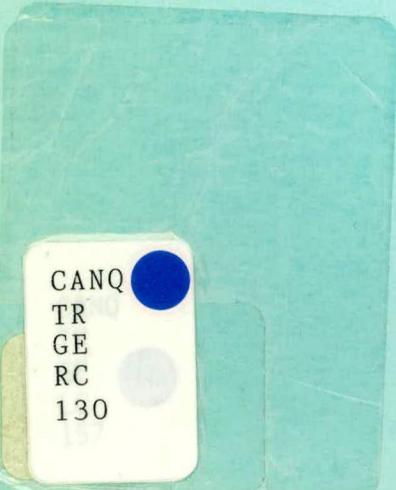


MISE AU POINT
D'ESSAIS
SUR GEOTEXTILE

Ministère
Centre de
930, Chemin
6e étage
Québec
G1S 4X9



CANQ
TR
GE
RC
130

471 296

RECU
 CENTRE DE DOCUMENTATION
 MAR 6 1985
 TRANSPORTS QUÉBEC

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

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

MISE AU POINT
 D'ESSAIS
 SUR GEOTEXTILE

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

RECU
 CENTRE DE DOCUMENTATION
 JUL 10 1984
 TRANSPORTS QUÉBEC

Préparé par: Johanne Rouillard
 Stagiaire de l'Université
 de Sherbrooke

QTRD

CAUQ
 TR
 GE
 RC
 1130
 8

Ste-Foy, le 12 août 1983

A V A N T P R O P O S

Les géotextiles constituent une innovation dans le domaine de la géotechnique. Certes, ils sont utilisés depuis déjà un bon nombre d'années, mais les résultats de ces utilisations commencent tout juste à être analysés.

L'étude des géotextiles n'en étant qu'à ses débuts, on a donc encore tendance à utiliser les méthodes de contrôle réservées aux textiles pour évaluer les géotextiles.

Pendant, les géotextiles sont soumis à des contraintes différentes et beaucoup plus élevées que les textiles communs. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre au point des essais qui s'apparentent d'avantage aux propriétés requises et aux efforts sollicités chez un géotextile.

L'essai de permittivité, qui fait en grande partie l'objet de ce rapport, constitue l'un de ces essais. La permittivité ici étudiée, est celle du géotextile seul. Des détails concernant les essais de permittivité de géotextiles avec sols (effet de colmatage) et des géotextiles sous compression sont fournis en annexe.

L'information concernant l'évaluation de la masse surfacique, l'épaisseur normale et la contrainte circonférentielle de traction ainsi que des détails concernant les essais de tension et de déchirement sont également fournis en annexe.

TABLE DES MATIERES

Avant propos

Table des matières

1-	Objet et domaine d'application -----	1
2-	Documents -----	1
3-	Vocabulaire -----	1
4-	Résumé de la méthode -----	2
5-	Usage et Signification -----	2
6-	Appareillage -----	3
7-	Préparation -----	3
	7.1 Préparation de l'échantillon -----	3
	7.2 Préparation de l'eau d'essai -----	8
8-	Mode opératoire -----	11
9-	Calculs et expressions des résultats -----	18
	9.1 Fondements -----	18
	9.2 Calculs -----	20
10-	Procès-verbal-----	23
11-	Remarques concernant les essais réalisés au Complexe Scientifique du Québec-----	25
	- Comparaison des méthodes d'échantillonnage -----	25
	- Comparaison des tissés mouillés et secs -----	25
	- Résultats -----	25
	- Précision des procédures -----	26
	- Détermination de la zone d'écoulement laminaire -----	27
	- Traitement des différents géotextile -----	30
	- Amélioration du montage -----	30

Table des matières (suite)

Annexe 1	
Rapport type d'essai de permittivité -----	32
Annexe 2	
Essai de permittivité des géotextiles avec sols-----	39
Annexe 3	
Essai de permittivité des géotextiles sous compression -----	43
Annexe 4	
Information sur la désaération de l'eau par application d'un vide ---	45
Annexe 5	
Détermination de la masse surfacique et de l'épaisseur normale -----	52
Annexe 6	
Détermination de la contrainte circonférentielle de traction d'un géotextile -----	62
Annexe 7	
Essais de traction et de déchirement -----	80
Annexe 8	
Résultats -----	83
Annexe 9	
Méthode d'évaluation de la permittivité par L'ASTM -----	120

1- OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le présent ouvrage spécifie une méthode de mesure de la perméabilité dans le sens normal d'un géotextile.

Elle s'applique aux différents types de géotextiles; tissés, non tissés (aiguilletés, thermoliés, etc) et composites.

L'essai ici présenté constitue un essai de contrôle et d'identification. Il permet de classer ou de sélectionner les géotextiles de par leurs différentes valeurs de permittivité.

Cependant, il ne permet pas d'évaluer la perméabilité sous compression et ne tient pas compte de l'effet de colmatage dû aux sols environnants.

2- DOCUMENTS

La présente méthode fait référence au document suivant:

ASTM DESIGNATION 61-001 Proposed standard method for testing
the water permeability of geotextiles -
Permittivity method. (Annexe 9)

3- VOCABULAIRE

Permittivité, (Ψ), (s^{-1}): Le débit d'eau par unité de surface et par unité de tête d'eau enregistré dans la direction normale au géotextile et sous des conditions d'écoulement laminaire.

Coefficient de perméabilité, (k), (cm/s): Le coefficient de perméabilité donne une valeur de conductivité hydraulique dépendante de l'épaisseur (e) du géotextile en place. ($k = \Psi \times e$)

4- RESUME DE LA METHODE

La méthode consiste à évaluer le débit qui peut s'écouler à travers un géotextile lorsqu'il est soumis à une tête d'eau constante.

5- USAGE ET SIGNIFICATION

Etant donné que les géotextiles présentent des épaisseurs variées, il n'est pas tellement approprié de les comparer en termes de leurs conductivités hydrauliques. (Puisque la conductivité hydraulique, perméabilité, dépend de l'épaisseur des géotextiles). Il est plus indiqué d'évaluer la permittivité qui est une expression de la quantité d'eau qui passe au travers d'une certaine surface de géotextile, indépendamment de son épaisseur.

La permittivité, Ψ , est donc utilisée pour comparer les géotextiles entre eux.

S'il est de plus nécessaire d'évaluer la conductivité hydraulique individuelle d'un géotextile, on peut l'obtenir en multipliant la permittivité par l'épaisseur normale (e) du géotextile ($k = \Psi \times e$)

6- APPAREILLAGE

6.1 L'appareillage doit être apte à maintenir une tête d'eau constante sur le géotextile testé.

6.2 L'appareillage ne doit pas contrôler l'écoulement durant l'essai. La courbe de calibration de l'appareillage doit être établie de façon à vérifier cette condition. (voir section 8.14)

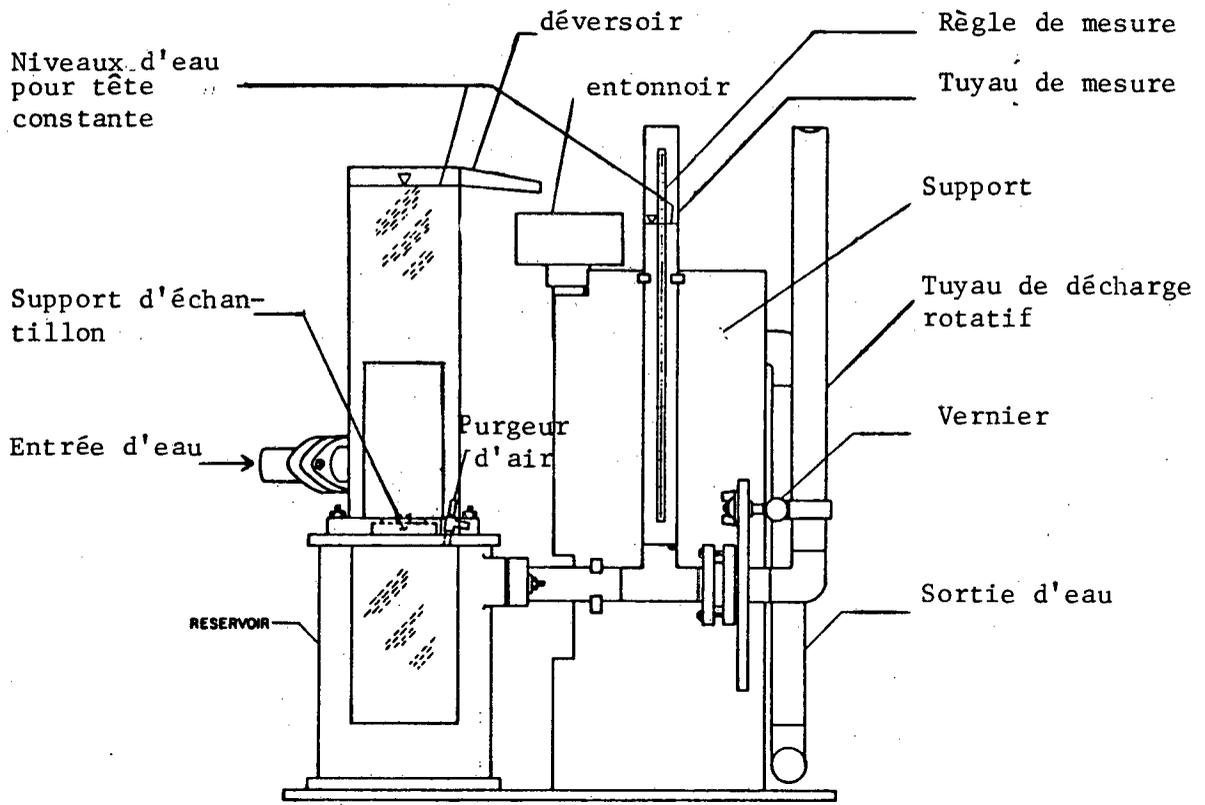
6.3 La figure un (1) illustre le montage type. L'appareil se divise en 2 parties; l'une supérieure, l'autre inférieure, entre lesquelles on loge le géotextile. La tête d'eau est ajustée et maintenue constante à l'aide d'un tuyau d'ajustement rotatif et elle est mesurée à l'aide d'un tuyau de mesure fixe. (voir figures 2 et 3)

7- PREPARATION DE L'ESSAI

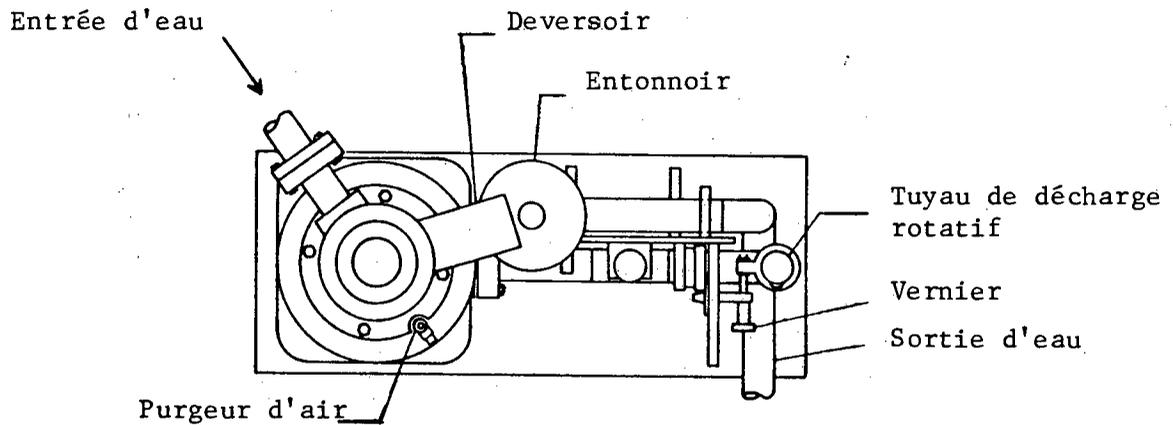
7.1 Préparation des échantillons

7.1.1 Dimension des échantillons

La dimension des échantillons, au nombre de 4, doit être de 5,9 cm pour un géotextile mince et de 5,6 cm pour un géotextile épais. (Plus de 0,3 cm). La section d'écoulement offre un diamètre de 5,0 cm. (Ces dimensions dépendent évidemment des dimensions et de la constitution de l'appareil). (Voir figure 4)



Vue d'élévation



Vue de plan

Figure 1

Montage type

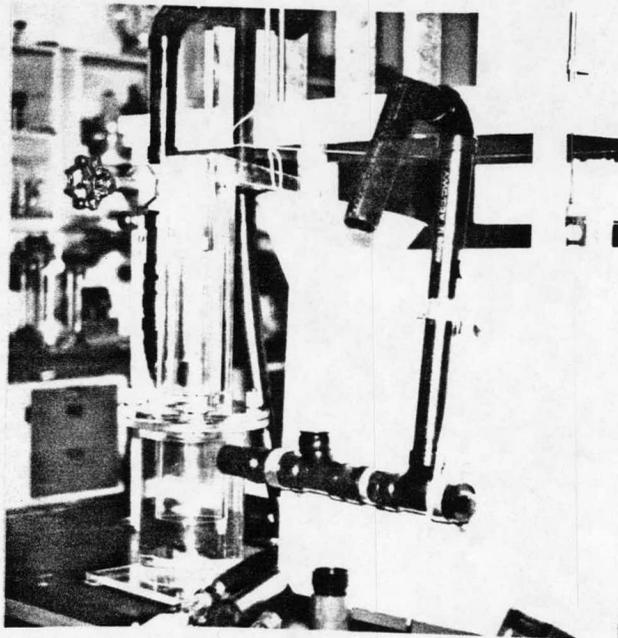


Figure 2- Vue d'ensemble du montage type

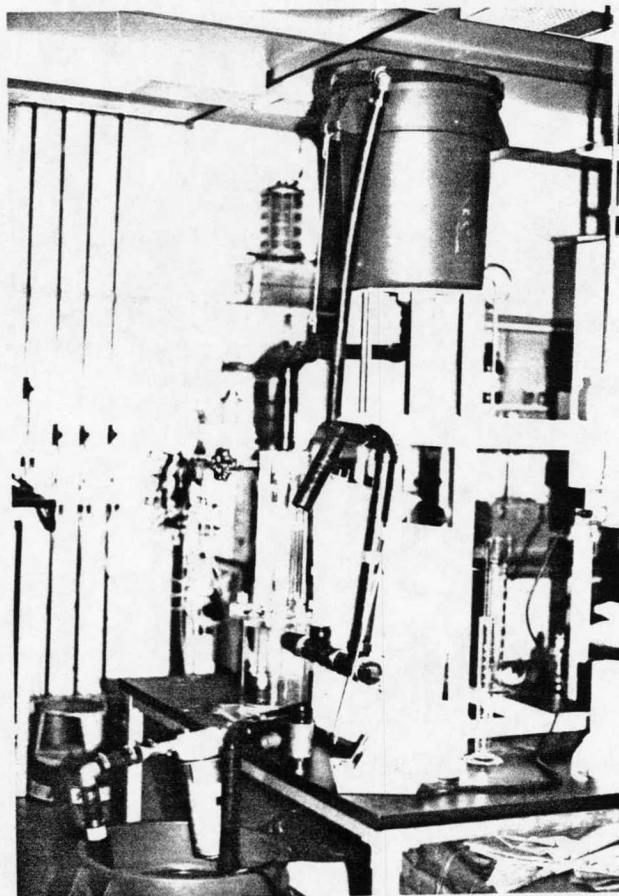


Figure 3- Vue d'ensemble avec réservoirs inférieur et supérieur

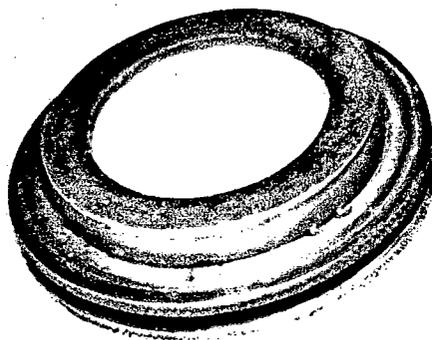


Figure 4- Support d'échantillon

7.1.2 Sélection des échantillons

7.1.2.1 La méthode idéale de sélection des échantillons consiste à peser un bon nombre d'échantillons préalablement taillés et à retenir ceux qui possèdent une masse surfacique moyenne. (La méthode de mesure de la masse surfacique moyenne est fournie en annexe 5). Etant donné que la permittivité dépend énormément de la masse surfacique qui varie elle-même beaucoup d'un échantillon à l'autre, il est très important de bien sélectionner ses échantillons. C'est sur cette sélection que repose en grande partie, la précision de l'essai.

7.1.2.2 Une deuxième méthode (méthode de l'ASTM), bien moins précise mais que l'on note tout de même, consiste à tailler un spécimen d'un mètre carré dans la bande de géotextile tout en évitant d'inclure la lisière du géotextile. (lisière = 1/10 largeur de la bande)

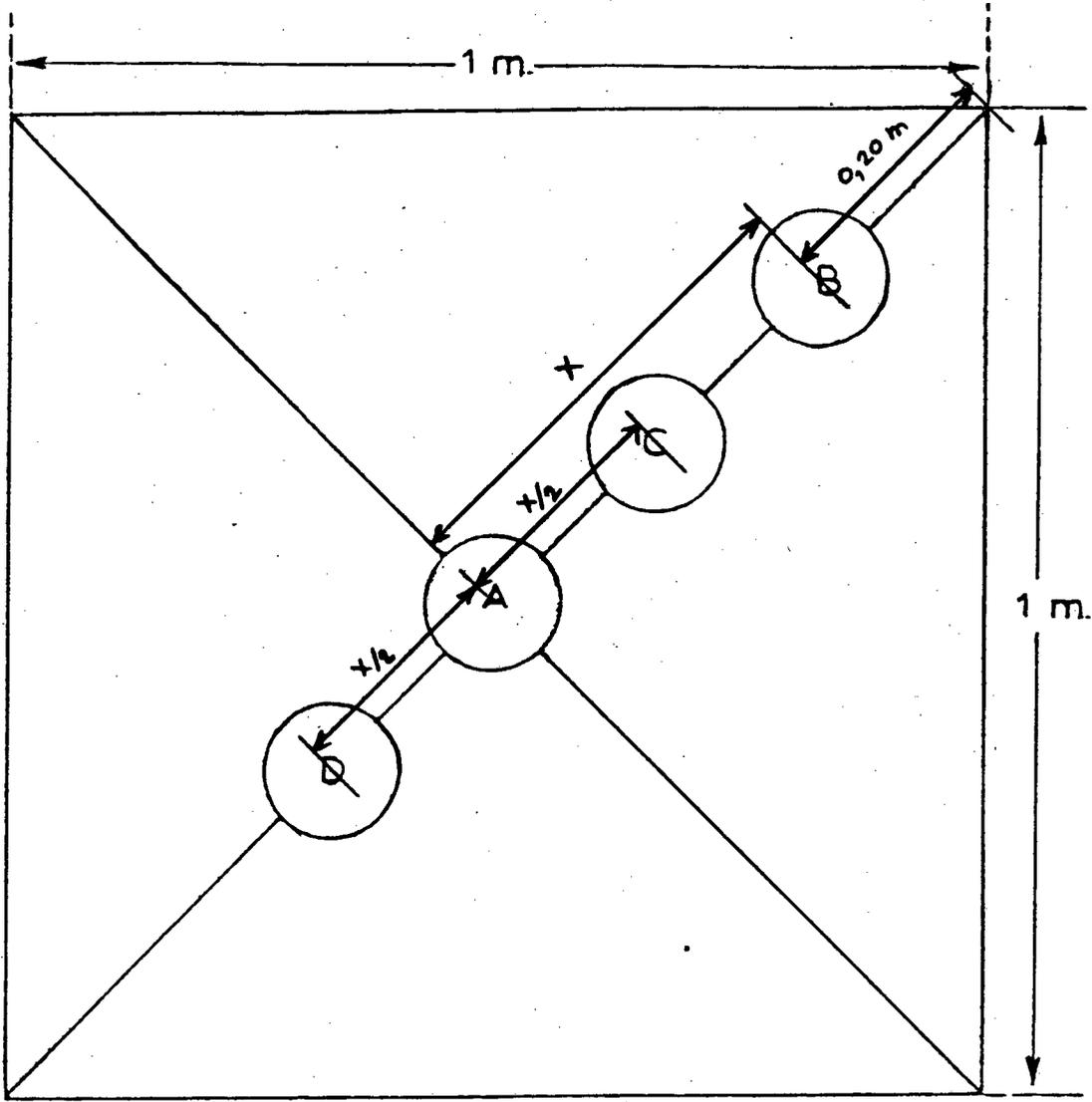


Figure 5- Patron d'échantillonnage

A l'intérieur de ce spécimen, on taille les échantillons tel que représenté en figure 5.

7.1.3 Conditionnement des échantillons

Les échantillons doivent reposer dans un bocal fermé contenant de l'eau désaérée pendant une période d'au moins deux heures avant l'essai.

Une deuxième méthode de conditionnement, fortement recommandée, consiste à déposer les bocaux contenant l'eau désaérée et les échantillons à l'intérieur d'une cloche à vide. Ce qui permet d'extirper l'air dissimulé à l'intérieur du géotextile et d'écourter la période de conditionnement.

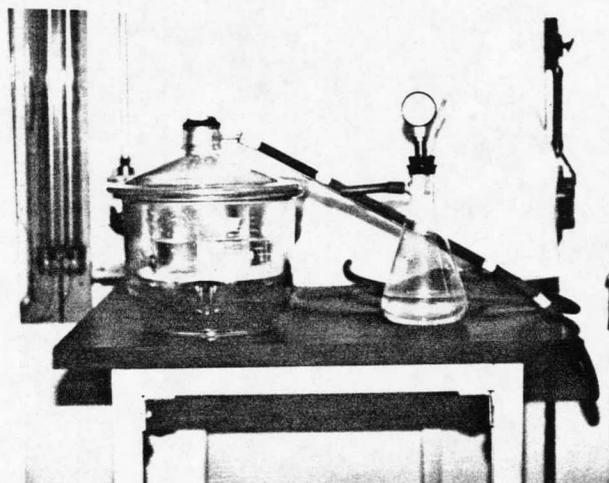


Figure 6-

Cloche à vide

7.2 Préparation de l'eau d'essai

7.2.1 Viscosité et limpidité

L'eau utilisée pour l'essai doit être exempte de tous dépôts ou de toutes solutions qui pourraient entraîner l'obstruction ou l'altération des fibres du géotextile ou encore la variation de la viscosité de l'eau.

7.2.2 Quantité d'oxygène dissous

L'eau utilisée pour l'essai doit être préalablement désaérée, de façon à minimiser les chances de voir les fibres du géotextile obstruées par la présence de bulles d'air.

L'air, on le sait, est soluble dans l'eau. Cependant elle l'est de moins en moins si on élève la température de l'eau ou encore si on diminue la pression. (voir table 1). C'est pourquoi le chauffage et l'application d'un vide sont généralement utilisés pour désaérer l'eau (information sur désaérateurs Annexe 4)

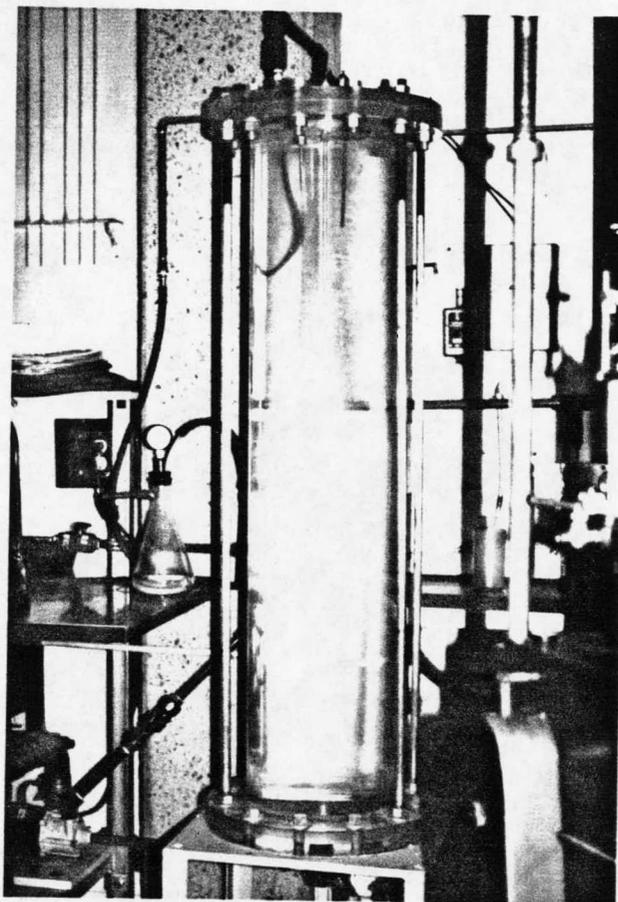


Figure 7- Désaérateur sous vide

Calibration Table

Table I

SOLUBILITY OF OXYGEN IN WATER (Saturated with Air) IN PPM
AT VARIOUS TEMPERATURES AND PRESSURES

P mm	775	760	750	725	700	675	650	625
P Inches	30.51	29.92	29.53	28.54	27.56	26.57	25.59	24.61
0	14.9	14.6	14.4	13.9	13.5	12.9	12.5	12.0
1	14.5	14.2	14.1	13.6	13.1	12.6	12.2	11.7
2	14.1	13.9	13.7	13.2	12.8	12.3	11.8	11.4
3	13.8	13.5	13.3	12.9	12.4	12.0	11.5	11.1
4	13.4	13.2	13.0	12.5	12.1	11.7	11.2	10.8
5	13.1	12.8	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9	10.5
6	12.7	12.5	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3
7	12.4	12.2	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0
8	12.1	11.9	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8
9	11.8	11.6	11.5	11.1	10.7	10.3	9.9	9.5
10	11.6	11.3	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.3
11	11.3	11.1	10.9	10.6	10.2	9.8	9.5	9.1
12	11.1	10.8	10.7	10.3	10.0	9.6	9.2	8.9
13	10.8	10.6	10.5	10.1	9.8	9.4	9.1	8.7
14	10.6	10.4	10.2	9.9	9.5	9.2	8.9	8.5
15	10.4	10.2	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.3
16	10.1	9.9	9.8	9.5	9.1	8.8	8.5	8.1
17	9.9	9.7	9.6	9.3	9.0	8.6	8.3	8.0
18	9.7	9.5	9.4	9.1	8.8	8.4	8.1	7.8
19	9.5	9.3	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.6
20	9.3	9.2	9.1	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5
21	9.2	9.0	8.9	8.6	8.3	8.0	7.7	7.4
22	9.0	8.8	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2
23	8.8	8.7	8.5	8.2	8.0	7.7	7.4	7.1
24	8.7	8.5	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2	7.0

Table I - Continued

SOLUBILITY OF OXYGEN IN WATER (Saturated with Air) IN PPM
AT VARIOUS TEMPERATURES AND PRESSURES

P mm	775	760	750	725	700	675	650	625
P Inches	30.51	29.92	29.53	28.54	27.56	26.57	25.59	24.61
25	8.5	8.4	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.8
26	8.4	8.2	8.1	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7
27	8.2	8.1	8.0	7.7	7.4	7.1	6.9	6.6
28	8.1	7.9	7.8	7.6	7.3	7.0	6.7	6.5
29	7.9	7.8	7.7	7.4	7.2	6.9	6.6	6.4
30	7.8	7.7	7.6	7.3	7.0	6.8	6.5	6.2
31	7.7	7.5	7.4	7.2	6.9	6.7	6.4	6.1
32	7.6	7.4	7.3	7.0	6.8	6.6	6.3	6.0
33	7.4	7.3	7.2	6.9	6.7	6.4	6.2	5.9
34	7.3	7.2	7.1	6.8	6.6	6.3	6.1	5.8
35	7.2	7.1	7.0	6.7	6.5	6.2	6.0	5.7
36	7.1	7.0	6.9	6.6	6.4	6.1	5.9	5.6
37	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	6.0	5.8	5.6
38	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	5.9	5.7	5.5
39	6.8	6.6	6.5	6.3	6.1	5.8	5.6	5.4
40	6.7	6.5	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5	5.3
41	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9	5.6	5.4	5.2
42	6.5	6.3	6.2	6.0	5.8	5.6	5.3	5.1
43	6.4	6.2	6.1	5.9	5.7	5.5	5.2	5.0
44	6.3	6.1	6.0	5.8	5.6	5.4	5.2	4.9
45	6.2	6.0	5.9	5.7	5.5	5.3	5.1	4.8
46	6.1	5.9	5.9	5.6	5.4	5.2	5.0	4.8
47	6.0	5.9	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7
48	5.9	5.8	5.7	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6
49	5.8	5.7	5.6	5.4	5.2	5.0	4.7	4.5
50	5.7	5.6	5.5	5.3	5.1	4.9	4.7	4.4

Table 1- Solubilité de l'oxygène dans
l'eau à différentes températures
et pressions.

Il existe également d'autres procédés d'ordre chimique tels:

- l'utilisation du bisulfite de sodium (concentration 2g/litre d'eau) qui s'oxyde au contact de l'eau, entraînant une forte consommation d'oxygène. Ce procédé est efficace lorsqu'on désire une désaération rapide (réaction immédiate) mais ne peut être utilisé avec les polyamides.

- l'ajout d'une solution bactérielle (concentration 10 ml/ litre d'eau) avec du sucre (concentration 0,1 g/ litre d'eau) entraîne également une forte consommation d'oxygène mais nécessite un temps d'attente considérablement plus long que le bisulfite de sodium.

L'ASTM propose une quantité maximale d'oxygène dissous correspondant à 4 PPM

8- MODE OPERATOIRE

8.1 Remplir la partie inférieure du montage avec de l'eau désaérée. (Sans atteindre le niveau de l'échantillon). (figure 8)

8.2 Installer la partie supérieure avec l'échantillon en place. S'assurer que le tout est étanche. (Avec les géotextiles minces, tels les tissés et les thermoliés, il est préférable d'ajouter un joint d'étanchéité à l'échantillon). (figure 9)

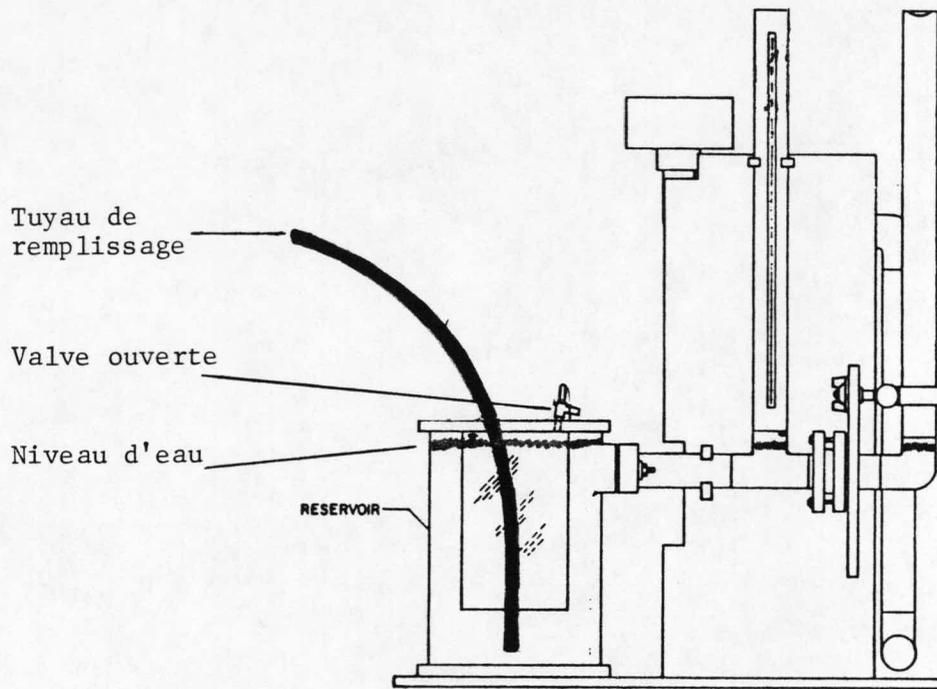
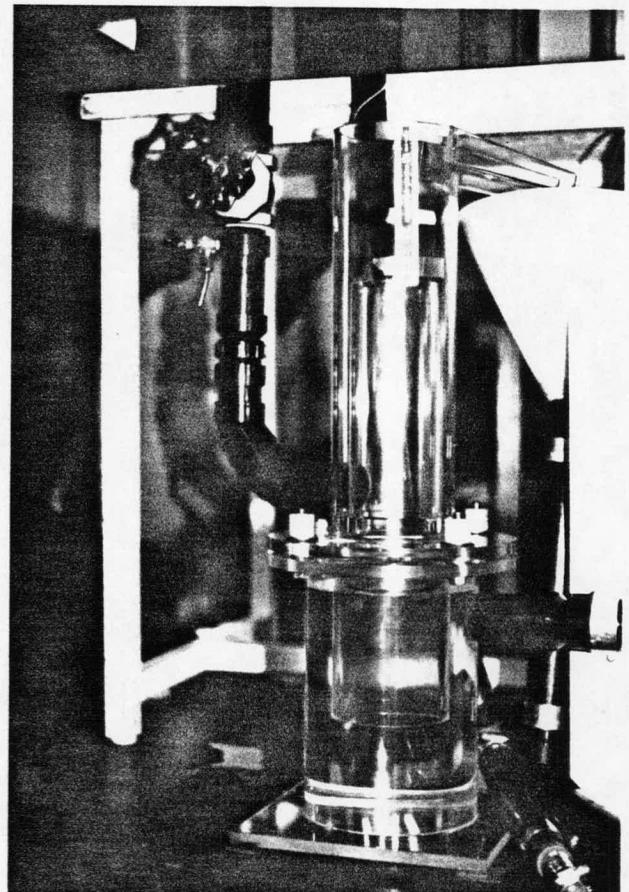


Figure 8

Remplissage de la partie inférieure

Figure 9-

Installation de la partie supérieure



8.3 Ouvrir la valve de drainage et remplir le système par le tuyau de mesure avec de l'eau désaérée. Un remplissage par la base effectué de cette façon, entraîne les bulles d'air, coincées dans le système ou dans le géotextile, vers le haut (figures 10 et 11)

8.4 Fermer la valve lorsque l'eau s'écoule par son ouverture et continuer de remplir jusqu'à ce que l'eau atteigne le déversoir.

8.5 Ajuster les règles de mesure au même niveau (figure 12)

8.6 Ouvrir l'entrée d'eau et ajuster le tuyau de décharge de façon à obtenir 0,5 cm de tête d'eau. (figure 13, 14, 15).

8.7 Evacuer l'air qui pourrait possiblement se trouver sur ou sous l'échantillon à l'aide d'un vacuum quelconque. Réajuster la tête d'eau, si nécessaire. (Si on constate une réaccumulation d'air trop rapide pour procéder à l'essai, on peut utiliser un peu de bisulfite de sodium (concentration 2g / litre d'eau) juste avant l'essai.

8.8 Noter les valeurs de temps (t), de volume (V) recueilli à la décharge et de température de l'eau (T), pour cette tête d'eau (5 lectures par échantillons).

8.9 Répéter les mêmes procédures pour des hauteurs de tête variant de 1,0 cm à 8,0 cm (par intervalle de 1.0 cm).

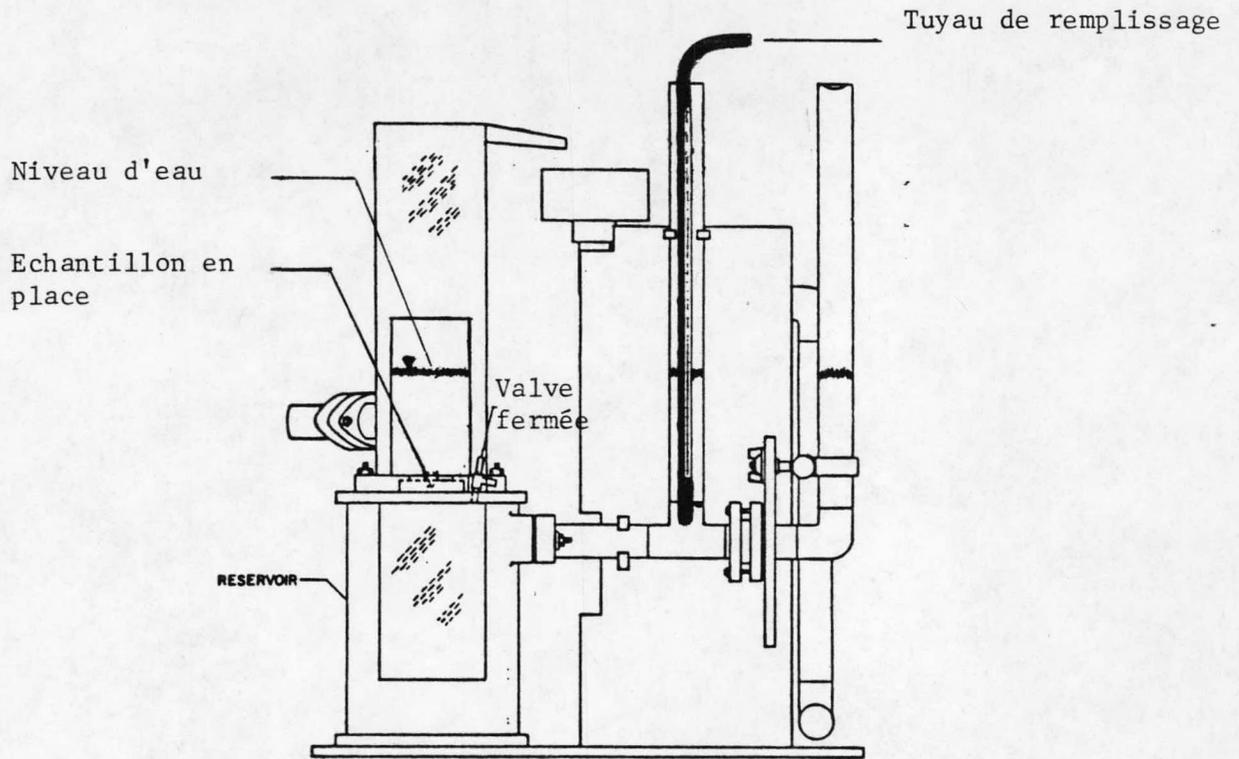


Figure 10

Remplissage de la partie supérieure

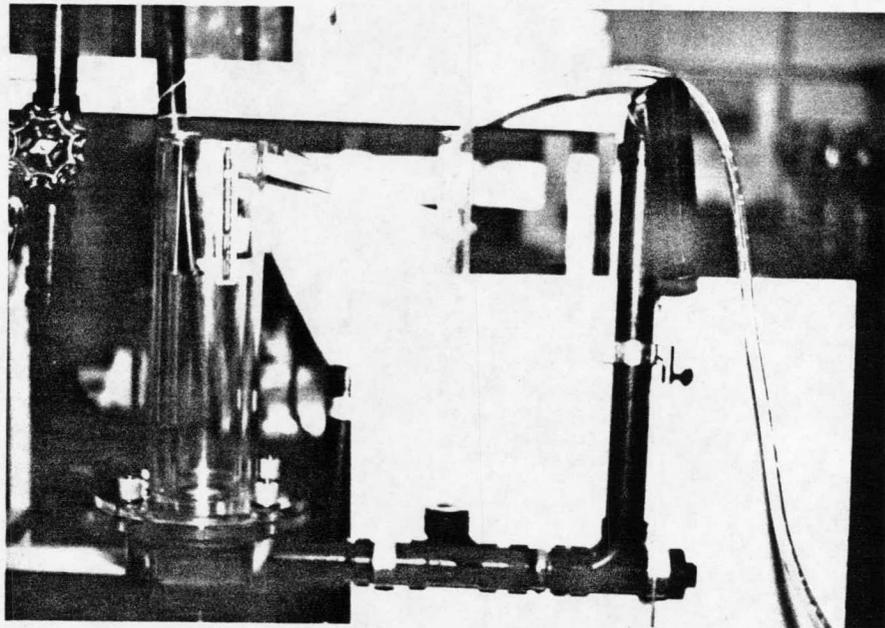


Figure 11-

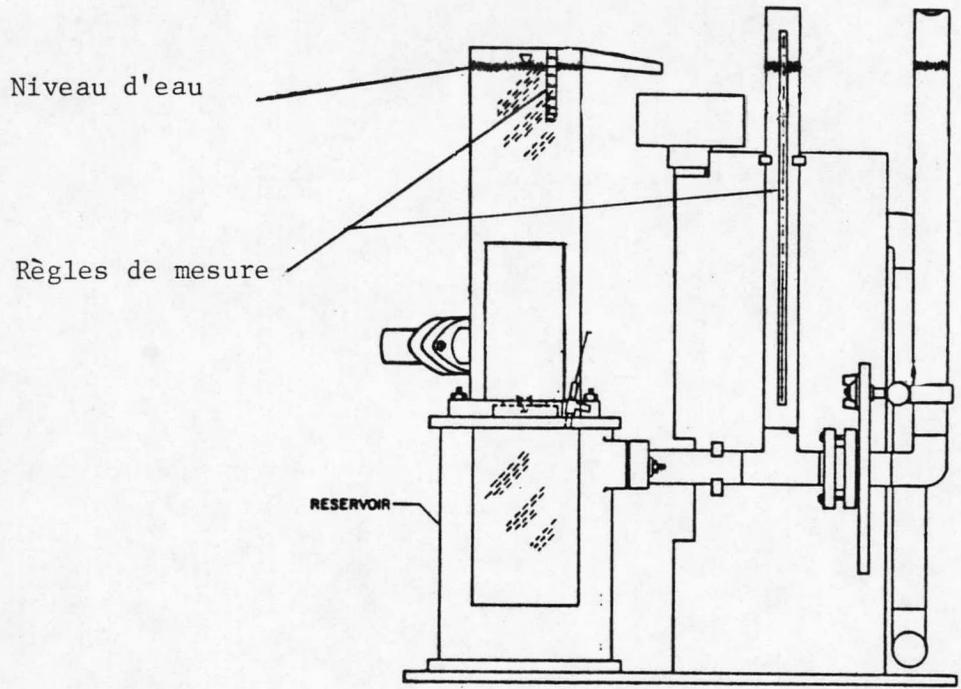


Figure 12

Fin du remplissage et ajustement des règles

Niveaux d'eau différents

Entrée d'eau ouverte

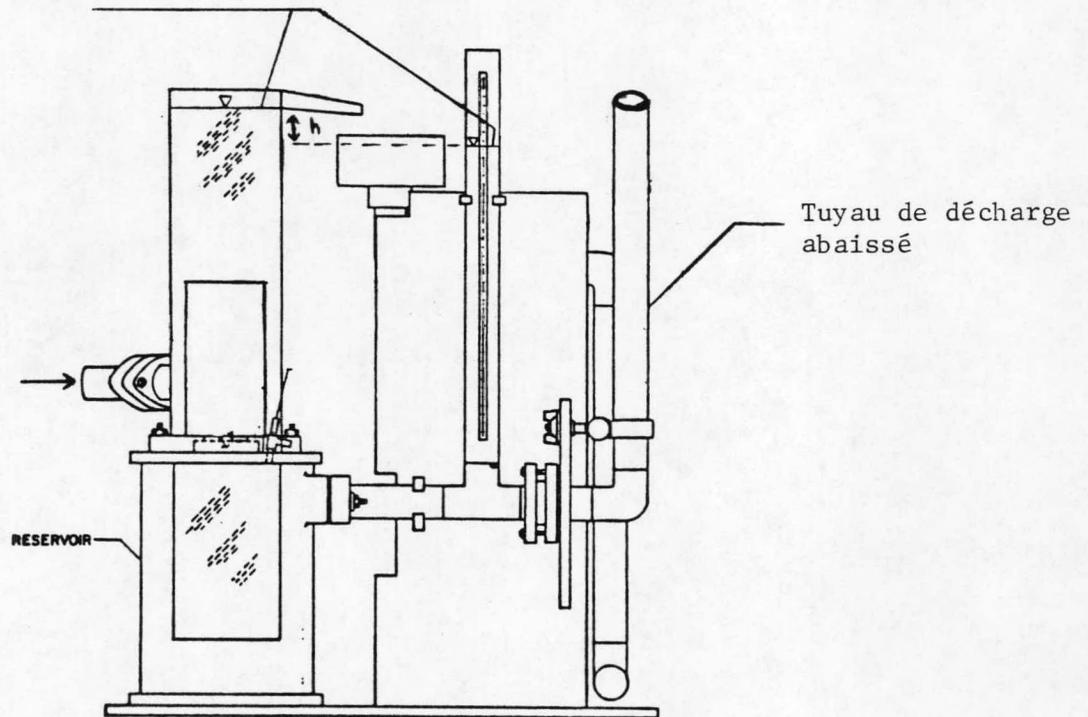


Figure 13

Ouverture de l'entrée d'eau et ajustement de la tête d'eau

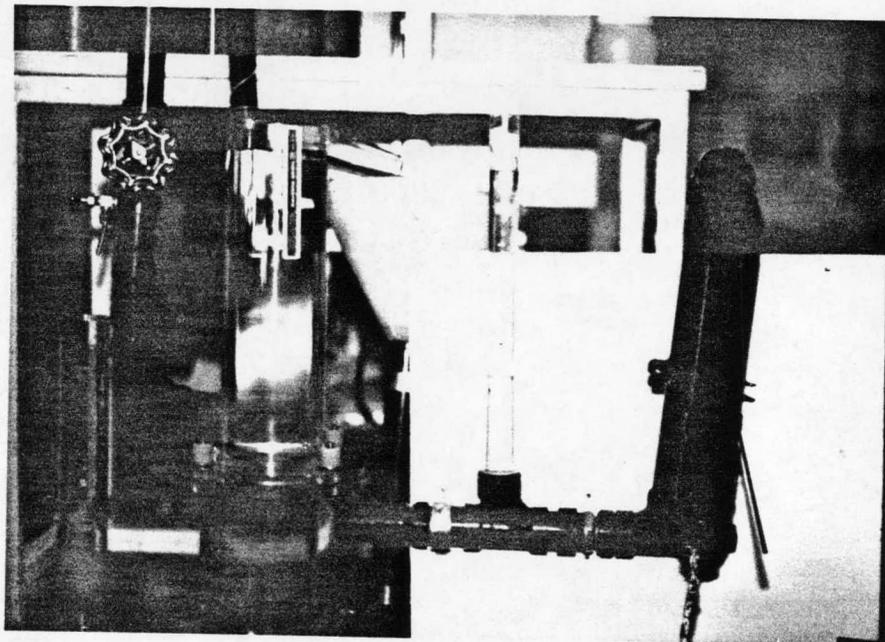


Figure 14- Tête d'eau

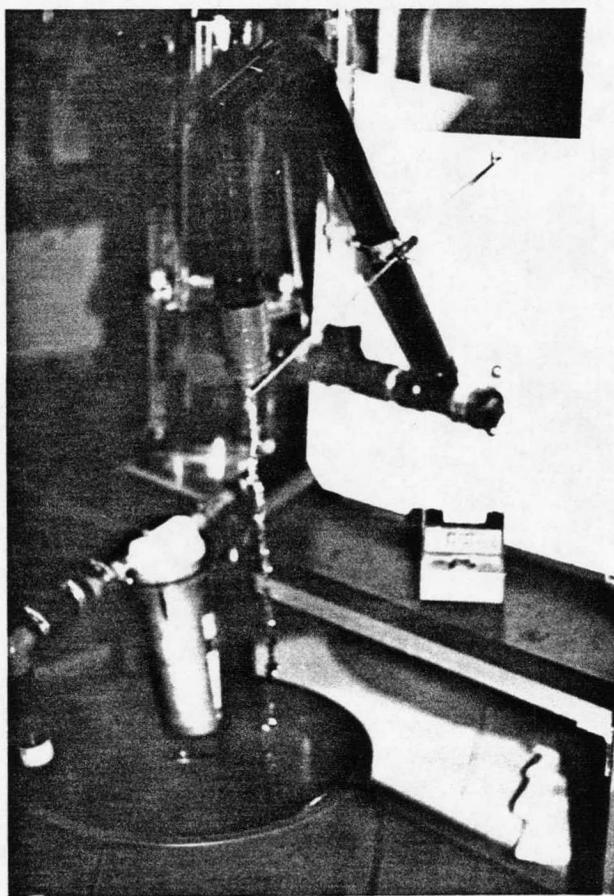


Figure 15- Inclinaison du tuyau de décharge

8.10 Enregistrer sur graphique les valeurs de vitesse (v) ($v = V/AT$) en fonction de la tête d'eau (h).

8.11 Tracer une droite rejoignant les points. (En écoulement laminaire, les valeurs de v et de h sont proportionnelles, on devrait donc obtenir une droite avec origine à zéro).

8.12 Noter la tête d'eau la plus élevée se situant dans la partie linéaire des point. (Dans la partie linéaire, de façon à avoir un écoulement laminaire, et la plus élevée, de façon à minimiser l'erreur).

8.13 Recommencer les étapes 8.2 à 8.8 pour les 3 autres échantillons avec une tête d'eau telle que notée en 8.12.

8.14 Les étapes 8.9 à 8.11 devront aussi être effectuées pour l'appareillage seul de façon à s'assurer que l'appareil ne contrôle par l'écoulement. C'est-à-dire qu'en comparant la courbe de l'appareillage seul à celle obtenue avec un géotextile, on devra constater une large différence.

- Si les courbes se rejoignent, on devra modifier l'appareillage de façon à ce qu'il ne contrôle plus l'écoulement. (En élargissant le tuyau de décharge par exemple).
- Si l'appareillage ne contrôle que légèrement l'écoulement, on peut se contenter de corriger les têtes d'eau (h_c au lieu de h).

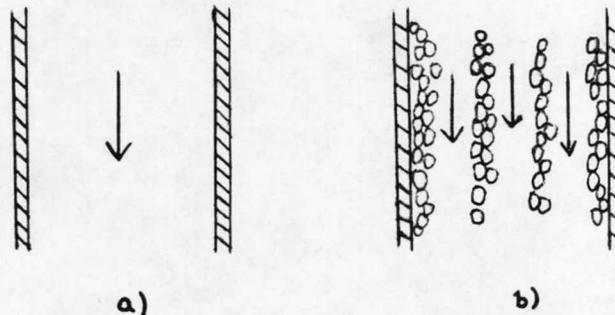
9- CALCUL ET EXPRESSION DES RESULTATS

9.1 Fondements de l'équation de base

L'étude de l'écoulement de l'eau au travers d'un sol à permis de constater un comportement analogue à celui observé à l'intérieure d'un tube capillaire.

Figure 16-

Écoulement de l'eau
a) tube capillaire
b) sol



En présence d'un sol, l'écoulement demeure le même, seul le diamètre varie. Ainsi donc, pour les sols comme pour les tubes capillaires, on peut appliquer la loi de Darcy qui dit que pour un écoulement laminaire, la vitesse d'écoulement (v) est proportionnelle au gradient hydraulique (i).

$$v = ki \quad \text{avec} \quad v = q/A \text{ et } i = \frac{h}{L}$$

$$\text{ou } q/A = k \frac{h}{L} \quad \text{ou } \Psi = \frac{q}{Ah} \quad \text{avec} \quad \Psi = \frac{k}{L}$$

q = débit

A = section d'écoulement

k = coefficient de perméabilité du sol

h = tête d'eau

L = épaisseur du sol

Ψ = permittivité du sol

(L'écoulement laminaire est respecté lorsque le nombre de Reynolds est inférieur à certaines valeurs connues.)

$$Re = \frac{DVP}{\gamma}$$

Re < 10 pour un sol

Re < 2000 pour un tube capillaire

L'analyse de la perte de charge au travers d'un tube capillaire s'applique d'ailleurs à tous les milieux poreux de porosité plus faible que 0,5.

Les géotextiles cependant ont un fort pourcentage de vide, (90 % à l'état normal et 75 % à l'état comprimé) ce qui occasionne des écoulement différents.

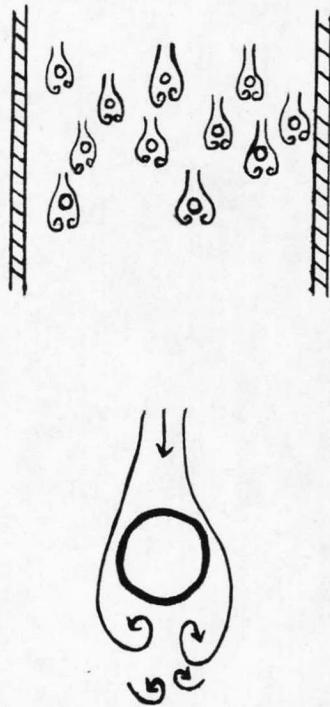


Figure 17-

Écoulement de l'eau au travers d'un géotextile

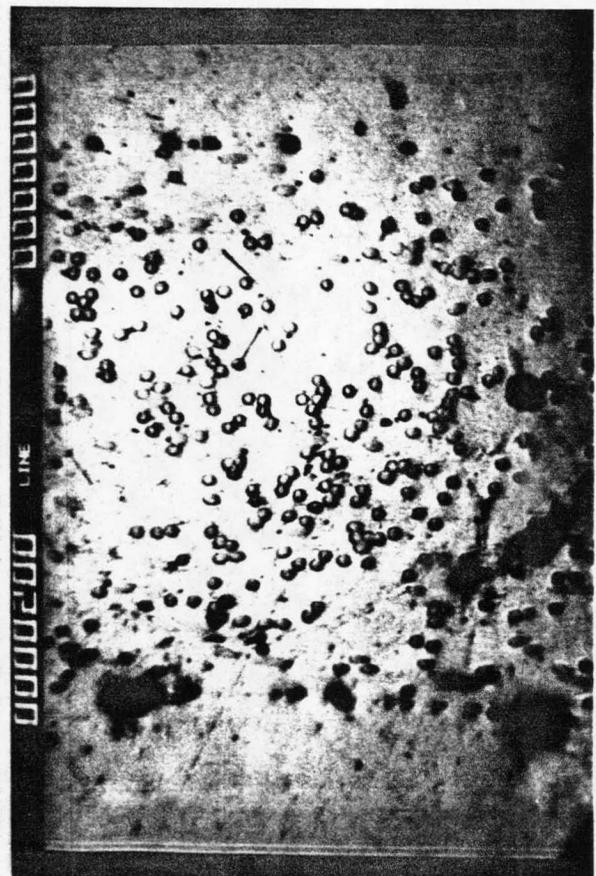


Figure 18- Aiguilleté Bidim sous compression (P = 200 Kpa)

D'où la difficulté d'appliquer aux géotextiles l'analyse de perte de charge au travers d'un tube capillaire. Ainsi, si on peut déterminer pour un sol, à l'aide du nombre de Reynolds, quelle est la zone d'écoulement laminaire et par le fait même où s'applique la loi de Darcy, on ne peut en faire autant pour un géotextile.

Cependant, aussi longtemps que l'on obtient expérimentalement une droite passant par zéro pour le rapport de v Vs h , on peut conclure que l'écoulement est laminaire puisque la loi de Darcy s'applique.

Ainsi sera-t-il très important, dans l'analyse des résultats, d'observer qu'il y a bien linéarité des valeurs avant d'appliquer la loi de Darcy.

$$\Psi = q/Ah$$

9.2 Calculs

9.2.1 Calculer le débit (q) pour chacune des lectures

$$q = V/T$$

V = Volume d'eau recueilli en millilitres ($1\text{ml} = 1\text{cm}^3$)

T = Temps en secondes pendant lequel on a recueilli le volume V

9.2.2 Calculer le débit moyen (\bar{q}) pour chacun des échantillons

9.2.3 A l'aide de l'équation 1 calculer la permittivité (Ψ) pour chacun des échantillons.

$$\Psi = \bar{q} R_T / Ah$$

Equation 1

q = Débit en millilitres par seconde (ml/s = cm^3/s)

h = Hauteur d'eau en centimètres (cm)

A = Section d'écoulement en centimètres carré (cm^2)

R_T = Facteur de correction de la viscosité pour des températures autres que 20°C .

$$R_T = u_T / u_{20^\circ \text{C}}$$

u_T = Viscosité de l'eau à la température T de l'essai (valeurs de référence dans table 2)

$u_{20^\circ \text{C}}$ = Viscosité de l'eau à 20°C

9.2.4 Calculer la permittivité moyenne (\bar{V}) pour les 4 échantillons

9.2.5 Calculer l'écart-type (s) et le coefficient de variation (V) (Le coefficient de variation est égal à la moyenne divisée par l'écart-type) pour les 4 échantillons testés.

9.2.6 Calculer le coefficient de perméabilité (k)

$$k = \bar{V} \times e$$

e = Epaisseur normale du géotextile telle qu'évaluée à l'aide de la méthode d'essai fournie en annexe 5 ou telle qu'estimée.

VISCOSITY OF WATER

IN CENTIPOISES FROM 0° TO 100° C.

Calculated by the formula: $\eta = 2.1482[(t - 8.435) + \sqrt{8078.4 + (t - 8.435)^2}] - 120$. Bingham and Jackson, *Bur. Standards Bull.* 14, 75 (1918); Bingham, "Fluidity and Plasticity," p. 340, McGraw-Hill, New York (1922).

t° C	η	t° C	η	t° C	η
0	1.7921	34	0.7371	69	0.4117
1	1.7313	35	0.7225	70	0.4061
2	1.6728	36	0.7085	71	0.4006
3	1.6191	37	0.6947	72	0.3952
4	1.5674	38	0.6814	73	0.3900
5	1.5188	39	0.6685	74	0.3849
6	1.4728	40	0.6560	75	0.3799
7	1.4284	41	0.6439	76	0.3750
8	1.3860	42	0.6321	77	0.3702
9	1.3462	43	0.6207	78	0.3655
10	1.3077	44	0.6097	79	0.3610
11	1.2713	45	0.5988	80	0.3565
12	1.2363	46	0.5883	81	0.3521
13	1.2028	47	0.5782	82	0.3478
14	1.1709	48	0.5683	83	0.3436
15	1.1404	49	0.5588	84	0.3395
16	1.1111	50	0.5494	85	0.3355
17	1.0828	51	0.5404	86	0.3315
18	1.0559	52	0.5315	87	0.3276
19	1.0299	53	0.5229	88	0.3239
20	1.0050	54	0.5146	89	0.3202
20.20	1.0000	55	0.5064	90	0.3165
21	0.9810	56	0.4985	91	0.3130
22	0.9579	57	0.4907	92	0.3095
23	0.9358	58	0.4832	93	0.3060
24	0.9142	59	0.4759	94	0.3027
25	0.8937	60	0.4688	95	0.2994
26	0.8737	61	0.4618	96	0.2962
27	0.8545	62	0.4550	97	0.2930
28	0.8360	63	0.4483	98	0.2899
29	0.8180	64	0.4418	99	0.2868
30	0.8007	65	0.4355	100	0.2838
31	0.7840	66	0.4293		
32	0.7679	67	0.4233		
33	0.7523	68	0.4174		

IN CENTIPOISES FROM -10° TO 0° C. AND FROM 100° TO 150° C.*

t° C	η	t° C	η	t° C	η
-10	2.60	-2	1.91	120	0.232
-8	2.40	0	1.79	130	0.212
-6	2.22	+100	0.284	140	0.196
-4	2.05	+110	0.256	150	0.184

* At the pressure of the saturated vapor at the indicated temperature.

Table 2- Viscosité de l'eau à différentes températures

10- PROCES-VERBAL D'ESSAI

Le procès verbal d'essai doit comporter les informations suivantes.

10.1 Résultats concernant la détermination de la zone d'écoulement laminaire (annexe 1).

10.1.1 Le numéro de l'échantillon choisi et sa masse surfacique (m_s)

10.1.2 La température (T) à laquelle l'essai fut performé et le facteur de correction de viscosité (R_T) correspondant

10.1.3 Un tableau des résultats incluant les valeurs nécessaires pour établir le graphique de v Vs h

10.1.4 Le graphique v Vs h

10.1.5 La hauteur de tête (h) sélectionnée

10.2 Valeurs de permittivité (Ψ) et de perméabilité (k) (annexe 1)

10.2.1 Hauteur de tête (h) à laquelle les essais ont été performés

10.2.2 La température (T) et le facteur de correction (R_T) de viscosité correspondant

10.2.3 Tableaux des résultats comprenant

- le volume (V), le temps (t) et le débit (q) pour chaque lecture de chacun des échantillons.

- La masse surfacique de chacun des échantillons (afin de comparer et voire même d'éliminer certaines valeurs trop disparates).

- Le débit moyen pour chacun des échantillons

- La permittivité pour chacun des échantillons

10.2.4 La permittivité moyenne (avec écart-type et coefficient de variation)

10.2.5 L'épaisseur du géotextile

10.2.6 Le coefficient de perméabilité (k)

11- REMARQUES CONCERNANT LES ESSAIS REALISES AU COMPLEXE SCIENTIFIQUE DU
QUEBEC

11.1 Comparaison des méthodes d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage telles que proposées dans les sections 7.1.2.1 (méthode de la masse surfacique) et 7.1.2.2 (méthode ASTM) ont été comparées lors de différents essais. (voir annexe 8, section 2).

De ces, essais, il ressort que la méthode de la masse surfacique (mg) offre bien plus de précision (coefficient de variation $\approx 5\%$) que la méthode de l'ASTM qui tient plutôt du hasard (coefficient de variation $\approx 15\%$).

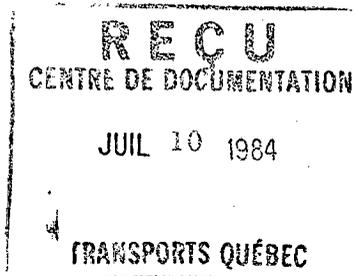
Cette différence de précision s'accroît d'autant plus que le géotextile est épais, puisqu'il présente alors de plus grandes variations de la masse surfacique.

11.2 Comparaison de comportement des tissés conditionnés (mouillés) et non conditionnés (secs).

Les résultats obtenus à l'aide des tissés mouillés et secs sont sensiblement les mêmes (annexe 8, section 3), ce qui porte à croire que leur comportement en présence de variations de niveaux d'eau serait acceptable.

11.3 Résultats

Les essais réalisés avec les échantillons en notre possession ont conduit aux valeurs suivantes (annexe 8).



Pour un aiguilleté, $k = 1 \times 10^{-1}$ (cm/s) $\Psi = 1,0$

Pour un tissé, $k = 1 \times 10^{-3}$ (cm/s) $\Psi = 0,1$

Pour un thermolié, k est indéterminé.

(Les essais effectués sur les thermoliés n'ont eu pour but que l'élaboration d'une procédure d'essai, le Complexe n'étant alors pas en possession d'échantillons inaltérés).

Les exigences concernant la perméabilité à l'eau normale au géotextile (filtration: filtre de drain, couche anti-contaminante) ont pour but de laisser passer un débit donné (souvent faible) et de réduire les pressions interstitielles" et imposent donc $\Psi = k/e > 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Ces exigences, respectées par la majorité des géotextiles sur le marché, sont cependant peu conservatrices. Il serait donc bon d'être plus exigeant lorsqu'on est en présence d'un cas où il pourrait possiblement survenir des débits plus élevés.

11.4 Précision des procédures

11.4.1 Présence d'air

L'utilisation d'eau désaérée n'est pas vraiment nécessaire dans un tel essai. Cependant, si on veut s'assurer que les variations de pression ou de température n'occasionneront pas la formation de bulles d'air, il est préférable de désaérer l'eau. Evidemment, le seuil de 4 PPM proposé est un peu bas, puisque le niveau de saturation de l'eau se situe à 9.2 PPM (20 °C). Il est tout de même bon d'essayer de l'observer de façon à éviter l'accumulation de bulles d'air sous et sur la membrane.

Une fois l'eau en circulation, il est difficile d'éviter l'apparition de bulles dans les 2 réservoirs (voir figure 3), mais on évite leurs présences autour de l'échantillon, en remplissant la section de mesure (voir figure 1 et 2) avec l'eau désaérée avant chaque essai.

11.4.1.2 L'usage du bisulfite de sodium pour désaérer l'eau ne pose pas de problèmes quant à la viscosité (viscosité = 0,67 centipoises avec ou sans bisulfite. Voir figure 19 et 20) ou à la limpidité de l'eau. Cependant, il faut veiller à ne pas l'utiliser en présence de produits contenant du chlore ou avec un géotextile à base de Polyamide. Les géotextiles communs constitués en polyester et en polypropylène ne posent pas de problèmes.

11.4.2 Temps de stabilisation et application du vide

Le temps d'attente avant de procéder aux mesures ne doit pas être long (2 à 3 minutes). En fait, plus on attend, plus le géotextile se relâche (augmentation du débit) et plus il y a accumulation de bulles d'air sur la membrane (diminution du débit).

L'idéal consiste donc en une lecture rapide après l'application du vacuum, qui entraîne une stabilisation rapide de l'écoulement.

11.5 Précision dans la détermination de la zone d'écoulement laminaire

Un problème se pose dans la détermination de la zone d'écoulement laminaire. Plus on choisit des têtes d'eau petites, plus le risque d'erreur est élevé; par contre, plus on choisit une tête d'eau élevée, plus on s'éloigne de la zone d'écoulement laminaire.



Échantillon				Rapport			
Numéro. Eau + Bisulfite Sodium				Numéro Special			
Type				Analyste K. J. Gaudin			
Scellé Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				Date 83-07-29			
Distillation		Viscosité cinématique					
P.I.		Résultat	Unités	Temps	Secondes	Constante	N°
5%		0.6696	est	40	168.0	0.003986	50
10%		0.6660	à Poises	40			793
20%							
30%		Éclair	Combust.	Congél.	Écoul. + 3	Trouble	
40%							
50%		% Soufre	Lectures				Moy.
60%							
70%		Neutra.	Blanc		Densité à		
80%		AC. Total			A.P.I.		
90%		AC. Fort			Relative		
95%		Ba. forte			Lecture		
P.F.		HCL A			Temp.		
Récu.		HCL B			Corro.		
Résidu		KOH A			Eau + Séd.		
Perte		KOH B			I. cétane		
		Résultat	g échan.	Masse av.	Masse ap.	Creuset	
Carbone							
Cendres							
Rés. sulf.							
Eau							
Remarques							
Densité = 1.000 @ 23°C - (73°F)							
" = 0.990 @ 55°C - (131°F)							
=> Densité = 0.9947 à 40°C							

V-1107(79-02)

Figure 19- Evaluation de viscosité de l'eau plus bisulfite de sodium



Échantillon				Rapport			
Numéro #20				Numéro Special			
Type				Analyste R. Vaunier			
Scellé Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				Date 93-07-29			
Distillation		Viscosité cinématique					
P.I.		Résultat	Unités	Temps	Secondes	Constante	N°
5%		0.6730	est	40	159.4	0.004222	50
10%		0.6678	à Poise	40			6792
20%							
30%		Éclair	Combust.	Congél.	Écoul. + 3	Trouble	
40%							
50%		% Soufre	Lectures				Moy.
60%							
70%		Neutra.	Blanc	Densité à			
80%		AC. Total		A.P.I.			
90%		AC. Fort		Relative			
95%		Ba. forte		Lecture			
P.F.		HCL A		Temp.			
Récu.		HCL B		Corro.			
Résidu		KOH A		Eau + Séd.			
Perte		KOH B		I. cétane			
		Résultat	g échan.	Masse av.	Masse ap.	Creuset	
		Carbone					
		Cendres					
		Rés. sulf.					
		Eau					
Remarques							
Handbook: Densité à 40°C = 0.99224							

V-1107(79-02)

Figure 20- Evaluation de viscosité de l'eau

Il s'agit donc de choisir le meilleur compromis: La tête d'eau la plus élevée tout en demeurant dans la partie linéaire de la courbe.

Evidemment avec certains géotextiles (tels les tissés) cela conduit à des têtes d'eau aussi petites que 1,0 centimètre ; mais il vaut mieux avoir une erreur de 10% dans les lectures que d'avoir des résultats qui ne s'appliquent pas du tout. Ce qui est le cas lorsqu'on se retrouve en écoulement turbulent.

11.6 Remarques sur le traitement des différents géotextiles

Aiguilletés: - Réagissent bien à l'application du vacuum
- Nécessité occasionnelle du bisulfite

Tissés : - Utilisation délicate du vacuum qui a tendance à déloger l'échantillon de son support.
- Bons résultats avec le bisulfite de sodium en laissant reposer un peu avant d'ouvrir l'entrée d'eau pour l'essai.

Thermoliés : - Se travaillent bien avec un peu de bisulfite et le vacuum.

11.7 Amélioration du montage

11.7.1 Permittivité du perméamètre seul

Les résultats obtenus lors d'un essai de permittivité réalisé sans géotextile, (annexe 8, section 1) sont de beaucoup plus élevés que ceux obtenus avec les géotextiles (annexe 8, section 2 et 3).

Il est donc d'ores et déjà vérifié que l'appareil ici utilisé ne contrôle l'écoulement que de façon négligeable. Cependant, cette étape sera à recommencer après reconstruction finale de l'appareillage.

11.7.2 Recommandations

- 1- L'appareillage final devra être démontable
- 2- Le support à échantillon devra présenter une meilleure étanchéité. (son état actuel pose des problèmes en présence des tissés, car la moindre fuite entraîne des variations du débit final qui n'est pas élevé).
- 3- La règle de mesure devra être mobile (ajustable à l'aide d'une vis) de façon à éviter d'avoir à la recoller à chaque fois qu'on veut l'ajuster).
- 4- Il serait finalement efficace d'avoir 4 supports à échantillon que l'on pourrait déposer dans la cloche à vide d'où on pourrait les retirer pour les installer immédiatement sur le montage. Evitant ainsi les chances de déconditionner les échantillons.

A N N E X E 1

R A P P O R T - T Y P E
D E L ' E S S A I
D E P E R M I T T I V I T E

PERMITTIVITE

ESSAI SUR GEOTEXTILES

DATE DE RECEPTION : _____ NO DE LABORATOIRE : _____
 DESIGNATION DU PRODUIT: _____ TYPE DE GEOTEXTILE: _____

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: 19,635 cm²

ECHANTILLON # : _____ Température (°C): _____
 Masse surfacique (g/m²): _____ * R_T : _____

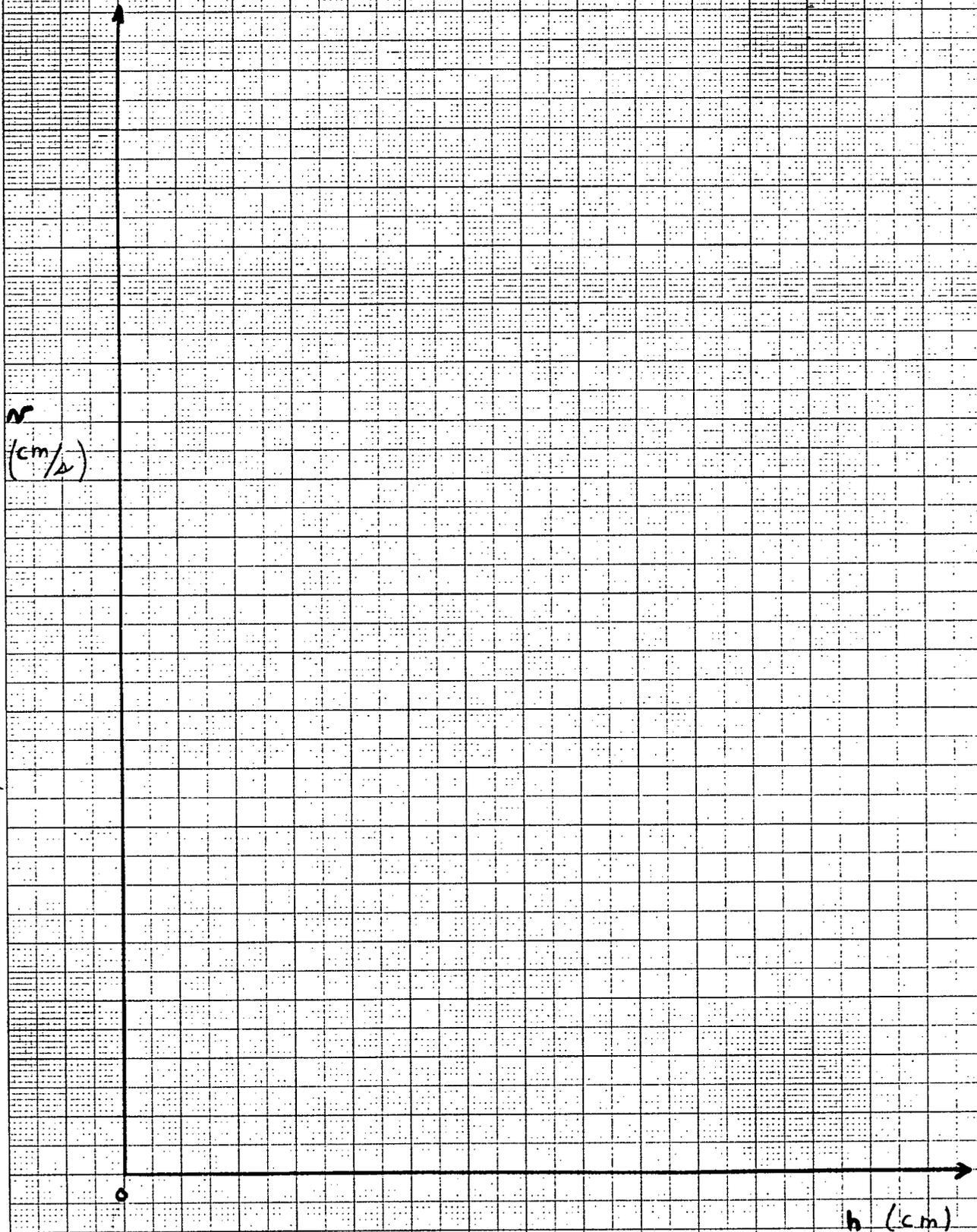
Tête (cm)									
Lectures									
#1	V								
	t								
	q								
#2	V								
	t								
	q								
#3	V								
	t								
	q								
#4	V								
	t								
	q								
#5	V								
	t								
	q								
q̄ (ml/s)									
q/A : v (cm/s)									

Hauteur de tête sélectionnée h(cm): _____

* Facteur de correction de la viscosité pour température ≠ 20°C:

DATE: _____ TECHNICIEN(NE): _____

ESSAI DE PERMITTIVITE
DETERMINATION DE LA ZONE D'ECOULEMENT LAMINAIRE



46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 10 X 25 CM.
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



PERMITTIVITE

ESSAIS SUR GEOTEXTILES

Date de réception : _____ Entrepreneur : _____
 Désignation du produit : _____ Site des travaux : _____
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : _____ No contrat : _____
 Type de géotextile : _____ Municipalité : _____
 Soumis par : _____ Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : _____
 Température (°C) : _____
 Facteur de correction pour viscosité R_T : _____

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)									
Lectures												
# 1												
# 2												
# 3												
# 4												
# 5												
Masse surfacique (g/m ²)												
\bar{q} (ml/s)												
$\Psi : \bar{q}R_T/Ah$ (s ⁻¹)												

Permittivité moyenne $\bar{\Psi}$ (s⁻¹) : _____ Epaisseur (cm) : _____
 Ecart type : _____ Perméabilité K (cm/s) : _____
 Coefficient de variation : _____

DATE: _____

TECHNICIEN (NE): _____

PERMITTIVITE

ESSAI SUR GEOTEXTILES

DATE DE RECEPTION : 27-06-83NO DE LABORATOIRE : AF.023-83DESIGNATION DU PRODUIT : MIRAFI P-550TYPE DE GEOTEXTILE : AIGUILLETÉ

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: 19,635 cm²ECHANTILLON # : 2Température (°C): 24,5Masse surfacique (g/m²): 758,5494* R_T : 0,899453

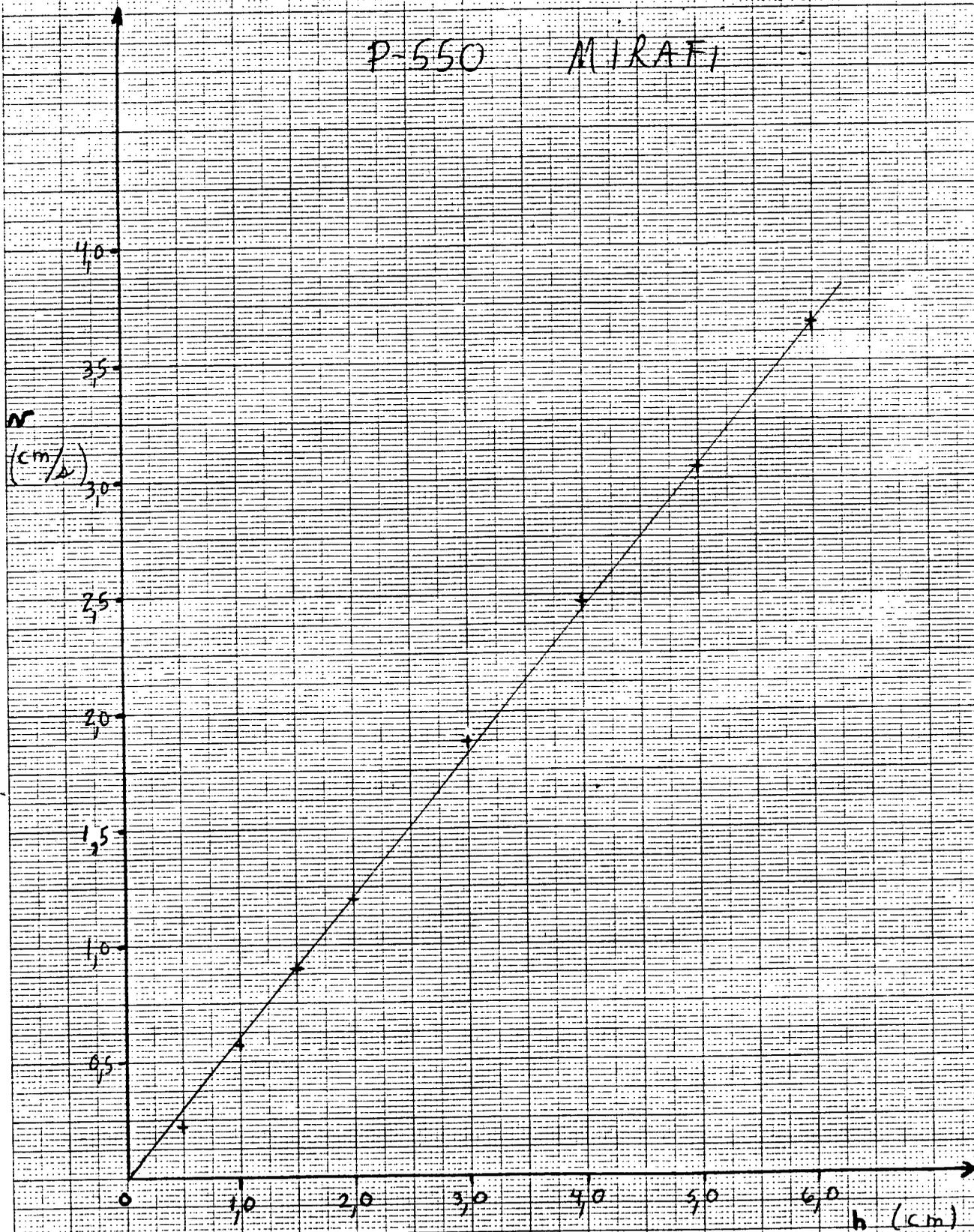
Lectures	Tête (cm)								
		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
#1	V	72	166	223	348	546	480	610	720
	t	15,0	14,95	12,8	14,9	14,9	9,85	10,15	9,9
	q	4,8	11,10	17,42	23,36	36,64	48,73	60,10	72,73
#2	V	70	175	176	350	503	480	600	730
	t	14,9	15,6	15,0	15,0	13,7	9,9	9,95	10,1
	q	4,70	11,22	17,6	23,33	36,72	48,48	60,3	72,28
#3	V	64	169	177	350	410	477	594	705
	t	14,0	14,95	10,0	14,85	11,1	9,9	10,0	9,8
	q	4,57	11,30	17,7	23,57	36,94	48,18	59,4	71,94
#4	V	71	166	175	352	370	484	582	722
	t	14,9	14,9	10,0	15,0	10,1	9,95	9,8	10,1
	q	4,77	11,14	17,5	23,47	36,63	48,64	59,39	71,49
#5	V	70,0	169	176	358	372	486	600	710
	t	14,9	14,9	9,9	14,8	10,0	10,1	10,1	9,9
	q	4,70	11,34	17,78	24,19	37,20	48,12	59,41	71,72
\bar{q} (ml/s)		4,71	11,22	17,60	23,58	36,83	48,43	59,72	72,03
q/A : v (cm/s)		$2,40 \times 10^{-1}$	$5,71 \times 10^{-1}$	$8,96 \times 10^{-1}$	1,201	1,876	2,467	3,042	3,668

Hauteur de tête sélectionnée h(cm): 6,0* Facteur de correction de la viscosité pour température $\neq 20^\circ\text{C}$:DATE: 04-08-83TECHNICIEN(NE): Johanne Louillard

ESSAI DE PERMITTIVITÉ

DETERMINATION DE LA ZONE D'ÉCOULEMENT LAMINAIRE

P-550 MIRAFI



461512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 1R X 2R CM
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



PERMITTIVITE

ESSAIS SUR GEOTEXTILES

Date de réception : 27-06-83 Entrepreneur : ETUDE
 Désignation du produit : P-550 MIRAFL Site des travaux : _____
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : AF, 023-83 No contrat : _____
 Type de géotextile : AIGUILLETE Municipalité : _____
 Soumis par : Peer Moldvar Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 6,0
 Température (°C) : 24,5
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,899453

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)									
Lectures												
# 1	637	9,85	64,67	720	9,9	72,73	720	9,9	72,73	700	10,0	70,0
# 2	635	9,8	64,80	730	10,1	72,28	725	9,9	73,23	687	9,9	69,39
# 3	640	9,7	65,98	705	9,8	71,94	735	10,0	73,5	702	10,05	69,85
# 4	650	9,95	65,33	722	10,1	71,49	730	10,0	73,0	703	9,9	71,01
# 5	642	9,85	65,18	710	9,9	71,72	728	10,0	72,8	700	9,9	70,71
Masse surfacique (g/m ²)	760,4927			758,5994			758,6250			773,9676		
\bar{q} (ml/s)	65,19			72,02			73,05			70,19		
$\Psi : \bar{q}R_T/Ah$ (s ⁻¹)	0,4977			0,5499			0,5577			0,5359		

Permittivité moyenne Ψ (s⁻¹) : 0,5353 Epaisseur (cm) : 0,466
 Ecart type : 0,0266 Perméabilité K (cm/s) : 2,49 x 10⁻¹
 Coefficient de variation : 4,9870

DATE: 05-08-83TECHNICIEN (NE): J. Rouillard

A N N E X E 2

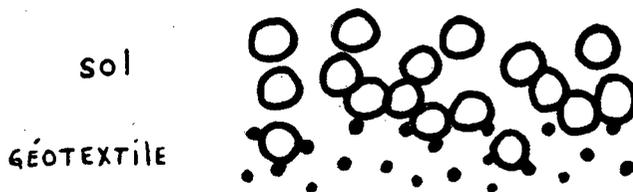
ESSAI DE PERMITTIVITE DES GEOTEXTILES AVEC SOLS:

En présence d'un sol, deux facteurs influent grandement sur la valeur de permittivité.

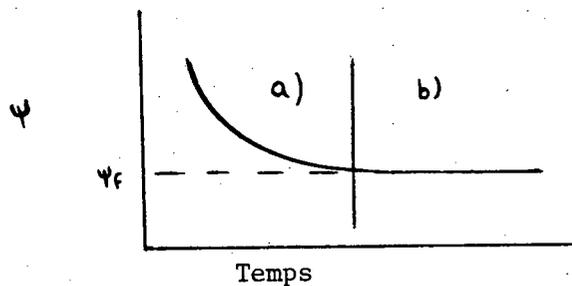
Le facteur temps et la présence d'air

1- Facteur temps:

L'écoulement au travers d'une combinaison sol-géotextile varie de celui observé au travers du géotextile seul. En effet après un certain laps de temps on observe la formation d'un gâteau constitué des particules fines du sol qui obstruent les pores du géotextile. (Colmatage)

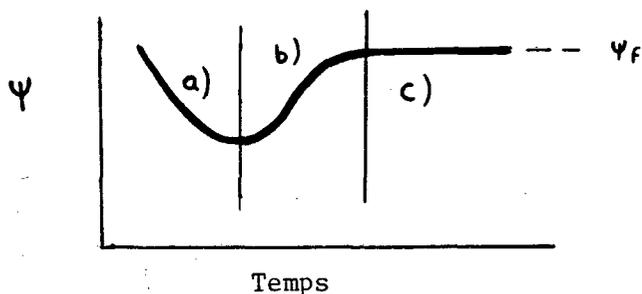


On obtient donc une permittivité moins élevée.

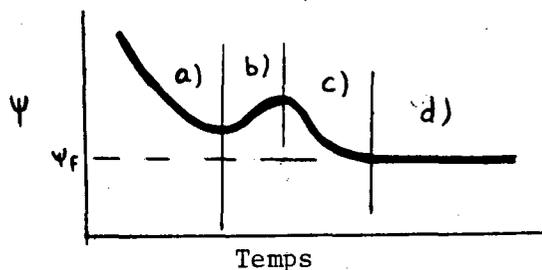


- a) colmatage
- b) stabilisation:
permittivité sol-géotextile
- Ψ_f) valeur de permittivité finale

Pour différentes associations sols-géotextiles on observe différents comportements.



- a) colmatage
- b) perte de matériel en entier
- c) stabilisation:
permittivité du géotextile
qui se retrouve seul



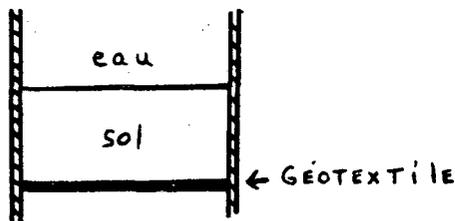
- a) colmatage
- b) perte partielle du matériel
- c) Colmatage
- d) Stabilisation:
Permittivité sol-géotextile

D'où la nécessité, lors d'un essai de permittivité avec sol, d'observer un temps d'essai suffisamment long pour s'assurer qu'il y a stabilisation et qu'il s'agit bien du comportement final. (20 à 30 heures).

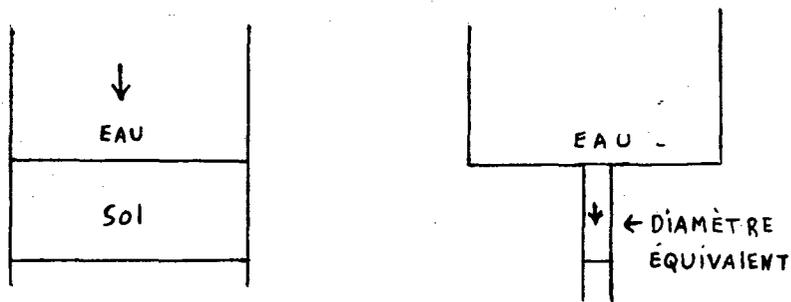
2- Présence d'air

La présence d'oxygène dissous dans l'eau influe beaucoup plus dans l'évaluation de la permittivité sol-géotextile que dans le cas d'un géotextile seul.

Pour expliquer ce phénomène, observons le cheminement de l'eau au travers d'un sol.



La présence du sol entraîne une diminution du diamètre d'écoulement de l'eau



Pour un débit constant, la vitesse du liquide augmente dans le sol, puisqu'il y a diminution de la section. Comme la vitesse augmente, la pression diminue, ce qui par la même occasion, entraîne la diminution de la solubilité de l'air dans l'eau (voir table 1)

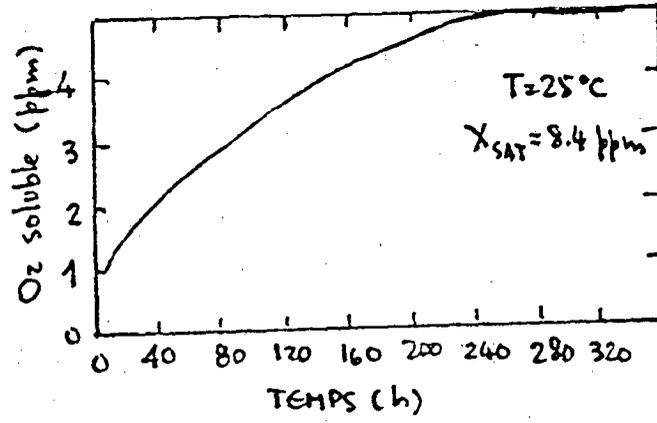
A la sortie du sol, la section d'écoulement est augmentée, la vitesse est diminuée et la pression se rétablit. Cependant, comme le taux de récupération de l'air dans un volume d'eau est un phénomène très lent (voir fig. A), l'air ne peut être redissous et forme donc des bulles qui remontent graduellement sous la membrane.

Ces bulles obstruent le géotextile et entraînent une diminution de la permittivité.

Il est donc nécessaire d'utiliser une eau désaérée au maximum dans l'évaluation de la permittivité géotextile-sol.

(Le problème ne se pose pas en présence d'un géotextile seul, car la réduction du diamètre d'écoulement est moindre (Porosité 90 %) et le géotextile est beaucoup plus mince que le sol.)

FIGURE -A : TEMPS DE LA SOLUBILITE DE RETOUR DE L'AIR
DANS L'EAU



A N N E X E 3

ESSAI DE PERMITTIVITE DES GEOTEXTILES SOUS COMPRESSION

Sous compression, la présence d'air joue un rôle des plus importants dans l'évaluation de la permittivité.

En soumettant un géotextile à une pression, on constate une diminution de porosité du géotextile, donc une diminution du diamètre d'écoulement. On observe alors un comportement similaire à celui observé en présence d'un sol. (voir annexe 2)

Il est donc nécessaire d'utiliser de l'eau désaérée dans un essai de permittivité des géotextiles sous compression. (voir fig. B)

THE INFLUENCE OF AIR DISSOLVED IN WATER

(A) DATA FROM ROLLIN & LAFLEUR

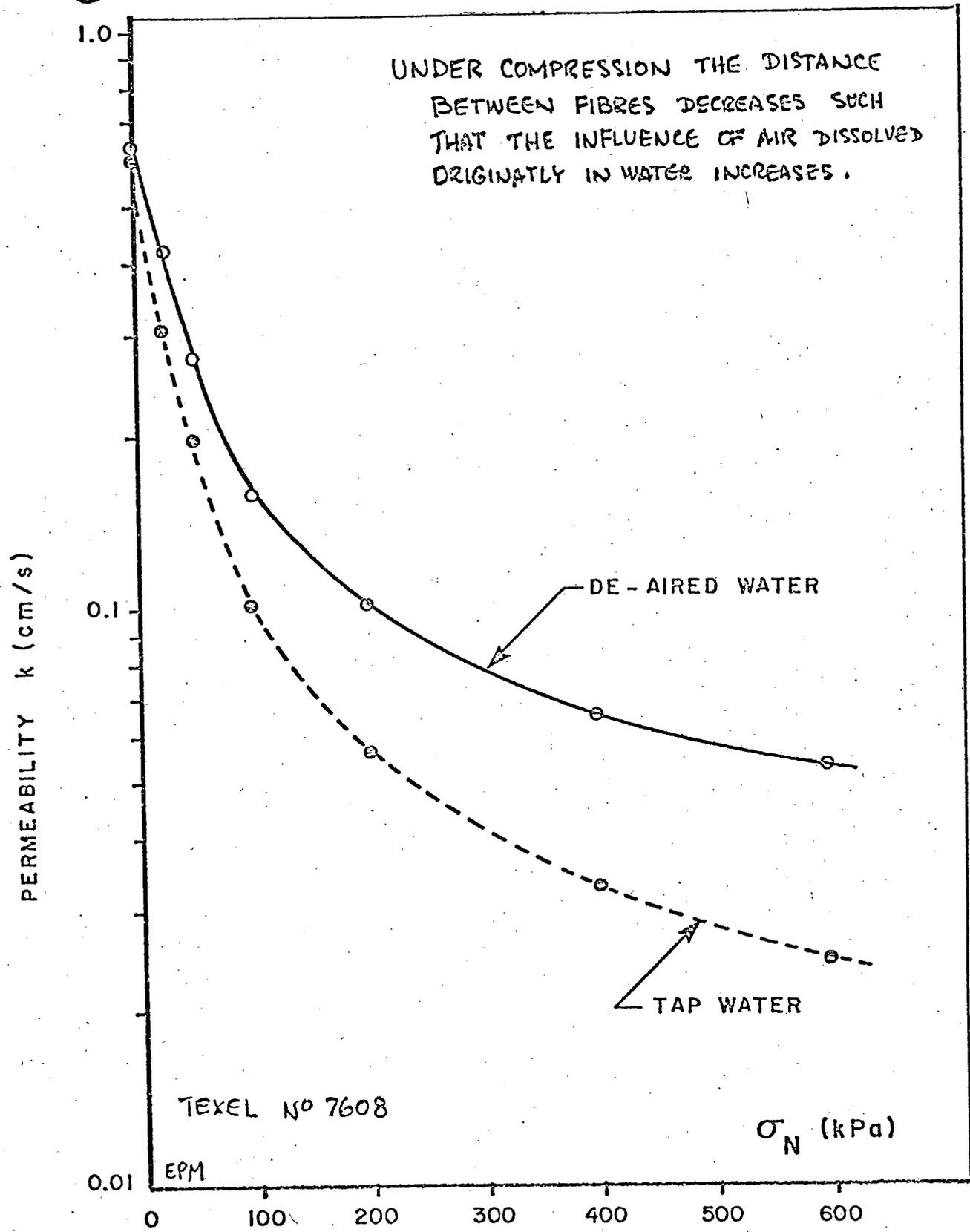
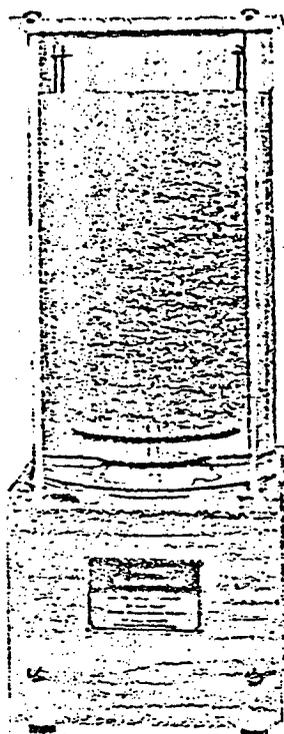


FIG. B — INFLUENCE OF USING DE-AIRED WATER

A N N E X E 4

Information sur la désaération
de l'eau par application d'un vide



THE NOLD DeAERATOR

FEATURES

- Produces extremely pure deaerated water
- Fast and efficient
- Economical
- Low power: 1/50 hp (motor)
- Simple, safe, easy to operate
- Compact and complete
- Portable
 - Model shown in the 6 liter unit (7.5 X 7.5 X 20"); larger units designed upon special request.*
- Available only from Walter Nold Company

TYPICAL APPLICATIONS (Apparatus)

- Soils testing laboratories
 - Permeability measurements
 - Specific gravity measurements
- Liquid manometer and settlement gages
- Flushing of piezometer and hydraulic systems
- Degasification of transformer oil
- Kidney dialysis machines, water supply
- Drinking water purification

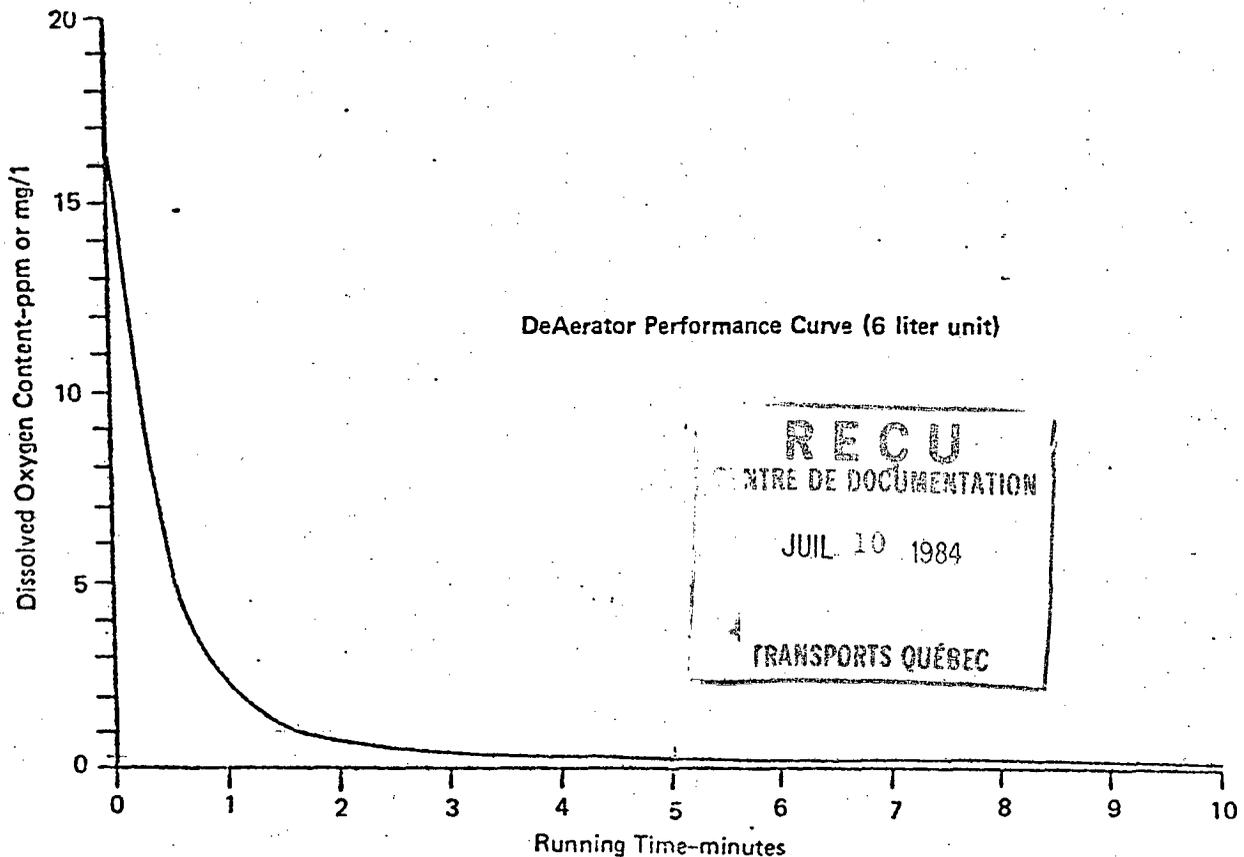
*TYPICAL APPLICATIONS (System)

- Oil distillation
- Municipal water supply purification
- Chemical stripping
- Cavitation cleaning of large units
- Liquor evaporation/concentration
- Liquid defoaming
- Degasification of milk and liquid foods

GENERAL

The principles employed by the DeAerator were discovered in 1970. A new method of mechanically generating the phenomena of nucleation and cavitation is used to remove gaseous and volatile components out of their dissolved state to amazingly high purity levels. Prior to the discovery, the generally accepted method was to boil water under vacuum. Usually the results were unreliable, and typically 4 liters of water to a 5 PPM DO purity would take approximately 45 minutes to prepare. With the DeAerator, 6 liters of cold, ready-to-use 0.6 PPM DO water can be produced in 5 minutes without the use of heat.

A DeAerator System is currently available which produces 1 liter per minute of water deaerated to the above purity on a continuous or upon demand basis. It is completely automatic and can be applied to systems requiring unlimited capacity and purity.



NOTES

The necessary moderate 25 Torr vacuum required for operation is obtained through use of a supplied laboratory type of aspirator. This vacuum is attained at sea level conditions when the water employed is at a pressure of 350 kPa (50 psi) and at a temperature of 13-16°C (55-60°F) with a consumption of 15 liters per minute. Under these conditions, the DeAerator will reduce the dissolved air content to 0.6 ppm (95% removal) within four minutes after filling. Lower purity levels may be attained with longer running time.

Through use of vacuum pumps having sufficient capacity, the DeAerator will reduce the carbon dioxide content in water from 3500 to 5 ppm in five minutes, and ammonia content to 2.8 parts per billion in twenty minutes. Water to absolute dissolved oxygen purity may be produced and held under pressure without fear of contamination regardless of the time factor through use of the Continuous DeAerator System.

PARTIAL LISTING OF CUSTOMERS

U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado	University of Alberta, Edmonton, Alb., CN
U.S. Army, Cold Regions Laboratory, Hanover NH	University of Newcastle, Newcastle UK
British Atomic Commission, London UK	University of Ottawa, Ottawa, Ontario CN
Ortho Instruments (Johnson & Johnson), Westwood MA	University of Rhode Island, Kingston RI
Distrigas, Staten Island NY	University of Roma, Rome, Italy
Ministry of Works, Auckland, New Zealand	University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask., CN
Soil and Rock Instrumentation, Newton Upper Falls MA	University College of London, London UK
Stone and Webster, Boston MA	Northeastern University, Boston MA
U.S. Army, Waterways Experimental Station, Vicksburg MS	Brighton Polytechnical, Brighton UK
Corps of Engineers, Waltham MA	Oxford University, Oxford UK
Tehran Berkeley, Tehran, Iran	Worcester Polytechnical Institute, Worcester MA
New England Power Company, Westboro MA	Texas A & M, College Station, TX
National Research Council, Gov't. of Canada, Ottawa CN	Institute of Industrial Research, London UK

- RELATED TECHNICAL INFORMATION -

Some repetition may occur herein to clarify certain applications. Also some brief notes are contained relative to the technical aspects of this new technology for better understanding.

WATER

Water is one of the most precious and worse treated of all natural matter. There would be no life without water.

Water is never found in its pure state. It is the only non-organic compound that occurs either as a solid, a liquid, or a gas, under natural environments. Pure water is without taste, odor, or color.

Pure water is a complicated compound, being a mixture of isotopes and ions. It exists in eighteen forms. Of these, three are of any particular degree of importance.

Water mainly consists of three forms of oxides of hydrogen, all of which are somewhat similar, except for atomic weight and boiling points.

99.07% of water is Proteum (meaning first) Oxide; H₂O. It is the life-sustaining component having a boiling point of 212°F.

.03% of water is Deuterium (meaning second) Oxide; D₂O. This is heavy water, used by the nuclear industry, and from which energy may someday be extracted. It will not satisfy thirst, or sustain life. It has a boiling point of 220°F.

Small amounts of Tritium (meaning third) Oxide, T₂O, are contained in water. Tritium is radioactive and has a short half-life, allowing age of water to be accurately ascertained.

Aeration/airing is quite simple and inexpensive. It is accomplished by agitation or spraying in the atmosphere.

There is no single method for the determination of the amount of air dissolved in water, due to the amount of gases contained and their varying levels of solubility. For instance, there is 21% of oxygen in the air, whereas the percentage decreases to 34% when in water in a dissolved form. Therefore the air removed from water is highly oxygenated.

Water can contain up to 4% dissolved air (by volume) when in a supersaturated condition. However, the amount is 2% under normal temperatures.

Although the normal boiling point is 212°F at sea level, water can remain in a liquid form at temperatures up to 704°F under pressure.

It has often been stated that one could swallow boiling water when at the top of Mount Everest. This is probably so, but one would end up with a hot throat, for the boiling point of water at an altitude of 28,000 feet is 160°F. A bit on the hot side.

The scientist, Harold Urey, is responsible for some of the latest discoveries related to forms of water (1932).

AIR

Content:-	Gas	- % -	- ppm -	
	Nitrogen	78	780,000	N ₂
	Oxygen	21	210,000	O ₂
	Argon	.93	9,340	
	Carbon Dioxide	.03	314	
	Neon	.002	18	

Small and sometimes varying quantities of gases such as ozone, hydrogen, helium, xenon, radon and krypton are naturally contained in air, as well as man-made oxides/acids of sulphur and nitrogen.

UNITS OF MEASUREMENT

The unit, 'ppm' or 'parts per million' is merely another means of expressing a percentage by weight and not by volume. Refer to the preceding table regarding gas content in air.

There is no single method for the determination of the amount of air dissolved in water. The amount of any one gas in the mixture called air will vary in relationship with the other gases, depending upon the temperature and pressure.

For this reason oxygen is used as the indicator of dissolved air in water. The air content may be mathematically calculated from the DO content, which is easily determined by chemical means. The amount of air dissolved in water is roughly three times the DO at a temperature of 60°F.

When measures were being formulated it was decided that the weight unit be equivalent to the volume unit on a numerical basis with regard to water. One gram of water was made to occupy one milliliter, or cubic centimeter, of volume at ordinary temperature. One liter of water weighs exactly one kilogram at 4°C (39°F) for a Specific Gravity of 1. Therefore, where water is concerned, one ppm is equal to one mg/l (milligrams per liter); another commonly used water unit.

MISCELLANEOUS

In view of the above, the efficiency of the DeAerator should be closely examined by referring to its characteristic curve, which relates to its ability to remove dissolved oxygen from water without the use of heat. The six-liter unit uses only a toy-sized motor having a rating of 1/55 HP. Only moderate vacuum is required, being 25 Torr, or 29 inches Hg, which is obtained by a supplied laboratory-type aspirator. The aspirator requires a water pressure of 55 psi for operation. The DeAerator will remove over 95% of dissolved oxygen in four minutes running time.

Motor-driven vacuum pumps may be used in place of the aspirator if desired. Or the aspirator may be operated by a motor-driven water pump if water conservation is a requirement.

There are no packing glands in the DeAerator. Except for a few metal-to-metal brass pipe-threaded fittings, vacuum-tight sealing is accomplished only by means of 'O' rings. Mechanical rotation of the impeller is accomplished by means of magnetic coupling, thus assuring good trouble-free seals.

A chemical test set may be supplied if necessary, but many are available on the market. Unless a superior DO test kit is needed, it is recommended that standard commercial units be purchased.

Although the recommended 6 liter unit is standard, it is possible to furnish 8 liter units when desired. About nine minutes running time is required to attain the same purity as with the smaller unit.

Particular attention should be given to the two rare photographs of nucleation and cavitation which are enclosed with the DeAerator literature, and also to the Continuous System, which may be made to any capacity, although currently only on a professional basis.

As with any geotechnical apparatus, it is always a good policy to get in touch with those that own or have used such equipment. A Listing of Customers is furnished for this purpose.

PRINCIPLE OF OPERATION

When water is dropped through air, flows through rapids, or is otherwise agitated, air is absorbed into the water, in a dissolved condition, much the same as sugar or salt. However, there is one difference. Water acts somewhat as a sponge when exposed to the atmosphere. Air comes out of the water when the temperature is increased and is taken in upon a decrease. The air that can be dissolved is surprisingly high, being in excess of 2% by volume.



the magic of it all

Conversely, air is removed from water when a vacuum is applied; somewhat faster when agitated. Deaeration of water is much more difficult than aeration. Efficiency due to agitation, however, is quite poor.

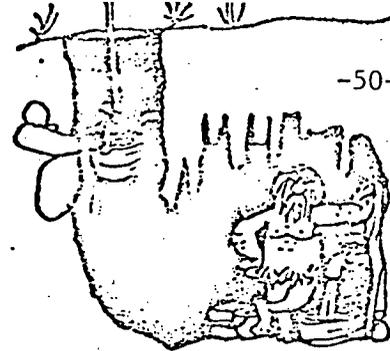
Research was initiated in 1971 to find a means of deaerating water other than the customary method of boiling under vacuum (which can be excellent from the purity standpoint when correctly accomplished - but costly). All known methods were found to be too inefficient. The Nold DeAerator was developed as a result of one year of research.

Liquids take the form of clusters of molecules, like grapes, held together by absolute vacuum (or near absolute vacuum). A rotating impeller rips the clusters apart, thus exposing this ultra-high vacuum, which causes the fluid to boil upon generation. Water, dissolved oxygen, nitrogen and other gases, as well as any contaminate having boiling points less than water, such as chloroform, ammonia, gasoline, etc., are vaporized. This phenomenon is called nucleation, and occurs only when the applied vacuum is greater than the required 38 Torr. This phenomenon was erroneously called cavitation in the earlier stages of development.

The vapor thus formed is hurled outward by centrifugal force into an area of the water that is more dense. At room temperatures the water returns to its liquid state. Ordinarily all of the vapors would return to their dissolved conditions but for the occurrence of another phenomenon: cavitation.

Cavitation is the formation of small bubbles of explosive vacuum which permeate the entire tank area of water. It is not responsible for the high efficiency of the DeAerator, since the amount of gases removed as a result of this phenomenon are minimal. However, cavitation does indeed cause degasification to occur to a certain extent and does contribute to the overall lowering of the boiling point, mechanically, since the generated bubbles are also of ultra-high vacuum. The main contribution of cavitation lies in the prevention of the gases that have been removed from dissolved form by nucleation from being redissolved. This then allows all of the gases and volatiles having boiling points less than that of water, at room temperature, to float to the surface and be extracted by the applied vacuum to the atmosphere.

Photographs of cavitation and nucleation may be found in the next two pages.



7.1

The unit, ppm, PPM or parts per million signifies the number of parts of a smaller quantity of a substance contained within a larger quantity of another material by weight and not by volume. However the situation changes somewhat where the larger quantity is water, since its weight in grams is essentially the same as its volume in cubic centimeters (cc) or milliliters (ml). This came about because in the early days water was the standard used when these measuring units were developed.

One millionth of a kilogram, or a milligram, of a substance dissolved in one million milligrams of water, which is the same weight as 1000 cc, or one liter of water, constitutes a content of one part per million, or one milligram per liter (MG/L or mg/l). Either term, ppm or mg/l, may be used, for both are identical where water is concerned (being the major substance). One ppm = 1000 parts per billion.

7.2

The unit, DO, signifies oxygen in dissolved form in water and does not relate in any manner whatever to the oxygen which is in a chemical bond with hydrogen to form water, or to air which may be in a bubble condition.

There is no common method for testing the amount of dissolved air in water. Such a test would have to take into consideration the many elements which are normally found in air. About 20% of a particular volume of air is oxygen and about 78% is nitrogen. The approximate 2% is made up of gases such as carbon dioxide, helium, argon, etc.

However the percentages change when the above gases are considered in dissolved form in water. This is due to differences in the solubility factors of the gases which vary considerably. Here the amount of dissolved nitrogen lessens as the amount of dissolved oxygen increases, from a 20% found in air to a 34% in water, for a 14% increase. The gases emanating from the DeAerator are therefore oxygenated or oxygen enriched air.

It becomes necessary to calculate the amount of air contained in water in dissolved form based upon the amount of dissolved oxygen found as a result of chemical testing. A table of pertinent figures has been calculated and follows. These figures are applicable at sea level only at a barometric pressure of 760 mm. Information can be furnished for other altitudes and temperatures if required. This table is to be considered only as being approximate, for absolute data was not available at the time it was formulated.

7.3

1 ppm DO = 0.699 cc O₂ per liter of water 1 ppm DO = 2.0 cc air per liter of water
 95% = minimum volume of air in water removed by the DeAerator (6 l) in four minutes

Temperature		Amount of O ₂ in Water		Amount of O ₂ in Air in Water	Volume of Air in Water*	
°C	°F	ml/l	ppm	%	ml/l	%
10	50.0	7.9	11.3	34.5	22.84	2.28
11	51.8	7.7	11.0	34.4	22.34	2.23
12	53.6	7.5	10.7	34.4	21.87	2.19
13	55.4	7.4	10.5	34.3	21.41	2.14
14	57.2	7.2	10.3	34.3	20.97	2.10
15	59.0	7.0	10.1	34.3	20.55	2.06

*in normal air saturated water

9.3 Conversion Data, Units of Pressure/Vacuum



BY FACTOR TO OBTAIN

MULTIPLY GIVEN NUMBER OF THESE UNITS

GIVEN	lb/in ²	inches Hg	mm Hg	kPa	kgm/cm ²	atmosphere
lb/in ² (psia)	1.0000	2.0360	51.715	6.8948	.070306	.068045
in. Hg	.49116	1.0000	25.400	3.3864	.034532	.033421
mm Hg (Torr)	.019337	.03937	1.0000	.13332	.0013595	.0013158
kilopascal (kPa)	.14501	.29530	7.5006	1.0000	.010197	.0098692
kgm/cm ²	14.224	28.959	735.56	98.060	1.0000	.96780
atmosphere	14.696	29.921	760.00	101.33	1.0332	1.0000

9.3.1 All of the above units are referenced to absolute zero pressure and are therefore absolute; finite. These values cannot be related directly to gage measurements because of the varying nature of the gage base, which varies with barometric pressure.

One millimeter of mercury is equivalent to one Torr. A micron is one milli-Torr.

A temperature of 0°C applied to the units of measurement involving mercury.

9.4 Conversion Data, Altitude vs. Atmospheric Pressure (in Torr, or mm Hg absolute)

Altitude		Atmospheric Pressure	Altitude		Atmospheric Pressure	Altitude		Atmospheric Pressure
feet	meters		feet	meters		feet	meters	
0		760	1000	673	20000		349	
	100	749	4000	655		7500	290	
500		744	1500	635	25000		284	
	250	737	5000	632	30000		225	
1000		732	2000	596		10000	193	
	500	715	10000	523	40000		136	
2000		705	2500	558		12500	126	
	750	693	15000	428	45000		107	
3000		679	5000	404	50000		86	

The above chart may be used for rough conversions and is the expected pressure barring changes due to barometric pressure, which cannot be anticipated. Variations may be up to and over 50 Torr because of these weather changes.

A N N E X E 5

Détermination de la masse surfacique
et de l'épaisseur normale

GEOTEXTILES - DETERMINATION DE LA MASSE SURFACIQUE
ET DE L'ÉPAISSEUR NORMALE

1- OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme spécifie une méthode de mesure de la masse surfacique et de l'épaisseur normale d'un géotextile.

Elle s'applique aux différents types de géotextiles; Tissés, non-tissés (aiguilletés, thermoliés, etc...) et composites.

2- DOCUMENTS

La présente norme fait référence aux documents ci-dessous:

2.1 Book of ASTM Standards, 1916, Race Street, Philadelphie,
Pensylvania 19103, U.S.A.

ASTM D 1777-64
(reapproved 1975)

Measuring thickness of
textiles materials

ASTM E 122-72

Choice of sample size to
estimate the average quality
of a lot or process

2.2 Cours intensifs " Les géotextiles" April 1983 (Fabric Thickness
Test), Ecole Polytechnique de Montréal, C.P. 6079 - Succursale "A"
Montréal, QC H3C 3A7

3- VOCABULAIRE

Masse surfacique: Quotient de la masse du textile par sa surface.

m_s

La masse surfacique est exprimée en grammes par
mètre carré. (g/m^2)

Epaisseur normale: Distance séparant les faces supérieure et inférieure d'un géotextile soumis à une certaine pression. L'épaisseur est exprimée en millimètres (mm).

NOTE: L'épaisseur est en fait déterminée par la distance qui sépare la face supérieure de la base sur laquelle repose le géotextile et la face inférieure du pressoir qui le recouvre.

Pression : Quotient de la charge par unité de surface. La pression est exprimée en kilopascals (kPa)

4- APPAREILLAGE

4.1 Masse surfacique

4.1.1 Balance

La balance doit être précise au milligramme (.001 g) et posséder une capacité d'au moins 200 g.

4.2 Epaisseur normale

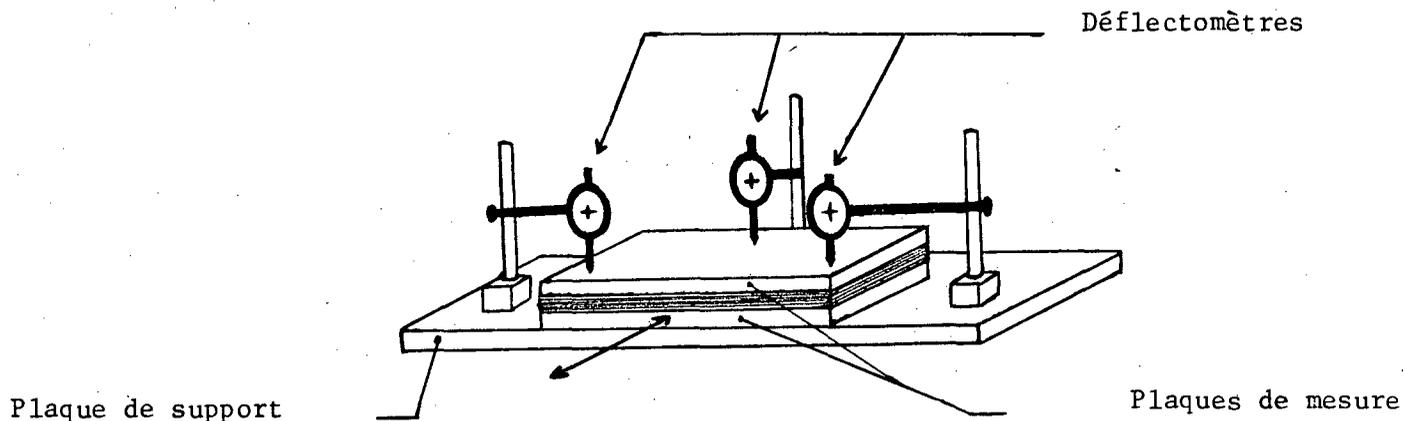
4.2.1 Défectomètres (avec supports magnétiques)

Les défautomètres, au nombre minimum de 3, doivent être précis au centième de millimètre et doivent posséder une course \approx 25 mm.

4.2.2 Plaques

4.2.2.1 Plaques de mesure (2)

- Les dimensions de ces plaques doivent être les mêmes que celles des échantillons, soit: 20 cm X 20 cm.



- Ces plaques doivent être suffisamment lisses (verre ou métal) pour permettre d'être glissés de sous les déflectomètres afin de pouvoir intercaler entre elles les échantillons à mesurer. (Si les déflectomètres sont assez rigides pour permettre un déplacement latéral de ceux-ci sans affecter leur position verticale, on peut se contenter d'une seule plaque et déplacer les déflectomètres pour installer les échantillons plutôt que de retirer les plaques).
- La plaque supérieure doit avoir une masse approximative de 8 kg afin que les échantillons soient soumis à une pression de 2,0 kPa.

$$P = \quad \text{mg/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$S = 0,04 \text{ m}^2$$

$$P = 2,0 \text{ kPa}$$

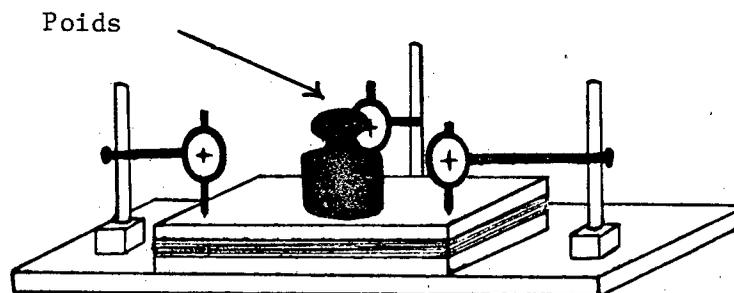
$$m = P/gs \approx 8 \text{ kg}$$

- Plaque de support

La plaque de support doit être métallique afin que les supports magnétiques des déflectomètres puissent y adhérer solidement. (La face supérieure doit être lisse si on doit y faire glisser les plaques pour installer les échantillons).

4.2.3 Poids

Si la plaque supérieure ne possède pas une masse de 8 kg, on peut compenser avec des poids positionnés symétriquement sur la plaque. Il est cependant nécessaire que la plaque soit suffisamment rigide pour répartir cette charge.



5- PREPARATION DES ECHANTILLONS

5.1 La dimension des échantillons doit être de 20cm X 20 cm

5.2 Ces échantillons doivent être pris au hasard de la bande de géotextile à une distance minimale de la lisière. Distance correspondant au dixième de la largeur de la bande.

5.3 Les échantillons doivent être dépourvus de tous manques, plis ou altérations.

- 5.4 - Le nombre d'échantillons (n) doit être tel qu'il permette une précision de ± 5 pourcent à un niveau de probabilité de 95 pourcent, soit:

$$* n = 0,154 v^2$$

V = coefficient de variation

$$* n = \left(\frac{F}{E} V \right)^2 \quad \text{ou} \quad E = 5$$

avec F = 1.96 pour une probabilité approximative de 5 dans 100. Si l'on désire une probabilité plus élevée, on peut utiliser un facteur de 3, ce qui correspond à peu près à une probabilité de 3 dans 1000.

- Puisque V est inconnu au moment de l'essai on peut prendre 10 échantillons (ou plus) pour la masse surfacique et 9 lectures (3 essais X 3 lectures / essai) pour l'épaisseur normale puis vérifier dans les 2 cas que n choisi est bien supérieur au n calculé avec les valeurs de V, une fois les essais réalisés.

6- MODE OPERATOIRE

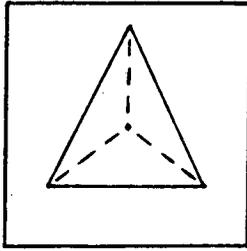
6.1 Masse surfacique

- 6.1.1 Peser les échantillons et en noter la masse

6.2 Epaisseur normale

- 6.2.1 Installer les plaques de mesure sur la plaque de support

- 6.2.2 Installer les déflectomètres sur la plaque en trois points différents, équidistants entre eux et équidistants du centre.



- 6.2.3 Ajuster les déflectomètres à 0.
- 6.2.4 Retirer les plaques de mesure en les faisant glisser sur la plaque de support.
- 6.2.5 Intercaller les échantillons (En nombre suffisant pour présenter une épaisseur totale d'au moins 1 centimètre) entre les 2 plaques de mesure. Enregistrer le nombre d'échantillons nécessaires pour obtenir l'épaisseur désirée.
- 6.2.6 Replacer les plaques de mesure sous les déflectomètres en relevant les tiges jusqu'à la course désirée et en prenant soin de ne pas déplacer les déflectomètres en entier.
- 6.2.7 Installer les poids supplémentaires si nécessaires.
- 6.2.8 Attendre 15 minutes.
- 6.2.9 Prendre les lectures d'épaisseur sur les 3 déflectomètres.
- 6.2.10 Recommencer avec d'autres échantillons.

7- CALCULS ET EXPRESSION DES RESULTATS

- 7.1 Masse surfacique m_s
 - 7.1.1 Calculer la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (s) pour le nombre d'échantillons pesés.
 - 7.1.2 Calculer le coefficient de variation ($V = \bar{x}/s$ et vérifier que le nombre d'échantillons choisi était suffisant. (Tel que spécifié en 5).

7.1.3 Calculer la masse surfacique m_s

$$m_s = \text{masse moyenne} / \text{surface de l'échantillon}$$
$$= \bar{x} / .04 \text{ m}^2$$

7.2 Epaisseur normale e

7.2.1 Calculer la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (s) pour le nombre de lectures faites.

7.2.2 Calculer le coefficient de variation (V) = \bar{x}/s et vérifier que le nombre de lectures faites était suffisant. (Tel que spécifié en 5).

7.2.3 Calculer l'épaisseur normale e

$$e = \text{moyenne} / \text{nombre d'échantillons pour 1 lecture.}$$

8- PROCES-VERBAL D'ESSAI

Le procès verbal d'essai doit comporter les informations suivantes:

8.1 Masse surfacique

8.1.1 Un tableau des lectures de masse

8.1.2 La moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation des valeurs

8.1.3 La masse surfacique

8.2 Epaisseur normale

8.2.1 Un tableau des lectures de déflexion

8.2.2 La moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation des valeurs

8.2.3 Le nombre d'échantillons nécessaires à l'essai

8.2.4 L'épaisseur normale.

9- RESULTATS

Les résultats obtenus pour les géotextiles MIRAFI et TEXEL apparaissent en ANNEXE 8 (Section 4).

EXEMPLE DE FEUILLE DES RESULTATS

MASSE SURFACIQUE ET EPAISSEUR NORMALE

ESSAIS SUR GEOTEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: _____
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : _____
 Type de géotextile : _____
 Soumis par : _____

Entrepreneur : _____
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1		
	#2		
(mm)	#3		
Moyenne des Lectures:	_____		

Ecart type : _____
 Coefficient de variation: _____
 Nombre d'échantillons : _____
 Epaisseur normale (mm) : _____

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	

Moyenne (g) : _____
 Ecart-type : _____
 Coefficient de variation : _____
 Masse surfacique m_s (g/m²): _____

DATE: _____

TECHNICIEN (NE): _____

A N N E X E 6

Détermination de la contrainte
circonférentielle de traction
d'un géotextile.

MINISTÈRE DES TR. NÉP. S.
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, Rue Dorchester sud, 7e
Québec, (Québec)
G1K 5Z1

bureau de normalisation du québec



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie,
du Commerce et du Tourisme

NORME

GÉOTEXTILES – DÉTERMINATION DE LA CONTRAINTE
CIRCONFÉRENTIELLE DE TRACTION D'UN GÉOTEXTILE

GEOTEXTILE - DETERMINATION OF CIRCONFERENTIAL TENSILE STRESS

BNQ 2501-450
1982-04-26

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
DU COMMERCE ET DU TOURISME
500, rue Saint-Joseph est, 5005
Québec (Québec) G1K 3A5
TÉL. 643-5114

Les demandes de renseignements concernant le présent document peuvent être adressées au Bureau de normalisation du Québec, Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme, 50, rue Saint-Joseph est, Québec, G1K 3A5. Tél.: (418) 643-5114.

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

ISBN 2-550-03585-2



AVANT-PROPOS

Le présent document a été élaboré par un comité de normalisation formé des membres suivants:

DALLAIRE, Guy (président)	Ministère des Transports
CÔTÉ, Jacques	Terrafix Ltée
DEMERS, Denis	Les Consultants Pluritec Ltée
DROUIN, Jean-Paul	Texel Inc.
FOUQUET, Guy	Laboratoire S.M. Inc.
JOHNSON, Dave	Du Pont du Canada Ltée
MAJOR, Lionel	Inter-Cité Construction Ltée
MASSÉ, Jean-Yves	Ville de Sherbrooke
MOLDVAR, Peer	Dominion Textile Inc.
POULIN, Jacques A.	Albany International
TANGUAY, Luc	Ministère des Transports
BERNIER, Benoit (secrétaire)	Bureau de normalisation du Québec - Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. OBJET	1
2. DOMAINE D'APPLICATION	1
3. PRINCIPE	1
4. APPAREILLAGE	2
5. PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON	3
6. MODE OPÉRATOIRE	3
7. CALCULS ET EXPRESSION DES RÉSULTATS	4
8. PROCÈS-VERBAL D'ESSAI	6
FIGURE 1 - CALOTTE SPHÉRIQUE SOUMISE À UNE PRESSION p	8
FIGURE 2 - DIAGRAMME DU MONTAGE CCT	9
FIGURE 3 - CELLULE CCT	10
FIGURE 4 - CYLINDRE GRADUÉ	11
ANNEXE A - EXEMPLE DE TABLEAU DES RÉSULTATS - CONTRAINTE CIRCONFÉRENTIELLE DE TRACTION	12
ANNEXE B - EXEMPLE DE CLASSIFICATION DE GÉOTEXTILES D'APRÈS LA CONTRAINTE CIRCONFÉRENTIELLE DE TRACTION	13



GÉOTEXTILES - DÉTERMINATION DE LA CONTRAINTE
CIRCONFÉRENTIELLE DE TRACTION D'UN GÉOTEXTILE

1. OBJET

La présente norme spécifie une méthode de mesure de la contrainte circonférentielle de traction d'un géotextile. Elle informe des caractéristiques de résistance et de déformabilité de différentes membranes soumises à une pression appliquée perpendiculairement à l'épaisseur de la membrane.

2. DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme s'applique à des géotextiles utilisés pour des travaux de géotechnique tels que: anticontamination, renforcement, protection de berges et de talus.

3. PRINCIPE

La présente méthode est basée sur la théorie de l'analyse des efforts développés par une pression appliquée à l'intérieur d'une enveloppe curviforme (dôme ellipsoïdal, calotte sphérique) à paroi mince*.

L'essai consiste à créer les conditions de contrainte circonférentielle de traction. Pour ce faire, on injecte un volume d'eau sous le textile, générant ainsi une pression interne p qui gonfle l'échantillon, créant alors une calotte sphérique où les fibres du textile sont dans un état de contrainte dite circonférentielle de traction (voir figure 1)

$$CCT = \frac{pr}{2}$$

* Cette théorie est tirée du chapitre 10 du volume de Egor P. Popov intitulé "Introduction to Mechanics of Solids".



où CCT: contrainte circonférentielle de traction;

p : pression interne;

r : rayon de la sphère qui sous-tend la calotte sphérique.

Pour réaliser l'essai, un échantillon de textile et une membrane en caoutchouc sont comprimés entre une plaque circulaire et une cloche, tel qu'illustré à la figure 3. L'eau étant injectée par la base, sous la membrane en caoutchouc, le textile prend alors la forme d'une calotte sphérique.

NOTE - Une cellule triaxiale, dont la cloche mesure environ 150 mm de diamètre, peut être utilisée sans modifications majeures.

4. APPAREILLAGE

4.1 Source d'eau

L'alimentation en eau doit être de type conventionnel, à la pression de la ville.

4.2 Source d'air

La source d'air doit fournir une pression suffisante pour la réalisation de l'essai. L'air sert à pressuriser l'eau dans le cylindre gradué et, selon le besoin, à appliquer une pression sur la membrane.

4.3 Cylindre gradué (voir figure 4)

Le cylindre gradué doit consister en un tube transparent (plexiglass ou autre) mesurant environ 100 mm de diamètre intérieur par 500 mm de hauteur avec paroi de 6 mm pouvant résister aux pressions appliquées à l'essai. Le cylindre doit comporter à sa base une entrée et une sortie d'eau d'environ 9 mm chacune, ainsi qu'une entrée et une sortie d'air d'environ 6 mm chacune situées sur le dessus du cylindre. Le tube en plastique peut être gradué de 0 ml à 2000 ml, par graduations de 50 ml, si l'on veut mesurer le taux de chargement, à partir de la baisse du niveau d'eau dans le cylindre, en fonction du temps.

4.4 Débitmètre (facultatif)

L'appareil de mesure du débit d'eau doit être conçu pour les gammes de débit et de pression utilisées.

4.5 Cellule CCT (voir figure 3)

La cellule doit être fabriquée à partir d'un cylindre transparent (plexiglass ou autre), de deux plaques circulaires et d'un anneau en métal résistant à la corrosion. Le cylindre, qui doit résister aux pressions appliquées lors de l'essai, est inséré entre la plaque supérieure et



l'anneau; des joints en "O" assurent l'étanchéité de la cloche à chaque extrémité du cylindre. La cellule doit comporter une entrée et une sortie d'eau dans la plaque de base ainsi qu'une entrée et une sortie d'air dans la plaque supérieure de la cloche. Enfin, six tiges en acier inoxydable de 12,7 mm de diamètre chacune doivent retenir le tout.

NOTE - Les tiges doivent être filetées; l'endroit où chacune des tiges traverse l'anneau doit être également fileté, de manière à ne pas désassembler la cloche à chaque fois. De plus, la valve reliant le cylindre gradué à la cloche doit être du type à pointeau, de façon à pouvoir contrôler le débit d'eau.

4.6 Manomètre

Le manomètre doit pouvoir mesurer des pressions comprises entre 0 kPa et 1100 kPa. Sa précision doit être de l'ordre de 5 kPa ou mieux. Un manomètre doit être également utilisé si l'on veut maintenir une pression constante à l'intérieur de la cloche.

4.7 Régulateur de pression

Le dispositif doit pouvoir réduire et maintenir une pression d'air constante à l'intérieur de la cloche, si nécessaire.

5. PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON

5.1 En se servant de la base de la cellule comme gabarit, marquer et tailler l'échantillon. Tailler les membranes en caoutchouc de la même manière.

5.2 Placer sur la base une membrane en caoutchouc, taillée conformément à l'article 5.1, puis le géotextile. Une deuxième membrane en caoutchouc placée au-dessus du géotextile est nécessaire si l'on veut confiner l'échantillon. Assembler la cloche sur la base; serrer uniformément et suffisamment les écrous pour éviter toute fuite d'eau.

6. MODE OPÉRATOIRE (voir diagramme de montage, figure 2)

6.1 Désaérer toutes les conduites d'eau du système y compris le manomètre.

6.2 En se reportant au schéma de la figure 2, fermer toutes les valves, à l'exception de E 1 et A 2.

6.3 Le cylindre gradué étant rempli d'eau jusqu'en haut du repère de 0 ml, fermer E 1 et réajuster le niveau de l'eau jusqu'au repère de 0 ml à l'aide de E 2.

6.4 Fermer A 2 et ouvrir A 1.



6.5 Si l'on veut confiner l'échantillon de géotextile, ouvrir A 3 et ajuster la valve de régulation de pression à la pression désirée (manomètre) tout en laissant la valve A 4 légèrement entrouverte pour toute la durée de l'essai, ce qui permet au surplus d'air dans la cloche (occasionné par le gonflement du géotextile) d'être expulsé. La pression de confinement, si utilisée, doit demeurer constante tout au cours de la durée de l'essai.

6.6 Ouvrir E 3 légèrement et régler le débit d'eau à 200 ml par minute en se servant du débitmètre à eau (facultatif) ou encore en chronométrant la quantité d'eau qui passe en fonction du temps.

6.7 Prendre des lectures de pression sur le manomètre à tous les 50 ml d'eau injectés, jusqu'à ce qu'on se rende compte que la rupture est imminente. À ce moment là, prendre des lectures aux 25 ml.

7. CALCULS ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

7.1 Paramètres

Les paramètres qui interviennent dans la détermination de la contrainte circonférentielle de traction sont le rayon de la base de la calotte sphérique, a , et le rayon de la sphère qui sous-tend la calotte sphérique, r .

Le rayon de la sphère qui sous-tend la calotte sphérique est fonction de la hauteur de la calotte, h , qui dépend de la pression à l'intérieur de la calotte et du volume d'eau injecté lorsque la rupture survient.

7.2 Variable

La contrainte circonférentielle de traction est la seule variable de l'essai. Sa définition repose sur la mesure de la pression p et le calcul du rayon de la calotte sphérique r . Elle peut être déterminée pour chaque pression et chaque volume pour le calcul du module de déformation. Toutefois, la valeur de la contrainte à la rupture représente la condition d'utilisation maximum et une valeur importante de référence.

7.3 Données

Les données recueillies durant l'essai, pour une pression d'air donnée, sont la pression interne* sur le géotextile et le volume d'eau injectée.

* La pression interne est égale à la pression du manomètre moins la pression d'air.



7.4 Calcul de la hauteur de la calotte sphérique (h)

À l'aide de l'équation du volume d'une calotte sphérique, calculer sa hauteur:

$$v(h) = \left(\frac{1}{6} \pi\right)h^3 + \left(\frac{1}{6} \pi 3a^2\right)h$$

où $v(h)$: volume d'une calotte sphérique de hauteur h , en centimètres cubes;

h : hauteur de la calotte sphérique, en centimètres;

a : rayon de la base de la calotte sphérique, en centimètres.

Le volume de la calotte sphérique étant égal au volume d'eau injectée, on obtient:

$$\left(\frac{1}{6} \pi\right)h^3 + \left(\frac{1}{6} \pi 3a^2\right)h - v = 0$$

où h : hauteur de la calotte sphérique, en centimètres;

a : rayon de la base de la calotte sphérique, en centimètres;

v : volume d'eau injectée, en centimètres cubes.

Cette équation est du type:

$$A x^3 + B x^2 + C x + D = 0$$

où A : $\frac{1}{6} \pi$;

B : 0;

C : $\frac{1}{6} \pi 3a^2$;

D : volume d'eau injectée.

Elle peut être résolue pour déterminer la hauteur de la calotte sphérique à l'aide des méthodes de l'analyse numérique (méthode de Newton-Raphson, méthode des tangentes, méthode des bissectrices), par tâtonnement, par les méthodes algébriques ou à l'aide d'une table.

NOTE - Les méthodes de l'analyse numérique sont des méthodes itératives, qui, pour une précision de l'ordre du dixième de millimètre sur la hauteur, convergent très vite (5 à 10 itérations). Ces méthodes ont aussi l'avantage d'être facilement programmables.



7.5 Calcul du rayon de la sphère (r)

Lorsque la hauteur de la calotte sphérique est déterminée, calculer le rayon de la sphère qui sous-tend la calotte sphérique à l'aide de l'équation suivante:

$$r = \frac{a^2 + h^2}{2h}$$

où r: rayon de la sphère, en centimètres;

a: rayon de la base de la calotte sphérique, en centimètres;

h: hauteur de la calotte sphérique, en centimètres.

7.6 Calcul de la contrainte circonférentielle de traction (CCT)

Calculer la valeur de la contrainte circonférentielle de traction à l'aide de l'équation suivante:

$$CCT = \frac{pr}{2}$$

où CCT: contrainte circonférentielle de traction, en newtons par mètre;

p : pression interne, en kilopascals;

r : rayon de la sphère, en centimètres.

8. PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit comporter les informations suivantes:

- a) la pression d'air requise pour l'essai;
- b) le rayon de la base de la calotte sphérique;
- c) un tableau de la pression interne sur le géotextile en fonction du volume d'eau injectée (voir annexe A);
- d) un graphique correspondant aux valeurs indiquées en c);
- e) la valeur de la hauteur de la calotte sphérique à la rupture;
- f) la valeur du rayon de la sphère qui sous-tend la calotte sphérique à la rupture;



g) la valeur de la contrainte circonférentielle de traction à la rupture.

NOTE - Lorsqu'on veut déterminer la contrainte circonférentielle de traction d'une membrane soumise à différentes pressions, on répète l'essai pour un même géotextile, à diverses pressions d'air, et on trace ensuite le graphique correspondant (voir annexe B).

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

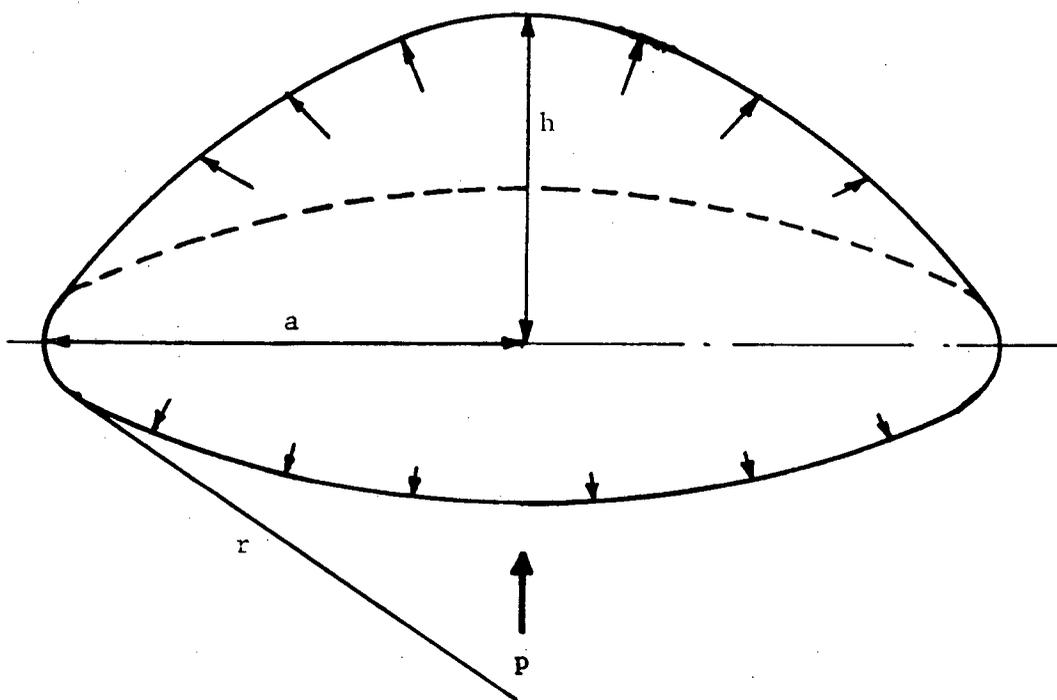
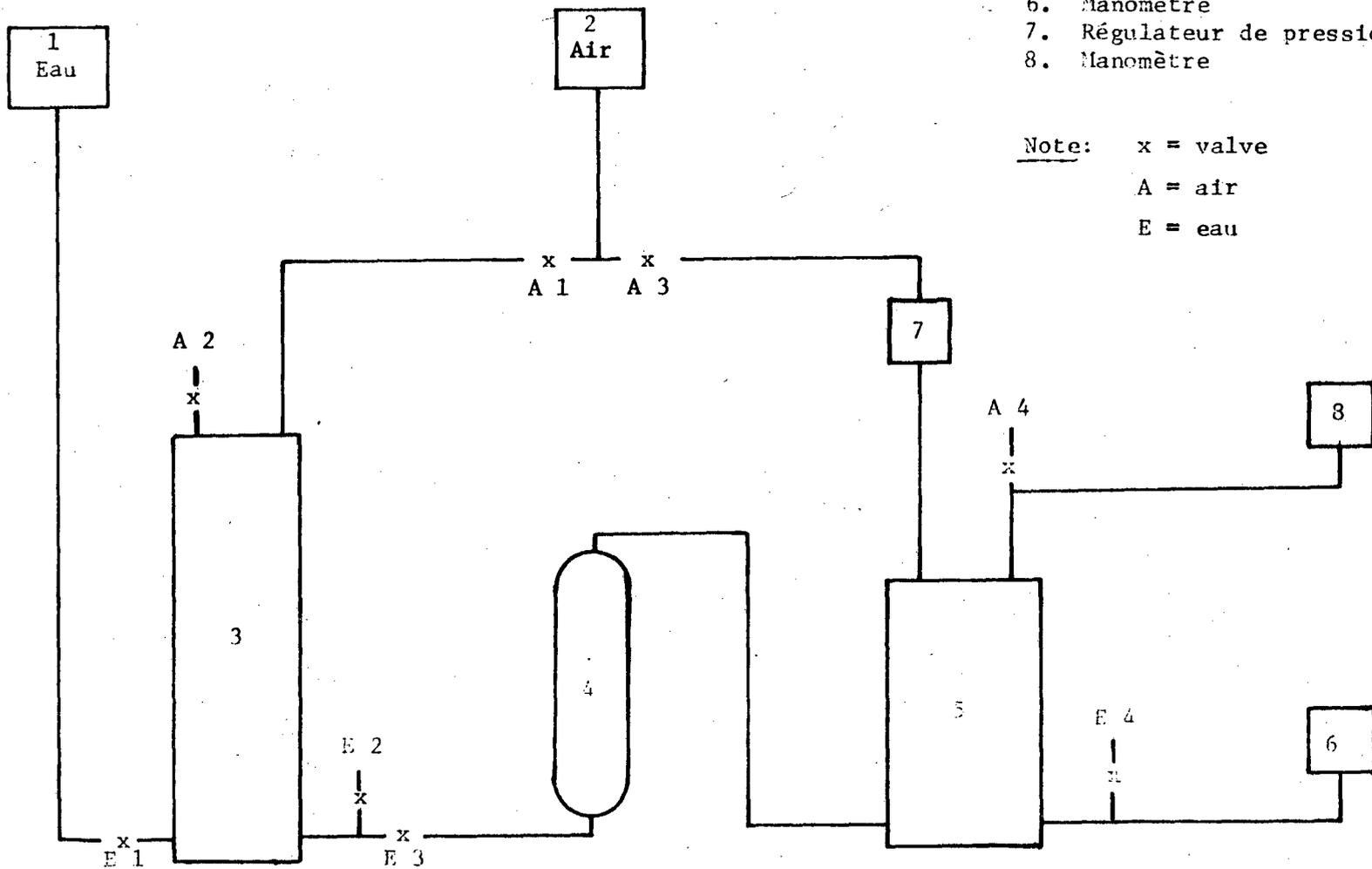


FIGURE 1 - CALOTTE SPHÉRIQUE SOUMISE À UNE PRESSION p



1. Source d'eau
2. Source d'air
3. Cylindre gradué
4. Débitmètre
5. Cellule CCT
6. Manomètre
7. Régulateur de pression
8. Manomètre

Note: x = valve
 A = air
 E = eau

FIGURE 2 - DIAGRAMME DU MONTAGE CCT



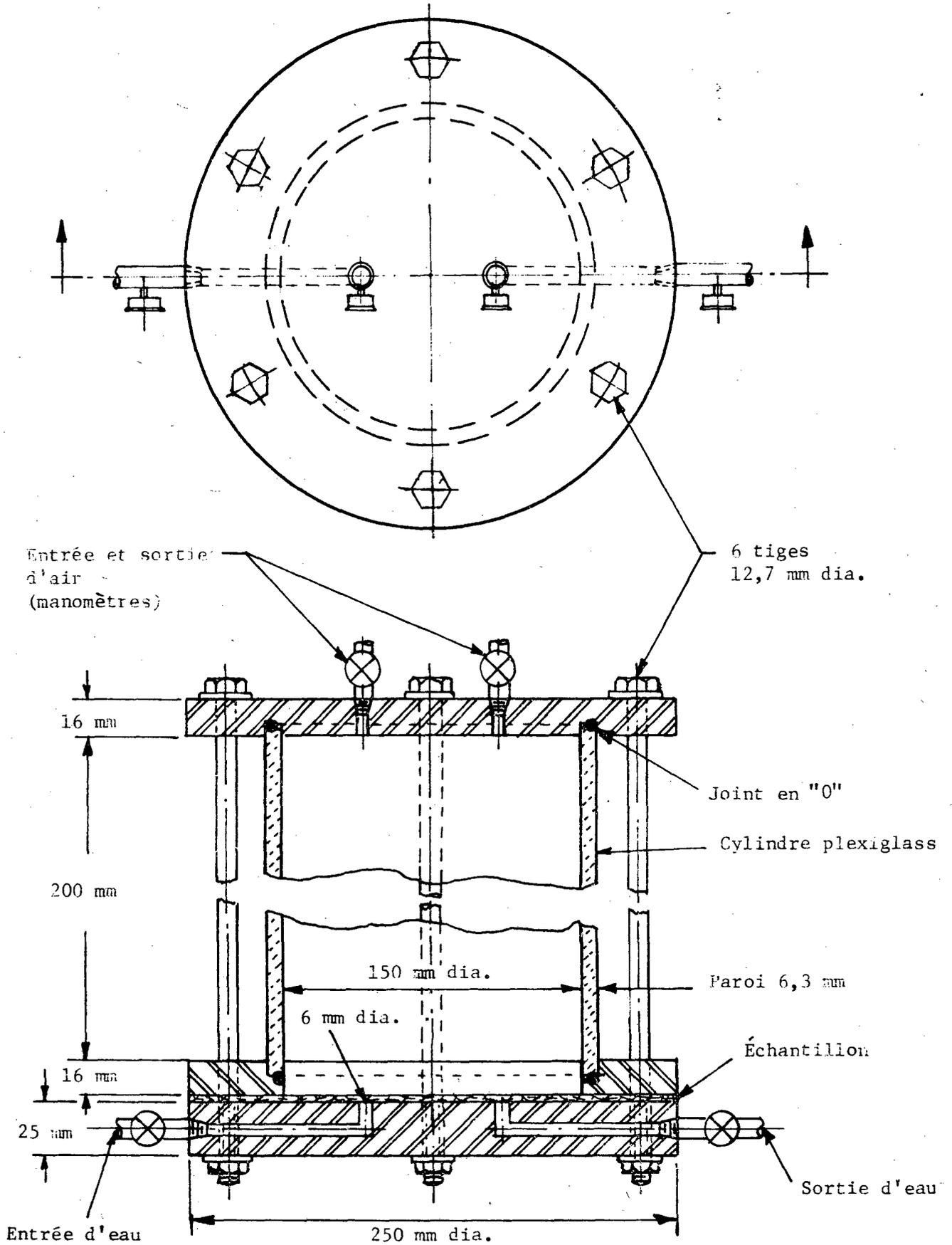


FIGURE 3 - CELLULE CCT

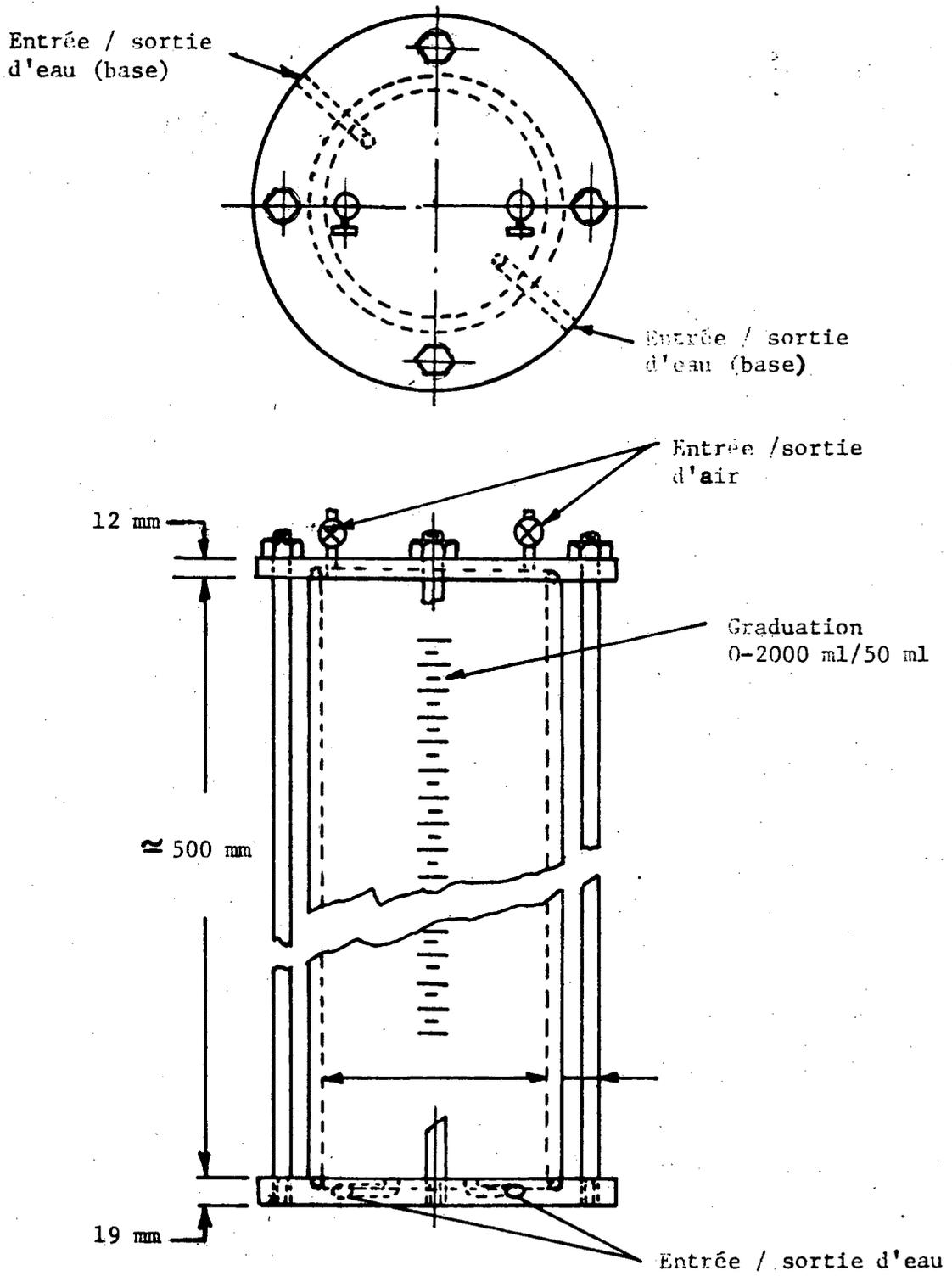
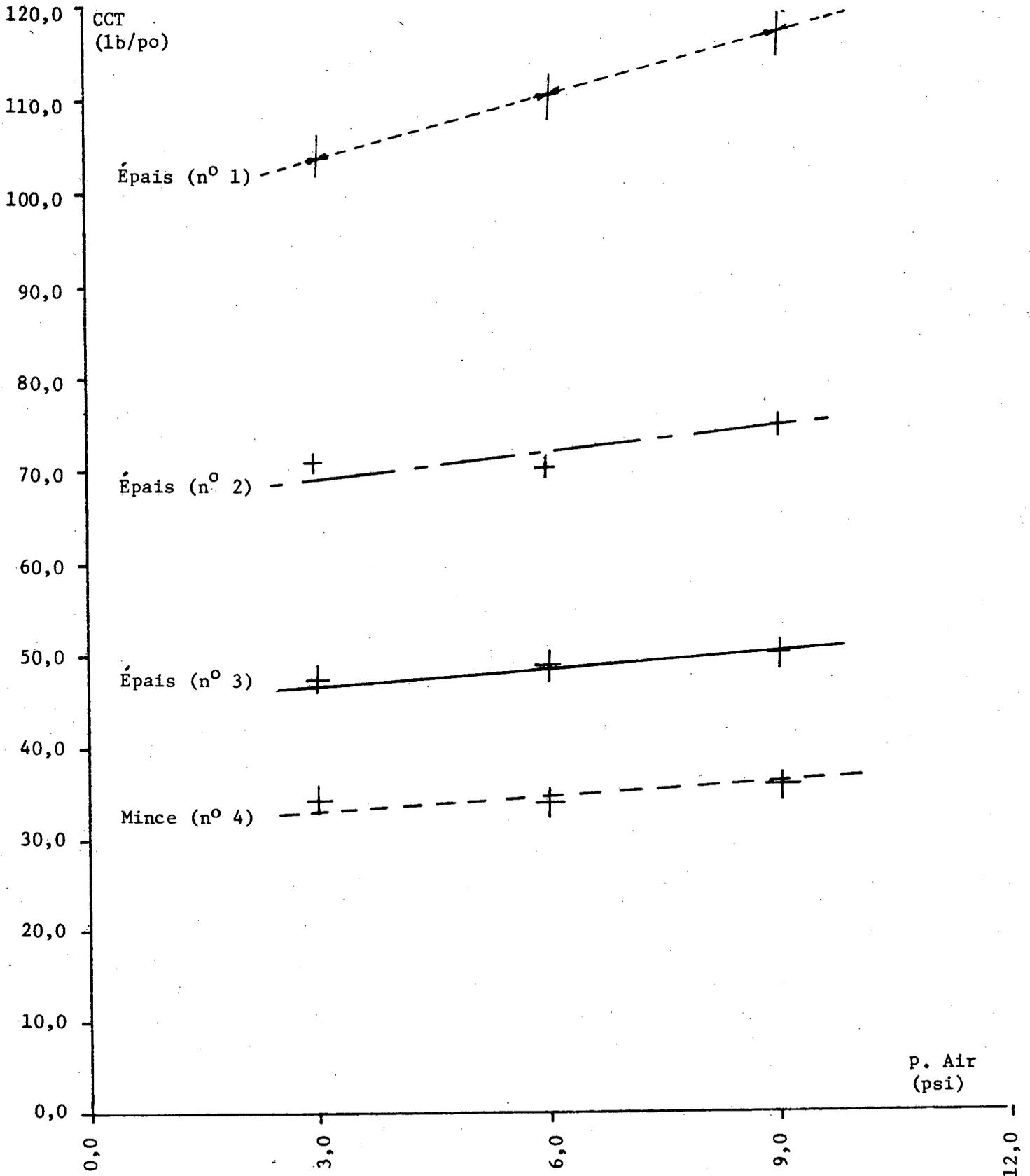


FIGURE 4 - CYLINDRE GRADUÉ



ANNEXE B

EXEMPLE DE CLASSIFICATION DE GÉOTEXTILES
D'APRÈS LA CONTRAINTE CIRCUMFÉRENTIELLE DE TRACTION



A N N E X E 7

ESSAIS DE TRACTION ET DE DECHIREMENT

Ces essais doivent être effectués sur des échantillons suffisamment larges pour atténuer les effets de la striction et simuler ainsi un essai avec déformation latérale empêchée.

L'appareillage d'essai doit avoir une rigidité telle que les déformations en sont négligeables comparées à celle des matériaux testés.

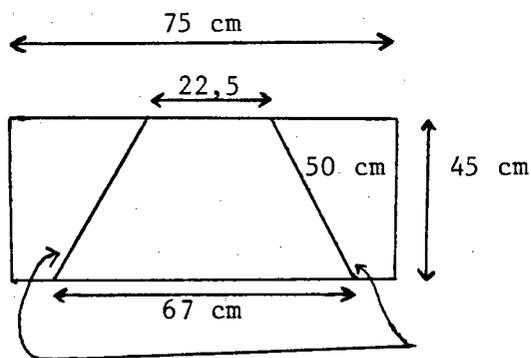
1- Dimensions des échantillons

Essai de traction

- Dimensions idéales de l'échantillon: 20 cm X 50 cm (10 cm entre les mâchoires).
- Dimensions acceptables: 20 cm X 20 cm (Dimensions correspondant aux dimensions de la méthode de détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique). fig. C - D - E

Essai de déchirement

- Dimensions: 75 cm X 45 cm



Position des pinces

Fig. C
Schéma possible
de déformation des géotextiles
sous les effets de la traction

- a. avec déformation latérale libre
- b. avec déformation latérale limitée
- c. avec déformation latérale contenue

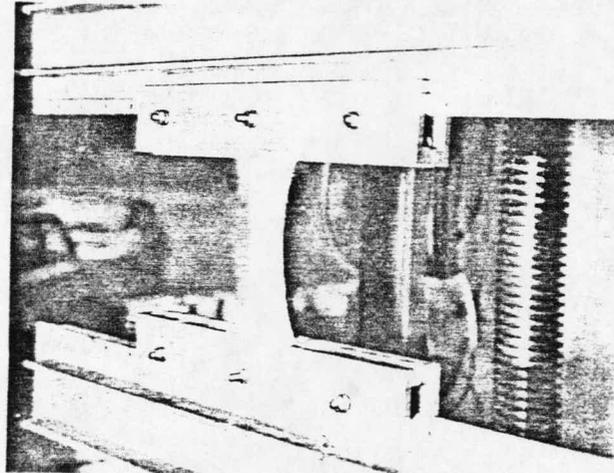
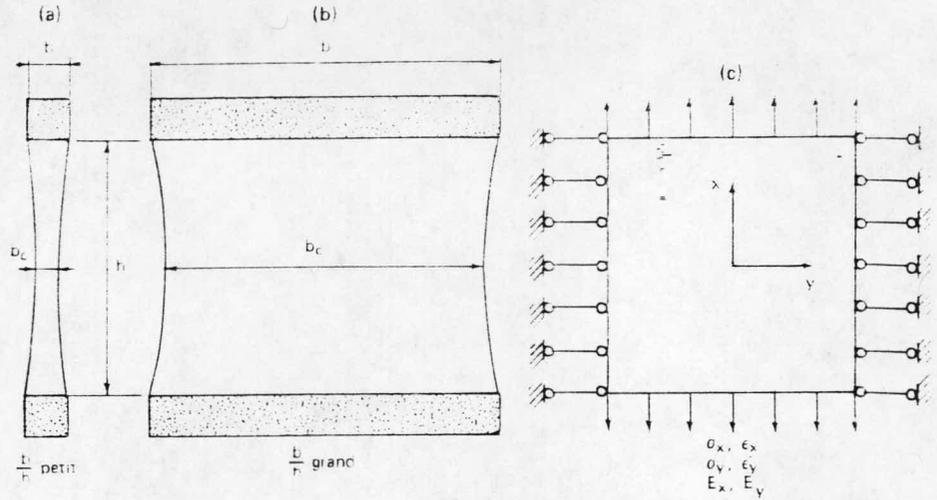


Fig D - Effet de la striction sur le géotextile.

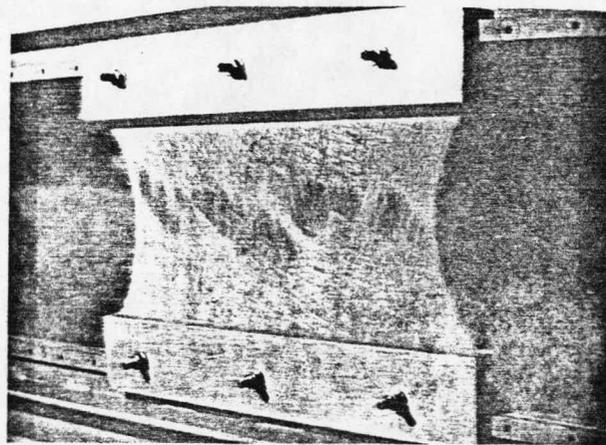
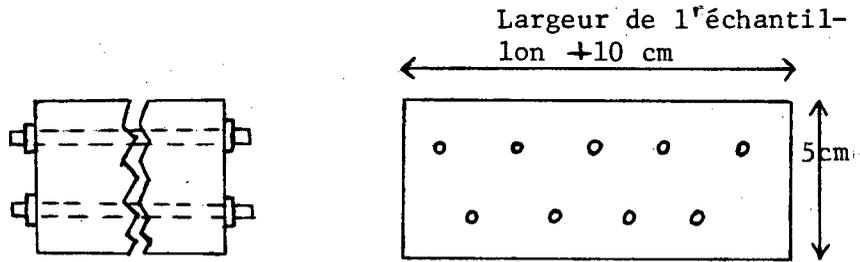
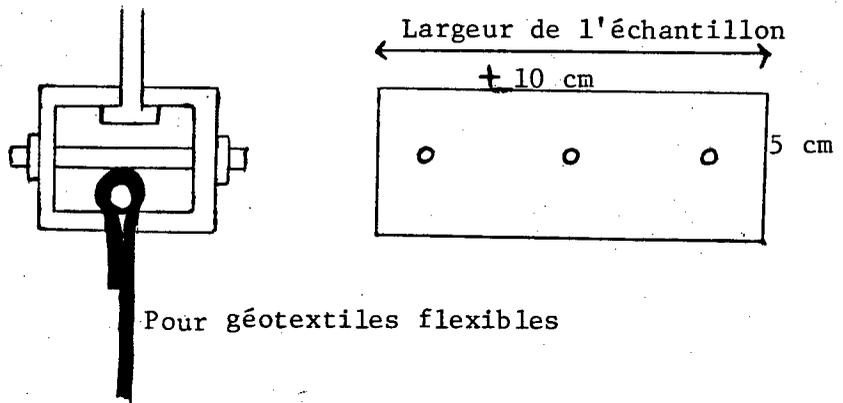


Fig E - Localisation de la zone de rupture dans les éprouvettes grande largeur.

2- Mâchoires proposées



Pour géotextiles rigides



Pour géotextiles flexibles

A N N E X E 8

R E S U L T A T S

R E S U L T A T S

Type de géotextile	Epaisseur e (CM)	Masse surfacique m _s (g/m ²)	Permittivité Ψ (s ⁻¹)	Perméabilité k (cm/s ⁻¹)
MIRAFI				
P- 50	0,255	203,3175	3,235	8,25 X 10 ⁻¹
P-150	0,278	274,0000		
P-250	0,273	362,0325		
P-350	0,380	454,8050	1,1522	4,38 X 10 ⁻¹
P-450	0,380	531,2675		
P-550	0,466	764,8300	0,5353	2,49 X 10 ⁻¹
P-100	0,398	124,8650	0,1483	5,93 X 10 ⁻³
P-500	0,491	164,6750		
P-600x	0,662	236,2350		
TEXEL				
	0,325	258,3400		
7607	0,382	394,1550		
7612	0,478	635,7200		
7618	0,732	1488,6625		
7643				

S E C T I O N

1

P E R M I T T I V I T E

D U

P E R M E A M E T R E

S E U L

ESSAI SUR TEXTILE

DATE DE RECEPTION : _____

NO DE LABORATOIRE : _____

DESIGNATION DU PRODUIT: PERMEAMETRE

TYPE DE GEOTEXTILE: _____

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: .0019635 m²

ECHANTILLON # : PERMEAMETRE

Température (°C) : _____

Masse surfacique (g/m²) : _____

* R_T : _____

Tête(cm) Lectures		0,5	1,0	2,0						
		#1	V	1560	1620	1670				
	t	6,4	4,6	3,25						
	q	244	352	514						
#2	V	1610	1615	1764						
	t	5,7	4,5	3,6						
	q	359	359	490						
#3	V	1710	1800	1575						
	t	6,75	4,95	3,2						
	q	253	364	492						
#4	V	1735	1766	1650						
	t	6,8	4,95	3,7						
	q	255	357	516						
#5	V	1310	1730	1650						
	t	5,25	4,8	3,3						
	q	250	360	500						
q̄ (ml/s)		251	358	502						
q/A : v (cm/s)		12,78	18,23	25,57						

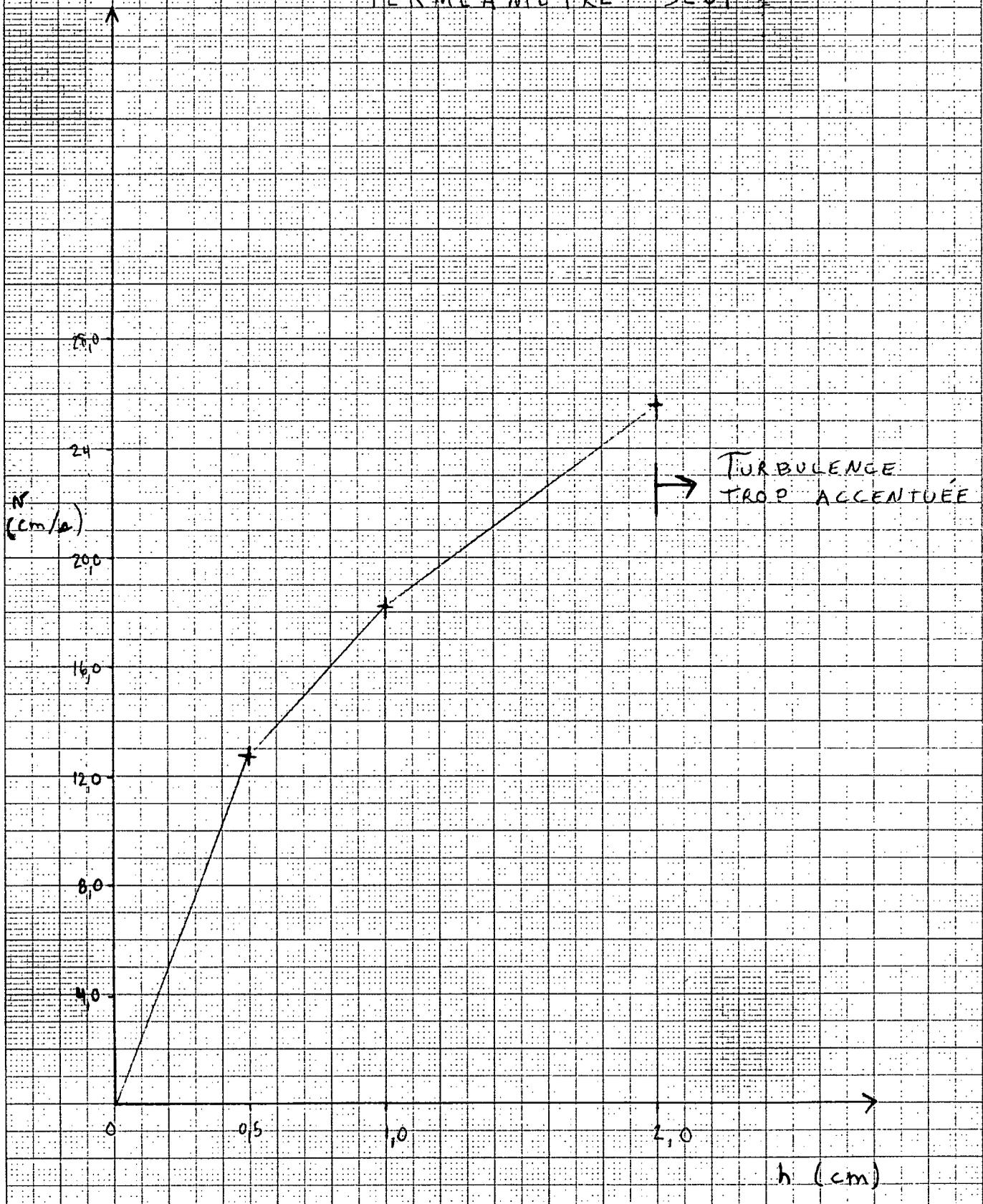
Hauteur de tête sélectionnée h(cm): _____

* Facteur de correction de la viscosité pour température ≠ 20°C

DATE 20-07-83

TECHNICIEN (NE): Roulland

PERMÉAMÈTRE SEUL



TURBULENCE
TROP ACCENTUÉE

46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 25 CM
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



SECTION 2

PERMITTIVITE
COMPARAISON DES METHODES
D'ECHANTILLONNAGE

P - 50

P - 350

P - 550

ESSAI SUR TEXTILE

DATE DE RECEPTION : 27-06-83

NO DE LABORATOIRE : AF.018-83

DESIGNATION DU PRODUIT: P-50 MIRAFI

TYPE DE GEOTEXTILE: AIGUILLETE

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: .0019635 m²

ECHANTILLON # : 1

Température (°C) : 24,5

Masse surfacique (g/m²) : 200,9897

* R_T : 0,90395 / 0,1055 = 0,899453

Lectures		Tête (cm)									
		1,0	2,0	3,0	0,5						
#1	V	715	1370	1790	697						
	t	9,65	9,9	9,7	19,9						
	q	74,1	136,4	184,5	35,0						
#2	V	743	1370	1655	384						
	t	10,0	10,2	9,2	10,0						
	q	74,3	134,3	179,9	38,4						
#3	V	753	1340	1655	395						
	t	10,1	10,0	9,15	10,3						
	q	74,6	134,0	180,9	38,3						
#4	V	750	1363	1645	390						
	t	10,05	9,7	9,1	9,95						
	q	74,6	140,5	180,8	39,2						
#5	V	735	1340	1830	390						
	t	9,9	10,0	10,0	10,2						
	q	74,2	134,0	183,0	38,2						
q̄ (ml/s)		74,4	136,2	181,8	37,8						
q/A : v (cm/s)		3,79	6,94	9,26	1,93						

Hauteur de tête sélectionnée h(cm): 1,0

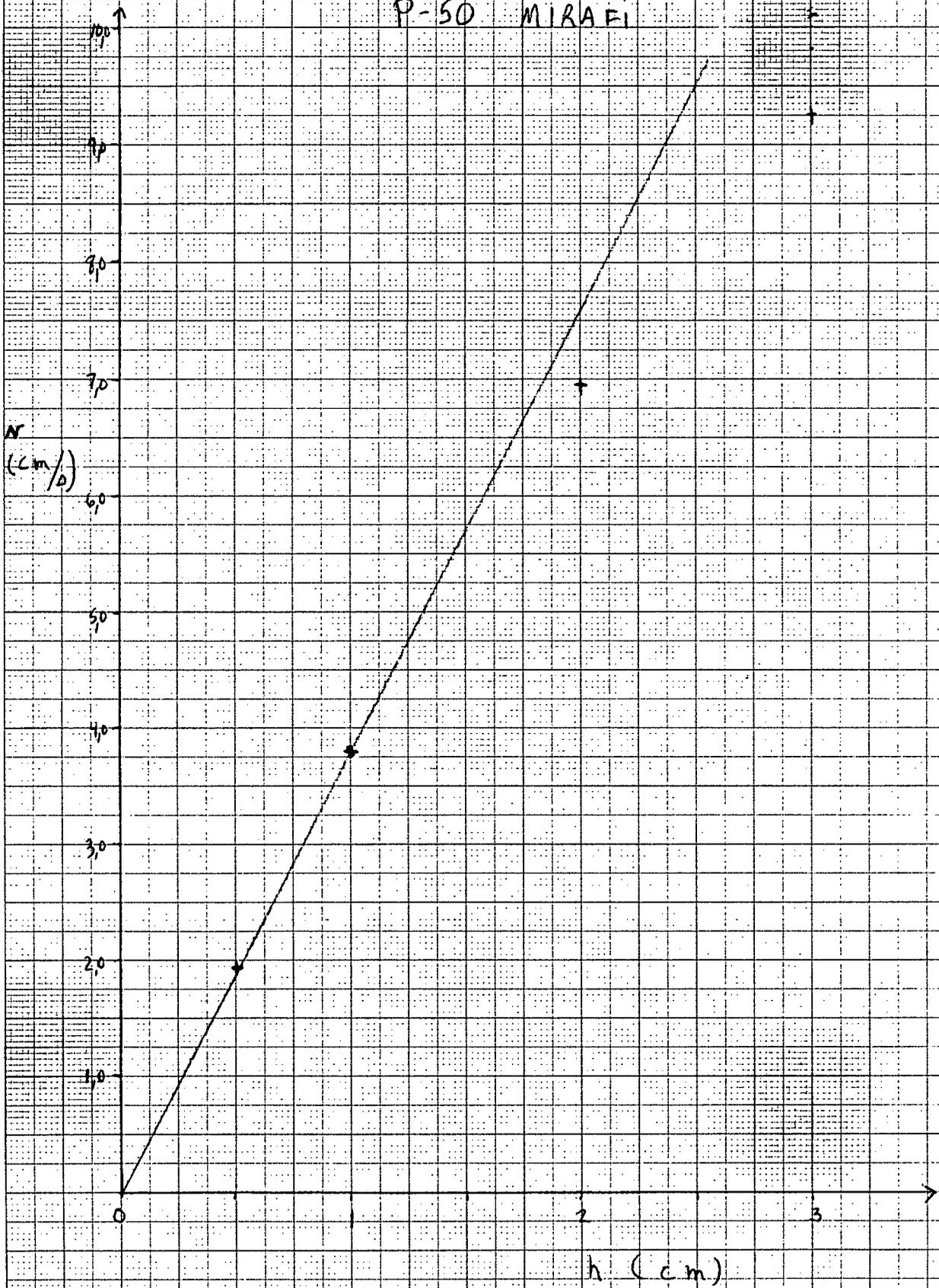
* Facteur de correction de la viscosité pour température ≠ 20°C

DATE 25-07-83

TECHNICIEN (NE): J. ...

VITESSE Vs Tête d'EAU

P-50 MIRAFI



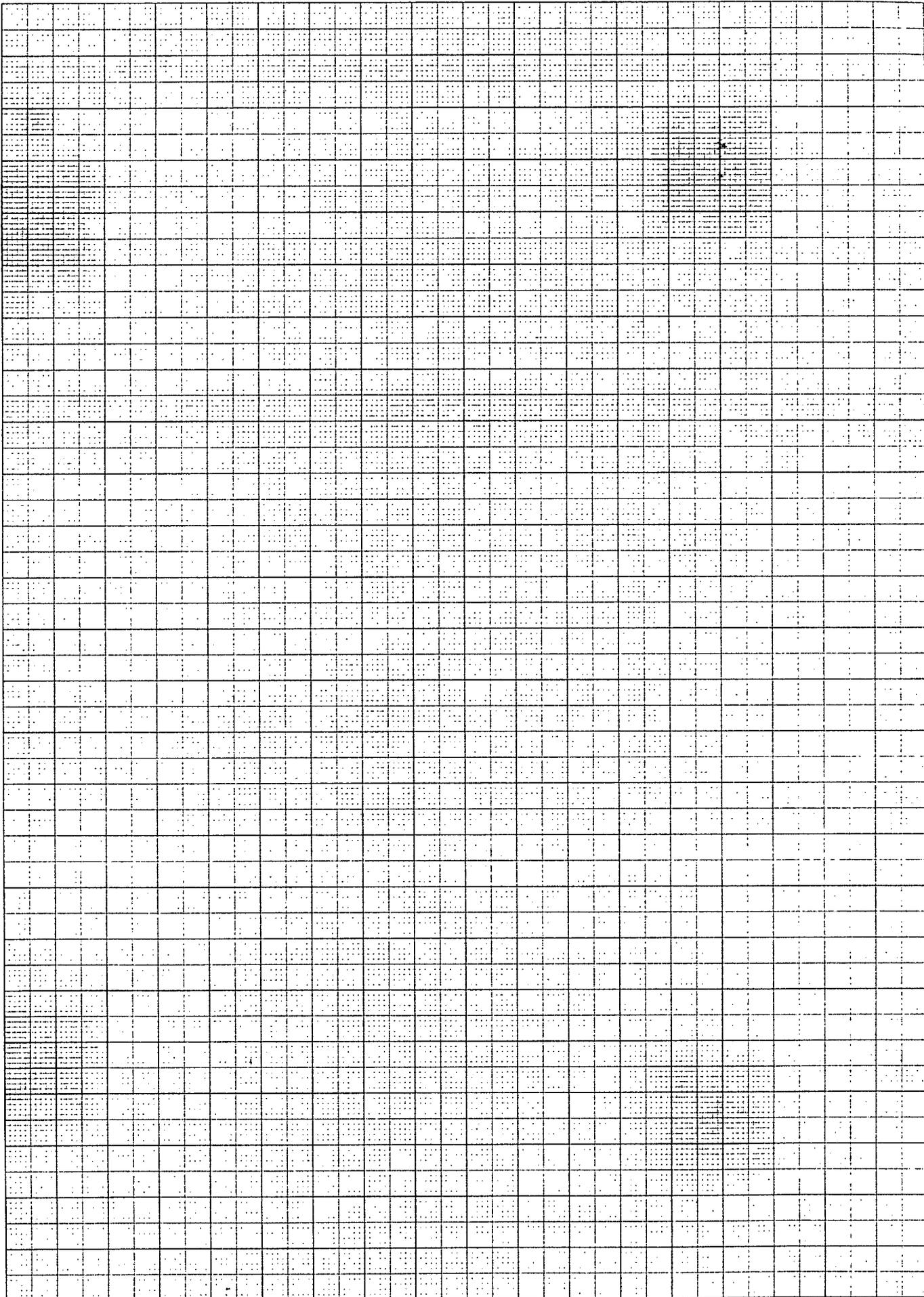
46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER IR X 25 CM KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Keuffel & Esser

1928



46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 27 CM
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : 27-06-83 Entrepreneur : ETUDE
 Désignation du produit: P-50 MIRAFL Site des Travaux: _____
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : AF.018-83 No contrat : _____
 Type de géotextile : AIGUILLETE Municipalité : _____
 Soumis par : Peer Moldvar Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 1,0
 Température (°C) : 24,5
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,899453

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	715	9,65	74,1	690	9,9	69,7	710	10,15	70,0	695	9,9	70,2
#2	743	10,0	74,3	720	10,1	71,3	695	9,9	70,2	670	9,8	68,4
#3	753	10,1	74,6	670	9,9	67,7	690	9,9	69,7	690	10,0	69,0
#4	750	10,05	74,6	690	10,0	69,0	683	9,9	69,0	680	9,9	68,7
#5	735	9,9	74,2	685	9,85	69,5	-	9,8	-	682	9,9	68,9
Masse surfacique (g/m ²)	200,9897			202,2699			204,2816			206,7688		
\bar{q} (ml/s)	74,4			69,4			69,7			69,0		
$\Psi = \frac{qR_T}{Ah}$ (s ⁻¹)	3,408			3,179			3,193			3,161		

Permittivité moyenne $\bar{\Psi}$ (s⁻¹) : 3,235 Epaisseur (cm) : 0,255
 Ecart type : 0,116 Perméabilité K (cm/s) : 8,25 x 10⁻¹
 Coefficient de variation : 3,58 %

DATE: 25-07-83

TECHNICIEN (NE): J. Rouillard

ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : 27-06-83
 Désignation du produit: P-50 MIRAFI
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF. 018-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE
 Site des Travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 1,0
 Température (°C) : 24,0
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,9142/1,005 = 0,909652

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	v (ml)	t (s)	q (ml/s)	v (ml)	t (s)	q (ml/s)	v (ml)	t (s)	q (ml/s)	v (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	690	10,3	67,0	686	9,9	69,3	650	10,2	63,7	643	10,05	64,0
#2	670	10,15	66,0	720	10,1	71,3	622	9,65	64,5	630	10,1	62,4
#3	660	10,0	66,0	670	9,45	70,9	632	9,95	63,5	610	10,1	60,4
#4	660	9,85	67,0	710	10,05	70,6	635	10,0	63,5	600	9,95	60,3
#5	670	9,9	67,7	700	9,9	70,7	630	10,0	63,0	620	9,8	63,3
Masse surfacique (g/m ²)	212,5480			200,6605			223,3016			217,1201		
\bar{q} (ml/s)	66,7			70,6			63,6			62,1		
$\Psi : \bar{q}R_T/Ah$ (s ⁻¹)	3,090			3,271			2,946			2,877		

Permittivité moyenne $\bar{\Psi}$ (s⁻¹) : 3,046
 Ecart type : 0,174
 Coefficient de variation : 5,72

Epaisseur (cm) : 0,255
 Perméabilité K (cm/s) : 7,77 x 10⁻¹

DATE: 25-07-83

TECHNICIEN (NE): J. Rouillard

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

-93-

ESSAI SUR TEXTILE

DATE DE RECEPTION : 27-06-83

NO DE LABORATOIRE : AF.021-83

DESIGNATION DU PRODUIT : P-350 MIRAEL

TYPE DE GEOTEXTILE : AIGUILLETE

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: .0019635 m²

ECHANTILLON # : 1

Température (°C) : 24

Masse surfacique (g/m²) : 454,4905

* R_T : .9142/1.005 = 0,909652

Lectures		Tête (cm)						
		0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
#1	V	188	523	500	730	945	1150	1300
	t	15,1	20,3	9,85	10,0	10,0	9,9	9,9
	q	12,45	25,76	50,76	73,0	94,5	116,16	131,31
#2	V	124	513	503	728	980	1190	1320
	t	9,9	20,0	10,0	9,85	10,0	10,1	10,0
	q	12,53	25,65	50,3	73,91	98,0	117,82	132,0
#3	V	120	520	502	724	930	1200	1320
	t	9,9	19,9	9,95	9,85	9,85	10,3	9,8
	q	12,12	26,13	50,45	73,50	94,42	116,50	134,69
#4	V	120	515	502	720	980	1150	1290
	t	10,0	19,9	10,0	9,8	10,1	9,9	9,85
	q	12,00	25,88	50,2	73,47	97,03	116,16	130,96
#5	V	123	517	490	710	960	1050	1310
	t	9,9	19,9	9,9	9,9	10,1	8,9	9,85
	q	12,42	25,98	49,49	71,72	95,05	117,98	132,99
\bar{q} (ml/s)		12,30	25,88	50,24	73,12	95,80	116,92	132,39
q/A : v (cm/s)		0,63	1,32	2,56	3,72	4,88	5,95	6,74

Hauteur de tête sélectionnée h(cm) : 2,0
(5,0 avant été préférable)

* Facteur de correction de la viscosité pour température \neq 20°C

DATE 26-07-83

TECHNICIEN (NE) : Johanne Lavoie

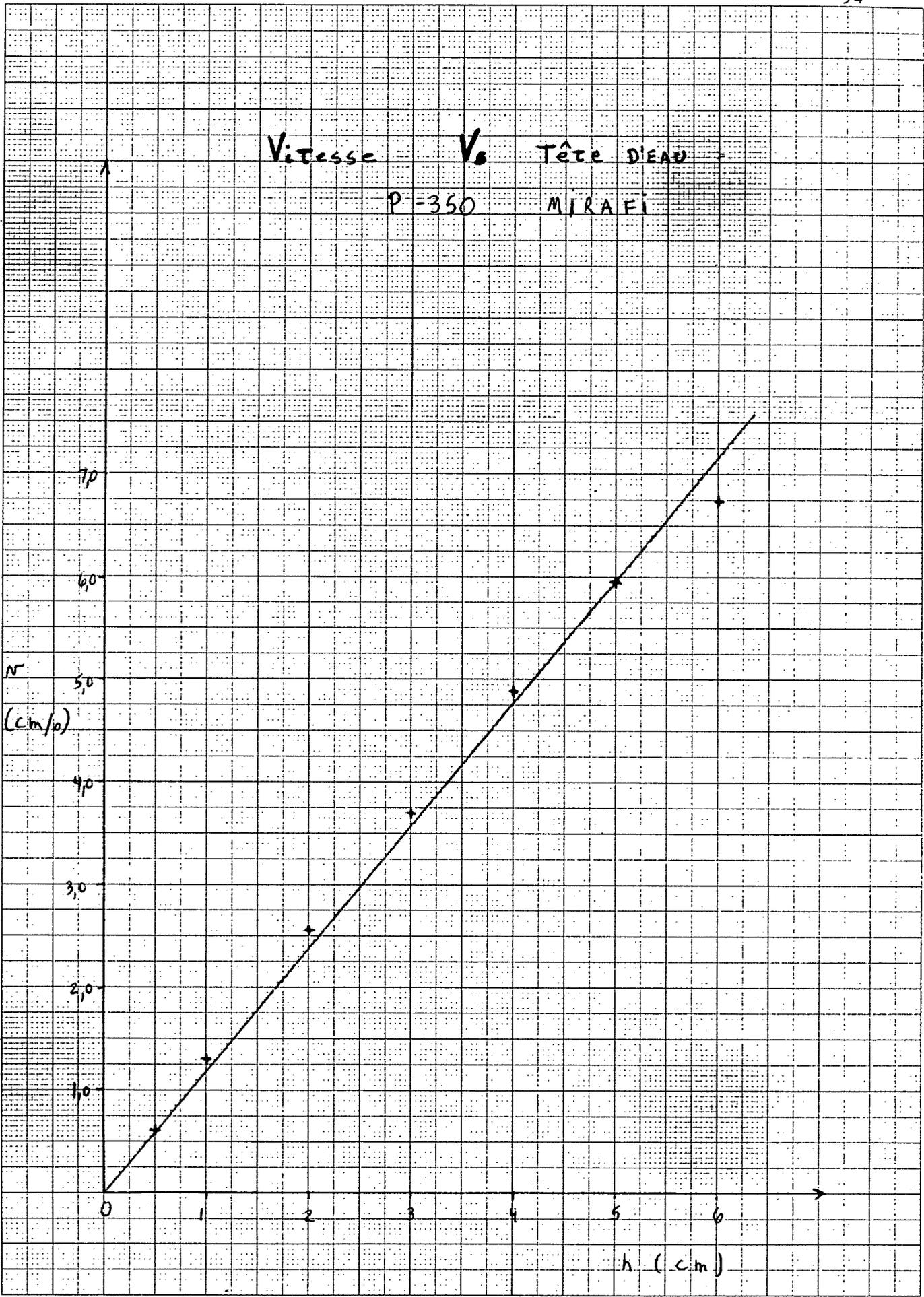
Vitesse V_0 Tête DEAU =
P-350 MIRA FI

N
(cm/p)

7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0

h (cm)

0 1 2 3 4 5 6



46 1512

10 CM TO THE CENTIMETER 18 X 27 CM KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : 27-06-73 Entrepreneur : ETUDE
 Désignation du produit: P-350 MIRAFL Site des Travaux: _____
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : AF. 021-83 No contrat : _____
 Type de géotextile : AIGUILLE TÊ Municipalité : _____
 Soumis par : Peer Helder Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 2,0
 Température (°C) : 24,0
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,909652

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	500	9,85	50,76	650	13,0	50,00	512	10,0	50,64	480	10,0	48,00
#2	503	10,0	50,3	490	9,85	49,75	520	10,0	52,00	470	9,85	47,71
#3	502	9,95	50,45	490	10,0	49,00	522	10,15	51,43	470	9,85	47,71
#4	502	10,0	50,2	492	9,95	49,45	513	9,9	51,82	470	9,8	47,97
#5	490	9,9	49,49	490	10,1	49,71	510	9,8	52,05	475	10,2	47,55
Masse surfacique (g/m ²)	454,4905			453,0522			456,3451			460,0999		
\bar{q} (ml/s)	50,24			49,38			51,59			47,75		
$\Psi = \bar{q} R_T / Ah$ (s ⁻¹)	1,1638			1,1438			1,1950			1,1061		

Permittivité moyenne Ψ (s⁻¹) : 1,1522
 Ecart type : 0,0372
 Coefficient de variation : 3,2370

Épaisseur (cm) : 0,380
 Perméabilité K (cm/s) : 4,38x10⁻¹

DATE: 26-06-73

TECHNICIEN (NE): _____

ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : 27-01-83
 Désignation du produit: P-350 MIRAFI
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AT, 021-82
 Type de géotextile : 416 villeté
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : E.T.P.E.
 Site des Travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 2,0
 Température (°C) : 23,5
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,920398

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	390	10,6	36,9	535	9,85	54,2	488	9,95	49,0	505	9,95	50,7
#2	370	10,0	37,0	542	9,9	54,7	485	9,95	48,7	485	9,9	49,0
#3	384	9,9	38,6	542	9,9	54,7	486	9,95	48,7	488	9,9	49,0
#4	380	9,9	38,4	550	10,0	55,0	480	9,9	48,5	490	9,9	49,5
#5	370	9,8	37,8	535	9,9	54,0	485	9,9	49,0	505	9,9	50,7
Masse surfacique (g/m ²)	530,6567			399,3824			442,1408			419,9752		
\bar{q} (ml/s)	38,0			54,5			48,8			50,2		
$\Psi = \bar{q}R_T/Ah$ (s ⁻¹)	0,8906			1,2774			1,1438			1,1766		

Permittivité moyenne Ψ (s⁻¹) : 1,1221
 Ecart type : 0,1645
 Coefficient de variation : 14,66%

Epaisseur (cm) : 0,380
 Perméabilité K (cm/s) : 4,26 x 10⁻¹

DATE: 27-01-83

TECHNICIEN (NE): _____

ESSAI SUR TEXTILE

DATE DE RECEPTION : 27-06-83

NO DE LABORATOIRE : AF.023-83

DESIGNATION DU PRODUIT: P-550 MIRAfi

TYPE DE GEOTEXTILE: Aiguilleté

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: .0019635 m²

ECHANTILLON # : 2

Température (°C) : 24,5

Masse surfacique (g/m²) : 758,5494

* R_T : 0,899453

Tête(cm) Lectures		1,0	1,5	0,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0			
		#1	V	166	223	72	348	546	480	610	720	
	t	14,95	12,8	15,0	14,9	14,9	9,85	10,15	9,9			
	q	11,22	17,60	4,70	23,58	36,59	42,42	59,72	72,03			
#2	V	175	176	70	350	503	480	600	730			
	t	13,6	10,0	14,9	15,0	13,7	9,9	9,95	10,1			
	q	11,22	17,60	4,70	23,58	36,72	42,42	59,72	72,03			
#3	V	169	177	64	350	410	477	594	705			
	t	14,95	10,0	14,0	14,85	11,1	9,9	10,0	9,8			
	q	11,22	17,60	4,67	23,57	30,94	42,17	59,41	71,22			
#4	V	166	175	71	352	370	484	582	722			
	t	14,9	10,0	14,9	15,0	10,1	9,95	9,8	10,1			
	q	11,14	17,60	4,77	23,47	36,13	42,14	59,72	72,03			
#5	V	169	176	70,0	358	372	486	600	710			
	t	14,9	9,9	14,9	14,8	10,0	10,1	10,1	9,9			
	q	11,34	17,77	4,70	23,58	27,20	42,12	59,41	71,72			
\bar{q} (ml/s)		11,22	17,60	4,71	23,58	36,59	42,42	59,72	72,03			
q/A : v (cm/s)		5,71x10 ⁻¹	8,96x10 ⁻¹	2,40x10 ⁻¹	1,201	1,876	2,467	3,042	3,668			

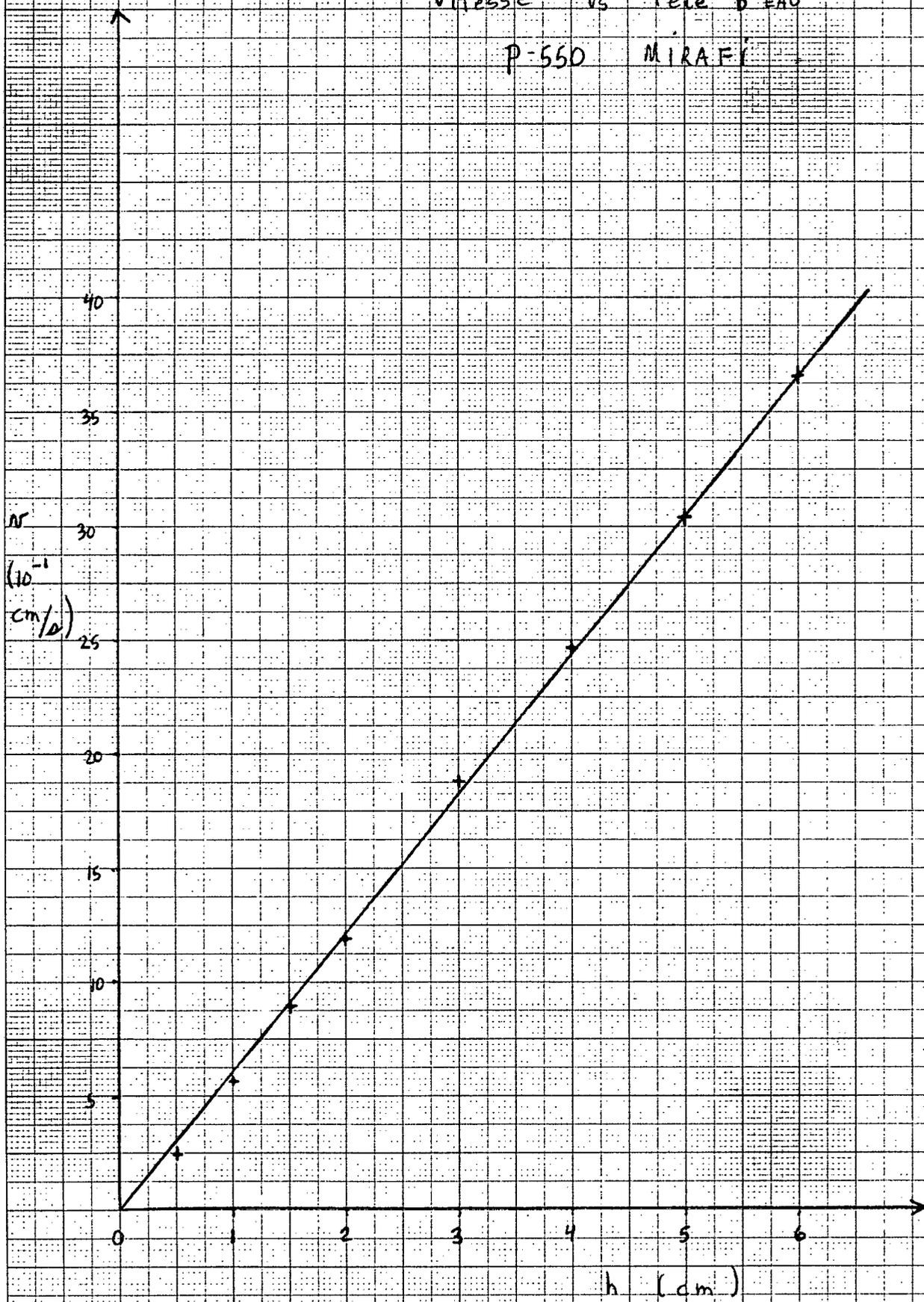
Hauteur de tête sélectionnée h(cm): 6,0

* Facteur de correction de la viscosité pour température ≠ 20°C

DATE 04-08-83

TECHNICIEN (NE): [Signature]

Vitesse V_s Tête d'EAU
P-550 MIRA.FI



46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 27 CM KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.

KE

ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : 27-06-83 Entrepreneur : ETUDE
 Désignation du produit: P-550 MIRAFI Site des Travaux: _____
 (ms)
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : AF.023-83 No contrat : _____
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ Municipalité : _____
 Soumis par : Peer Moldvar Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 6,0
 Température (°C) : 24,5
 Facteur de correction pour viscosité R_T : 0,90395 / 1,005 = ,899453

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	637	9,85	64,67	720	9,9	72,73	720	9,9	72,73	700	10,0	70,0
#2	635	9,8	64,80	730	10,1	72,28	725	9,9	73,23	687	9,9	69,39
#3	640	9,7	65,98	705	9,8	71,94	735	10,0	73,5	702	10,05	69,85
#4	650	9,95	65,33	722	10,1	71,49	720	10,0	73,0	703	9,9	71,01
#5	642	9,85	65,18	710	9,9	71,72	728	10,0	72,8	700	9,9	70,71
Masse surfacique (g/m ²)	760,4927			758,5494			758,6250			773,9676		
\bar{q} (ml/s)	65,19			72,02			73,05			70,19		
$\Psi = qR_T/Ah$ (s ⁻¹)	0,4977			0,5499			0,5577			0,5359		

Permittivité moyenne Ψ (s⁻¹) : 0,5353
 Ecart type : 0,0266
 Coefficient de variation : 4,98%

Epaisseur (cm) : 0,466
 Perméabilité K (cm/s) : 2,49 x 10⁻¹

DATE: 05-08-83

TECHNICIEN (NE): Johanne Lailard

SECTION 3
PERMITTIVITE
COMPARAISON DES GEOTEXTILES
PREALABLEMENT MOUILLES
OU SECS

P - 100

ESSAI SUR TEXTILE

DATE DE RECEPTION : 27-06-83

NO DE LABORATOIRE : AF.023-83

DESIGNATION DU PRODUIT: P-100 MIRAFI

TYPE DE GEOTEXTILE: TISSÉ

ESSAI DE PERMITTIVITE

(Détermination de la zone d'écoulement laminaire) A: .0019635 m²

ECHANTILLON # : 1

Température (°C) : 25,5

Masse surfacique (g/m²) : 124,2582

* R_T : _____

Tête(cm) Lectures		0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0						
		#1	V	88	126	132	138	184	174				
	t	49,95	39,95	24,9	20,1	19,85	16,1						
	q	1,76	3,15	5,30	6,87	9,27	10,81						
#2	V	86	159	146	147	138	160						
	t	49,9	49,9	26,1	19,9	15,0	14,9						
	q	1,72	3,19	5,59	7,39	9,20	10,74						
#3	V	85	126	167	145	138	160						
	t	49,95	39,95	29,8	19,85	14,9	14,9						
	q	1,76	3,15	5,60	7,30	9,26	10,74						
#4	V	86	78	112	147	137	162						
	t	49,9	25,0	20,1	20,0	14,9	15,0						
	q	1,72	3,12	5,57	7,35	9,19	10,80						
#5	V	84	82	138	147	137	162						
	t	50,0	26,0	25,0	19,9	14,9	15,0						
	q	1,68	3,15	5,52	7,39	9,19	10,80						
\bar{q} (ml/s)		1,716	3,152	5,516	7,26	9,222	10,778						
q/A : v (cm/s)		0,0874	0,1605	0,2809	0,3697	0,4697	0,5489						

Hauteur de tête sélectionnée h(cm): 1,0

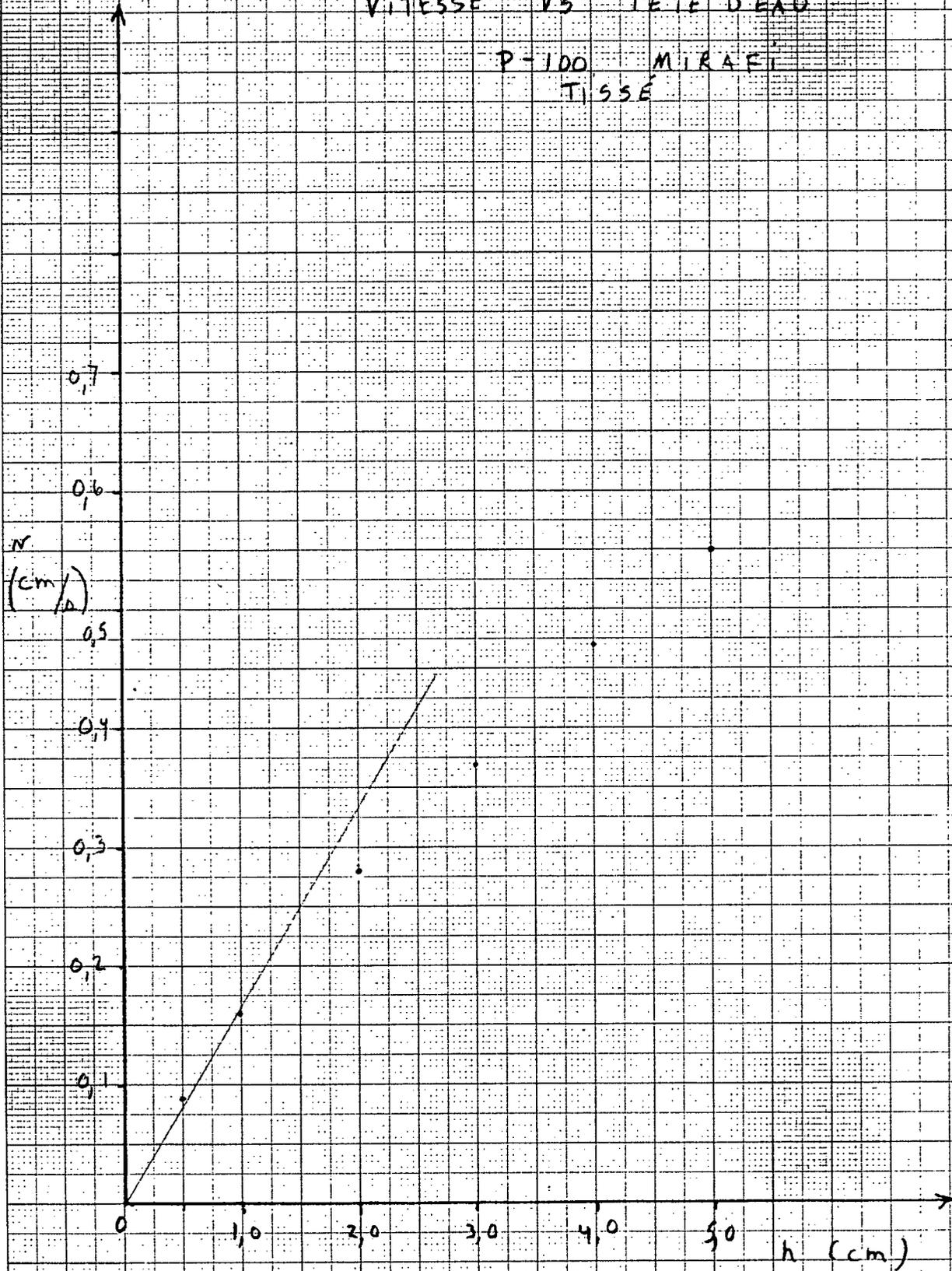
* Facteur de correction de la viscosité pour température ≠ 20°C

DATE 08-08-83

TECHNICIEN (NE): Roulland

VITESSE V_s TÊTE D'EAU

P-100 MIRAFI
TISSÉ



46 1512

10 X 10 TO THE CENTIMETER 18 X 30 CM.
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.

ESSAIS SUR TEXTILE

Date de réception : _____ Entrepreneur : ETUDE.
 Désignation du produit: P-100 MIRAFI mouillé Site des Travaux: _____
 No d'échantillon : _____ No rapport : _____
 No de laboratoire : AF-024-83 No contrat : _____
 Type de géotextile : TISSÉ Municipalité : _____
 Soumis par : Peer Moldvar Comté : _____

ESSAI DE PERMITTIVITE Ψ

A: 19,635 cm²

Hauteur de tête h (cm) : 1,0
 Température (°C) : 25,5
 Facteur de correction pour viscosité R_T : $\frac{0,8837}{1,005} = 0,879303$

Echantillons #	# 1			# 2			# 3			# 4		
	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)	V (ml)	t (s)	q (ml/s)
#1	126	39,95	3,15	88,0	25,0	3,52	68	25,0	2,72	96	24,85	3,86
#2	159	49,9	3,19	88	25,0	3,52	54	19,95	2,71	96	25,0	3,84
#3	126	39,95	3,15	88	24,9	3,53	68	24,85	2,74	97	24,95	3,89
#4	78	25,0	3,12	88	25,0	3,52	68	25,0	2,72	95	24,95	3,81
#5	82	26,0	3,15	87	24,85	3,50	69	24,9	2,77	96	25,0	3,84
Masse surfacique (g/m ²)	124,2582			125,0530			123,4255			123,0470		
\bar{q} (ml/s)	3,152			3,518			2,732			3,848		
$\Psi : qR_T/Ah$ (s ⁻¹)	0,1412			0,1575			0,1223			0,1723		

Permittivité moyenne $\bar{\Psi}$ (s⁻¹) : 0,1483
 Ecart type : 0,0215
 Coefficient de variation : 14,50%

Epaisseur (cm) : 0,04
 Perméabilité K (cm/s) : 5,93x10⁻³

DATE: 08-08-83

TECHNICIEN (NE): J. Lomland

S E C T I O N 4

M A S S E S U R F A C I Q U E

E T

E P A I S S E U R N O R M A L

MIRAFI P- 50
P- 150
P- 250
P- 350
P- 450
P- 100
P- 500
P- 600x

TEXEL 7607
7612
7618
7643

MIRAFI

P-50

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P50
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.018-83
 Type de géotextile : AGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 10,47	10,24	10,19
	#2 10,35	10,17	10,09
(mm)	#3 9,85	10,31	9,92
Moyenne des Lectures:	<u>10,18</u>		

Ecart type : 0,199
 Coefficient de variation: 1,96%
 Nombre d'échantillons : 4
 Epaisseur normale (mm) : 2,545 mm

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2	3	4	5	6	7	8
8,4554	8,3000	7,9271	8,0231	7,6385	8,2833	8,1008	7,9275
9	10	11	12	13	14	15	
8,0582	7,7137	8,5702	7,9185	8,4736	8,4685		

Moyenne (g) : 8,1327
 Ecart-type : 0,2966
 Coefficient de variation: 3,65%
 Masse surfacique (g/m²): 203,3175

DATE: 28 juin 1983

TECHNICIEN (NE): Rouillard

Masse échantillon perimètre = 0,002734 m² x 203,3175
 = 0,5559 g
 ou 5372

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI PISO
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.019 - 83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 11,53	10,51	11,215
(mm)	#2 11,47	11,02	11,31
	#3 11,51	10,61	10,79
Moyenne des Lectures:	<u>11,107</u>		

Ecart type : 0,393
 Coefficient de variation: 3,54%
 Nombre d'échantillons : 4
 Epaisseur normale (mm) : 2,777

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 <u>10,5989</u>	2 <u>11,4398</u>	3 <u>9,8245</u>	4 <u>11,7679</u>	5 <u>11,4946</u>	6 <u>10,7550</u>	7 <u>11,1941</u>	8 <u>9,7376</u>
9 <u>9,9842</u>	10 <u>11,2567</u>	11 <u>11,6313</u>	12 <u>10,8145</u>	13 <u>10,6719</u>	14 <u>11,4036</u>	15 <u>11,8255</u>	

Moyenne (g) : 10,9600
 Ecart-type : 0,6928
 Coefficient de variation: 6,32%
 Masse surfacique (g/m²): 274,0000

DATE: 29 Juin 1983

TECHNICIEN (NE): R

Masse EP = $0,002734 \times 274,000 = 0,74919$
 $0,002642 \times 274,000 = 0,7239$

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P250
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF, 020 - 83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 10,96	11,09	10,475
(mm)	#2 10,88	10,88	11,05
	#3 11,08	11,05	10,71
Moyenne des Lectures:	<u>10,908</u>		

Ecart type : 0,204
 Coefficient de variation: 1,87%
 Nombre d'échantillons : 4
 Epaisseur normale (mm) : 2,727

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 14,1300	2 14,6900	3 14,0831	4 14,9971	5 14,3602	6 14,2029	7 14,7712	8 ^x 14,5003
9 14,5579	10 15,1819	11 14,1340	12 14,1821	13 14,5211	14 14,0348	15 14,4289	16 14,8954

Moyenne (g) : 14,4813
 Ecart-type : 0,3517
 Coefficient de variation: 2,43%
 Masse surfacique (g/m²): 362,0325

DATE: 29 Juin 1983

TECHNICIEN (NE): J. Rouillard

MEP = 0,002734 x 362,0325
 = 0,9898
 = 9898

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P-350
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF, 021-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Déflexo- mètre	#1 11,76	11,40	11,35
(mm)	#2 11,49	11,61	11,08
	#3 11,52	11,29	11,025
Moyenne des Lectures:	<u>11,392</u>		

Ecart type : 0,238
 Coefficient de variation: 2,09%
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 3,797

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2	3	4 *	5	6	7	8
18,2100	18,6730	19,3571	18,1900	16,9477	18,7738	17,7965	18,7866
9	10	11	12	13	14	15	
18,472	18,2186	18,2042	18,3461	18,2827	17,6184	17,3317	

Moyenne (g) : 18,1922
 Ecart-type : 0,6030
 Coefficient de variation: 3,31%
 Masse surfacique (g/m²): 454,8050

DATE: 30 Juin 1983

TECHNICIEN (NE): Johann Louillard

$$MEP = .002734 \times 454,805$$

$$= 1,2434$$

$$1,2016$$

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P-450
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF, 022-83
 Type de géotextile : AIGUILLETE
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE'
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 11,45	11,77	11,69
	#2 11,15	11,61	11,12
	#3 11,295	11,29	11,14
Moyenne des Lectures:	11,391		

Ecart type : 0,256
 Coefficient de variation: 2,19%
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 3,797

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2	3	4	5	6	7	8
21,181	21,0409	22,4119	21,3129	22,1520	20,7302	20,7876	21,1438
9	10	11	12	13	14 x	15	
20,9637	21,3711	21,7242	21,5093	20,9221	21,2150	20,3579	

Moyenne (g) : 21,2507
 Ecart-type : 0,5357
 Coefficient de variation: 2,52
 Masse surfacique (g/m²): 531,2675

DATE: 30 juin

TECHNICIEN (NE): Rouillard

MEP = 1,002734 X 531,2675
 = 1,4525
 1,4656

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P550
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.023-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 14,13	14,36	14,19
(mm)	#2 13,67	13,79	14,21
	#3 13,645	13,685	14,01
Moyenne des Lectures:	<u>13,966</u>		

Ecart type : 0,273
 Coefficient de variation: 1,95%
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 4,655

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 <u>29,828</u>	2 <u>30,9013</u>	3 <u>30,2519</u>	4 <u>29,6063</u>	5 <u>30,3363</u>	6 <u>30,8612</u>	7 <u>30,2958</u>	8 <u>31,6732</u>
9 <u>29,5905</u>	10 <u>30,4162</u>	11 X <u>30,5969</u>	12 <u>31,3416</u>	13 <u>30,4587</u>	14 <u>32,1113</u>	15 <u>30,5735</u>	

Moyenne (g) : 30,5932
 Ecart-type : 0,7072
 Coefficient de variation: 2,31%
 Masse surfacique (g/m²): 764,8300

DATE: 30 juin

TECHNICIEN (NE): Rouillard

MEP = 0,002734 x 764,83
 = 2,0910
 2,0267

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P100
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.024-83
 Type de géotextile : TISSÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ÉTUDE PERMÉABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 9,155	9,26	9,10
(mm)	#2 9,13	9,195	9,13
	#3 9,08	9,195	9,08
Moyenne des Lectures:	9,147		

Ecart type : 0,060
 Coefficient de variation: 0,66%
 Nombre d'échantillons : 23
 Epaisseur normale (mm) : 0,398 mm

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2	3 X	4 X	5	6	7	8
5,0018	4,9979	4,9970	5,0129	4,9797	4,8863	4,9234	4,9488
9	10	11	12	13	14	15	
5,0095	4,9801	5,0440	5,0638	5,0328	5,0427	5,0026	

Moyenne (g) : 4,9946
 Ecart-type : 0,0471
 Coefficient de variation: 0,94
 Masse surfacique (g/m²): 124,8650

DATE: 8 juillet 83

TECHNICIEN (NE): J. Rowland

MEP = 0,607734 X 124,865 = 34111

ou 3399

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P500
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.025-83
 Type de géotextile : TISSÉ
 Soumis par : PEER Moldvar

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITE
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 9,795	9,98	9,86
(mm)	#2 9,66	9,99	9,69
	#3 9,81	9,86	9,69
Moyenne des Lectures:	<u>9,815</u>		

Ecart type : 0,121
 Coefficient de variation: 1,24%
 Nombre d'échantillons : 20
 Epaisseur normale (mm) : 0,491

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 <u>6,5981</u>	2 <u>6,5314</u>	3 <u>6,5591</u>	4 <u>6,5291</u>	X 5 <u>6,5854</u>	6 <u>6,5918</u>	7 <u>6,6144</u>	8 <u>6,5175</u>
9 <u>6,6253</u>	10 <u>6,6033</u>	11 <u>6,5262</u>	12 <u>6,6219</u>	13 <u>6,6600</u>	14 <u>6,6410</u>	15 <u>6,6001</u>	

Moyenne (g) : 6,5870
 Ecart-type : 0,0447
 Coefficient de variation: 0,68%
 Masse surfacique (g/m²): 164,6750

DATE: 12 juillet 1983

TECHNICIEN (NE): Rouillard

$$MEP = .662734 \times 164,6750$$

$$= 0,4502$$

ou 1,4351

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: MIRAFI P600A
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.026-83
 Type de géotextile : TISSÉ
 Soumis par : Peer Moldvar

Entrepreneur : ÉTUDE PERMÉABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 10,78	10,61	10,715
	#2 10,58	10,50	10,64
(mm)	#3 10,535	10,40	10,62
Moyenne des Lectures:	<u>10,598</u>		

Ecart type : 0,113
 Coefficient de variation: 1,07%
 Nombre d'échantillons : 16
 Epaisseur normale (mm) : 0,662

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 9,4288	2 9,4133	3 9,3581	4 9,4931	5 9,5025	6 9,5675	7 9,4943	8 9,4826
9 9,3800	10 x 9,4374	11 9,4351	12 9,4813	13 9,3620	14 9,4986	15 9,3556	

Moyenne (g) : 9,4494
 Ecart-type : 0,0645
 Coefficient de variation: 0,68
 Masse surfacique (g/m²): 236,2350

DATE: 13 juillet 83

TECHNICIEN (NE): Roulland

$$MEP = .002734 \times 236,2350 = 0,6459$$

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: TEXEL 7607
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF,005-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : JACQUES MORIN

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 9,64	9,70	9,75
	#2 10,21	9,52	10,095
(mm)	#3 9,34	9,63	9,92
Moyenne des Lectures:	<u>9,756</u>		

Ecart type : 0,276
 Coefficient de variation: 2,83%
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 3,252

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 x	2	3	4	5	6	7	8
<u>10,4009</u>	<u>10,1181</u>	<u>10,7385</u>	<u>9,9729</u>	<u>9,4499</u>	<u>10,1096</u>	<u>10,4299</u>	<u>10,6666</u>
9	10	11	12	13	14	15	
<u>10,5641</u>	<u>10,6638</u>	<u>10,0175</u>	<u>10,5708</u>				

Moyenne (g) : 10,3336
 Ecart-type : 0,4043
 Coefficient de variation: 3,96%
 Masse surfacique (g/m²): 258,3400

DATE: 12 juillet 83

TECHNICIEN (NE): Rouillard

MEP = $.002734 \times 258,3400$
 = .70639
 .6925

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: TEXEL 7612
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF, 006-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : JACQUES MORIN

Entrepreneur : ETUDE PERMEABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre (mm)	#1 12,05	11,21	11,39
	#2 11,88	11,12	11,32
	#3 11,60	11,23	11,36
Moyenne des Lectures:	<u>11,462</u>		

Ecart type : 0,318
 Coefficient de variation: 2,78%
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 3,821

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 X 15,7562	2 16,1021	3 15,5211	4 15,0161	5 16,8199	6 15,5797	7 14,7381	8 13,7799
9 16,1569	10 15,9474	11 16,4036	12 17,3738	13	14	15	

Moyenne (g) : 15,7662
 Ecart-type : 0,9563
 Coefficient de variation: 6,07%
 Masse surfacique (g/m²): 394,1550

DATE: 12 juillet 1983

TECHNICIEN (NE): J. Lavoie

MEP = 0,002734 x 394,1550
 = 1,0776
 = 1,0714

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: TEXEL 7618
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF.007-83
 Type de géotextile : AIGUILLETÉ
 Soumis par : JACQUES MORIN

Entrepreneur : ÉTUDE PERMÉABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 14,31	14,14	14,46
(mm)	#2 14,39	14,43	14,21
	#3 14,51	14,36	14,19
Moyenne des Lectures:	<u>14,333</u>		

Ecart type : 0,130
 Coefficient de variation: 0,90 %
 Nombre d'échantillons : 3
 Epaisseur normale (mm) : 4,778

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1	2 X	3	4	5	6	7	8
<u>24,1545</u>	<u>25,3663</u>	<u>24,8657</u>	<u>25,0269</u>	<u>24,2683</u>	<u>26,1847</u>	<u>25,0175</u>	<u>24,9326</u>
9	10	11	12	13	14	15	
<u>27,8421</u>	<u>26,6247</u>						

Moyenne (g) : 25,4288
 Ecart-type : 1,1402
 Coefficient de variation: 4,48 %
 Masse surfacique (g/m²): 635,7200

DATE: 12 juillet 1983

TECHNICIEN (NE): Rouillard

$$MEP = .002734 \times 635,75$$

$$= 1,7381$$

$$= 1,6786$$

ESSAIS SUR TEXTILES

Date de réception : _____
 Désignation du produit: TEXE1 7643
 No d'échantillon : _____
 No de laboratoire : AF 008-83
 Type de géotextile : ALGUILLETÉ
 Soumis par : JACQUES MORIN

Entrepreneur : ÉTUDE PERMÉABILITÉ
 Site des travaux: _____
 No rapport : _____
 No contrat : _____
 Municipalité : _____
 Comté : _____

1- EPAISSEUR NORMALE

Surface : 0,04 m² (0,2 X 0,2)
 Pression : 2,0 kPa
 Temps de charge: 15 min.

Essai #	1	2	3
Lectures: Défecto- mètre	#1 14:58	14:63	14:93
(mm)	#2 14:86	14:44	14:63
	#3 14:625	14:44	14:54
Moyenne des Lectures:	<u>14,631</u>		

Ecart type : 0,168
 Coefficient de variation: 1,15%
 Nombre d'échantillons : 2
 Epaisseur normale (mm) : 7,316

2- MASSE SURFACIQUE

Surface: 0,04 m² (0,2 X 0,2)

MASSE ECHANTILLON # (g)

1 58,4055	2 60,7457	3 59,0234	4 57,4134	5 61,4972	^x 6 59,2588	7 59,1064	8 60,8372
9	10	11	12	13	14	15	

Moyenne (g) : 59,5465
 Ecart-type : 1,3690
 Coefficient de variation: 2,30%
 Masse surfacique (g/m²): 1488,6625

DATE: 12 juillet

TECHNICIEN (NE): Rouillard

MEP = .002734 x 1488,6625
 = 4,0700
 = 3,9330

ANNEXE 9

METHODE D'EVALUATION
DE LA PERMITTIVITE
PAR L'ASTM

PROPOSED STANDARD METHOD FOR TESTING THE WATER PERMEABILITY
OF GEOTEXTILES-PERMITTIVITY METHOD(1)

ASTM DESIGNATION 61-001

THIS DOCUMENT IS IN PROCESS OF DEVELOPMENT AND IS FOR
ASTM COMMITTEE USE ONLY. IT SHALL NOT BE REPRODUCED OR
CIRCULATED OR QUOTED, IN WHOLE OR IN PART, OUTSIDE OF ASTM
COMMITTEE ACTIVITIES EXCEPT WITH THE APPROVAL OF THE CHAIRMAN
OF THE COMMITTEE WITH JURISDICTION OR THE PRESIDENT OF THE
SOCIETY.

1. Scope

1.1 This method provides a procedure for determining the hydraulic conductivity (water permeability) of geotextiles in terms of permittivity under a standard set of testing conditions.

1.2 The permittivity is an indicator as to the quantity of water which may pass through a geotextile in an isolated condition.

1.3 As there are many applications and environmental conditions under which a geotextile may be used care should be taken when attempting to apply the results of this test to the field performance of a geotextile.

2. Terminology

2.1 Permittivity, (Ψ), (T^{-1}), n. - the volumetric flow rate of water per unit cross sectional area per unit head under laminar flow conditions, in the normal direction through a geotextile.

2.2 Geotextile, n. - any permeable textile used with foundation, soil, rock, earth or any other geotechnical engineering related material as an integral part of a man-made project, structure or system.

2.3 Coefficient of Permeability, (k), (LT^{-1}), n. - the rate of discharge of water under laminar flow conditions through a unit cross-sectional area of a porous medium under a unit hydraulic gradient and standard temperature condition (usually $20^{\circ}C$).

2.4 Geotechnics, n. - the application of scientific methods and engineering principles to the acquisition, interpretation, and use of knowledge of materials of the earth's crust to the solution of engineering problems. NOTE 1: It embraces the fields of soil mechanics, rock mechanics, and many of the engineering aspects of geology, geophysics, hydrology, and related sciences.

(1) This method is under the jurisdiction of ASTM D13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.61 on Geotextiles.

3. Summary of Method

3.1 This method describes two procedures for determining the permittivity of geotextiles. As both methods will produce comparable results, experience will govern the selection of procedure.

3.2 The constant head test is performed by maintaining the head at 50 mm of water on the geotextile throughout the test. The quantity of flow is measured versus time. This procedure is used when the flow rate of water through the geotextile is so large that it is difficult to obtain readings of head change vs. time.

3.3 The falling head test is run by allowing a column of water to flow through the geotextile, taking readings of head change vs. time. The flow rate of water through the geotextile has to be slow enough to obtain accurate readings.

4. Uses and Significance

4.1 As there are fabrics of various thicknesses in use, to evaluate them in terms of their hydraulic conductivities (permeabilities) can be misleading. It is more indicative to evaluate the quantity of water which would pass through a geotextile under a given head over a particular cross sectional area. Permittivity is an expression of this, therefore it has been selected for use in this method.

4.2 Permittivity is used to compare geotextiles one to another. If the hydraulic conductivity (permeability) of an individual geotextile is of importance a nominal Darcy's coefficient of permeability, as related to geotextile engineering, may be computed. By multiplying the permittivity times the nominal thickness of the geotextile, the nominal coefficient of permeability is obtained.

NOTE 2. The nominal thickness should be used as it is difficult to evaluate the pressure on the geotextile during the test, thereby making it difficult to determine the thickness of the fabric under these test conditions.

5. Apparatus

5.1 The apparatus used in this method shall conform to one or the other of the following arrangements:

5.1.1 The apparatus must be capable of maintaining a constant head of water on the geotextile being tested.

5.1.2 The apparatus must be capable of being used as falling head apparatus.

5.2 In addition the apparatus must not be the controlling agent for flow during the test. It will be necessary to establish a calibration curve of volumetric flow rate versus head for the apparatus alone in order to establish compliance with this. Refer to Section 9.7.1.

5.3 Refer to Figure 1 for a schematic drawing of a device which conforms to all of the above requirements. The device consists of an upper and lower unit which fasten together with the geotextile specimen positioned in the bottom of the upper unit. There is a standpipe for measuring either the constant head value or the change in head which occurs in a falling head test. The rotating discharge pipe allows adjustment of the head of water at the bottom of the specimen. (2)

6. Laboratory Sample

6.1 Take for the laboratory sample, a sample extending the full width of the fabric and length such that the area requirement of Section 8.1 from each sample roll is met. Take a sample that will exclude material from the outer wrap of the roll or the inner wrap around the core unless the sample is taken at the production site, at which point inner and outer wrap material may be used.

7. Test Water Preparation

7.1 To provide the reproducibility of test results the test water shall be deaired under a vacuum of 28 inches for a period of time to bring the dissolved oxygen content down to a maximum of 4 parts per million. The dissolved oxygen content

(2) Plans and materials list for construction are available through ASTM Headquarters, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103.

THIS DOCUMENT IS IN PROCESS OF DEVELOPMENT AND IS NOT TO BE USED FOR STANDARDIZATION PURPOSES. IT SHALL BE USED ONLY FOR INFORMATIONAL PURPOSES. IT SHALL NOT BE QUOTED, IN WHOLE OR IN PART, FOR ANY ACTIVITIES EXCEPT WITH THE APPROVAL OF THE TECHNICAL COMMITTEE WITH JURISDICTION OR THE PRESIDENT.

may be determined by either commercially available chemical kits or by a dissolved oxygen meter.

NOTE 3: The deairing system may be either a commercially available system or one consisting of a vacuum pump capable of removing a minimum of 150 liters/minute of air, in connection with a non-collapsible storage tank with large enough storage capacity for the test series or at least one specimen at a time.

7.2 Allow the deaired water to stand in a close storage tank under a slight vacuum until room temperature is attained.

8. Specimen Preparation

8.1 In order to obtain a representative value of permittivity four specimens are to be obtained from each one meter square sample.

8.2 Referring to Figure 2, select the specimens as follows:

Specimen A is taken at the center of the sample, B at one corner (center located 200 millimetres (8 inches) from the corner), C midway between A and B, and D equal distant from A as C, located on the line with A, B, and C. Specimens shall be cut to fit testing apparatus, e.g. 73 millimetres (2.87 inches) in diameter for the illustrated device.

8.3 Specimen conditioning will be accomplished by soaking the specimen rings, (if illustrated device is used) with specimen attached, in a closed container of deaired water, at room conditions, for a period of 2 hours.

9. Constant Head Procedure

9.1 Assemble the apparatus with the specimen in place.

9.2 Open the bleed valve and backfill the system through the standpipe or discharge pipe, with deaired water. Backfilling in this manner forces any trapped air out of the system and the geotextile

NOTE 4: The water should be at the bottom level of the specimen at time of specimen installation.

9.2.1 Close the bleed valve once water flows from it. Continue to fill the apparatus with deaired water until the water level reaches the overflow.

9.3 With water flowing into the system through the water inlet, adjust the discharge pipe along with the rate of water flowing into the apparatus to obtain a 50 mm (2 in.) head of water on the geotextile. This is the head (h) under which the test will be performed initially.

9.4 Submerge a tube attached to a source of vacuum to the surface of the geotextile. Apply a slight vacuum in order to remove any trapped air which may be in or on the specimen. If necessary readjust the head to 50 mm after removing the vacuum.

9.5 Record the values of time (t), quantity of flow (Q) as collected from the discharge pipe, and water temperature (T), holding the head at 50 mm. At least 5 readings per specimen should be made from which an average value of permittivity for the specimen will be determined.

9.6 After the first specimen has been tested under a 50 mm head, using the same specimen, start with a 10 mm head and repeat the procedure. Increase the head by 5 mm after every 5 readings. Increase the head until a 75 mm head is reached.

This data will be used to determine the region of laminar flow. Plot volumetric flow rate, v , (where v equals Q/At , values defined in Section 10.1) versus head.

The initial straight line portion of the plot defines the region of laminar flow.

If it is found that the 50 mm head is outside the region of laminar flow, the test procedure should be repeated using the head of water in the mid-region of laminar flow.

9.6.1 This data (v vs. head) is also to be plotted with the apparatus calibration curve referred to in Section 5.2. If the curve intersects the calibration curve, the apparatus is controlling the flow through the geotextile rather than the structure of the geotextile itself. In such an instance, the apparatus will have to be modified by enlarging the discharge pipe such that the device does not control the flow.

9.7 Repeat Section 9.1 through 9.5 on the 3 remaining specimens which have already been conditioned.

10. Calculations

10.1 Using equation 1 calculate the permittivity (Ψ).

$$\Psi = QR_t/hAt \qquad \text{Equation 1}$$

where:

Q = quantity of flow, in cubic millimetres

h = equals the head of water on the specimen, in millimetres

A = cross sectional area of test area of specimen in square millimetres

t = time for flow (Q) in seconds

R_t = temperature correction factor determined using Equation 2

$$R_t = u_t/u_{20_c} \qquad \text{Equation 2}$$

where:

u_t = water viscosity at test temperature in millipoises as determined from Table 1

u_{20_c} = water viscosity at 20°C in millipoises

10.2 Repeat for the 5 sets of data per specimen at the 50 mm head.

10.3 Determine the average permittivity for the individual specimens tested.

10.4 Determine the average permittivity for the 4 specimens tested.

10.5 Determine the standard deviation and coefficient of variation for the 4 specimens tested.

11. Falling Head Test Procedure

11.1 Proceed as in Section 9.1.

11.2 Proceed as in Section 9.2.

11.3 Proceed as in Section 9.3.

11.4 Proceed as in Section 9.4

11.5 Adjust the discharge pipe so that its outlet is below the level of the specimen.

11.6 Adjust the water level to 150 mm. Once water is at this level shut-off the water supply and allow the water level to fall to 80 mm. At this point start the stop watch and determine the time for the water level to fall to the 20 mm level.

Record the inside diameter (d) of the upper unit, the diameter (D) of the exposed portion of the specimen and the water temperature (T). At least 5 readings per specimen should be collected.

11.7 Repeat the procedure on the 3 remaining specimens which have been conditioned.

NOTE 5: There is no currently accepted method to determine the laminar flow range in a falling head test. Because of this the results of this test may not give accurate values of permittivity.

12. Calculations

12.1 Using Equation 3 calculate the permittivity (Ψ).

$$\Psi = (a/At) \ln(h_0/h_1)R \qquad \text{Equation 3}$$

where:

a = $\pi d^2/4$ - cross sectional area of large upper cylinder in square millimetres (if illustrated device is used).

A = $\pi D^2/4$ - cross sectional test area of specimen in square millimetres.

t = time for head to drop from h_0 to h_1 in seconds.

h_0 = initial head (50 mm).

h_1 = final head (20 mm).

R = Temperature correction factor determined from Equation 2.

12.2 Repeat calculations for the 5 sets of data per specimen. Determine the average permittivity for the individual specimens tested.

12.3 Determine the average permittivity for 4 specimens tested.

12.4 Calculate the standard deviation and coefficient of variation for the average values of permittivity of the 4 specimens tested.

13. Report

13.1 The following shall be included in the report of the test results:

13.1.1 State that the specimens were tested according to ASTM Method DXXXX. State whether the constant or falling head method was used.

13.1.2 The permittivity results for the individual specimens and the average of the 4 specimens tested.

NOTE 6: In the constant head procedure if a head other than 50 mm is used for laminar flow state what the head value was.

13.1.3 A plot of flow rate versus head for the laminar flow test in the constant head procedure.

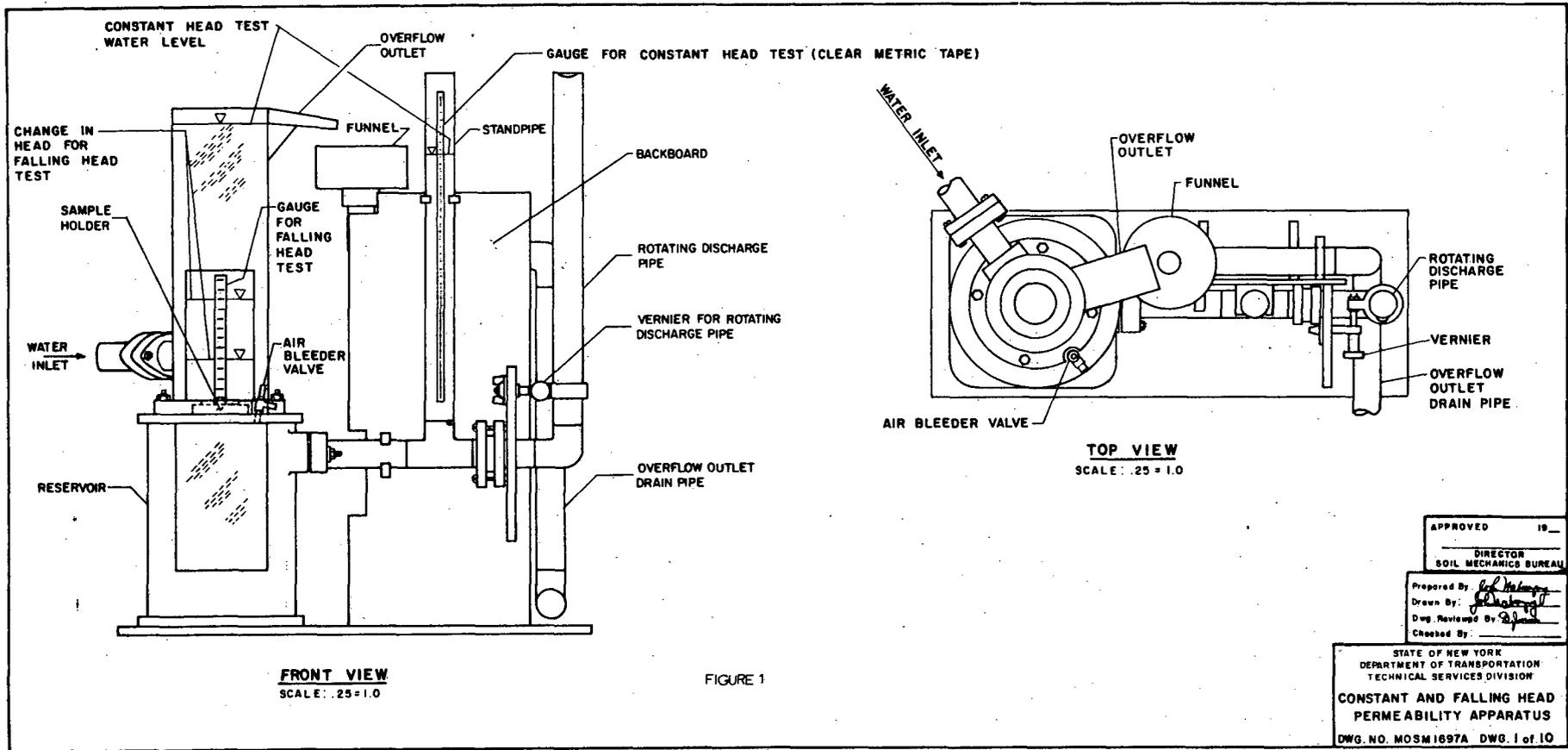
13.1.4 State any variation from the described test method.

13.1.5 The standard deviation and coefficient of variation

14. Precision and Accuracy

14.1 Precision - The precision of Method DXXXX for measuring the permittivity of a geotextile is being established.

14.2 Accuracy - No justifiable statement can be made on the accuracy of Method DXXXX for measuring the permittivity of geotextiles since the true value cannot be established by accepted referee methods.

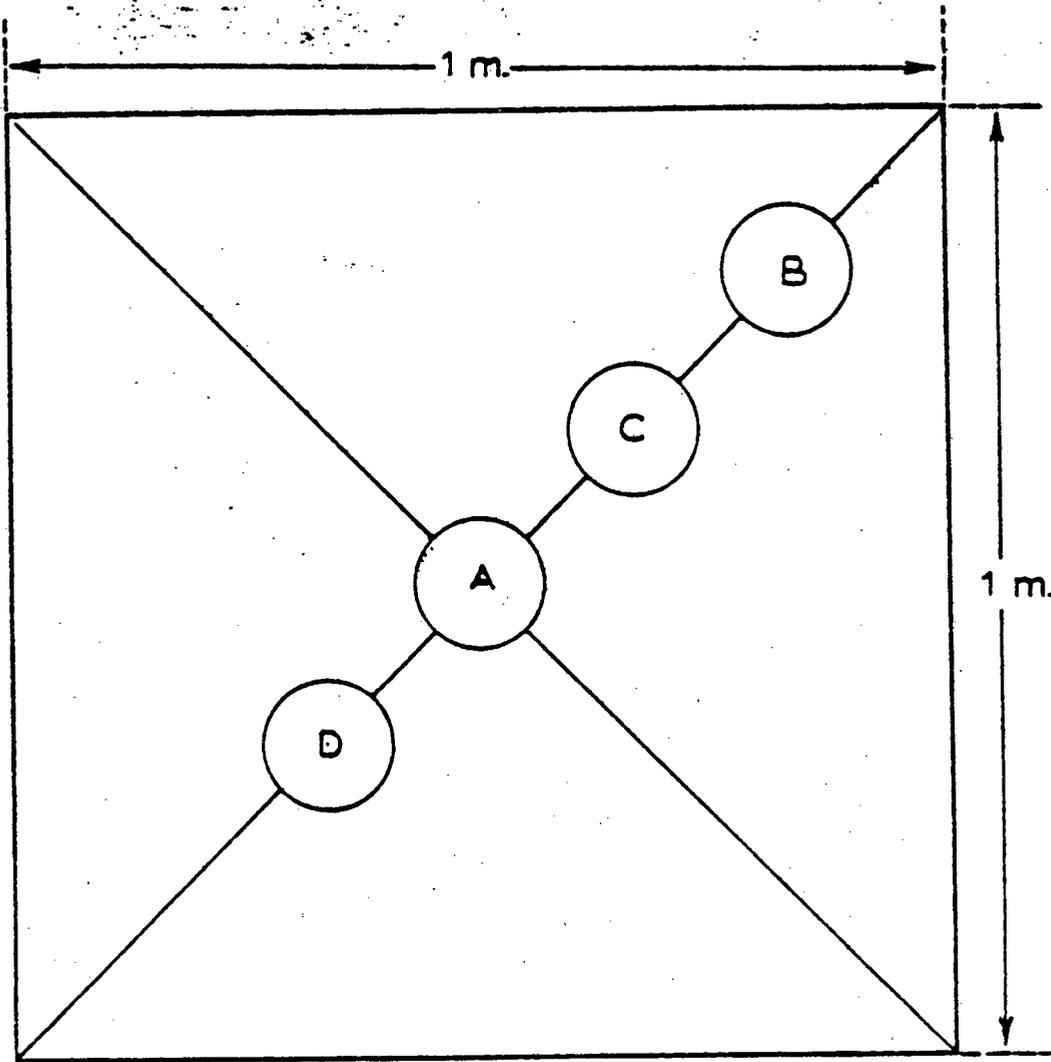


APPROVED 19__
 DIRECTOR
 SOIL MECHANICS BUREAU

Prepared By: *[Signature]*
 Drawn By: *[Signature]*
 Dwg. Reviewed By: *[Signature]*
 Checked By: *[Signature]*

STATE OF NEW YORK
 DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
 TECHNICAL SERVICES DIVISION
**CONSTANT AND FALLING HEAD
 PERMEABILITY APPARATUS**
 DWG. NO. MOSM1697A DWG. 1 of 10

9



SAMPLING PATTERN
fig. 2

TABLE 1
VISCOSITY OF WATER VS. TEMPERATURE

<u>TEMPERATURE (°C)</u>	<u>VISCOSITY (MILLIPOISES)</u>
10	.013077
11	.012713
12	.012363
13	.012028
14	.011709
15	.011404
16	.011111
17	.010828
18	.010559
19	.010299
20	.010050
21	.009810
22	.009579
23	.009358
24	.009142
25	.008937

B I B L I O G R A P H I E

- Collaboration, Bulletin de Liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées,
No 107, Paris, 1980
- Collaboration, Colloque international sur l'emploi des textiles en géotechnique,
Volume 1 et 2, Paris, 1977
- Collaboration, Deuxième Congrès international des Géotextiles, Volumes 1-2-3-4-,
Las Vegas, 1982
- GOURC, J.-P. Quelques aspects du comportement des géotextiles en mécanique
des sols, Grenoble, 1982
- HUSSAIN, H. La Perméabilité des géotextiles, Grenoble, 1981
- ROLLIN, A.L. Etude des propriétés hydrauliques des membranes synthétiques
non-tissées utilisées en géotechnique, Ecole Polytechnique,
Montréal, 1978

