

Caractérisation des teneurs en eau et de la perméabilité des substrats de toitures végétalisées extensives

Measurement methods of the water capacity and the permeability of extensive greenroofs growing media

C. Grosbellet¹, M. Darnis², L. Sindt³, PA. Swistek⁴

¹Florentaise, claire.grosbellet@florentaise.com; ²Arrdhor, m.darnis@critt-horticole.com; ³Sopranature, lsindt@soprema.fr; ⁴Le Prieuré, pierre-alexandre.swistek@vegetalid.com

RÉSUMÉ

L'état hydrique des toitures végétalisées est un élément de caractérisation indispensable de ces systèmes : le risque de surcharge doit être pris en compte vis-à-vis de la structure porteuse, et le fonctionnement hydrique de système garantit aussi le bon état des plantes et donc la réussite de l'aménagement. Ces mesures ont été définies par les FLL allemandes, et reprises dans les méthodes françaises. Le travail de révision des règles professionnelles d'aménagement et d'entretien des toitures végétalisées extensives et semi-intensives, entrepris par l'Adivet (association française des toitures et murs végétalisés) en 2012, a permis de proposer des modifications des méthodes de mesure et de procéder à un essai interlaboratoire. 8 substrats de divers fabricants, ont été envoyés dans plusieurs laboratoires, où les méthodes nouvellement définies ont permis d'obtenir une bonne répétabilité des résultats, et de mettre en évidence la robustesse de la méthode. Les valeurs de capacité maximale en eau, et de perméabilité, seront des éléments nécessaires à toute simulation, comme celle développée dans le cadre du programme de recherche TVGEP.

ABSTRACT

The hydrologic status of greenroofs is a very important parameter: indeed, the risk of an overload must be taken into account regarding the building; on the other hand, the hydrodynamic performance of the growing medium is a guarantee of the plants' good state, and therefore of the operation success. These methods were developed by the German FLL, and then used in the French characterization. The Adivet (French association for greenroofs and greenwalls) started reviewing the French guidelines for the conception, design and maintenance of extensive greenroofs in 2012; it was the opportunity to study these methods and to propose some modifications. Then an interlaboratory test was conducted, with 8 different growing media. The results showed a good result repeatability and highlighted the strength of the method. The values obtained are all the more important that they could be used in simulation models to provide the amounts of stocked water, such as the model developed in the TVGEP French research program.

MOTS CLÉS

Capacité maximale en eau, méthode, perméabilité, substrats

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les toitures végétalisées (légères) sont des systèmes développés pour constituer la protection de la membrane d'étanchéité : elles peuvent avoir un rôle de lestage (étanchéité indépendante du support) et de protection contre le rayonnement UV, garantissant ainsi le bon état de la membrane et son rôle d'étanchéité. Leur conception doit prendre en compte des contraintes telles que le risque de surcharge. En effet, la charge au mètre carré doit varier entre 60 et 150 kg/m² pour une toiture dite extensive, selon les règles professionnelles en vigueur (2007). Cette charge comprend l'ensemble des éléments du système (couche de drainage, substrat, plantes). L'état hydrique du système est un facteur faisant varier fortement sa masse : juste après une pluie, les variations peuvent être de l'ordre de 30%. Il est donc indispensable de les caractériser correctement. On s'intéresse ici à la caractérisation des substrats. La méthode utilisée habituellement s'inspire des règles professionnelles allemandes. Reprises dans les textes français, elles ont fait l'objet d'une étude et d'une modification, dans l'objectif de les rendre simples à utiliser, et laissant peu de marges aux écarts de mesure qui seraient liés aux différentes interprétations du protocole.

2 DESCRIPTION DE LA METHODE

2.1 Principe de mesure

2.1.1 Caractéristiques à connaître

2 principales caractéristiques des substrats sont mesurées :

- La capacité maximale en eau : il s'agit du volume maximal d'eau qu'un substrat peut retenir, exprimée en % volumique
- La perméabilité : il s'agit de la vitesse de percolation de l'eau, en régime saturé, exprimée en cm/s (ou en mm/min)

Les masses volumiques apparentes (à saturation en eau et à sec) sont deux valeurs obtenues par calcul après ces mesures.

2.1.2 Matériel de mesure

Le matériel principal est un anneau de 15cm de diamètre intérieur (Figure 1 et 2), 25 cm de haut, dans une matière pouvant supporter un passage à l'étuve à 105°C.

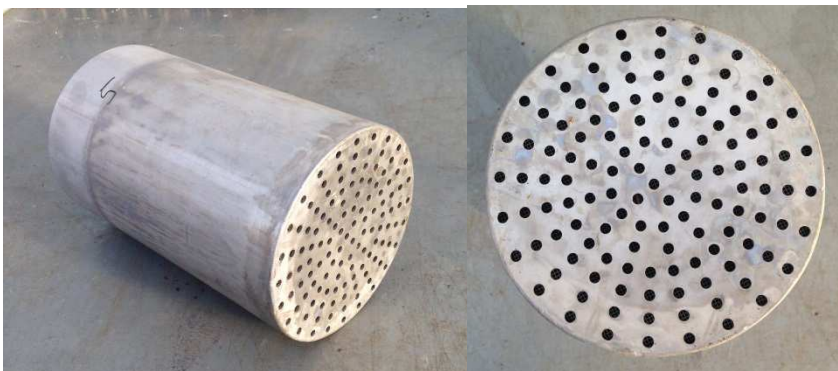


Figure 1. Photographie du cylindre de mesure. Vue d'ensemble (gauche), vue de la grille (droite)



Figure 2. Matériel nécessaire : cylindre (gauche), plaque de 7mm d'épaisseur (milieu), Proctor (droite)

2.1.3 Protocole résumé

Les échantillons sont placés dans l'anneau, puis compactés à l'aide du Proctor : 6 coups de masse d'une hauteur de chute de 45cm. ils sont pesés et la compaction est mesurée. On calcule aussi le volume apparent de l'échantillon compacté (V).

Ils sont ensuite saturés pendant 48h puis mis à égoutter pendant 2h. A l'issue de cette période, une deuxième pesée est effectuée (m_e).

Après une nouvelle période de saturation d'au moins 1h, les échantillons sont mis en charge avec 12cm d'eau, et on chronomètre le temps nécessaire pour que le niveau de l'eau passe de 12cm à 2cm au-dessus de la surface de l'échantillon. 3 mesures successives sont effectuées pour chaque échantillon, afin de vérifier les temps de percolation.

Enfin les échantillons sont placés à l'étuve à 105°C pendant au moins 48h et jusqu'à séchage complet, puis pesés (m_{sc}).

Calculs :

- **Teneur en eau à Capacité Maximale :**

$$CME = \frac{m_e - m_{sc}}{V \text{ (ou } V_e)} \times 100$$

Avec : CME : capacité maximale en eau, exprimée en % volumique

m_e : masse de l'échantillon (substrat + cylindre) à capacité maximale en eau en g

m_{sc} : masse sèche de l'échantillon (substrat + cylindre) après passage à l'étuve à 105°C

V : volume de l'échantillon en cm^3

V_e : volume corrigé en cas de gonflement de l'échantillon en cm^3

- **Perméabilité (figure 3)**

$$K = \frac{h}{t} \times \ln\left(\frac{h_2}{h_1}\right)$$

Avec : h hauteur de l'échantillon en cm

h_1 hauteur minimale de la lame d'eau en partant de la base de l'échantillon (du point 0) en cm

h_2 hauteur maximale de la lame d'eau en partant de la base de l'échantillon (du point 0) en cm

t le temps mis pour que la lame d'eau passe du point h_2 au point h_1 en s

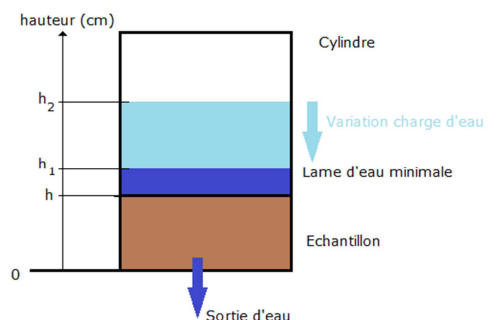


Figure 3. Mesure de perméabilité

2.2 Essai interlaboratoires

8 substrats ont été envoyés dans au moins 2 laboratoires sur 3. Les résultats obtenus sont comparés.

3 RESULTATS DE L'ESSAI INTERLABORATOIRES

3.1 Mesures de CME

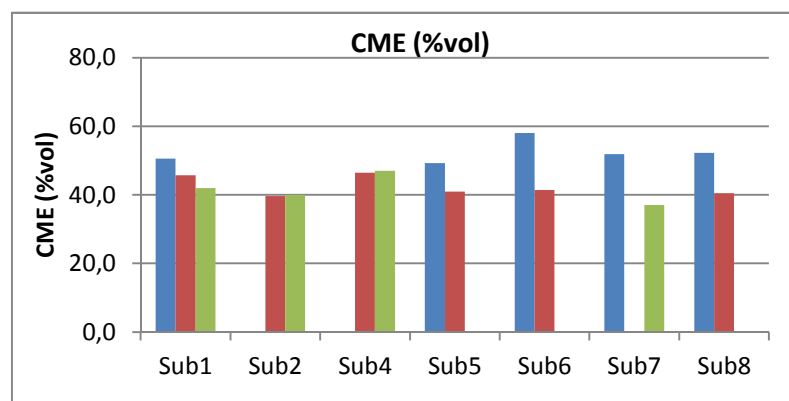


Figure 4. mesures de CME (% vol.) pour les 8 substrats, dans 3 laboratoires

3.2 Mesure de la perméabilité

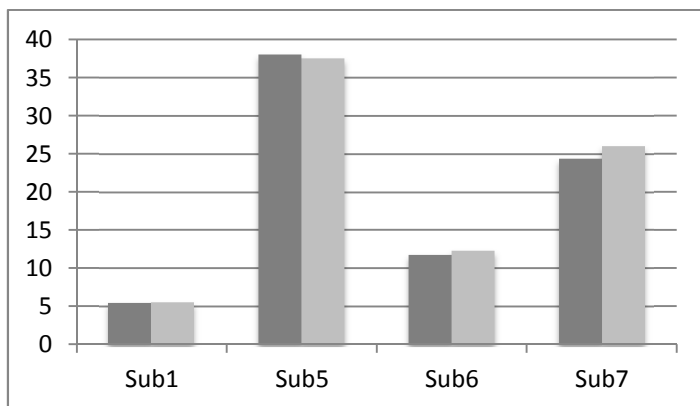


Figure 6. Résultats de perméabilité pour le laboratoire 1

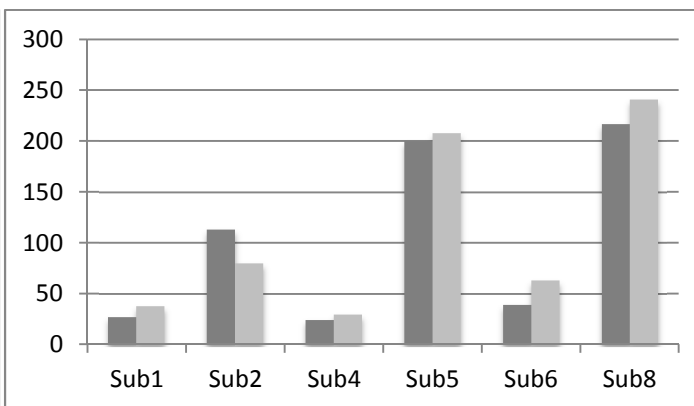


Figure 7. Résultats de perméabilité pour le laboratoire 2

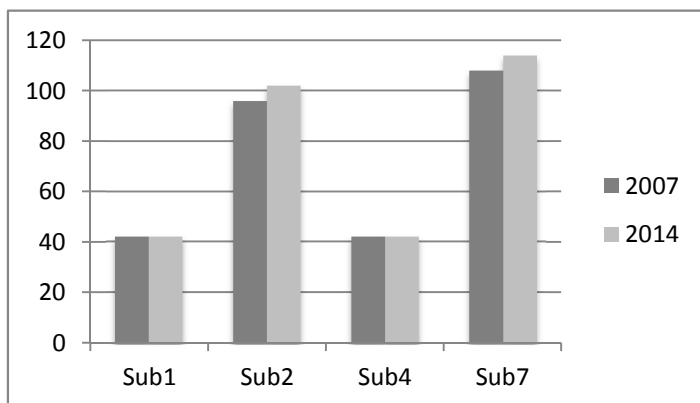


Figure 8. Résultats de perméabilité pour le laboratoire 3

La comparaison des 2 méthodes de perméabilité (méthode de 2007, et modifications apportées) permet de conclure à des résultats cohérents et de valider l'utilisation de la 2^{ème} méthode.

4 COMMENTAIRES ET CONCLUSION

Les résultats permettent de conclure à une bonne répétabilité des mesures entre les laboratoires 2 et 3, pour les mesures de CME comme de perméabilité. De plus, la modification apportée à la méthode pour mesurer la perméabilité permet d'obtenir le même résultat, ce qui est satisfaisant. Cette méthode présente l'avantage d'être simple et plus fiable pour l'opérateur. En revanche, concernant les valeurs obtenues par le laboratoire 1, après discussion avec celui-ci, il y a eu des différences dans le matériel utilisé, malgré les recommandations formulées lors du test ; ses résultats sont nettement différents des résultats obtenus par les 2 autres laboratoires.

Les caractérisations des substrats sont essentielles dans la mesure où la rétention d'eau en toiture est un des avantages procurés par les toitures végétalisées. En termes de gestion de l'eau, une bonne caractérisation permettra d'obtenir des coefficients de ruissellement et d'estimer les performances hydriques de la toiture ; cela débouche sur des outils d'aide à la décision à l'attention des urbanistes et maîtres d'ouvrage.

BIBLIOGRAPHIE

Collectif. 2007. Règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées. Edition n°2. 37p.

Collectif. 2008. Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing. FLL. 119p.