

# ETUDE EXPERIMENTALE DU LESSIVAGE D'UN FILTRE GEOTEXTILE/ SABLE D'OUM ALI-TEBESSA (EST ALGERIEN)

ABDELKADER HOUAM

Laboratoire des Mines, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université de Tébessa.  
E-mail: houamab@yahoo.fr/ ahouam@mail.univ-tebessa.dz

KARIMA SEGHIR

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie,  
Université de Tébessa.

YOUCEF KEHILA

Laboratoire Architecture et Environnement – LAE,  
Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme – EPAU, Alger.

**Résumé:** Le phénomène d'érosion des sols est largement répandu dans les régions semi-arides et arides de l'Algérie. Cette situation est aggravé par divers facteurs tels que le climat, la lithologie, les caractéristiques du sol et l'utilisation des terres. Le lessivage des sols se manifeste, lorsque les eaux de pluie ne pouvant plus s'infiltrer, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre.

Cet article présente une étude expérimentale de filtration du sable d'Oum Ali-Tébessa (Algérie) et des géotextiles effectués au Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant Géologie et Mécanique (LIRIGM), Université Joseph Fourier, Grenoble, France. Les essais de rétention réalisés ont permis de constater que le mécanisme de filtration est un phénomène très complexe et dépend de plusieurs paramètres liés au type de sol et de sa stabilité interne, du type de géotextile, et des conditions hydrauliques du milieu. Ces paramètres interviennent de façon significative dans le comportement filtrant d'un système sol/géotextile.

## 1. INTRODUCTION

Les géotextiles sont des produits synthétiques se présentant généralement sous forme de nappes tissées, non tissées, ou composites de fibres, perméables, souples, filtrantes et résistantes. Ils sont de plus en plus utilisés en association avec les sols pour accomplir une ou plusieurs fonctions: retenir les sols en place, filtrer et évacuer des liquides, séparer des couches de sols, protéger des géomembranes des perforations, etc. Ils sont utilisés en raison de la fiabilité de leurs caractéristiques mécaniques et hydrauliques et de la facilité de leur utilisation [1]–[3], [14].

Cependant, dans la fonction hydraulique, la durée de vie fonctionnelle d'un géotextile peut être écourtée par le colmatage de sa structure. Ce dernier peut être causé soit par les particules de sol lessivées sous l'influence d'un débit liquide (eau, lixiviats), soit par l'action des micro-organismes présents dans le sol, ou encore par les précipitations des sels dissouts.

Le rôle d'un géotextile en tant que filtre consiste en fait, à retenir le sol de base et laisser écouler l'eau librement. Ce filtre doit donc avoir des pores suffisamment petits pour empêcher la migration des particules de sol, tout en restant perméables à l'eau. De nombreuses études et recherches ont été entreprises pour comprendre comment un filtre peut satisfaire ces deux conditions qui semblent être antagonistes [4], [5], [7], [14].

Les filtres géotextiles sont souvent utilisés dans les ouvrages de drainage dont l'efficacité dépend essentiellement de la stabilité du système de filtration par rapport à deux phénomènes nuisibles qui doivent être traités avec la plus grande attention quant au dimensionnement du filtre. Ces deux phénomènes sont:

- Le lessivage (érosion) du sol lorsque l'ouverture de filtration  $O_f$  du géotextile est trop grande.

- Le colmatage lorsque  $O_f$  est trop petite.

En effet, d'un côté chaque sol a sa propre granulométrie et ses caractéristiques physico-chimiques intrinsèques, de l'autre côté les géotextiles se différencient entre eux par:

- le mode de tissage (tissés, non tissés, tricotés, ou composites);

- les propriétés physiques (densité, masse surfacique, épaisseur, et compressibilité);

- les propriétés mécaniques (comportement en traction, raideur, fluage, relaxation, etc.)

- les propriétés hydrauliques (porosité, diamètre des fibres, permittivité, transmissivité).

Dans le but de comprendre le comportement du système sol/géotextile, deux types d'essai de filtration à long terme ont été effectués au Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique (LIRIGM) de l'université Joseph Fourier, Grenoble – France) [14] à savoir:

1. Essai de rétention pour évaluer le risque de lessivage.

2. Essai de *gradient ratio* pour mettre en évidence le risque de colmatage.

Dans le cas de notre étude, seul l'essai de rétention pour évaluer le risque de lessivage sera présenté.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. ESSAI DE RETENTION

#### 2.1.1. PRINCIPE DE L'ESSAI

Le filtramètre F100 est un appareillage conçu spécialement pour l'étude du sol passant à travers le système sol/géotextile testé avec mesure de quelques paramètres hydrauliques. Il s'agit d'une cellule en acier de type oedométrique de 100 mm de

diamètre, et dont le fond est ouvert et est composé de deux parties entre lesquelles se trouve une couche de billes de 10 mm de diamètre servant de support au géotextile testé (figure 1).

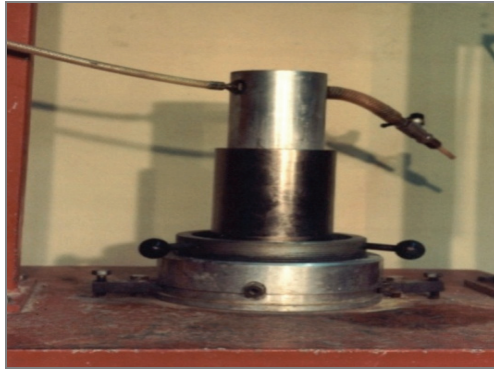


Fig. 1. Filtramètre F100 et sa cellule – (LIRIGM, 2001)

Le principe de l'essai se résume comme suit:

L'échantillon du géotextile est placé sur la base de la cellule et est maintenu à la périphérie par pincement entre la base et le corps de la cellule. Le sable est déversé dans la cellule à l'aide d'un entonnoir puis confiné par un piston pour augmenter les forces de frottement entre les particules de sable. Le filtramètre préparé est placé à l'intérieur d'un bac métallique qui sert de réservoir aval pour accueillir le sable passant à travers le géotextile pendant l'essai. L'écoulement monodirectionnel est assuré par un réservoir amont à niveau constant avec une saturation complète du système sol/filtre (figure 2).

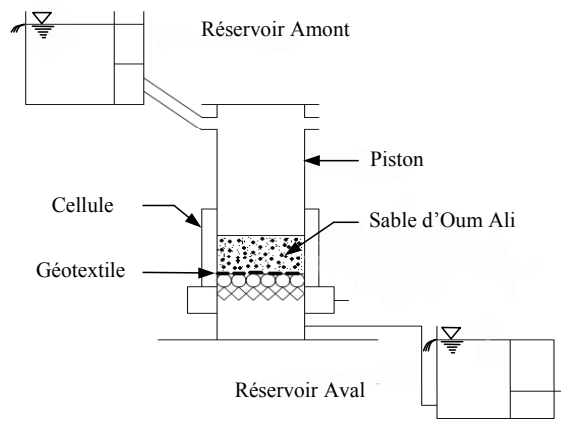


Fig. 2. Schéma de principe d'essais de rétentions (LIRIGM, 2001)

L'essai a duré 72 heures. Après chaque 24 heures, l'écoulement est arrêté à l'aide d'une vanne afin de pouvoir récupérer le sable passant. Selon ce principe, une étude a été menée sur le comportement filtrant du système sable/géotextile dans des conditions critiques tant du point de vue mécanique (contrainte de confinement faible) qu'hydraulique (gradient imposable, écoulement permanent).

### 2.1.2. CARACTERISTIQUES DU SABLE D'OUM ALI

Le sable utilisé dans cet essai provient de la région d'Oum Ali, située au Sud Est de la wilaya de Tébessa à environ 600 kms à l'Est d'Alger. Il s'agit d'un sol caractérisé par une granulométrie plus ou moins homogène dont la fraction des fines particules ne dépasse pas 10% en moyenne (figure 3). Le tableau 1, résume l'ensemble des paramètres dimensionnels du sable de cette région:

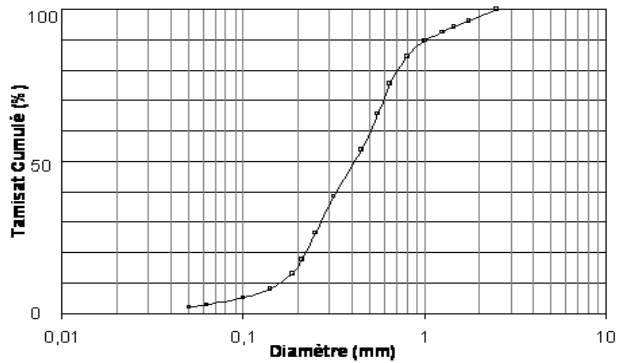


Fig. 3. Courbe granulométrique du sable d'Oum Ali

Tableau 1

Propriétés du sable d'Oum Ali

| $d_{10}$ | $d_{60}$ | $d_{85}$ | $Cu$ | $K$ (m/s)            |
|----------|----------|----------|------|----------------------|
| 0.14 mm  | 0.45 mm  | 0.8 mm   | 3.21 | $1.96 \cdot 10^{-4}$ |

La stabilité interne d'un sol est considérée comme atteinte lorsque les particules fines du sol ne se déplacent plus à travers les pores formés par les particules les plus grosses. Cette stabilité dépend en fait, de la granulométrie, de la porosité, de la densité et de l'homogénéité du sol en place. Plusieurs études ont été entreprises pour estimer la stabilité interne d'un sol dont on peut citer:

- De MELLO (1975) a proposé un contrôle simple pour un sol discontinu qui consiste à diviser arbitrairement la courbe granulométrique en deux parties et de contrôler si les critères de stabilité sont justifiés entre la partie fine et la partie grossière (critère de rétention proposé par TERZAGHI, 1922)

$$\frac{d_{15}}{d_{85}} < 5, \quad (1)$$

$d_{15}$ ,  $d_{85}$  sont les diamètres des grains du sol dont 15% et 85% sont inférieurs à ces diamètres.

• SHERARD (1979) a utilisé la même formule que celle employée par de MELLO (1975) pour des sols discontinus en étendant cette analyse à tous les types de sols. En 1981, il a développé cette méthode pour calculer graphiquement le coefficient de stabilité interne  $I_R$  à partir de la courbe granulométrique. Pour une valeur  $y\%$  de passant, on détermine les  $d_y$  correspondant à  $y\%$  et à  $(y + 15) \%$ ,  $I_R$  est définie par la relation suivante:

$$\frac{d_{15}}{d_{85}} = \frac{d_{y+15}}{d_y}. \quad (2)$$

Si  $I_R < 5$ , le sol est considéré stable.

• TAN et al. (1982) ont propose le critère de stabilité interne du sol suivant:

$$\frac{d_{85}}{d_{50}} \equiv \frac{d_{50}}{d_{35}} \equiv \frac{d_{35}}{d_{15}} \leq 5. \quad (3)$$

• GIROUD (1996) a mentionné que les sols à granulométrie discontinue ont une courbe granulométrique qui présente un palier. Il a montré que si la fraction des fines se situe entre 20% et 35%, le squelette formé par les grains grossiers n'est plus continu et le tassement du sol de base est à craindre. Si par contre, la fraction des fines est inférieur à 20% ou supérieur à 35%, les tassements ne sont pas à craindre.

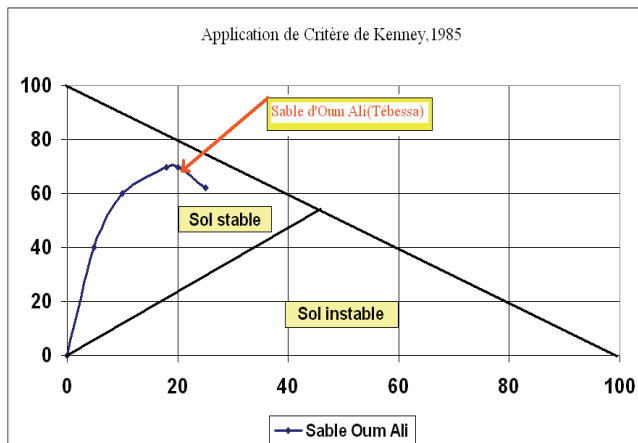


Fig. 4. Sable intérieurement stable selon critère de KENNEY (1985), SEGHIR [14]

• KENNEY et LAU (1985) ont analysé la stabilité interne du sol en recherchant la relation entre le nombre de particules dans le sol de taille inférieure à une dimension donnée et le nombre de particules qui peuvent passer dans les pores entre les particules grossières. Cette définition de granulométrie appelée *courbe de forme* est indépendante des dimensions des grains et dépend seulement, de la forme de la courbe granulométrique. Cette étude montre clairement que la stabilité interne du sol dépend essentiellement de la forme de la courbe granulométrique.

En appliquant la méthode de KENNEY [8], le sable d'Oum Ali est identifié comme intérieurement stable (figure 4).

## 2.2. LES GEOTEXTILES TESTES

Le phénomène de la filtration dépend de nombreux paramètres liés au sol de base, au géotextile utilisé et encore aux conditions du milieu.

L'efficacité d'un critère de rétention est basée essentiellement sur le respect de tous ces paramètres. Il faut donc trouver un compromis entre ces paramètres quant au dimensionnement du géotextile. Selon les normes françaises (NFG 38061), on distingue deux critères principaux de dimensionnement qui sont: – le critère de rétention et – le critère de perméabilité.

### 2.2.1. CRITERE DE RETENTION

L'objectif principal de ce critère est d'éviter l'entraînement de particules du sol de base sous l'action de l'écoulement d'eau au bout d'un temps après la mise en fonction d'un ouvrage. Les recherches effectuées dans les différents laboratoires, ainsi que l'expérience des ouvrages déjà réalisée avec des filtres en géotextiles ont abouti à la formulation de divers critères en relation avec les différents types des géotextiles utilisés (tissés et non-tissés). Le but est de définir la taille de la plus grande ouverture de filtration  $O_f$  compatible avec le blocage des plus grosses particules du sol de base et la formation d'une structure filtrante stable. L'expression générale de tous les critères de rétention proposés par de nombreux auteurs est la suivante:

$$O_f \leq A_{(y)} \cdot d_y. \quad (4)$$

Avec:

$O_f$  – ouverture de filtration du géotextile ( $\mu\text{m}$ .),

$A_{(y)}$  – coefficient dépendant des paramètres du sol, du géotextile et des conditions de filtration,

$d_y$  – diamètre caractéristique du sol, le plus souvent  $d_{90}$ ,  $d_{85}$ ,  $d_{50}$ , correspondant le diamètre des particules du sol tel que  $y\%$  des éléments soient inférieurs à ce diamètre.

Par ce critère, on compare l'ouverture de filtration du géotextile  $O_f$  à la dimension des plus grosses particules susceptibles de la traverser. ELSHARIEF et LOVELL [1] ont

trouvé que l'évaluation de la capacité de rétention d'un géotextile non tissé dépend de plusieurs paramètres dont les plus importants sont: l'ouverture de filtration et la porosité du géotextile utilisé.

Avant la sélection des géotextiles à tester dans les essais de rétention, nous avons choisi quelques critères de rétention parmi les plus connus et cités dans la littérature pour déterminer les dimensions des ouvertures de filtration  $O_f$  les plus compatibles avec les caractéristiques de notre sable. Le tableau 2 présente les critères de rétention retenus:

Tableau 2

Critères de rétention retenus

| Référence                 | Critère de rétention   | $D_n\%$<br>(mm)    | Résultat de calcul<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|---------------------------|--|--------------------|---|
| SCHOBER et TEINDEL (1979) | $O_f < B_1.d_{50}$ ( $B_1 = 3$ pour les Non-tissés minces)<br>$O_f < B_2.d_{50}$ ( $B_2 = 5$ pour les Non-tissés épais)<br>$B_1, B_2$ : coefficients | 0.4                | $O_f < 1200$<br>$O_f < 2000$            |
| GIROUD (1982)             | $O_{95} < 18.d_{50}/C'_u$ (sol dense)<br>$O_{95} < 9.d_{50}/C'_u$ (sol lâche)<br>$C'_u$ : coefficient d'uniformité                                   | 0.4<br>$C_u = 4.5$ | $O_f < 1600$<br>$O_f < 800$             |
| LOUDIERES et al. (1983)   | $O_f < 0.8 d_{50}$<br>(sol pulvérulent, $C_u < 4$ )  |                    | $O_f < 320$                             |
| CFG (1993)                | $O_f < C.d_{85}$<br>$I_D > 50\%$ $C = 1$<br>$I_D < 50\%$ $C = 0.64$<br>$I_D$ : indice de forme, $C$ = coefficient dépend de plusieurs facteurs       | 0.8                | $O_f < 800$<br>$O_f < 510$              |
| LAFLEUR et al. (1996)     | $O_f \leq d_{50}$ (sol à granulométrie linéaire)<br>$O_f \leq d_{30}$ (sol à granulométrie à convexité vers le haut)                                 | 0.3                | $O_f \leq 400$<br>$O_f \leq 300$        |

On a remarqué que la valeur de  $O_f$  calculée selon les critères de SCHOBER et TEINDEL (1979) et GIROUD (1982), est supérieure ou égale à  $d_{85}$  du sable d'Oum Ali. L'utilisation de ces valeurs conduit sans doute à un lessivage intense de toutes les particules de sable. Par contre, les valeurs obtenues par les critères de LOUDIERES et al. (1983) et LAFLEUR et al. (1996), sont inférieures à  $d_{85}$ .

#### 2.2.2. CRITERE DE PERMEABILITE

Pour un filtre géotextile, le rapport entre la perméabilité du filtre  $k_f$  et celui du sol  $k_s$  est très discuté et plusieurs valeurs ont été proposées. En général, les géotextiles ont une perméabilité supérieure à celle du sol, mais après leur mise en place dans un système de filtration ou de drainage des particules du sol entraînées par l'écoulement sont, soit piégées dans le géotextile favorisant la formation d'une zone de rétention, soit retenue à la surface. Le risque est que les particules fines piégées ou retenues à la

surface du filtre ou à l'intérieur de son épaisseur réduisent d'une manière considérable la permittivité du géotextile ou de la zone filtrante. La réduction trop importante de la permittivité crée une augmentation de la pression interstitielle à l'amont du filtre, ce qui tend à diminuer l'efficacité du système filtrant. Il faut éviter ce phénomène par un dimensionnement correct du filtre géotextile. Cependant, un critère de perméabilité pour les géotextiles doit prendre en compte les conditions de fonctionnement du filtre in situ: influence de la compression, colmatage éventuel, perte de charge hydraulique admissible au niveau du filtre, vitesse et gradient de l'écoulement dans le sol.

À partir de ces résultats, nous avons sélectionné des géotextiles dont les ouvertures de filtration sont comprises entre 250  $\mu\text{m}$  et 370  $\mu\text{m}$ . Le tableau 3 ci-dessous, présente les caractéristiques physiques et hydrauliques des géotextiles utilisés dans l'essai.

Tableau 3

Caractéristiques physiques et hydrauliques des géotextiles utilisés dans l'essai

| Type de géotextile   | Propriétés     |  |                      |                                  |                         |                  |
|----------------------|----------------|--|----------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------|
|                      | Référence      | Masse surfacique $\mu_g$ ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) | Épaisseur $T_g$ (mm) | Diamètre $d_f$ ( $\mu\text{m}$ ) | $O_f$ ( $\mu\text{m}$ ) | Porosité $n$ (%) |
| Tissé de bandelettes | Don Low F30    | 350  | 0.5                  | 300                              | 370                     | 20               |
| Non-tissé aiguilleté | Terageos drain | 350  | 5.05                 | 75                               | 280                     | 92.3             |
| Tissé métallique     | –              | –  | –                    | 165                              | 250                     | 100              |

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. PLAN DES ESSAIS

Quatre essais de rétention ont été réalisés, chacun a duré 3 jours au maximum. Le tableau 4, résume l'ensemble des essais de rétention effectués.

Tableau 4

Essais de rétention proposés

| No. de l'essai | Géotextile utilisé   | Ouverture de filtration $O_f$ ( $\mu\text{m}$ ) | Gradient hydraulique $i$ |
|----------------|----------------------|---|--------------------------|
| 1              | Tissé de bandelettes | 370   | 7 à 9 (fort)             |
| 2              | Tissé de bandelettes | 370   | 1 (faible)               |
| 3              | Non-tissé aiguilleté | 380   | 7 à 9 (fort)             |
| 4              | Tissé métallique     | 250   | 8 à 9 (fort)             |



Les tableaux 5, 6, 7 et 8 présentent le déroulement de chaque essai:

Tableau 5

Déroulement de l'essai No. 1

| Jour             | Heure    | Temps écoulé (h) | Débit $Q$ (cm <sup>3</sup> /s) | $v$ (cm/s) | $i$  | $K_{sys}$ (cm/s) |
|------------------|----------|------------------|--------------------------------|------------|------|------------------|
| 1 <sup>er</sup>  | 11 h 30' | 00               | 9.75                           | 0.12       | 7.38 | 0.017            |
|                  | 13 h 43' | 2.22             | 3.89                           | 0.049      | 7.38 | 0.0062           |
|                  | 15 h 00' | 3.22             | 3.46                           | 0.044      | 7.38 | 0.0055           |
|                  | 16 h 00' | 4.22             | 3.25                           | 0.041      | 7.38 | 0.0053           |
|                  | 17 h 00' | 5.22             | 2.96                           | 0.038      | 7.38 | 0.0047           |
|                  | 18 h 00' | 6.22             | 2.06                           | 0.026      | 7.38 | 0.0035           |
| 2 <sup>ème</sup> | 9 h 30'  | 21.72            | 2.51                           | 0.032      | 8.47 | 0.004            |
|                  | 12 h 00' | 22.72            | 5.59                           | 0.071      | 7.89 | 0.0096           |
|                  | 14 h 00' | 24.72            | 3.23                           | 0.041      | 7.89 | 0.0052           |
|                  | 16 h 00' | 26.72            | 2.74                           | 0.035      | 7.89 | 0.0044           |
|                  | 17 h 00' | 27.72            | 2.59                           | 0.033      | 7.89 | 0.0042           |
| 3 <sup>ème</sup> | 9 h 45'  | 43.47            | 1.35                           | 0.043      | 7.89 | 0.0022           |
|                  | 11 h 45' | 45.32            | 5.08                           | 0.065      | 7.87 | 0.0082           |
|                  | 13 h 50' | 47.55            | 3.42                           | 0.043      | 7.87 | 0.0055           |
|                  | 14 h 25' | 48.15            | 3.34                           | 0.042      | 7.97 | 0.0053           |
|                  | 16 h 50' | 50.55            | 3.32                           | 0.042      | 7.97 | 0.0053           |
| 4 <sup>ème</sup> | 9 h 35'  | 67.13            | 3.49                           | 0.044      | 7.75 | 0.0057           |

Tableau 6

Déroulement de l'essai No. 2

| Jour             | Heure    | Temps écoulé (h) | Débit $Q$ (cm <sup>3</sup> /s) | $v$ (cm/s) | $i$  | $K_{sys}$ (cm/s) |
|------------------|----------|------------------|--------------------------------|------------|------|------------------|
| 1 <sup>er</sup>  | 18 h 00' | 00               | 1.00                           | 0.013      | 1.13 | 0.011            |
| 2 <sup>ème</sup> | 16 h 00' | 22               | 0.44                           | 0.0055     | 1.00 | 0.0055           |
| 4 <sup>ème</sup> | 12 h 00' | 40               | 0.82                           | 0.01       | 1.00 | 0.006            |
|                  | 14 h 15' | 42               | 0.62                           | 0.0078     | 1.00 | 0.0078           |
|                  | 16 h 30' | 44               | 0.49                           | 0.0062     | 1.00 | 0.0062           |
| 5 <sup>ème</sup> | 9 h 35'  | 67.13            | 3.49                           | 0.044      | 7.75 | 0.0057           |

Tableau 7

## Déroulement de l'essai No. 3

| Jour             | Heure    | Temps écoulé (h) | Débit $Q$ (cm <sup>3</sup> /s) | $v$ (cm/s) | $i$  | $K_{sys}$ (m/s) |
|------------------|----------|------------------|--------------------------------|------------|------|-----------------|
| 1 <sup>er</sup>  | 11 h 56' | 00               | 10.31                          | 0.13       | 7.96 | 0.016           |
|                  | 14 h 15' | 2.16             | 2.62                           | 0.033      | 7.96 | 0.0042          |
|                  | 15 h 00' | 3.07             | 2.35                           | 0.03       | 7.96 | 0.0037          |
|                  | 16 h 00' | 4.07             | 2.23                           | 0.028      | 7.96 | 0.0035          |
|                  | 17 h 00' | 5.07             | 2.04                           | 0.026      | 7.96 | 0.0033          |
|                  | 18 h 00' | 6.07             | 2.06                           | 0.026      | 7.96 | 0.0035          |
| 2 <sup>ème</sup> | 9 h 30'  | 21.57            | 1.84                           | 0.023      | 9.08 | 0.0029          |
|                  | 12 h 10' | 22.33            | 2.58                           | 0.033      | 8.85 | 0.0037          |
|                  | 14 h 00' | 24.07            | 1.98                           | 0.025      | 8.85 | 0.0028          |
|                  | 16 h 00' | 26.07            | 1.66                           | 0.021      | 8.85 | 0.0024          |
|                  | 17 h 00' | 27.07            | 2.04                           | 0.026      | 8.85 | 0.0029          |
| 3 <sup>ème</sup> | 9 h 45'  | 46.75            | 2.65                           | 0.034      | 8.85 | 0.0038          |
|                  | 11 h 35' | 47.25            | 2.77                           | 0.035      | 9.06 | 0.0039          |
|                  | 13 h 45' | 49.50            | 1.93                           | 0.024      | 9.06 | 0.0027          |
|                  | 14 h 25' | 49.91            | 1.91                           | 0.024      | 9.08 | 0.0026          |
|                  | 16 h 50' | 52.74            | 1.86                           | 0.023      | 9.08 | 0.0026          |
| 4 <sup>ème</sup> | 9 h 35'  | 69.32            | 1.00                           | 0.012      | 7.89 | 0.0016          |

Tableau 8

## Déroulement de l'essai No. 4

| Jour             | Heure    | Temps écoulé (h) | Débit $Q$ (cm <sup>3</sup> /s) | $v$ (cm/s) | $i$  | $K_{sys}$ (m/s) |
|------------------|----------|------------------|--------------------------------|------------|------|-----------------|
| 1 <sup>er</sup>  | 18 h 00' | 00               | 3.98                           | 0.05       | 9.37 | 0.0054          |
| 2 <sup>ème</sup> | 16 h 00' | 22               | 1.25                           | 0.016      | 9.40 | 0.0017          |
| 4 <sup>ème</sup> | 12 h 00' | 40               | 1.75                           | 0.022      | 9.18 | 0.0025          |
|                  | 14 h 00' | 42               | 1.34                           | 0.017      | 9.18 | 0.0019          |
|                  | 16 h 30' | 44               | 1.24                           | 0.016      | 9.18 | 0.0018          |
| 5 <sup>ème</sup> | 10 h 40' | 62               | 1.20                           | 0.015      | 9.18 | 0.0017          |

Dans le 1<sup>er</sup> essai (tableau 9), la quantité des passants est très considérable durant les deux premières heures puis diminue pendant les 42 heures suivantes pour augmenter de nouveau dans les 22 heures qui suivent (figure 5).

Tableau 9

Masse des passants en fonction du temps

| No. de l'essai | Temps (h) | Masse du passant (g/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|---------------------------------------|
| 1              | 22        | 361.78                                |
|                | 44        | 233.12                                |
|                | 66        | 333.76                                |
| 2              | 22        | 147.77                                |
|                | 44        | 16.56                                 |
| 3              | 22        | 121.02                                |
|                | 44        | 28.03                                 |
|                | 66        | 26.75                                 |

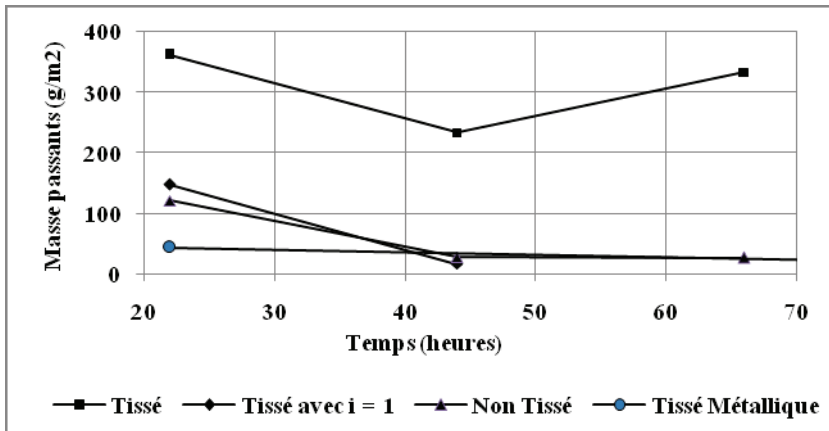
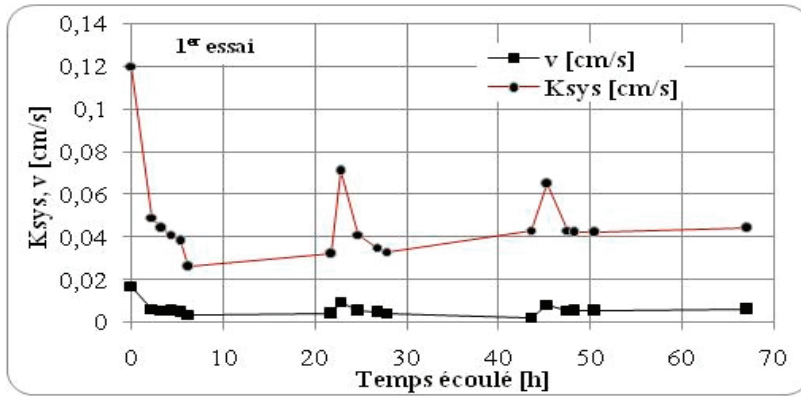


Fig. 5. Variation de la masse des passants par 24 heures en fonction du rapport de rétention

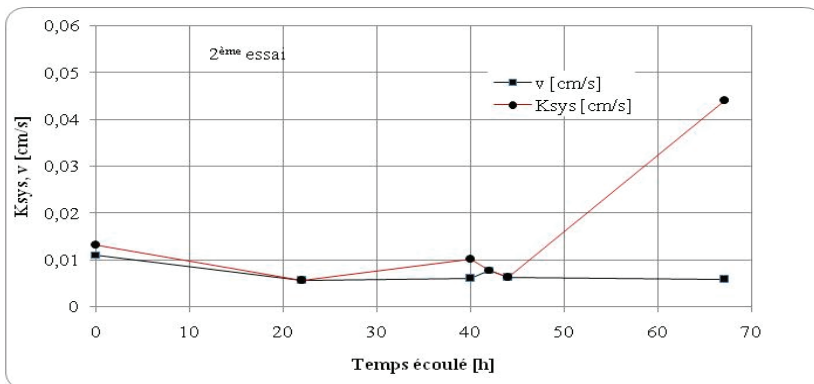
Ces constatations s'expliquent par la grande ouverture de filtration  $O_f$  proposée et le gradient hydraulique  $i$  important imposé. Ceci provoque une migration excessive pendant l'essai, ce qui laisse envisager qu'un phénomène de lessivage se soit produit.

Dans les trois essais restants la quantité des passants est par contre, acceptable et on peut avancer qu'avec ces conditions un état de stabilisation peut être atteint rapidement. Dans ces conditions, le phénomène de lessivage peut être évité et un bon comportement du système de filtration peut être envisagé. Si l'on fait une comparaison entre les évolutions dans le temps des perméabilités des systèmes, on peut dire que la stabilité de la perméabilité du système est obtenue très rapidement dans les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> essais au cours desquels la masse des passants est acceptable et ne dépasse pas une limite conventionnelle établie par LAFLEUR [11] qui est égale à 2500 g/m<sup>2</sup> (figure 6).

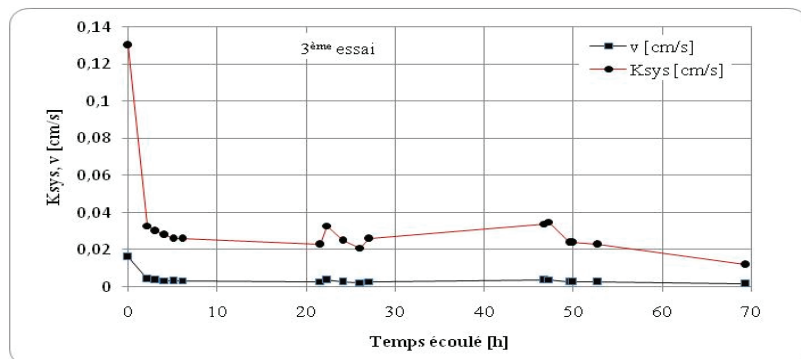
a)



b)



c)



d)

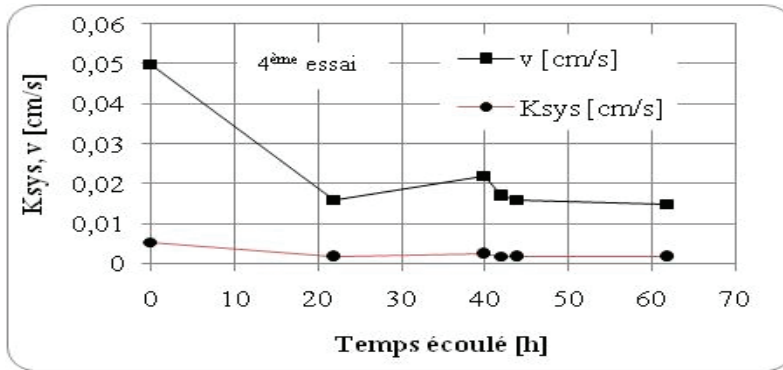


Fig. 6. Evolution de la perméabilité au cours du temps

Cette déduction nous amène à conclure qu'un bon comportement serait assuré si l'on utilise des géotextiles dont l'ouverture de filtration minimale est égale à  $250 \mu\text{m}$  ( $O_f \geq 250 \mu\text{m}$ ).

Par contre, la perméabilité  $K_{\text{sys}}$  dans le 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> essais est considérable et tend à se stabiliser après un certain temps, mais la quantité des passants est aussi considérable par rapport à celles obtenues dans les deux autres essais. Cette situation est due certainement au gradient hydraulique élevé qui provoque l'entraînement des particules fines hors du système. C'est ce que l'on appelle le lessivage.

### 3.2. INFLUENCE DU RAPPORT DE RETENTION

La pose d'un filtre dans un massif du sol soumis à un écoulement hydraulique crée une situation instable du fait de la discontinuité des porométries du système sol/filtre. Les particules localisées près de l'interface se mettent en mouvement et se déplacent vers le filtre. Si le filtre fonctionne correctement, ce mouvement diminue progressivement avant de s'arrêter au bout d'un temps plus au moins long, sinon, il y a défaillance du système filtrant, cela dépend essentiellement de la diminution des pores du filtre, qui est représenté par la taille de l'ouverture de filtration  $O_f$  et la dimension des grains représentée par un diamètre indicatif  $d_i$ . Selon LAFLEUR [11], trois mécanismes de filtration peuvent être développés en fonction du rapport de rétention maximum ( $R_r$ ) qui est donné par la relation suivante:

$$\frac{O_f}{d_i} \quad (5)$$

Si  $R_r \gg 1 \rightarrow$  lessivage (érosion).

Si  $R_r \approx 1 \rightarrow$  formation des voûtes.

Si  $R_r \ll 1 \rightarrow$  colmatage.

Le lessivage et le colmatage conduisent à un dysfonctionnement du filtre, tandis que la formation de voûte aboutit à l'état d'équilibre. Dans notre cas on prendra  $i = 0.85$ .

$$R_r = \frac{O_f}{d_{35}}. \quad (6)$$

La figure 7, montre clairement que la quantité de sable passant à travers les systèmes testés varie directement avec  $R_r$ .

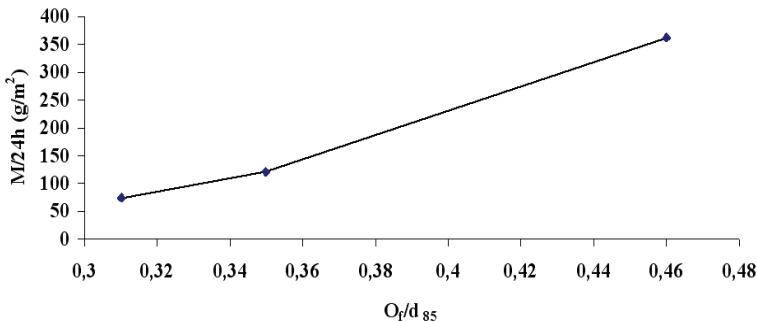


Fig. 7. Variation de la masse du passant à travers les systèmes sable/géotextile/24 h en fonction du rapport de rétention (SEGHIR [14])

#### 4. CONCLUSION

L'écoulement de l'eau dans le sol exerce des forces de traîné sur les particules qui conséquemment ont tendance à se déplacer. Il y a déplacement si les forces de traîné dépassent les forces de cohésion des particules. Le rôle du filtre est donc, de résister aux pressions engendrées par le sol et le fluide. D'où la nécessité d'avoir une ouverture appropriée pour permettre le passage de l'eau et retenir les particules de sol.

Les résultats des essais menés au LIRIGM ont montré la complexité du processus de filtration des sols par les géotextiles. Ceux-ci, dépendent de plusieurs paramètres ( $O_f$ ,  $d_{85}$ ). Ainsi, le dimensionnement à partir d'une approche théorique ou de l'émission de recommandations est loin d'être une tâche aisée et ce, à cause de la complexité du phénomène de filtration [3]–[5], [7].

Les essais de rétention réalisés au LIRIGM, ont permis de tirer les conclusions suivantes:

Le sable d'Oum Ali est intérieurement stable selon l'application de critère de KENNEY et LAU [8] où les fines ne constituent qu'une partie très faible (<10%). Ce résultat nous permet de prédire que le phénomène de lessivage ne peut se produire avec ce type de sol, et les résultats des essais de rétention viennent de confirmer cette constatation:

– La perméabilité du système reste toujours importante et ce, quelque soit les conditions hydrauliques imposées.

– La quantité de sable passée à travers le systèmes sable/géotextile est admissible et ne dépasse pas les limites conventionnelles.

– L'ouverture de filtration  $O_f$  et le rapport de rétention  $R_r$  influent directement sur la masse du passant: plus  $R_r$  est élevé, plus la masse du passant est considérable.

– Afin d'éviter le phénomène de lessivage des particules de sable à travers le système sable/géotextile on peut recommander l'utilisation de géotextiles des ouvertures de filtration comprises entre 250 et 370  $\mu\text{m}$ .

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] ELSHARIEF A.M., LOVELL C.W., *A Probabilistic Retention Criterion for Nonwoven Geotextiles*, Elsevier Sciences, 1997, P601–617, PII: S0266–1144(97) 00001-0.
- [2] BOUTHOT M., VERMEERSCH O.G., BLOND E., MLYNAREK J., *Effet du nombre de constriction sur le comportement en filtration de géotextiles non tissés*, Centre des technologies géotextiles – SAGEOS, Quebec, Canada, 2000.
- [3] BUDDHIMA I., ASCE F., ASHOK K., KHABBAZ H., *Constriction-Based Retention Criterion for Granular Filter Design*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, March 2007, 266–276, DOI:10.1061/ (ASCE) 1090–0241 (2007) 133:3(266).
- [4] FAURE Y.H., *Développement récent de la recherche sur les problèmes de filtration par géotextiles. Colmatage de drains et enrobage*, Etude du CEMAGREF, Série hydraulique Agricole, 1991, No. 12, Antony.
- [5] FAURE Y.H., KEHILA Y., OLIVIER F., PAILLEZ S., *Behavior of Non-Woven Geotextiles for Filtrating Particles in Suspension Filters and Drainage in Geotechnical Environment Engineering*, Wolski & Mlynarek (eds.), Balkema, Rotterdam, 2000.
- [6] HOUAM A., *Amélioration de la stabilité des talus par l'utilisation de nappes horizontales de géosynthétique*, thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Appliquées, Université Libre de Bruxelles, 1991.
- [7] KEHILA Y., *Comportement Hydraulique des Filtres Géotextiles*, Thèse de Doctorat, Laboratoire LIRIGM, Université Joseph Fourier Grenoble I, France, 1997.
- [8] KENNEY T.C., LAU D., *Internal stability of granular filters*, Revue Canadienne de Géotechnique, 1985, Vol. 22, 215–225.
- [9] KOSSENDEY Th., *Long-term performance assessed from compatibility tests*, Geotextiles and Geomembranes, 1999, 17, 281–298. PII: S 0266-1144(99)00012-6.
- [10] KOWALSKY W., PHARISAT M., HAMMIMED M., *Analyses sédimentologiques de sables de miocène des environs de Tébessa*, Ann. Sci., Université de Besançon, 1995.
- [11] LAFLEUR J., *Selection of geotextiles to filter broadly graded cohesionless soils*, Geotextiles and Geomembranes, 1999, 17, 299–312. PII: S0266-1144(99)00007-2.

- [11] LAFLEUR J., *Geotextiles filter retention criteria for well graded cohesionless soils*, Proceedings of the 24th International Conference on Geo-filters, Montreal, 1996.
- [12] ROLLIN A.L., *Comportement à long terme des géotextiles et des géomembranes*, Ingénieries, 1999, No. spécial.
- [13] ROSQUOËT F., BENDAHDANE F., MAROT D., ALEXIS A., *Caractérisation expérimentale des phénomènes d'érosion interne sur des échantillons sablo-argileux*, 23<sup>èmes</sup> Rencontres Universitaires de Génie Civil, Grenoble, 2005.
- [14] SEGHIR K., *Recherche d'un Compromis entre le Colmatage et le Lessivage lors de l'utilisation d'un Géotextile dans la fonction Hydraulique*, Thèse de Magister en Géologie de l'Ingénieur, Université de Tebessa, Algérie, 2002, 138.
- [15] TOMLINSON S.S., VAID Y.P., *Seepage, forces and confining pressure effects on piping erosion*, Can. Geotech. J., 2000, Vol. 37, 1, 13.