1$ ,  $\Delta e_2$  et donc des indices des vides initiaux  $e_{1i}$  et  $e_{2i}$  et finaux  $e_{1f}$  et  $e_{2f}$ .

$$\Delta e_1 = e_{1i} - e_{1f} \quad (2)$$

$\Delta e_1$	=	variation de l'indice des vides au centre de la couche d'argile supérieure
$e_{1i}$	=	indice des vides initial de la couche d'argile supérieure
$e_{1f}$	=	indice des vides final de la couche d'argile supérieure

Les indices des vides initiaux et finaux se déterminent sur la courbe d'essai oedométrique à partir des contraintes effectives initiales et finales au centre des deux couches d'argile supérieure et inférieure.

Figure 1.1 - REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE CALCUL DES TASSEMENTS DE L'ARGILE



Cliant:

BFI USINE DE TRIAGE LACHENAIE LTÉE

Projet:

EXTENSION NORD

Approuvé:

Jean-Claude Marron

Dessiné:

E. Demontigny

Date:

Mai 2001

Dossier:

293 2549 150



En se référant aux symboles de la figure 1.1, on peut écrire :

$$\sigma_{iA} = (El_m - El_{arg})\gamma_{hs} + (El_{arg} - El_{exc})\gamma_{hais} + \left(\frac{El_{exc} - 5}{2}\right)\gamma_{hais} - \left(El_{nap} - \frac{(El_{exc} + 5)}{2}\right)\gamma_w \quad (3)$$

avec :

- $\sigma_{iA}$  = contrainte effective initiale en  $A_i$  (kPa), au centre de la couche d'argile supérieure
- $El_{tn}$  = élévation du terrain naturel (m)
- $El_{arg}$  = élévation du sommet de la couche d'argile (m)
- $\gamma_{hs}$  = poids volumique humide du sable (kN/m<sup>3</sup>)
- $El_{exc}$  = élévation de l'excavation de la cellule (m)
- $\gamma_{hais}$  = poids volumique humide de l'argile supérieure à l'état initial (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_w$  = poids volumique de l'eau (kN/m<sup>3</sup>)
- $El_{nap}$  = élévation piézométrique de la nappe du till (m)

Pour le point  $B_i$

$$\sigma_{iB} = (El_m - El_{arg})\gamma_{hs} + (El_{arg} - 5)\gamma_{hais} + \left(\frac{5 - El_{till}}{2}\right)\gamma_{hais} - \left(El_{nap} - \frac{(5 - El_{till})}{2}\right)\gamma_w \quad (4)$$

avec :

- $\sigma_{iB}$  = contrainte effective initiale en B (kPa), au centre de la couche d'argile inférieure
- $El_{till}$  = élévation du sommet de la couche de till (m)
- $\gamma_{hais}$  = poids volumique humide de l'argile inférieure à l'état initial (kN/m<sup>3</sup>)

Après tassement les épaisseurs respectives des couches d'argile supérieure et inférieure deviennent égales à :

$$H'_1 = H_1 - \Delta H_1 \quad (5)$$

$$H'_2 = H_2 - \Delta H_2 \quad (6)$$

avec  $\Delta H_1$  et  $\Delta H_2$ , tassements respectifs des couches supérieure et inférieure.

Les points  $A_i$  et  $B_i$  deviennent après tassement les points  $A_f$  et  $B_f$ .

Dans le même temps, cette réduction d'épaisseur s'accompagne d'une augmentation du poids volumique sec et humide des couches d'argile.

$$\gamma_{dafs} = \gamma_{dais} \frac{H_1}{H_1'} \quad (7)$$

$$\gamma_{hafs} = \gamma_{dafs} (1 + W_{safs}) \quad (8)$$

$$\text{avec } W_{safs} = \left( \frac{1}{\gamma_{dafs}} - \frac{1}{\gamma_s} \right) \gamma_w \quad (9)$$

avec :

- $\gamma_{dafs}$  = poids volumique sec de l'argile supérieure après tassement (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_{dais}$  = poids volumique sec de l'argile supérieure avant tassement (kN/m<sup>3</sup>)
- $W_{safs}$  = teneur en eau de saturation de l'argile supérieure après tassement
- $\gamma_{hafs}$  = poids volumique humide de l'argile supérieure après tassement (kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_s$  = poids volumique des particules solides (kN/m<sup>3</sup>)

Les mêmes calculs s'appliquent pour le point B<sub>f</sub>

Le calcul de la contrainte effective finale au centre de la couche supérieure d'argile après tassement (point A<sub>f</sub>) s'écrit :

$$\sigma_{fA} = H_c \gamma_{hc} + H_d \gamma_{hd} + \frac{H_1'}{2} \gamma_{hafs} - \frac{H_1'}{2} \frac{(El_{nap} - El_{til})}{H_1' + H_2'} \gamma_w \quad (10)$$

avec :

- $\sigma_{fA}$  = contrainte effective au centre de la couche d'argile supérieure après tassement (kPa)
- $H_c$  = épaisseur du couvert final (m)
- $\gamma_{hc}$  = poids volumique humide du couvert final (kN/m<sup>3</sup>)
- $H_d$  = épaisseur de matières résiduelles (m)
- $\gamma_{hd}$  = poids volumique humide des matières résiduelles (kN/m<sup>3</sup>)
- $El_{nap}$  = élévation piézométrique de la nappe du till

Pour le point B<sub>f</sub>, la contrainte effective finale sera égale à :

$$\sigma_{fb} = H_c \gamma_{hc} + H_d \gamma_{hd} + H_1' \gamma_{hofs} + \frac{H_2'}{2} \gamma_{hofi} - \left( H_1' + \frac{H_2'}{2} \right) \frac{(El_{nap} - El_{ul})}{(H_1' + H_2')} \gamma_w \quad (11)$$

La surcharge induite par le massif de matières résiduelles sera donc égale à :

$$\text{Point A } \sigma_{sA} = \sigma_{fA} - \sigma_{iA} \quad (12)$$

$$\text{Point B } \sigma_{sB} = \sigma_{fB} - \sigma_{iB} \quad (13)$$

La valeur de la contrainte finale est fonction du tassement que l'on vise à déterminer. Cette interdépendance entre la valeur calculée (tassement) et le paramètre requis pour le calcul (contrainte finale effective) sera résolue par un calcul itératif. Le calcul itératif sera stoppé lorsque la surcharge utilisée pour le calcul du tassement sera égale à la surcharge calculée à partir du tassement obtenu.

Afin de faciliter la programmation des calculs de tassement, chaque essai oedométrique a été traité afin de déterminer les valeurs de  $\Lambda_e/(1+e_i)$  pour les couches d'argile supérieure et inférieure et ceci en fonction de différentes valeurs de surcharges.

Les figures 1.2 et 1.3 représentent les fuseaux obtenus pour les couches d'argile supérieure et inférieure. Les équations des courbes supérieures et inférieures de ces fuseaux peuvent être mises sous la forme :

$$\frac{\Delta e}{1 + e_i} = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (14)$$

où :

- $\Delta e$  = variation de l'indice des vides pour une surcharge donnée
- a, b, c et d = coefficients de la courbe d'ajustement polynomiale
- x = surcharge induite au centre de la couche d'argile (kPa)

Les différentes équations retenues sont les suivantes :

Argile supérieure :

$$\text{Tass. max. : } y = 1,18687E - 09X^3 - 2,30346E - 06X^2 + 1,59731E - 03X - 1,16429E - 01$$

Tass. moy. :  $y = 6,40152E - 10X^3 - 1,48236E - 06X^2 + 1,25143E - 03X - 1,04786E - 01$

Tass. min. :  $y = 9,34343E - 11X^3 - 6,61255E - 07X^2 + 9,05559E - 04X - 9,31429E - 02$

Argile inférieure :

Tass. max. :  $y = -1,84343E - 10X^3 + 1,01732E - 08X^2 + 3,76908E - 04X - 2,62143E - 02$

Tass. moy. :  $y = -1,48990E - 10X^3 + 2,07792E - 08X^2 + 3,30473E - 04X - 2,77500E - 02$

Tass. min. :  $y = -1,13636E - 10X^3 + 3,13853E - 08X^2 + 2,84037E - 04X - 2,92857E - 02$

Ces courbes ont été obtenues en considérant la contrainte initiale au centre de chaque couche d'argile avant application des surcharges ou excavations.

Figure 1-2: Courbes  $(e_{1i}-e_{1f})/(1+e_{1i})$  (Argile supérieure)

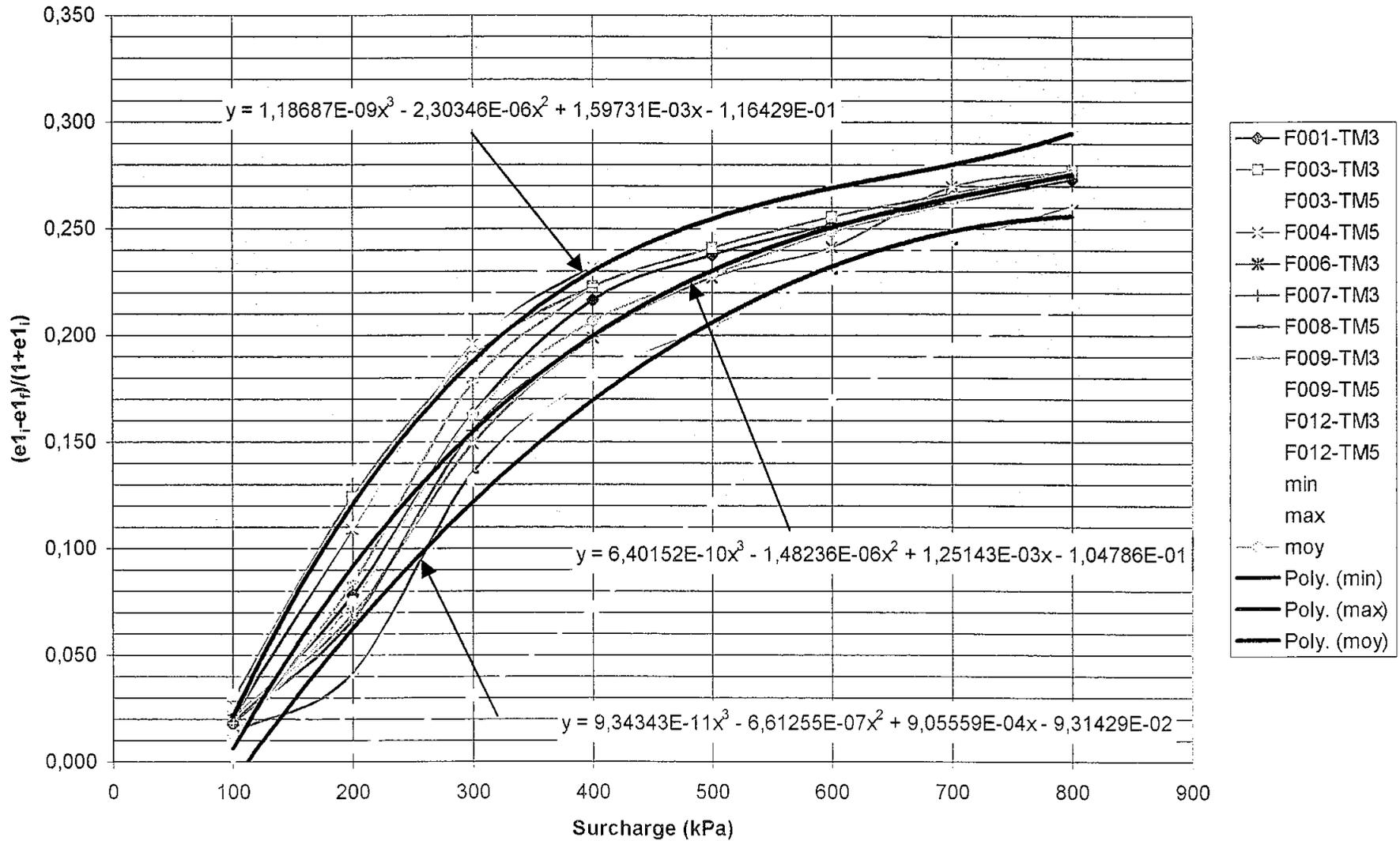
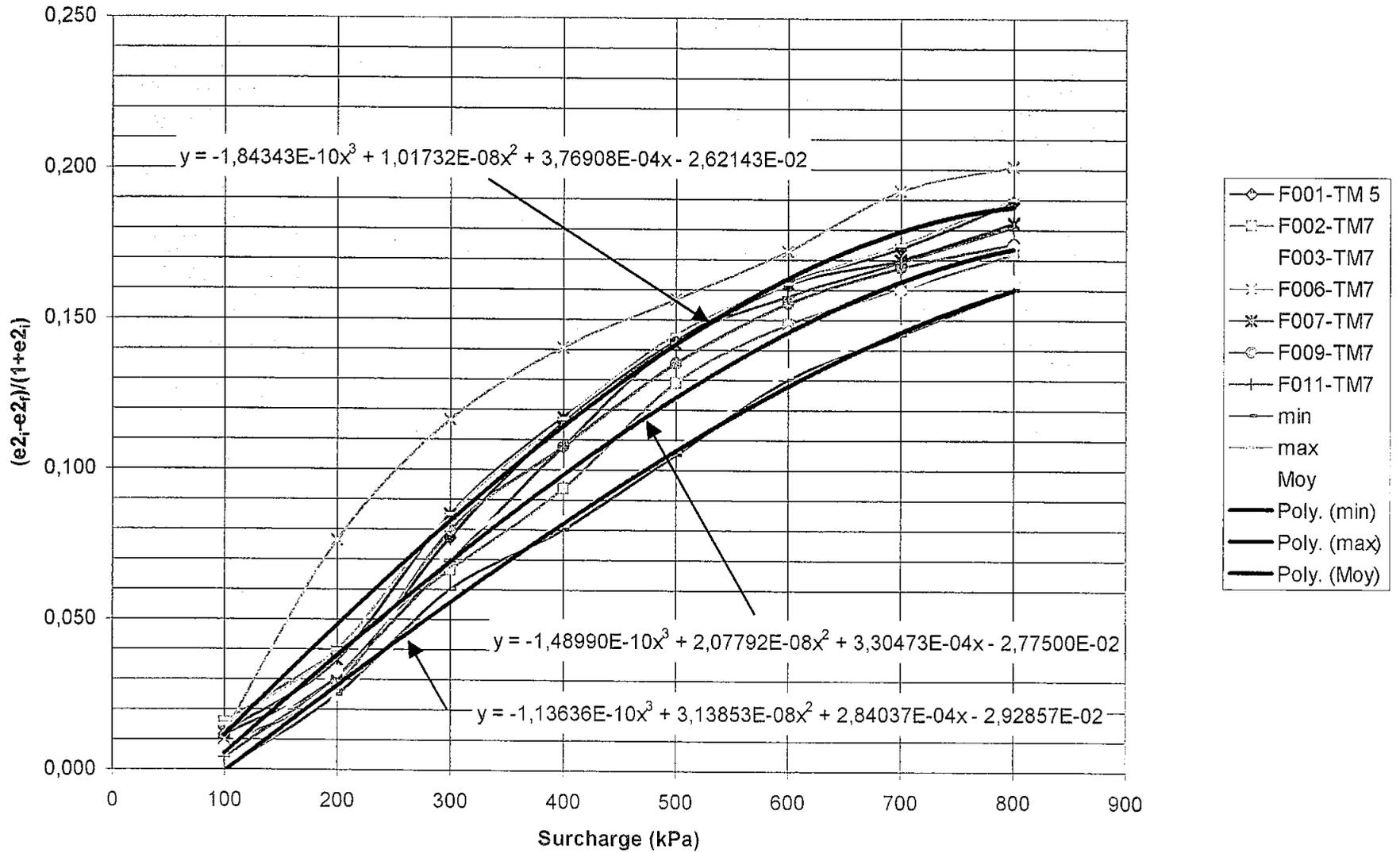


Figure 1-3: Courbes  $(e_{2i}-e_{2f})/(1+e_{2i})$  (Argile inférieure)



## 2. MÉTHODE DE CALCUL DES TASSEMENTS DIFFÉRENTIELS

Les lixiviats produits seront captés par des drains installés dans des tranchées en fond de cellule. Pour assurer un bon écoulement, ces drains, après tassement, devront avoir une pente minimale de 0,5%. Nous avons calculé au chapitre précédent le tassement absolu moyen. Ce tassement risque de ne pas être homogène : des tassements différentiels peuvent alors réduire ou augmenter la pente finale des drains. Il faut donc fixer aux drains une pente moyenne visée suffisante afin de réduire au maximum la probabilité d'avoir une pente inférieure à 0,5%.

L'étude de la variabilité peut alors se révéler très importante. En effet, cette étude permettra d'apprécier le risque d'avoir, à partir d'une pente moyenne visée, une pente finale inférieure à 0,5%. De plus cette étude va permettre d'évaluer l'influence des différents paramètres sur la variabilité du tassement, et ainsi de déterminer ceux qui devraient être particulièrement contrôlés.

### 2.1 MÉTHODE DE CALCUL

Pour effectuer ce calcul, nous utiliserons la méthode dite des gradients décrite dans l'ouvrage « Statistics for experimenters; An introduction to design, data analysis, and model building-1978 », Georges E.P. Box, William G.Hunter, J. Stuart Hunter. Cette méthode permet de déterminer la variabilité globale du résultat en fonction des erreurs commises lors de l'évaluation de chaque variable. Elle permet également de déterminer quelle est l'influence de chaque paramètre.

Pour calculer la variance totale, on effectue la somme des variances des différents paramètres, pondérées par le carré du gradient de la fonction.

$$V_{\text{total}} = \phi_{p1}^2 \cdot V_{p1} + \phi_{p2}^2 \cdot V_{p2} + \dots + \phi_{pn}^2 \cdot V_{pn} \quad (15)$$

où :

$p1, \dots, pn$  sont les différents paramètres

Pour évaluer ce gradient, on effectue l'approximation :

$$\phi = (f(m+d) - f(m-d)) / (2 * d) \quad (16)$$

où :

$f$  est la fonction dont on cherche à évaluer la variabilité

$m$  est la moyenne du paramètre

$d$  est égal à 3 écarts-types

Dans le cas présent, la fonction globale sera le calcul du tassement. Pour chaque paramètre entrant dans ce calcul, il suffit maintenant de déterminer sa valeur moyenne ainsi que son écart-type.

## 2.2 VALEUR DES PARAMÈTRES

Les différents paramètres rentrant en jeu dans le calcul du tassement et donc sur lesquels s'est basée cette étude sont l'épaisseur totale d'argile (H) sous le massif de matières résiduelles, l'épaisseur de l'argile supérieure (H1), l'épaisseur et le poids volumique des matières résiduelles, ainsi que la fonction de compression.

Pour rendre compte au mieux de la géométrie du site, nous avons pris les valeurs moyennes des paramètres en différents points espacés de 100 m et situés à l'emplacement des futurs drains.

Le tableau 2.1 ci-après résume les valeurs moyennes ainsi que les écarts-types retenus pour les différents paramètres. Le choix des écarts-types a été fait en considérant les valeurs maximales de variation possible.

**Tableau 2.1 Valeurs des paramètres de calcul**

Désignation	Moyenne	Écart-type	Variation pour 3 $\sigma$
Épaisseur totale d'argile	12 à 18,25 m	0,2 m	$\pm 0,6$ m
Épaisseur d'argile supérieure	5 à 10,5 m	0,2 m	$\pm 0,6$ m
Épaisseur des matières résiduelles	22 à 52 m	1,1 à 2,6 m	$\pm 3,3$ à 7,8 m
Poids volumique des matières résiduelles	13 kN/m <sup>3</sup>	0,5 kN/m <sup>3</sup>	$\pm 1,5$ kN/m <sup>3</sup>

Pour intégrer dans ces calculs la part prise par la fonction de compression, nous avons calculé les tassements minimum et maximum produits par le choix d'une fonction de compression minimum ou d'une fonction de compression maximum (les autres paramètres étant fixés à leur valeur moyenne). Dans ce cas, on peut trouver :

$$\phi^2 \times \sigma^2 = \left( \frac{\Delta Tassement}{6\sigma} \right)^2 \times \sigma^2 = \left( \frac{\Delta Tassement}{6} \right)^2 \quad (17)$$

## 2.3 INFLUENCE SUR LA PENTE DES DRAINS

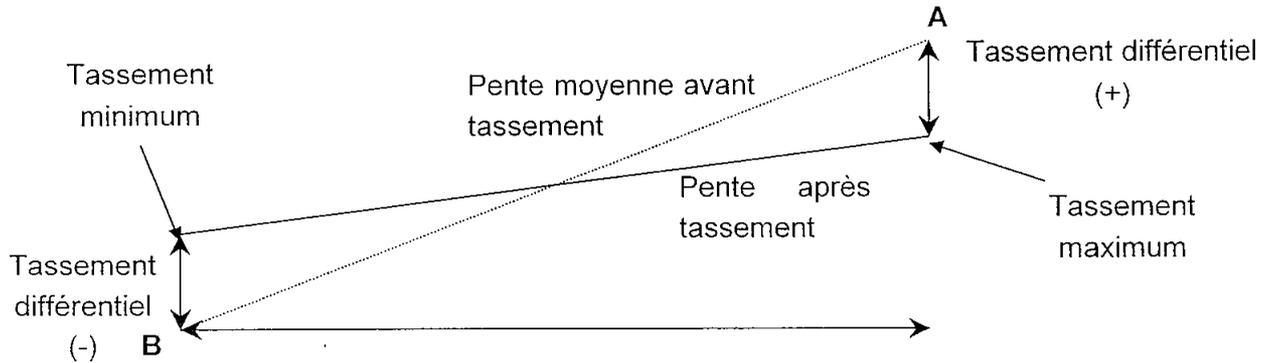
Les tassements différentiels peuvent avoir pour conséquences de réduire ou d'augmenter ponctuellement la pente des drains de collecte de lixiviat. La figure 2.1 illustre le mécanisme pouvant conduire à ces variations de pente. La diminution maximale de pente se produira lorsqu'une zone de tassement maximum sera associée à une zone de tassement minimum.

Le terme tassement différentiel utilisé dans la suite de cette note désignera la différence, en un point donné, entre le tassement moyen et les tassements minimum ou maximum.

La détermination de l'écart-type de distribution du tassement différentiel permettra, pour une probabilité donnée, de calculer le risque de diminution de la pente d'un drain. La connaissance de cette diminution permettra d'établir la pente minimale moyenne des drains nécessaire pour respecter le minimum de 0,5 %.

En effet, considérons comme indiqué sur la figure 2.1 ci-après, les points A et B situés respectivement en amont et en aval de la pente d'un drain. La probabilité en A, d'avoir un tassement supérieur à 2 écart-type est de 0,023 (2,3%). La probabilité pour avoir un tassement minimum en B est identique. La probabilité que ces deux événements se produisent simultanément est égale au produit des deux probabilités associées à chaque événement. Dans notre cas, cette probabilité sera de 0,0005 (0,05%), valeur que l'on peut considérer comme négligeable. À cette probabilité, il faut associer une réduction de pente. Elle s'obtient en divisant la somme des tassements différentiels en A et B par la distance horizontale séparant A et B. Par cette approche, il est possible de déterminer la probabilité d'apparition d'une réduction de pente pour une distance horizontale donnée.

Figure 2.1 Mécanisme de tassement différentiel



## 2.4 RÉSULTATS

Les résultats des différents calculs montrent que l'écart-type varie entre 0,12 et 0,19 m et que le coefficient de variation associé varie entre 5 % et 16 %. Le coefficient de variation est en relation étroite avec l'épaisseur de matières résiduelles. Partant de cette relation de type logarithmique et des tassements absolus calculés, il est donc possible de cartographier les tassements différentiels sur la figure 2.2.

Dans ces conditions nous retiendrons pour le calcul du tassement différentiel  $\pm 2$  écarts-type sur une distance de 100 m. La faible variabilité de l'épaisseur des couches d'argile ainsi que les formes régulières du massif de matières résiduelles permettent de considérer une telle distance comme représentative des conditions rencontrées.

En considérant la zone de tassement maximum (au centre de la cellule après remplissage), le tassement différentiel maximum calculé est de 0,38 m. Ceci nous conduit donc à une diminution possible de la pente des drains de l'ordre de 0,8 %. Dans ce cas particulier, le risque d'avoir une réduction de pente supérieure à 0,8 % est de 0,0005 (0,05 %) ce qui est négligeable. En appliquant ce même principe de calcul à une distance de 60 m entre les points A et B, le risque d'une réduction de pente supérieure à 0,8 % est de 0,01 (1 %) ce qui est acceptable, compte tenu du fait que l'hypothèse d'une distance horizontale de 60 m entre deux points soumis à des tassements extrêmes est peu probable. Nous retiendrons donc une pente moyenne visée de 1,3 %. En appliquant cette pente moyenne à toute la longueur des drains, la sécurité prise dans les zones de moindre tassement se trouve sensiblement augmentée, ce qui va dans le sens de la sécurité.

Par ailleurs, la méthode de calcul utilisée permet de déterminer l'apport de chaque paramètre sur la valeur de l'écart-type. Le tableau 2.3 résume les pourcentages d'influence de chaque paramètre.

**Tableau 2.2 Influence des différents paramètres**

Épaisseur de matières résiduelles	Pourcentage moyen de l'influence prise par chaque paramètre					
	Épaisseur totale de l'argile	Épaisseur de l'argile supérieure	Épaisseur des matières résiduelles	Masse volumique des matières résiduelles	Fonction de compression	Total
22-29 m	0,53	2,56	39,03	23,91	33,98	100,01
30-39 m	1,29	2,37	39,54	23,51	33,29	100,00
40-45 m	2,65	1,66	39,90	23,51	32,29	100,01
46-49 m	2,98	1,39	39,31	23,10	33,21	99,99
50-52 m	3,43	1,19	38,66	22,63	34,08	99,99
Moyenne	2,33	1,74	39,29	23,31	33,33	100,00

Comme le montre le tableau 2.3, les paramètres qui ont le plus d'influence sur la variabilité sont la fonction de compression (33 %), l'épaisseur des matières résiduelles (39 %) et le poids volumique des matières résiduelles (23 %). Cette répartition ne varie pratiquement pas selon l'épaisseur de matières résiduelles.

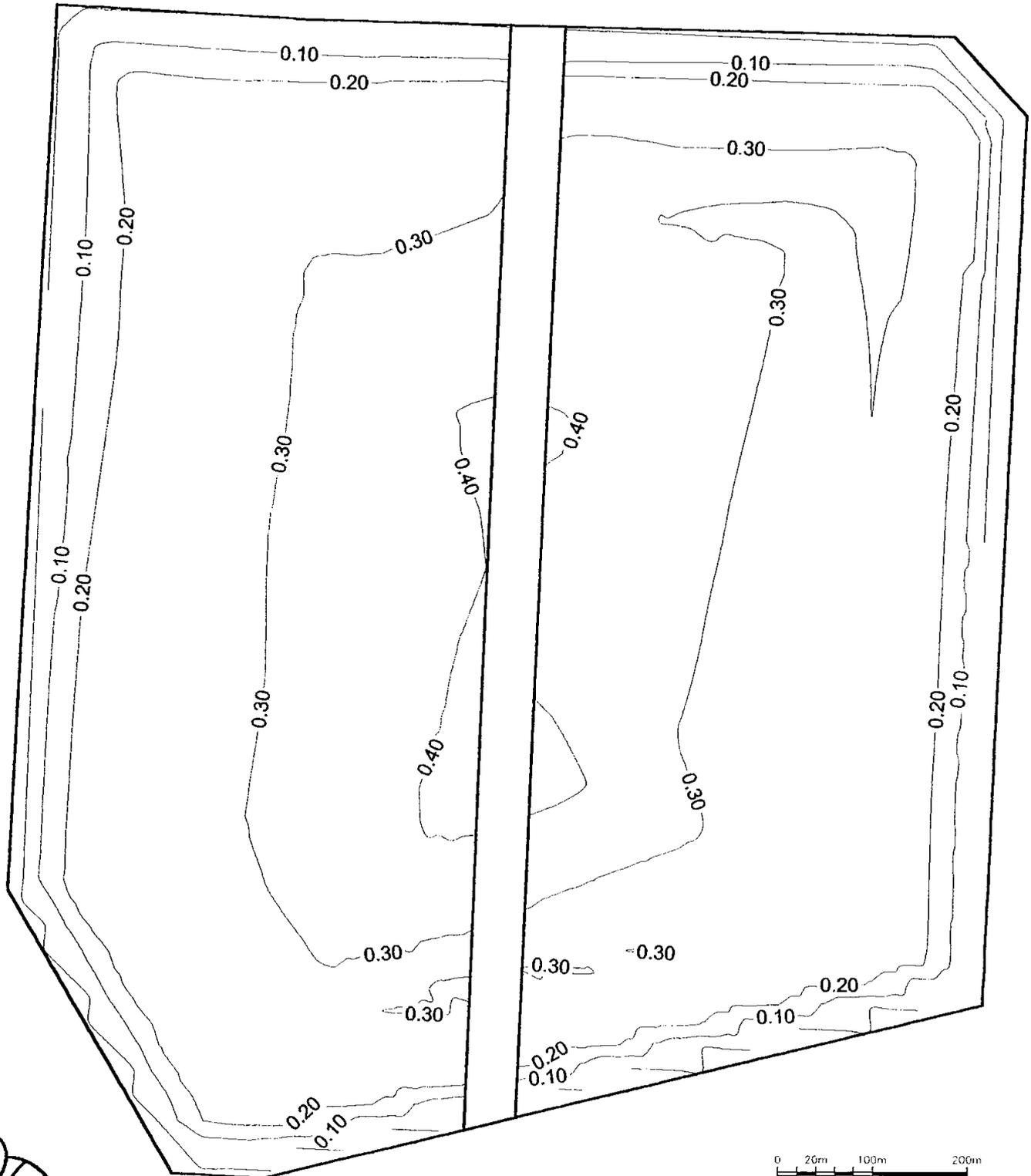
## 2.5 CONCLUSIONS

Cette analyse de variabilité permet de se rendre compte que :

- En considérant un écart-type maximum de 0,19 m et un intervalle de  $\pm 2$  écarts-types, ceci nous conduit à un tassement différentiel de  $\pm 0,4$  m. Ceci imposera pour les drains une pente minimale moyenne visée de 1,3 % afin de conserver une pente minimale de 0,5 % dans les zones les plus chargées.
- Les principaux facteurs qui ont une influence sur le tassement différentiel sont la fonction de compression, la hauteur de matières résiduelles et le poids volumique des matières résiduelles. Les deux paramètres sur lesquels un contrôle pourra être effectué seront l'épaisseur de matières résiduelles ainsi que la masse volumique moyenne de matières résiduelles.
- En cours d'opération, il sera nécessaire de contrôler l'épaisseur des matières résiduelles, la masse volumique moyenne ainsi que la déformation des drains afin de s'assurer que les hypothèses de conception seront respectées en cours d'exécution.

- Les hypothèses de calcul concernant la variabilité de l'épaisseur de talus de matières résiduelles et du poids volumique sont très conservatrices pour mettre à l'abris d'un dépassement des surcharges anticipées.

Figure 2.2 - Distribution des tassements différentiels maximum en mètres







855, rue Pépin  
Sherbrooke (Québec) J1L 2P8  
Tél.: (819) 829-0101  
Télec.: (819) 829-2717  
Courriel: sherbrooke@gsienv.ca

5227, rue Notre-Dame Est. bur. 200  
Montréal (Québec) H1N 3P2  
Tél.: (514) 257-7644  
Télec.: (514) 257-7729  
Courriel: montreal@gsienv.ca

965, avenue Newton. bur. 270  
Québec (Québec) G1P 4M4  
Tél.: (418) 872-4227  
Télec.: (418) 872-0149  
Courriel: quebec@gsienv.ca

