



## **PROTOCOLE DE MESURE DE LA CAPACITE MAXIMALE EN EAU (CME)**

*(Pour les substrats et les drainages poreux – art. 6.11 des Règles Professionnelles TTV)*

Le protocole de mesure de la CME auquel se réfère l'article 6.11 des « Règles Professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées » (CSFE – SNPPA – UNEP ; Décembre 2002) est celui défini par les Directives Allemandes pour les Végétalisations de Toitures de 1995 (FLL Richtlinien). La traduction du texte allemand est donnée ci après :

### **Annexe 1**

## **Détermination de la masse volumique apparente (poids volumique), de la capacité d'eau maximale et de la perméabilité à l'eau**

### **1. Objet et domaine d'application**

Substrats utilisant des matières minérales et matières minérales pures, prêts à l'emploi, pour couches de culture et couches de drainage des végétalisations de toitures, avec des granulométries allant généralement jusqu'à  $d = 16$  mm, dans certains cas jusqu'à  $d = 32$  mm.

### **2. Détermination de la masse volumique apparente**

#### **2.1 Principe**

Compactage standardisé de 2100 - 2500 ml de volume meuble de matières fraîches / humides dans des récipients cylindriques définis. Calcul de la masse volumique apparente à partir du volume de l'éprouvette compactée et de la masse volumique apparente à l'état humide, de la masse volumique apparente à capacité maximale en eau et de la masse volumique apparente à sec après séchage à 105°C.

#### **2.2 Appareils**

- Récipients cylindriques en matière plastique, diamètre intérieur 150 mm, hauteur 165 mm à fond comportant des perforations définies :
  - Ecart des rayons de perforations : 15°
  - Ecart des cercles de perforations : 10 mm
  - Diamètre des perforations : 5 mm
  - Nombre de perforations :
    - au centre  $1 \times 1 = 1$
    - division 90°  $4 \times 7 = 28$

- division 30°/60° 8 x 6 = 48
  - division 15°/45°/75° 12 x 4 = 48
  - soit total des perforations : 125
- Toile de tamisage, mailles de 0,6 mm, diamètre 148 mm
  - Plaque d'acier, épaisseur 7 mm, diamètre 148 mm (essai Proctor DIN 18 127)
  - Masse Proctor, 4,5 kg de poids de chute, hauteur de chute 450 mm (essai Proctor DIN 18 127)
  - Cuvettes sèches en matière plastique résistant jusqu' à 150 °C, diamètre environ 30 cm
  - Etuve
  - Balance, précision 0,1 g

### 2.3 Réalisation

Régler l'état frais/humide (non détrempe) par évaluation visuelle/manuelle, déterminer la teneur en eau et l'indiquer comme teneur en eau caractéristique de l'essai. En cas d'addition d'eau, laisser reposer l'éprouvette au moins pendant 3 heures à l'abri de l'air avant de poursuivre l'essai, afin d'obtenir une humidification régulière.

Déterminer le poids du récipient cylindrique avec la toile de tamisage en place. Introduire le matériau à analyser à l'état frais/humide en une couche de 120 à 140 mm de hauteur dans le récipient cylindrique, le fond perforé étant recouvert de la toile de tamisage. La hauteur de remplissage est fonction de la hauteur d'éprouvette à obtenir à l'état compacté, (environ 100 mm). Compacter le matériau introduit avec 6 coups de masse Proctor sur la plaque d'acier préalablement mise en place sur le matériau. Déterminer la hauteur de l'éprouvette à l'état compacté, par une quadruple mesure croisée du bord supérieur du cylindre à la surface de l'éprouvette et une soustraction de la hauteur intérieure du cylindre ; calculer le volume de l'éprouvette par  $\pi \times r^2 \times h$  ; calculez le poids de l'éprouvette par soustraction du poids du récipient avec la toile de tamisage en place.

Déterminer la masse volumique apparente à capacité maximale en eau après avoir mesuré la capacité maximale en eau (voir 3). Contrôler la hauteur de l'éprouvette afin de tenir compte d'un éventuel gonflement. Déterminer le volume et le poids de l'échantillon selon la méthode précédente. Pour déterminer la masse volumique apparente à l'état sec, introduire l'éprouvette dans des cuvettes sèches après la détermination de la masse volumique apparente à capacité maximale en eau et après détermination de la perméabilité à l'eau, sécher à 105 °C (conformément au 2.1.). Déterminer le poids de la cuvette avec l'éprouvette et calculer le poids de l'éprouvette sèche par soustraction du poids de la cuvette.

### 2.4 Calcul

Calculer la masse volumique apparente ( $S_f$ ) à l'état humide par :

$$S_f = \frac{m_{vf}}{V} \text{ [ g/cm}^3\text{ ]}$$

$m_{vf}$  = masse à l'état humide en g

$V$  = volume à l'état compacté, en  $\text{cm}^3$

Calculer la masse volumique apparente à capacité maximale en eau ( $S_{wk}$ ) par :

$$S_{wk} = \frac{m_{wk}}{V \text{ ou } V_{wk}} \quad [g/cm^3]$$

$m_{wk}$  = masse à capacité maximale en eau en g

$V_{wk}$  = volume corrigé en cas de gonflement

Calculer la masse volumique apparente à sec (S) par :

$$S_t = \frac{m_t}{V} \quad [g/cm^3]$$

$m_t$  = masse à l'état sec

La détermination doit être effectuée avec 3 essais parallèles, dans l'ordre indiqué en 2.3, sur les mêmes éprouvettes et le résultat doit à chaque fois être indiqué sous forme de valeur moyenne.

### 3. Détermination de la capacité maximale en eau

#### 3.1 Principe

Absorption d'eau par les matériaux à l'état compacté, dans des récipients cylindriques (voir 2) après 24 heures de saturation par excès d'eau et 2 heures d'égouttage.

#### 3.2 Appareils

- voir 2.2
- Auges en matière plastique pour la saturation par excès d'eau, hauteur minimale 200 mm
- Ecarteurs d'environ 10 mm de hauteur permettant la pénétration de l'eau par les perforations du fond
- Filtres non tissés, diamètre 148 mm, pour recouvrir la surface de l'échantillon
- Toile de tamisage, mailles de 0,6 mm, diamètre 148 mm, pour couvrir la surface des éprouvettes
- Pavés de béton 100 x 100 mm pour charger la surface de l'éprouvette
- Auges en matière plastique pour l'égouttage avec plaques de drainage (en billes de mousse collées), épaisseur minimale 50 mm

#### 3.3 Réalisation

Couvrir la surface des matériaux compactés dans les récipients cylindriques (voir 2.3) avec le filtre non tissé et la toile de tamisage, charger avec des pavés pour éviter leur remontée. Disposer les récipients dans des auges en matière plastique et verser lentement de l'eau jusqu'à environ 10 mm sous la surface de l'éprouvette. Après humidification de la surface de l'éprouvette, remplir jusqu'à ce qu'elle soit recouverte d'une hauteur de 10 mm d'eau. Si nécessaire, rajouter de l'eau de façon à ce que cette hauteur d'eau soit respectée. Après 24 heures de saturation sous surhausse d'eau, retirer les récipients et laisser égoutter 2 heures. Sécher ensuite les récipients. Retirer les accessoires qui recouvrent la surface des éprouvettes et déterminer le poids du récipient avec l'éprouvette. Calculer le poids de l'éprouvette par soustraction du poids du cylindre connu (voir 2.3). Contrôler le volume de l'éprouvette (voir 2.3) puis, après détermination de la perméabilité à l'eau (voir 4), sécher l'éprouvette à 105 °C et déterminer son poids comme décrit en 2.3.

La teneur en eau en g/cm<sup>3</sup> de l'éprouvette compactée est obtenue par la différence entre la masse à capacité maximale en eau et la masse à l'état sec.

### 3.4 Calcul

Calculer la capacité maximale en eau ( $W_{k \max}$ ) par :

$$W_{k \max} = \frac{(m_{wk} - m_t) \times 100}{V \text{ ou } V_{wk}} \quad [\text{vol.}\%]$$

$m_{wk}$  = masse à capacité maximale en eau en g

$m_t$  = masse à l'état sec en g

Indiquer le résultat sous forme de valeur moyenne de 3 essais parallèles.

## 4. Détermination de la perméabilité à l'eau

### 4.1 Principe

Vitesse de passage d'eau (mod.  $K_f$ ) des matériaux à l'état compacté, dans des récipients cylindriques (voir 2) et à l'état de capacité maximale en eau par abaissement d'un niveau d'eau dans une unité de temps.

### 4.2 Appareils

- voir 2.2 et 3.2
- Anneaux à pointes de mesure : anneau métallique, d'un diamètre d'environ 40 mm, sur lequel sont fixées deux pointes de mesure perpendiculairement à son plan, longueur des pointes de mesure 45 mm et 35 mm.

### 4.3 Réalisation

Après la détermination de la capacité maximale en eau, couvrir la surface de l'éprouvette avec une toile de tamisage. Disposer les pointes de mesure et verser soigneusement de l'eau par le haut dans le cylindre, de façon à obtenir une hauteur d'eau supérieure de 10 à 20 mm au niveau supérieur du matériau. Ajouter continuellement de l'eau au fur et à mesure que le niveau d'eau baisse de façon à ce que cette hauteur d'eau reste constante. Les mesures proprement dites commencent dès que de l'eau s'écoule régulièrement par le fond. Rajouter de l'eau jusqu'au-dessus de la pointe de mesure supérieure. Observer la baisse du niveau d'eau et mesurer le temps d'abaissement du niveau d'eau de la pointe supérieure à la pointe inférieure, c'est-à-dire de 45 mm à 35 mm.

La détermination doit être réalisée sur 3 essais parallèles selon le paragraphe 2 : recommencer la mesure trois fois.

### 4.4 Calcul

Calculer la perméabilité à l'eau (mod.  $K$ ) par :

$h$  = hauteur de l'éprouvette compactée en cm (voir 2.3)

$t$  = temps d'abaissement du niveau d'eau de 45 mm à 35 mm en s

Indiquer le résultat sous forme de moyenne de toutes les mesures.