

RIGO, J. M., Université de Liège, Belgique
PERFETTI, J., Rhône Poulenc, France

ETUDE COMPARATIVE DES GEOVALVES COMPARATIVE STUDY OF THE GEOVALVES VERGLEICHENDE STUDIE ÜBER GEOVENTILE

Les géovalves sont des membranes semi-perméables, composées d'un géotextile-support et d'un sol d'apport assurant l'imperméabilisation dans le sens amont-aval, ainsi qu'une perméabilité importante dans le sens aval-amont.

Cette technique a été décrite au cours de publications précédentes.

Cette contribution présente les résultats d'une investigation visant à augmenter la qualité d'imperméabilité du dispositif. Divers ajouts ont été introduits au sol de référence (sol de décanteur de sucrerie). Par ailleurs, divers dispositifs pratiques ont été étudiés en vue de réduire les sections de passage d'eau amont-aval tout en assurant une grande perméabilité dans le sens contraire.

Geovalves are semi-waterproofing systems constituted of a geotextile support and a waterproofing soil in order to insure impermeability in the direction up to downstream and permeability in the reverse direction.

This technic has been described in previous papers.

This study presents results of comparative tests realised on cakes of different constitutions. Admixtures of various natures have been added in the reference soil (clay and lime of sugarworks). On the other hand, different practical dispositions have been analysed to improve the obtained results.

1. INTRODUCTION

L'étanchéification des retenues d'eau procède surtout, à présent, par des membranes minces, de quelques millimètres d'épaisseur.

Ces membranes ont, à ce titre, quelques points faibles :

- les soudures y sont trop nombreuses;
- elles présentent une sensibilité importante aux perforations;
- elles sont "étanches" dans les deux sens (amont-aval et aval-amont) aux liquides et aux gaz.

Ces divers inconvénients engendrent des pertes d'efficacité importantes et des dispositifs constructifs importants :

- préparation rigoureuse du support;
- mise en place et soudure des bandes;
- contrôle des soudures;
- lestage de la membrane.

Ces divers dispositifs augmentent de manière importante le coût de la construction et les risques d'endommagement de la membrane.

Sans vouloir solutionner ces divers problèmes, le concept de "GEOVALVE" offre un certain nombre d'éléments de réponse.

J.P. GIROUD {1} avait défini la membrane idéale comme étant parfaitement imperméable d'amont en aval et parfaitement perméable d'aval en amont. Sur base de ce principe, J.M. RIGO a eu l'idée de concevoir une membrane semi-perméable (appelée "géovalve") en colmatant volontairement un géotextile à l'aide de fines particules de sol.

Le géotextile est posé sur un sol perméable à étancher.

Par dépôt mécanique de remblais, on constitue en amont du géotextile une couche semi-perméable. Lorsque la pression aval devient supérieure à la pression amont (vidange du bassin ou canal, montée de la nappe phréatique, poche de gaz...), le "cake" se soulève légèrement puis se fissure; l'eau ou le gaz "aval" pénètre dans la retenue d'eau jusqu'à équilibrage des pressions. Lors du retour à la normale, le "cake" se referme soit directement par fermeture de la fissure, soit par filtration des eaux par le géotextile.

Dans le cadre de ces travaux réalisés à l'Université de Liège, l'accent a été surtout mis sur l'étanchéification des décanteurs de sucrerie. En effet, pour ces applications, on doit redouter simultanément des sous-pressions d'eau mais également et surtout des sous-pressions de gaz provenant de la méthanisation des matières organiques contenues dans les eaux des inévitables fuites.

2. LE GEOVALVE EN RAPPORT AVEC LES EXIGENCES ACTUELLES

D. FAYOUX {2} a collationné les exigences actuelles en matière d'étanchéification des retenues d'eau (Tableau 1).

Des études antérieures {3}, {4} ont permis de conclure à la faisabilité des "géovalves". Des essais en Laboratoire ont permis de constater que :

- l'emploi de matériaux banalisés (terres de décanteur..) permet d'atteindre des permittivités voisines (10^{-6} sec^{-1}) des exigences en vigueur;
- le géovalve peut jouer le rôle de clapet pour dissiper les sous-pressions plusieurs fois consécutives sans perturber la fonction d'imperméabilisation;
- sur le plan de la mise en oeuvre, le géovalve permet la constitution rapide d'un corroi sans nécessiter la

TABLEAU 1

Type d'ouvrage	k/e (sec ⁻¹)	Valeurs retenues par :
Lagunage nature	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁸	Ministère de l'Agriculture (France)
Réseau irrigation	10 ⁻⁸	Com. Prof. Agricole (France)
Bassin de sucrerie	10 ⁻⁸	Service des Mines
Grands barrages	10 ⁻⁸	Etudes particulières
Déchets chimiques neutres	10 ⁻⁷	Ministère de l'Environnement (France)
Ordures ménagères	10 ⁻⁷ à 10 ⁻¹⁰	
Produits toxiques	10 ⁻¹⁰	
Déchets urbains et industriels	10 ⁻⁸	Italie

constitution de couches filtres intermédiaires;

- la rusticité de cette technique se satisfait de terrassements sommaires, n'impose pas de liaisons particulières entre les diverses nappes de géotextiles;
- cette technique est essentiellement applicable sur les parties planes des étanchéifications;
- le géotextile joue les rôles d'écran séparateur entre les fines particules du "cake" et le support perméable, et de filtre lors de la reconstitution du "cake" après l'application d'une sous-pression
- le géotextile influence de manière très secondaire le niveau d'imperméabilité du géovalve.

Au vu de ces résultats, il apparaît donc logique de porter les efforts sur la constitution du "cake" de manière à améliorer le niveau d'imperméabilisation d'ensemble.

Pour ce faire, deux types d'actions ont été menées :

- 1) étude de la composition du "cake";
- 2) étude d'un dispositif de réduction de section du "cake" exposé à l'eau de la retenue sans altérer l'effet de clapet.

3. PROFILAGE DU "CAKE"

La première étape de cette étude a porté sur une analyse de la composition du "cake" de manière à améliorer les résultats antérieurement obtenus.

Rappelons, à cet effet, que les études antérieures avaient été menées sur un sol en provenance de décan-teur de sucrerie auquel avaient été ajoutés 15 % de sable RILEM 000 (15 à 500 µm). Les géotextiles étaient un tissé bandelette, un nontissé aiguilleté composite, un nontissé aiguilleté homogène.

Pour les raisons évoquées au § 2 ci-avant, pour cette poursuite des travaux, notre choix s'est porté sur le nontissé aiguilleté homogène.

Nous nous proposons de comparer entre-elles diverses compositions du "cake".

3.1. Disposition et procédure d'essai

Pour cette partie de l'étude, des cellules simples ont été réalisées. Elles se présentent (Figure 1) sous forme de récipients cylindriques (diamètre 10 cm, hauteur 12 cm) dont le fond est perméable. Une couche de 4 cm de grave fine (Ø moyen 4 mm) est posée sur le fond du récipient. Le géotextile est posé sur ce lit de grave. L'étanchéité à la paroi est assurée par une graisse silicone. On ajoute au sol à investiguer une proportion d'eau à raison du rapport 1/1 en masse. Ceci représente une épaisseur de "cake" de 4 mm. Après mise en place du "cake" sur le géotextile, les récipients sont remplis à niveau constant et la per-méabilité du "cake" est mesurée.

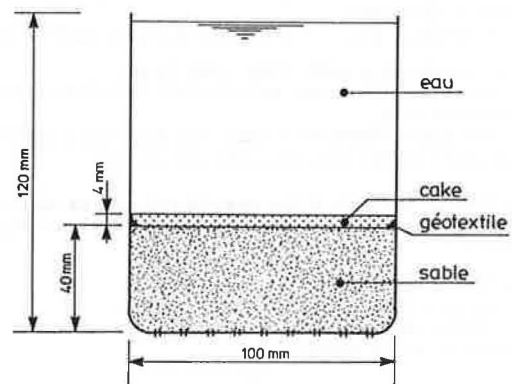


Figure 1 : dispositif employé pour la comparaison de l'effet des ajouts au sol de référence

3.2. Résultats obtenus

La composition de référence est analogue à celle des études précédentes à savoir 85 % de sol de décan-teur et de 15 % de sable RILEM 000. Les ajouts sont respectivement : la bentonite et quatre types différents d'émulsion de bitume. Les rapports des composants du "cake" sont alors : sol de décan-teur : 74 %; sable RILEM 000 : 13 %; ajout : 13 %.

TABLEAU 2

Nature du "cake" (épaisseur 4 mm)	Perméabilité (x) (m/sec)
Référence (Ref)	4,6 10 ⁻⁵
Ref + bentonite	2,3 10 ⁻⁷
Ref + émulsion A	3,2 10 ⁻⁶
Ref + émulsion B	4,4 10 ⁻⁵
Ref + émulsion C	6,6 10 ⁻⁵
Ref + émulsion D	4,8 10 ⁻⁵
(x) moyenne sur 3 mesures	

La relative faiblesse de l'ensemble des résultats s'explique surtout par le fait que le "cake" a une assez faible épaisseur. Du reste, nous attachons plus d'importance à la valeur comparative des résultats. Il apparaît que seules la bentonite et l'émulsion A améliorent le comportement du mélange de référence. Ces deux adjuvants ont dès lors été incorporés à diverses proportions, le rapport sol de décanteur/sable 000 étant maintenu constant (= 5,7).

TABLEAU 3

Nature du "cake" (épaisseur 4 mm)	Perméabilité (x) (m/sec)
Ref.	4,6 10 ⁻⁵
Ref + 2,2 % bentonite	7,6 10 ⁻⁶
Ref + 6,6 % bentonite	4,7 10 ⁻⁷
Ref + 13 % bentonite	2,3 10 ⁻⁷
Ref + 22 % bentonite	3,4 10 ⁻⁸
Ref + 2,2 % émulsion A	3,75 10 ⁻⁵
Ref + 6,6 % émulsion A	1,0 10 ⁻⁵
Ref + 13 % émulsion A	3,2 10 ⁻⁶
Ref + 22 % émulsion A	8,5 10 ⁻⁷
(x) moyenne sur 3 mesures	

La bentonite donne donc des résultats plus probants que l'émulsion A. Par ailleurs, lors de l'ajout d'une quantité importante d'émulsion, le "cake" se rigidifie de manière importante. Ceci rend le fonctionnement en "clapet" plus délicat. Nous avons dès lors décidé d'abandonner les émulsions de bitume comme adjuvant à la composition de référence.

Nous avons, par ailleurs, testé un certain nombre de compositions de "cake" comportant notamment :

- sable RILEM 0000 (85 %) + bentonite (15 %)
(k = 1,10⁻⁷ m/sec)

- sable RILEM 000 (42,5 %)
sable RILEM 0000 (42,5 %)
bentonite (15 %)
(k = 1,3.10⁻⁷ m/sec)
- argile pure
(k = 3,4 . 10⁻⁹ m/sec)
- argile pure (50 %)
limon (50 %)
(k = 3,5 . 10⁻⁹ m/sec)

Ces diverses compositions, quoique donnant des résultats assez probants, nous intéressent moins dans le cas de l'étanchéification des décanteurs car elles entraînent l'apport quasi intégral des matériaux formant le "cake". Nous préférons à cela un traitement, le plus limité possible du sol disponible sur place.

4. DISPOSITIF DE REDUCTION DE SECTION

L'étude qui précède nous a permis de comparer entre elles diverses solutions d'amélioration du sol de référence.

La deuxième partie de cette étude nous a permis de contrôler les meilleures de ces compositions dans un perméamètre de plus grande dimension et de mettre au point un dispositif de protection du "cake" et de réduction de sa section exposée à l'eau amont.

4.1. Réduction de section et protection du "cake"

Le perméamètre est constitué de deux parties cylindriques de même diamètre utile ($\varnothing = 25$ cm) (Figure 2). La partie inférieure est remplie de grave. Cette grave est surmontée par le géotextile-support mécanique du "cake". Le géotextile est fixé périphériquement à l'aide d'un anneau métallique. Le "cake" (épaisseur = 2,5 cm) est posé sur le géotextile.

Ce dispositif constitue le géovalve. De manière à protéger le "cake" contre une dessiccation trop importante lors d'une mise à sec de la retenue d'eau et de manière à réduire au maximum la section de passage de l'eau (sens amont → aval), une feuille de polyéthylène perforée de trous de 3 mm, disposés radialement en croix (entre-distance : 20 mm) est posée sur le "cake". Cette feuille de polyéthylène est lestée de 2,5 cm de grave de calibre moyen 25 mm. Le dispositif d'essai permet l'application d'une sous-pression d'air ou d'eau.

La campagne de mesures nous a permis de nous assurer que le "cake" "protégé" est perméable aux liquides et gaz aval et présente une imperméabilité très acceptable vis-à-vis des eaux amont.

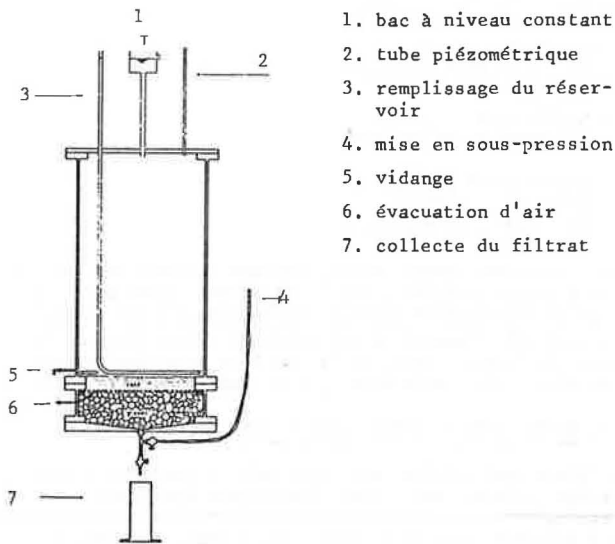


Figure 2 : dispositif de caractérisation du "cake" protégé

4.2. Résultats obtenus

Le tableau ci-après résume les résultats ($k/e \text{ sec}^{-1}$) obtenus au cours de ces expériences. Les permittivités obtenues dans les cas de placement d'une feuille de polyéthylène comme indiqué plus haut, sont données vis-à-vis du cas où cette feuille est inexistante. Ces résultats sont exprimés vis-à-vis du pourcentage de bentonite ajouté au sol de référence décrit plus haut.

TABLEAU 4

% bentonite	Permittivité $k/e \text{ (sec}^{-1}\text{)}$:	
	sans feuille perforée	avec feuille perforée
0 %	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$1,26 \cdot 10^{-5}$
2,2 %	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$3,62 \cdot 10^{-6}$
6,0 %	$8,0 \cdot 10^{-7}$	$3,39 \cdot 10^{-7}$
13,0 %	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$1,25 \cdot 10^{-7}$
22,0 %	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,65 \cdot 10^{-8}$

4.3. Analyse des résultats

Le fait de placer une couche intercalaire perforée sur le "cake" améliore sensiblement les résultats. La section de passage possible pour le courant amont-aval est réduite. Par ailleurs, le dispositif conserve une grande perméabilité pour les courants aval-amont. D'autres dispositions pratiques sont actuellement à l'étude et qui annoncent des résultats meilleurs encore que ceux annoncés ci-avant.

5. CONCLUSIONS

L'analyse présentée ci-avant se base sur un concept simple et audacieux. Les résultats obtenus jusqu'à présent vont vers une amélioration sensible. Du reste, les permittivités obtenues entrent dans la gamme des résultats exigés en pratique.

6. BIBLIOGRAPHIE

{1} GIROUD J.P.
Conception de l'étanchéité des ouvrages hydrauliques par géomembrane.
RILEM - ICP - CEP, Symposium, Liège, juin 1977.

{2} FAYOUX D.
Etanchéité superficielle par traitement de sol.
Rapport Général. Colloque "Etanchéité superficielle", volume II, Paris, 1983.

{3} RIGO J.M. - PERFETTI J.
A new sealing process : geovalves.
Materials for Dams, Monte Carlo, 1984.

{4} RIGO J.M. - FALYSE E. - PERFETTI J.
Emploi des géotextiles volontairement colmatés dans les systèmes d'étanchéité : les géovalves.
RILEM - ICP - CEP, Symposium, Liège, juin 1984.