

DIERICKX W.

Station de Recherche de Génie Rural, Belgique

L'influence des matériaux filtrants et leur emploi comme enrobage en drainage agricole

The influence of filter materials and their use as wrapping around agricultural drains

A theoretical analysis has been given about the influence of filter materials on soil erosion. A thin filter material has only a function of a support on which a natural filter can be built up. A thick filter material has a direct favourable influence by decreasing remarkably the hydraulic gradient at the outflow surface. It has been proved from laboratory experiments and field investigations that filter materials with fine pores can be clogged by fine or colloidal soil particles, iron and salt deposits. For that reason it is preferable to use thick filters with larger pores. Because of their thickness, high permeability, larger pores, and lower prices, organic filter materials as peat, flax and coconut fibre, usual in agricultural drainage, are always in advantage compared with fabrics.

1. Introduction

Il y a une différence essentielle entre le drainage routier et le drainage agricole. Dans le premier cas le drainage consiste des tranchées drainantes tandis que dans le drainage agricole, il n'y a qu'un tuyau de drainage, enrobé ou non-enrobé d'un matériau filtrant, mis au fond de la tranchée qui est remplie de terre détournée (fig. 1).

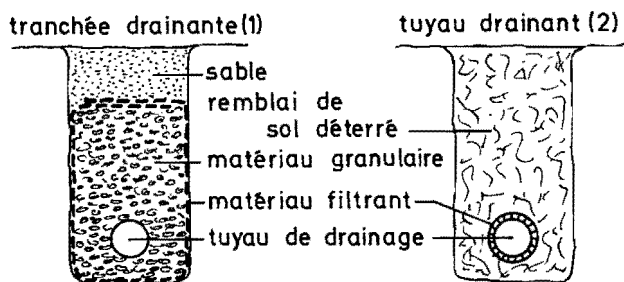


FIG. 1. La différence entre le drainage routier et le drainage agricole.

Dans le cas d'un massif drainant la concentration des fillets liquides est beaucoup plus faible que dans le cas de drainage agricole. En plus, le drainage routier a plutôt pour but d'évacuer l'eau de surface tandis que le drainage agricole sert à abaisser le niveau de la nappe d'eau.

2. Ecoulement vertical

En considérant un écoulement dans une colonne de sable, l'écoulement exerce une pression sur les grains selon la direction d'écoulement ce qu'on appelle "pression d'écoulement" p . Cette pression

d'écoulement est proportionnelle avec le gradient hydraulique J . A une certaine profondeur z , en-dessous du niveau de sable, la pression d'écoulement est donnée par :

$$p = \rho_e g J z$$

où ρ_e = la masse spécifique de l'eau
 g = l'accélération gravitaire
 $J = \Delta h / \Delta s$
 Δh = la perte de charge
 Δs = la distance à parcourir.

Si l'eau coule de haut en bas, le courant sollicite les grains vers le bas et augmente, par conséquent, la pression effective dans le sable. Par contre, si l'eau écoule de bas en haut, le frottement entre l'eau et les parois des vides tend à soulever les grains de sol.

Dès que le gradient hydraulique devient égal à :

$$J_c = \frac{\rho_n - \rho_e}{\rho_e}$$

où ρ_n est la massa spécifique du sol saturé, la contrainte s'annule en tout point de la couche de sable et le gradient hydraulique critique J_c est atteint (TERZAGHI & PECK, 1965).

Si on prévoit un matériau filtrant d'une certaine épaisseur sur la couche de sable (fig. 2), le débit q est donné par :

$$q = k_s J_s A = k_f J_f A$$

où k_s = perméabilité du sol
 k_f = perméabilité du filtre
 J_s = gradient hydraulique dans le sol
 J_f = gradient hydraulique dans le filtre
 A = section de tuyau.

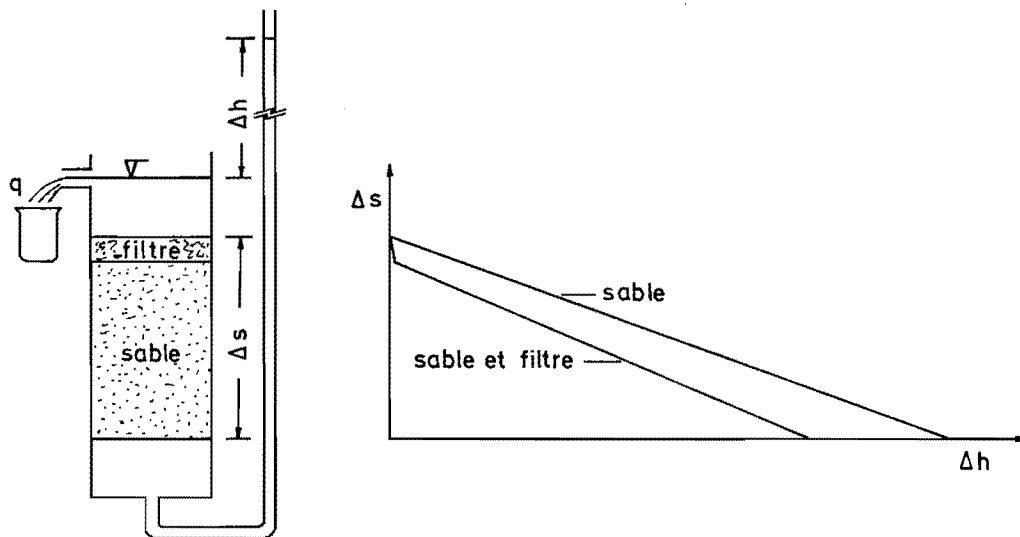


FIG. 2. L'influence d'un filtre à la perte de charge pour le même débit.

d'où suit

$$J_f = \frac{k_s}{k_f} J_s$$

Si dans le sol, le gradient hydraulique critique est atteint et le filtre a une perméabilité, 100 fois plus grand, on obtient alors :

$$J_f = \frac{k_s}{100 k_s} J_c < J_c$$

et même si le gradient est plus grand que la valeur critique, J_f reste plus petit que J_c . Donc l'entraînement des particules de sol à travers le filtre, au moins, s'il s'agit d'un filtre épais, n'est pas à craindre. Si le débit est tenu constant, le gradient hydraulique dans le sol sera plus petit en augmentant l'épaisseur du filtre, en effet :

$$\Delta h = \frac{q}{A} \left(\frac{\Delta s_s}{k_s} + \frac{\Delta s_f}{k_f} \right)$$

avec Δs_s et Δs_f , l'épaisseur de la couche du sol et celle du filtre. Donc à part de la perméabilité du filtre, aussi l'épaisseur joue un rôle important et la diminution du gradient hydraulique explique déjà un des avantages des filtres épais. Un filtre mince donne un gradient hydraulique dans le sol plus grand en comparaison des filtres épais. Le fonctionnement hydraulique est presque nihil et il sert seulement comme support, en prévenant l'érosion. Un filtre naturel peut se former éventuellement.

Le fonctionnement d'un filtre épais est double par la forte diminution du gradient hydraulique, l'érosion se limite souvent à la zone transitoire sol-filtre, qui sert également comme support. En plus, en cas d'un filtre mince, les particules n'ont qu'à passer une ouverture tandis qu'en cas d'un filtre épais, les particules doivent cheminer à travers les canaux irréguliers du filtre. Ces considérations sont déjà constatées par OGINK (1975) en posant

$$D_{90}/d_{90} \leq 1,0$$

pour les tissés, et

$$D_{90}/d_{90} \leq 1,8$$

pour les non-tissés en cas d'un écoulement statique.

D_{90} est le diamètre moyen du sable dont 90 % des grains sont retenus et d_{90} est le diamètre des grains dont 90 % sont plus petits. Néanmoins que les expériences sont faites dans des conditions extrêmes on peut accepter ces valeurs maximales. En plus, pour éviter le colmatage, je crois que c'est nécessaire de ne s'écarter pas trop de ce maximum. Il n'a pas de sens de mettre un textile avec un D_{90} de 200 μm entre deux sortes de gravier pas exemple 4/16 et 32/63, comme il n'a pas de sens d'appliquer un textile avec un D_{90} de 180 μm pour prévenir l'érosion d'un sable avec un D_{90} de 250 μm où on peut normalement utiliser un tissé avec un D_{90} de 250 μm ou un non-tissé de 450 μm . Chaque sol contient des particules fines de l'argile, de limon, des particules colloïdales ou bien des sels dissous qui sont véhiculés par l'eau vers le filtre et le risque de colmater.

Dans le cas d'un filtre épais de 1 à 2 cm, par exemple, et des vides assez grands, il y a des particules qui entrent dans le filtre mais y restent caler dans la première partie du filtre en créant une zone transitoire qui a comme conséquence que le gradient hydraulique ne tombe pas brusquement mais diminue vers zéro (fig. 3). Ainsi les grandes particules restent dans le filtre et les petites peuvent être évacuées. Par contre si on a un filtre à pores fines, les petites particules vont entrer dans le filtre et le bloquer en formant une couche moins perméable, ou bien ils forment une couche moins perméable en dehors du filtre. Pourtant un filtre épais à pores fines est plus favorable qu'un filtre mince à pores fines parce qu'un filtre épais exerce une action antagonique par la partie du filtre possédant encore une grande perméabilité.

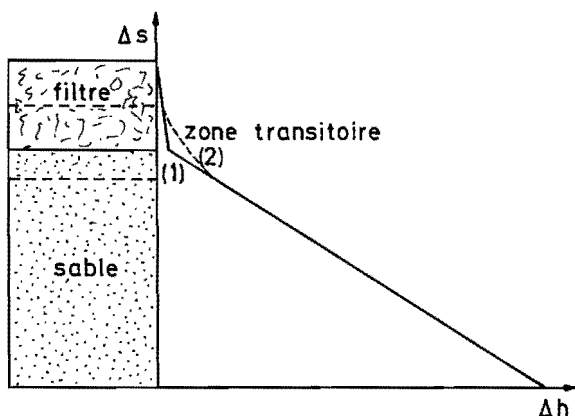


FIG. 3. Diminution du gradient hydraulique.
(1) théoriquement; (2) pratiquement, une zone transitoire est formée.

3. Écoulement radial vers un drain

Nous avons déjà marqué qu'un matériau filtrant doit avoir une perméabilité plus grande que le sol car la plus grande perméabilité a une influence directe, pas seulement au débit mais aussi au gradient hydraulique et par conséquent au pression d'écoulement. Mais aussi l'épaisseur joue un rôle important.

Par suite de l'écoulement vers un tuyau de drainage, il y a une forte concentration des fillets liquides en causant un déplacement des grains, donc une érosion, dans les tuyaux de drainage, surtout dans les sols non-cohésifs. Fig. 4, 5 et 6 montrent quelques des nombreuses tuyaux de drainage que nous avons détérrés d'un champs expérimental de drainage. Le sol en-dessous des drains était un sol non-cohésif. Dans l'environ du drain, on peut accepter un écoulement radial. Considérons maintenant un écoulement radial vers un tuyau de drainage qui est supposé idéal, c.a.d. le paroi du tuyau est complètement perméable.

Cet écoulement est décrit par

$$\Delta h = h - h_0 = \frac{q'}{2\pi k} \ln \frac{r}{r_0}$$

- où
- q' = débit par unité de longueur du drain
 - h = hauteur piézométrique à une distance r du centre
 - h_0 = hauteur piézométrique à une distance r_0 du centre égale à r_0
 - r = rayon d'un équipotentiel
 - r_0 = rayon du drain

et le gradient hydraulique est donné par :

$$J = \frac{dh}{dr} = \frac{q'}{2\pi k} \frac{1}{r}$$

Comparons un tuyau sans filtre et l'effet d'un filtre d'une épaisseur de 2 cm et une perméabilité qui est 100 fois la perméabilité du sol ambiant (fig. 7). Dans ces deux cas le tuyau a un diamètre de 5 cm et on accepte un rapport constant $q/k = 0,182$ m, qui peut se produire en réalité.

On voit qu'à une distance de 10 cm la hauteur piézométrique n'est que 4,8 cm avec filtre au lieu de 6,5 cm sans filtre pour le même débit, ou bien si la

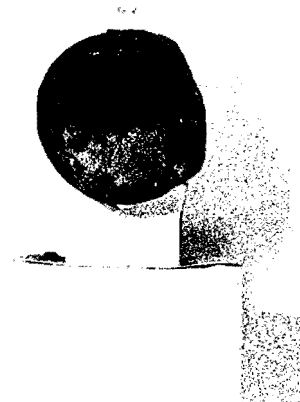


Fig. 4. Le colmatage d'un tuyau de drainage en terre cuite. Remarque aussi la précipitation de l'hydroxyde ferrique au-dessus du sable.

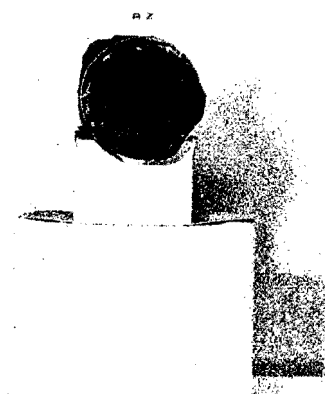


FIG. 5. Invasion du sol dans un tuyau de drainage en plastique à paroi annelée sans matériau filtrant.



FIG. 6. Le colmatage d'un tuyau de drainage en terre cuite, couvert avec une bande de tourbe. Le sable est rentré par le dessous.

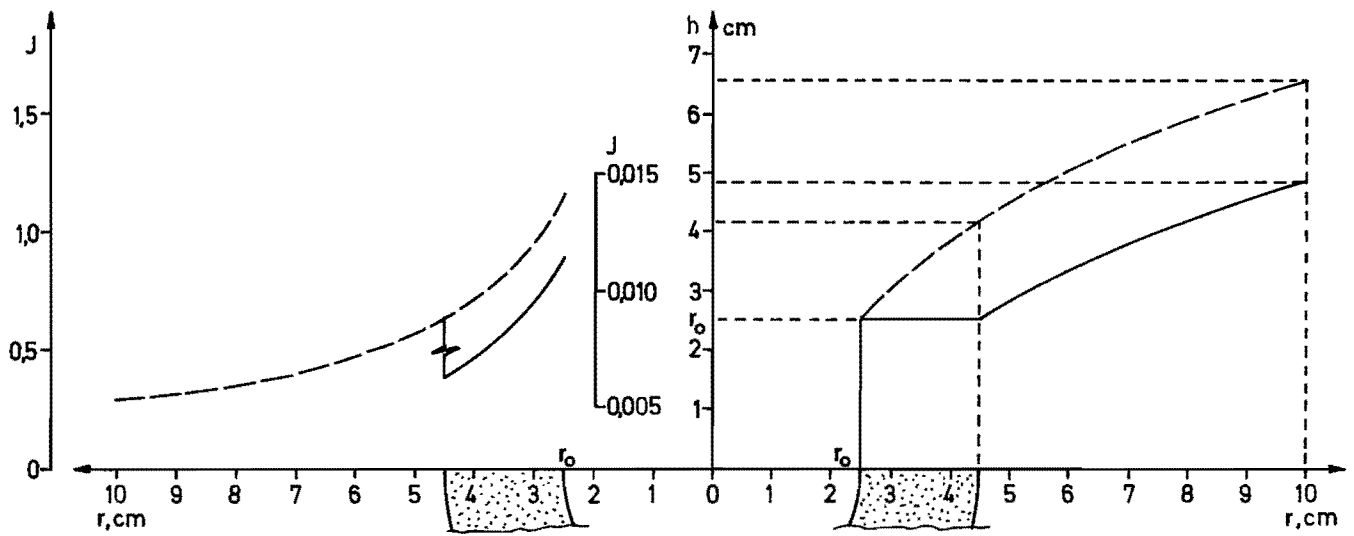


FIG. 7. La différence de la hauteur piézométrique et du gradient hydraulique pour un tuyau de drainage idéal sans filtre (---) et avec un filtre, épais de 2 cm et une perméabilité qui est 100 fois plus grande que le sol ambiant (—) (VAN DER BEKEN, 1968).

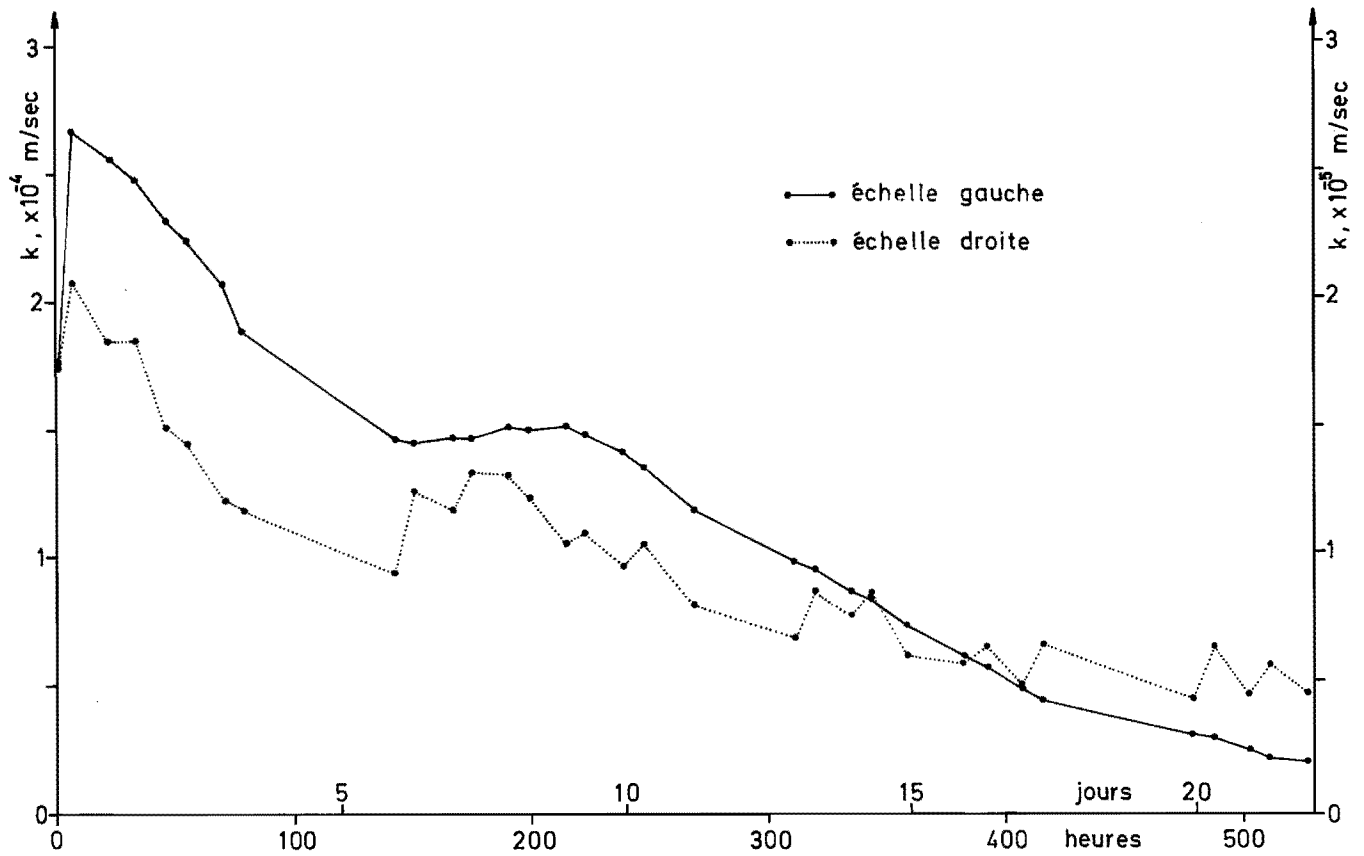


FIG. 8. La diminution de la perméabilité k de l'ensemble : textile non-tissé et sol, dans le temps, pour deux échantillons.

hauteur piézométrique $h = 4,8$ cm à une distance de 10 cm est tenu constant, on sait calculer que le débit sans filtre n'est que 58 % du débit en utilisant un tuyau enrobé. L'emploi d'un tuyau enrobé dans des conditions décrites fait diminuer le gradient hydraulique et par conséquent, la pression d'écoulement est 100 fois moindre dans les environs du drain. Seulement la zone transitoire entre le sol et le filtre peut causer une diminution de la perméabilité par l'entrée des particules de sol. Si on a un filtre à structure ouverte, le gradient hydraulique abaisse graduellement. Les vides sont assez grands et les particules fines peuvent être évacuées par l'écoulement de l'eau vers le drain où elles peuvent se déposer dans le tuyau. Cela n'est pas catastrophique. Dans la zone transitoire, il se forme une zone qui est plus perméable que le sol, mais moins perméable que le filtre. En utilisant un filtre épais, il y a encore une zone de grande perméabilité en-dessous de cette zone transitoire. Si on utilise par contre un filtre à pores fines, là on risque alors que les particules fines vont s'attacher dans le filtre en formant une zone moins perméable ou bien qu'il se forme une couche des particules fines à l'extérieur qui est moins perméable. Les filtres à structure fine sont très dangereux quand il s'agit des sols ferreux ou si l'eau est chargée des particules colloïdales.

Dans une recherche en laboratoire, sur deux échantillons, nous avons constaté une diminution de la perméabilité k de l'ensemble : textile non-tissé et sol (fig. 8). En effet après une période assez courte, il y avait des particules fines dans le filtre. Après avoir déterré un tuyau de drainage enrobé d'un textile non-tissé, la perméabilité était déterminée un an après la pose, et elle était diminuée de $0,58 \cdot 10^{-2}$ m/sec jusqu'à $0,19 \cdot 10^{-2}$ m/sec donc 1/3. Les filtres classiques comme l'enrobage avec le déchet de lin ou le fibre de cocos ne montraient pas signe de colmatage.

L'expérience en drainage agricole est que les filtres à structure ouverte comme la tourbe, le déchet de lin,

le fibre de cocos donnent satisfaction tandis que les filtres à structure fine, plus souvent de non-tissés, peuvent se colmater.

4. Conclusion

On peut dire que dans le cadre de drainage agricole un filtre épais est à recommander, mais dans certains cas des textiles minces peuvent être utilisés. Un aperçu des différents matériaux textiles est donné par LEFLAIVE & PUIG (1974) et OGINK (1975). Si la fonction hydraulique n'est pas important comme par exemple dans le sable grossier et moyen avec une grande perméabilité, tous les textiles peuvent être utilisés comme enrobage dont le D_{90} est tout près du D_{90} pour les tissés et le D_{90} est tout près de $1,8 D_{90}$ pour les non-tissés quand la perméabilité des textiles est assez grande. Les tissés de bandelettes sont à éviter parce qu'ils ont souvent une faible perméabilité et ils forment des ouvertures plus ou moins isolées qui peuvent être bloquées. Si on choisit un textile tissé avec un D_{90} beaucoup plus moins que le D_{90} du sol, on risque que le textile va être colmaté par les particules fines du sol, ainsi pour les textiles non-tissés si le D_{90} est beaucoup plus moins que $1,8 D_{90}$. Dans l'état actuelle les non-tissés ne sont pas à recommander comme enrobage en drainage agricole par leur structure fine. Si la fonction hydraulique est envisagée, ce qui est souvent le cas, un filtre épais est nécessaire. C'est surtout le cas dans des sables fins, des sol sableux-limoneux et des sol limoneux. A cause de la plus grande épaisseur des matériaux organiques, la fonction drainante sera toujours meilleure que celle des textiles, même les non-tissés. Une autre question est le prix de revient qui est toujours dans l'avantage des matériaux organiques pour les mêmes conditions de perméabilité et d'épaisseur.

LEGENDE

LEFLAIVE, E. & PUIG, J. 1974. L'emploi des textiles dans les travaux de terrassement et de drainage. Bulletin de Liaison Ponts & Chaussées 69 p. 77 - 89.

OGINK, H.J.M. 1975. Investigations on the hydraulic characteristics of synthetic fabrics. Delft Hydraulics Laboratory. Publ. n° 146 17 p.

TERZAGHI, K. & PECK, R.B. 1965. Mécanique des sols appliquée aux travaux publics et au bâtiment. DUNOD. Paris 565 p.

VAN DER BEKEN, A. 1968. Les matériaux filtrants dans la technique du drainage (en néerlandais avec résumé et sous-titres en français). Mededelingen Rijksstation voor Landbouwtechniek - Merelbeke/Gent. Publ. n° 30/WB-3 115 p.