CONTRIBUTION A L'ETUDE DU COMPORTEMENT FILTRANT DU SYSTEME SOL GÉOTEXTILE : APPROCHE EXPÉRIMENTALE IMPLIQUANT LE SABLE D'OUM ALI (SE DE LA W. DE TEBESSA- ALGERIE)

SEGHIR Karima(1) ; HOUAM Abdelkader(1) ;KHELFAOUI Souheila(1), FAURE, Yves Henri(2)

(1)Maître de conférences, Institut des sciences de la vie et de la nature, Universitaire de Tébessa ;e-mail : seghir_karima@yahoo.fr , Tél :+213(0)791950902

(1)Maître de conférences, Institut de génie civil, Université de Tébessa ;

(1) Maître de Conférences, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Mines. Meskiana, W.Oum El Bouaghi - Algérie,

(2)Maître de conférences, LTHE, Université Joseph Fourier, Grenoble, France

RESUME

Les géotextiles sont des nappes synthétiques, perméables, utilisés en association avec le sol pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques et/ou hydrauliques. Ces matériaux sont d'utilisation courante dans des domaines très diversifiés. Cependant, la durée de vie fonctionnelle d'un géotextile tissé ou non tissé peut être écourtée par un colmatage, soit physique ou biologique. Une étude du comportement en filtration du système sol-géotextiles a été réalisée dans un laboratoire spécialisé (LTHE, ex.LIRIGM, UJF, Grenoble) en utilisant le sable d'Oum Ali (Algérie). Par cette étude, nous avons essayé de faire une approche expérimentale visant à pallier aux problèmes de lessivage/colmatage lors d'une application hydraulique (filtration et/ou drainage).Il nous a permis de vérifier le comportement du sable d'Oum Ali qui a montré une stabilité interne. Cette stabilité favorise la formation de voûtes en amont du filtre et assure par la suite l'intégrité de sa structure et un bon comportement du système sable-géotextile. Le mécanisme de filtration par des géotextiles (tissés, non-tissés) est un phénomène très complexe, et dépend de plusieurs paramètres liés au type de sol en contact, au type du géotextile utilisé, et aux conditions hydrauliques du milieu.

Mots clés : filtration, géotechnique, géotextile, colmatage, lessivage, sable Oum Ali.

ABSTRACT

The geotextiles is the synthetic, permeable tablecloths, used in association with soil to improve their mechanical and/or hydraulic features. These materials are of current use in domains very varied. However, the functional life span of a geotextile woven or non woven can be shortened by a Clogging, either physical or biologic. A survey of the behavior in filtration of the soil-geotextiles system has been achieved in a specialized laboratory (LTHE, ex.LIRIGM,UJF,Grenoble) while using the sand of Ali Oum (Algeria). In this communication, we are going to present an experimental approach aiming to landing to the problems of washing/clogging in the hydraulic application (filtration and/or drainage). It enabled us to check the behavior of the sand of Oum Ali which showed an internal stability. This stability supports the formation of vaults upstream of the filter and ensures thereafter; integrity of its structure and a good behavior of the sand-geotextile system. The mechanism of filtration by the geotextile ones (woven, non-woven materials) is a very complex phenomenon, and depends on several parameters related on the type of ground in contact, the type of geotextile used, and the hydraulic conditions of the medium.

Key-Words: Filtration, Geotechnic, Geotextile, Clogging, Washing, Sand of Oum Ali.

1. INTRODUCTION

Les géotextiles sont des nappes synthétiques, perméables, utilisées en association avec les sols pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques et /ou hydrauliques. Cependant, la durée de vie fonctionnelle d'un géotextile tissé ou non tissé peut être écourtée par un colmatage, soit, physique par les particules du sol lessivées sous l'influence d'un écoulement (eaux, lixiviats), soit biologique par l'action des micro-organismes présents dans le sol, soit encore chimique par la précipitation des sels dissouts.

Le rôle d'un filtre géotextile en géotechnique, consiste à retenir le sol de base et laisser écouler l'eau. Ce filtre doit donc avoir des pores suffisamment petits pour empêcher la migration des petites particules de sol, tout en restant assez perméable. De nombreuses études et recherches ont été entreprises pour comprendre comment un filtre géotextile peut satisfaire ces deux conditions qui semblent antagonistes [1,2,5]
Les filtres géotextiles sont souvent utilisés dans les ouvrages de drainage, mais l'efficacité de ces derniers dépend essentiellement de la stabilité du système de filtration par rapport à deux risques nuisibles qui sont :

-Le risque de lessivage (érosion du sol), lorsque l'ouverture de filtration est trop grande ; et

-Le risque de colmatage du filtre par les particules de sols lessivées, lorsque l'ouverture de filtration est trop petite.

2. MATERIELS ETMETHODES

Nous avons pu réaliser deux types d'essais de filtration à long terme sur les sables de la région d'Oum Ali qui sont :

-Les essais de rétention pour évaluer le risque de lessivage

-Les essais de Gradient Ratio pour mettre en évidence le risque de colmatage.

Pour le premier essai on a utilisé le « filtramètre » qui est conçu spécialement pour l'étude du sol passant à travers le système sol-géotextile testé.

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 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.

Figure 1 : Filtramètre F100 et sa cellule (document LIRIGM)

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 sol est déversé dans la cellule à l'aide d'un entonnoir puis confiné par le piston pour augmenter les forces de frottement entre les particules du sol. L'essai a duré trois jours et après chaque 24 heures l'écoulement est arrêté à l'aide d'une vanne afin de pouvoir récupérer le sable passant.

Pour l'essai du gradient ratio qui indique le rapport entre le gradient hydraulique à travers le système sol-géotextile en amont de filtre avec une hauteur égale 25mm "if" et le gradient hydraulique du sol désigné par "is". Son principe consiste à installer le filtra mètre dans lequel le sol et le géotextile sont préparés à priori et posé dans la cellule et de faire ensuite passer l'eau à travers ce système par application des gradients hydrauliques accroissant successivement (i1 = 1, i2 = 2.5, i3 = 5 et i4 = 10) [ASTM D5101-90] à condition que chaque gradient ne dure que 24 heures. Des mesures des paramètres hydrauliques sont effectués au cours de l'essai telles que: le débit, la perte de charge à 25 mm en amont du filtre (Dh25) et, la perte de charge globale (DhT).

Le sol utilisé de la région de Oum Ali qui est située au SE de la wilaya de Tébessa. Il est caractérisé par une granulométrie plus ou moins homogène. Le tableau (Tab1) résume l'ensemble des ses propriétés dimensionnelles. Il est considéré comme intérieurement stable, c'est-à-dire que la fraction des particules grossière est capable de retenir les particules fines existantes dans le sable cela a été vérifié par l'application de la méthode de KENNY (1985) [3]

Tableau 1 : propriétés de sable d'Oum Ali [Seghir,2002]

Propriétés du sable	d10 (mm)	d60 (mm)	d85 (mm)	Cu (d60/d10)	Ks (m/s)
	0.14	0.45	0.8	3.21	1.96 * 10-4

Le tableau 2 présente les essais réalisés avec leurs conditions hydrauliques choisis.

Tableau 2 : Plan d'essais réalisés au LIRIGM(2001) [Seghir K .2002]

Type d'essai réalisé	N° de l'essai	Type de géotextile utilisé	Of (µm)	Conditions hydrauliques (Gradient hydraulique)
Essai de rétention	1	Tissé de bandelette	370	i=7à9
	2	Tissé de bandelette	370	i=1
	3	Non-tissé aiguilleté	280	i=7à9
	4	Tamis métallique	250	i=8à9
Essai de Gradient Ratio	1	Non-tissé aiguilleté (blanc)	130	i= 1, 2.5,5,10
	2	Non-tissé aiguilleté (gris)	80	i= 1, 4, 7,10

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Variation de la Perméabilité du système « Ksys » en fonction du temps : elle est en général, irrégulière et est influencée par plusieurs paramètres, tels que le gradient hydraulique appliqué, la vitesse d'écoulement correspondante et l'ouverture de filtration choisie, mais le paramètre le plus significatif c'est bien le type du sol utilisé et sa granulométrie. Dans l'essai N°1 la perméabilité du système a diminué de 1.7*10-4 à 0.62*10-4 (m/s) après 2 heures de temps. La courbe est irrégulière dont et "Ksys" tend à se réduire après chaque restauration (24h) mais elle est toutefois très importante et a la tendance de s'augmenter en fin d'essai (après 3 jours).Par contre, dans l'essai N°2 le gradient hydraulique est faible, il présente une courbe très différente de celle de l'essai N°1, et tend à diminuer après 62 heurs de l'essai. Dans l'essai N°3, la" Ksys" change de 1.7*10-4 à 0.43*10-4 (m/s) après 2 heures de l'essai, puis elle tend à se

stabiliser durant tout l'essai. Cette stabilité peut être due à la stabilité interne du sable d'Oum Ali. De même, pour l'essai N°4 le système sable-tissé métallique donne une variation de "Ksys" aussi irrégulière. On a enregistré une diminution de" Ksys" de 0.54*10-4 à 0.17*10-4 (m/s) pour tendre à se stabiliser après une durée de 22 heures. Or, il est important de noter que l'intervalle de variation de "Ksys "est très petite et elle reste toujours considérable.Sa variation est influencée sans doute par les conditions d'écoulement (le gradient hydraulique) et l'ouverture de filtration choisie "Of"(Fig.2)

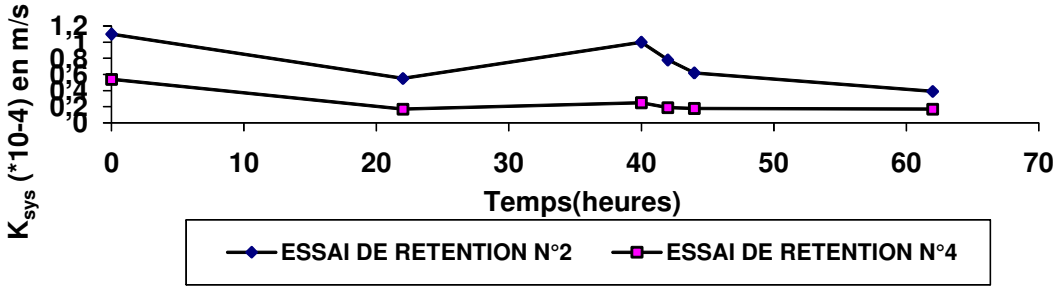


Figure 2: variation de la perméabilité du système testé en fonction du temps

La figure 3 présente la variation de la perméabilité du système "Ksys "en fonction du temps écoulé et, en fonction des gradients hydrauliques imposés chaque 24 heures. Il est clair que, l'allure des courbes de variation sont similaires dans les deux essais malgré les différences au niveau des propriétés physiques et hydrauliques de chaque géotextile utilisés et que la " Ksys " tend vers la stabilité lorsque i2 = 2.5 et, i3 = 5, tandis que cette dernière n'est pas atteinte quand i1 = 1 et, i4 = 10. Quand i1 =1, la "Ksys " a diminué de 2.5*10-4 à 0.76*10- 4(m/s) après 17 heures de l'essai et, quand i4 = 10 elle atteint sa valeur initiale. Cela reflète un comportement difficile à expliquer. Pour ce faire il faut interpréter les valeurs du gradient ratio "GR" pour chaque gradient imposé.

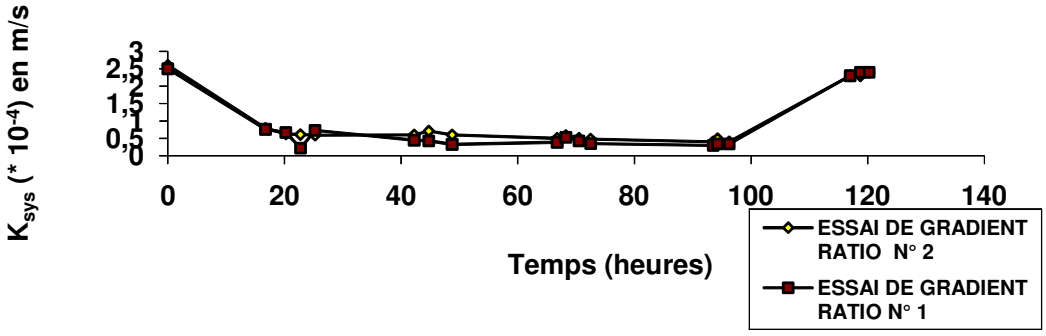


Figure 3: Variation de la perméabilité du système testé en fonction du temps (Essai de GR N°1,2).

3.1. Evolution de la masse du sable passant à travers le système en fonction du temps :

L'essai N°1, donne des quantités très considérables (Fig.4). Elle est très grande après 24heures de l'essai puis diminue après 44heures de temps et ensuite augmentée de nouveau après 66 heures. Cela, peut s'expliquer par l'effet de la taille d'ouverture de filtration, et le gradient hydraulique imposé qui provoque une migration successive des particules fines à travers les ouvertures de tissé qui sont considérées comme ouvertes, ce qui nous conduit à se prévenir qu'un phénomène de lessivage peut se produire avec le temps. Dans l'essai N° 2, les quantités du sable prélevées sont moins importantes que celles obtenues dans l'essai N°1 avec un gradient hydraulique fort. De même dans l'essai N°3, avec un non-tissé aiguilleté, les quantités du passant sont aussi acceptables et moins importantes que celles obtenues dans l'essai N° 2.On peut dire qu'un état de stabilisation peut être atteint rapidement avec ce type de géotextile et par conséquent, un bon comportement du système de filtration pourrait être envisagé. De plus, l'essai N° 4 avec le tissé métallique a donné des résultats acceptables et satisfaisants.

Il clair maintenant que, pour ce type du sol la masse du passant est proportionnelle au gradient hydraulique, et ce, dans la mesure où l'ouverture de filtration n'est pas prise en compte. Si on fait une comparaison entre les perméabilités du système "Ksys" et les quantités de sol passant en fonction du temps pour chaque essai, on peut dire que la stabilité de "Ksys" est obtenu très rapidement dans l'essai N° 3 et N° 4 dont les masses du passant sont acceptables et ne dépassent pas la limite conventionnelle établie par LAFLEUR[4]

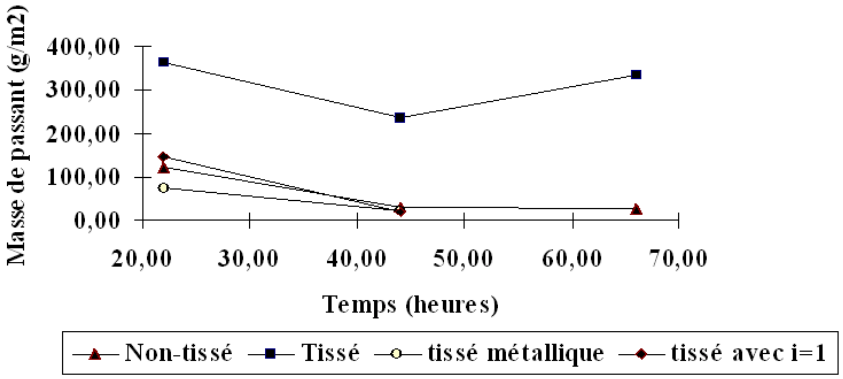


Figure 4: Variation de la masse du sable passé à travers les géotextiles testés en fonction du temps.

3.3. Influence du rapport de rétention sur la masse du passant :

La figure5 montre clairement que la quantité du passant à travers le système sable – géotextile (Mp/24h) varie directement avec le rapport de rétention (Of/d85) correspondant. Plus le rapport de rétention est grand plus la masse du passant est considérable.

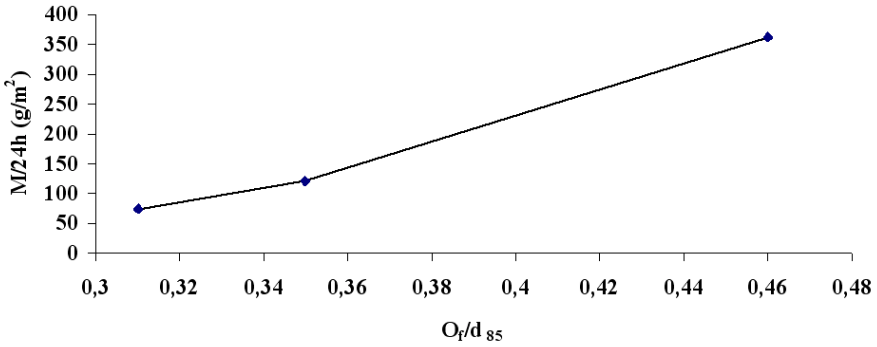


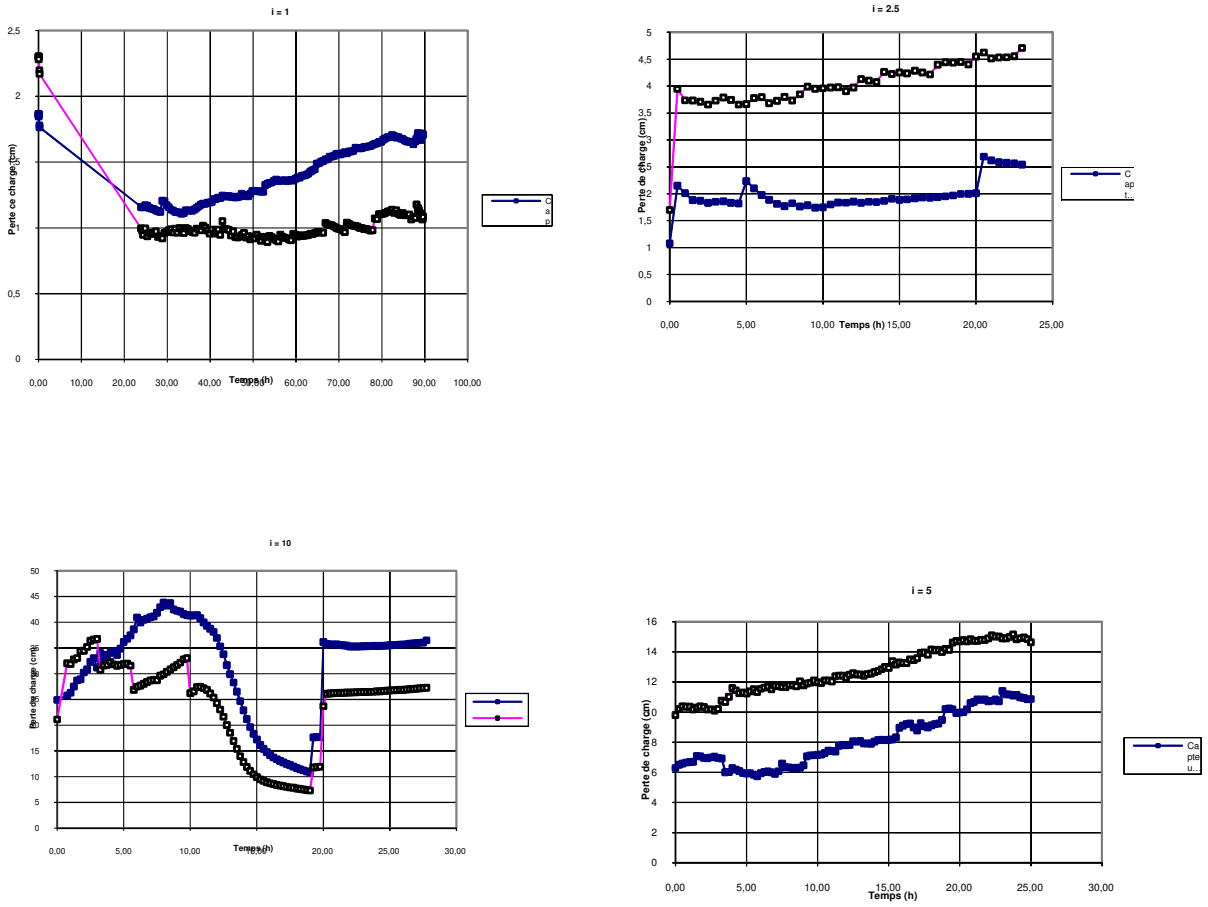
Figure 5: Variation de la masse du passant en fonction du rapport de rétention

3.4. Variation de la perte de charge (DH25) en fonction du temps et du gradient hydraulique imposé :

La variation du ce paramètre intéressant en fonction du temps et du gradient hydraulique imposé est bien illustrée dans les figures 6,7,8,9 on a constaté dans les deux essais qu'une relation directe se produit entre la perte de charge à 25 mm en amont du filtre (DH25) et la perte de charge globale (DHT) :

- Pour i1= 1, et i 2= 2.5on a observé que la perte de charge (DH25) tend à augmenter avec le temps, mais il reste toujours inférieure à 2.5 cm;
- Pour i3= 5, la perte de charge locale (DH2.5) tend à augmenter et atteint des valeurs supérieures à 12.5 cm après 15 heures pour le capteur2 et pour le capteur1, elle ne dépasse pas 12.5 cm pendant les 24 h de l'essai.
- Pour i4 = 10, la variation de la perte de charge est irrégulière dans les deux capteurs, mais elle dépasse 2.5 cm.

Cette variation de (DH25) influe directement sur la valeur du "GR" qui caractérise le comportement du système vis-à-vis le phénomène du colmatage.



Figures 6,7,8,9: Variation de la perte de charge ($Dh_{2.5}$) en fonction du temps pour i_1=1 I_2 =2.5,i_3=5,i_4=10

3.5. Variation du" GR "en fonction du temps et du gradient hydraulique imposé :

Selon les normes Américaines [ASTM] on ne prend en considération que la valeur du GR à 24 h de l'essai. Nous avons trouvé les valeurs indiquées dans le tableau suivant:

Tableau.3: Résultats du Gradient Ratio "GR" de l'essai N°1et 2

Gradient hydraulique imposé	GR (essai 1)	GR (essai 2)
1	0.29	0.26
2.5	0.31	0.65
5	0.84	1.36
10	1.76	1.15

Les valeurs inférieures à 1 indiquent qu'il y a une migration des particules fines à travers le géotextile. Cela peut être expliqué par l'effet du " i" qui devient de plus en plus fort. Cette vitesse d'écoulement influe sur les particules fines et les entraîne dans la structure du géotextile la plus fermée où elles sont piégées. Avec le temps la quantité des particules piégées augmente et provoque après 4 jours de l'essai un colmatage du filtre. Pour l'essai N°2 avec "Of " inférieur à celle de l'essai N°1, le colmatage est atteint après 2 jours de l'essai, il est donc développé très rapidement (Fig.10)

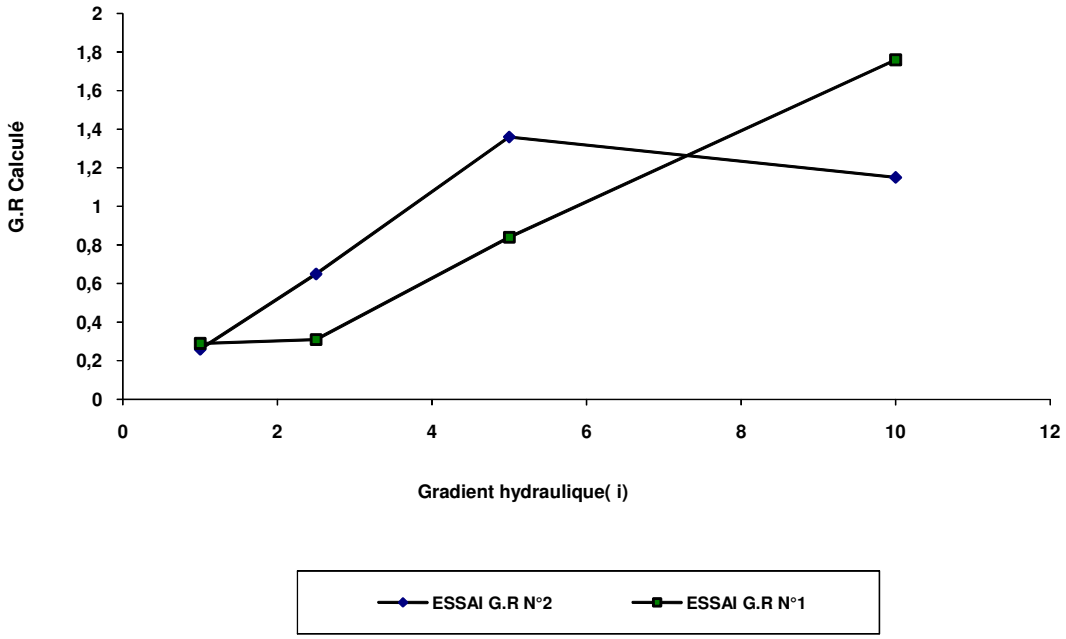


Figure 10: Variation du Gradient Ratio en fonction du gradient hydraulique imposé pour l'essai N°1 et l'essai N°2

4. CONCLUSION

Le sable d'Oum Ali testé est uniforme et intérieurement stable. Cette stabilité interne favorise la formation de voûtes en amont du filtre qui assurent par la suite l'intégrité de sa structure et un bon comportement du système. Pour le phénomène de lessivage, les essais de rétention nous ont permis de tirer les renseignements suivants:

- *la perméabilité du système reste toujours importante quel que soit les conditions hydrauliques imposées;*
- *la quantité du sable passée à travers le système sable-géotextile est admissible et ne dépasse pas la limite conventionnelle égale à 2500 g/m2 établie par LAFLEUR. L'ouverture de filtration "Of" et le rapport " Of/d85" influent directement sur la masse du passant. Plus le rapport de rétention est grand, plus la masse du passant est considérable; et afin d'éviter le phénomène de lessivage des particules du sable, à travers le système sable-géotextile, on peut recommander l'utilisation des géotextiles avec des ouvertures de filtration comprise entre (250 µm < Of < 370 µm) ;*

Pour le phénomène de colmatage, les essais du rapport de gradient " Gradient Ratio" nous ont permis d'énoncer les constatations suivantes:

La perméabilité du système Ksys est considérable quel que soit le gradient hydraulique imposé ;la perte de charge à 25 mm en amont du filtre est directement proportionnelle à la perte de charge totale du système sable-géotextile ;
Quand Of = 130 µm, un état de stabilisation du système est atteint avec i3 = 5. Cette dernière ce traduit par une valeur du Gradient Ratio proche de 1; et
Quand Of = 80 µm, un colmatage rapide est atteint avec i3 =5 et i4 = 10. Ce colmatage se traduit par une valeur, du Gradient Ratio, supérieure de 1;
En se basant sur les résultats de nos essais de filtration réalisés, nous pouvons dire que le mécanisme de filtration par des géotextiles (tissés, non-tissés) est un phénomène très complexe, et dépend de plusieurs paramètres liés au type de sol en contact, au type du géotextile utilisé, et aux conditions hydrauliques du milieu. Ces paramètres interviennent d'une façon très significative dans le bon comportement filtrant d'un système sol-géotextile.

5. BIBLIOGRAPHIE

1. Faure Y. H. 1991. Développement récent de la recherche sur les problèmes de filtration par géotextiles. Colmatage de drains et enrobage. Etude du CEMAGREF, Série hydraulique Agricole, n° 12 Antony.
2. Houam A. 1991. 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.
3 Kenney T. C., Lau D. 1985.Internal stability of granular filters. Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. 22, pp. 215-225.
4.Lafleur, J.1998.Particles Washout Associated with the retention of Broadly Graded Soils by geotextiles. Sixth International Conference on Geosynthetics, 1998, 1001-1004.
5. Seghir K.2002.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, pp.138