

FILTRATION DE BOUE ARGILEUSE PAR GÉOTEXTILES : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

FILTRATION OF CLAYEY SLUDGE BY THE USE OF GEOTEXTILES: EXPERIMENTAL STUDY

Philippe DELMAS¹, Camille BARRAL², Guillaume STOLTZ²

1 Cnam, Paris, France

2 IRSTEA, Antony, France

RÉSUMÉ – La prévision du colmatage du géotextile par des particules fines en suspension dans l'eau sans additifs étudiée expérimentalement fait l'objet de cette communication. L'influence de différents paramètres clés est analysée et discutée en détail. La performance de différents systèmes est comparée sur la base de l'analyse des sols retenus et du passant, du temps avant colmatage et des caractéristiques du "cake". Des critères pour la conception du géotextile pour la filtration de particules fines en suspension sont proposés : augmentation significative de concentration de solides en amont du géotextile sur une période relativement courte, perte initiale de fines au travers du géotextile limitée dans le temps et quantité de passants réduite et acceptable vis-à-vis de l'impact sur l'environnement.

Mots-clés : Filtration, Boue argileuse, Fine, Suspension, Géotextile

ABSTRACT – The forecast of clogging of the geotextile by fine particles in suspension in the water without additives is experimentally studied. The influence of key parameters is analysed and discussed in detail. The performance of various systems is compared based on the analysis (1) of the retained and passing soils, (2) of the time before clogging, (3) of the characteristics of the "cake". Criteria for the design of geotextiles for filtration of fine particles in suspension are proposed: (1) a significant increase of concentration of solids upstream of the geotextile, over a relatively short period, (2) an initial but time-limited loss of fines through the geotextile, (3) a reduced acceptable quantity of passing soils with regards to the environmental impact.

Keywords: Filtration, Clayey sludge, Fine, Suspension, Geotextile.

1. Introduction

La filtration de sols granulaires en suspension dans l'eau a été largement étudiée et est utilisée depuis beaucoup d'années dans de nombreuses applications. Néanmoins, la filtration de particules fines en suspension dans l'eau, ou de boue argileuse, par un géotextile, plus complexe, l'a moins été ; en pratique quand les géotextiles sont utilisés comme filtre de sols fins, des additifs, comme des flocculants, sont généralement utilisés pour éviter l'apparition d'un "cake".

La prédiction du colmatage du géotextile par des fines en suspension dans l'eau sans additifs a été principalement étudiée grâce à des modèles empiriques décrivant l'augmentation de perte de charge dans le géotextile au moyen d'essais de colmatage (Faure et al., 2006). Ces travaux, réalisés sur différents géotextiles, ainsi que pour différentes concentrations de fines dans l'eau, permettent d'évaluer une quantité maximale acceptable de particules injectées sur le géotextile, avant colmatage. Cette quantité est, dans la plupart des cas, très faible. Plus récemment, les études de filtration de boue minérale confirment la faisabilité de cette technique pour l'essorage des boues à contenu d'argile élevé et avec une conductivité hydraulique basse (Bourgès-Gastaud et al., 2014). Néanmoins, ces dernières études confirment que l'influence du géotextile est essentiellement observée au début de l'essai avant la création du "cake". Ensuite, ce dernier devient le contributeur majeur de la perméabilité du système boue-"cake"-géotextile. Les paramètres influençant la performance sont, entre autres, la concentration de particules, la distribution de la taille des particules, le type de flux d'eau et les caractéristiques du géotextile (par ex. ouverture de filtration, perméabilité normale au plan, structure).

La présente étude vise à préciser de manière systématique l'influence des caractéristiques du géotextile sur la formation du "cake". L'influence de paramètres clés est analysée, tel que le type de sol, la concentration des fines, le type de flux d'eau et le type de géotextile. La communication présente la performance des différents systèmes sur la base de l'analyse des sols retenus et des passants, du temps avant colmatage et des caractéristiques du "cake".

2. Présentation de l'objectif de l'étude et bases de l'expérimentation

2.1 Mécanisme général de filtration

La filtration de particules en suspension a été étudiée et décrite par beaucoup d'auteurs (Moo-Young et al., 2002), (Faure et al., 2006), (Lawson, 2006), (Muthukumaran et Ilamparuthi, 2006), (Delmas, 2007). Il est généralement admis par tous les auteurs que les mécanismes de la filtration de particules en suspension, diffèrent de ceux de la filtration classique dans les applications de drainage, et cela bien que les paramètres en jeu puissent être les mêmes.

Dans les applications classiques, le rôle du filtre géotextile agit comme un catalyseur : il assure l'équilibre et retient les particules du squelette en facilitant la création d'un auto-filtre à son interface avec le sol, tout en laissant passer les particules les plus fines. La conception du géotextile est alors basée sur trois critères : retenir les plus grosses particules et stabiliser le squelette, laisser passer les particules les plus fines et assurer une perméabilité minimale normale au plan.

La filtration de particules en suspension est très différente de la filtration conventionnelle dans un sol et les critères de filtre classiques ont donc peu de pertinence dans ce cas. Au début d'un essai de filtration de sol en suspension, la filtration de la boue est contrôlée par les propriétés du géotextile. Puis au cours de la filtration, on peut observer qu'une couche de fines se dépose à la surface du géotextile et forme un "cake". La taille et la stabilité de celui-ci dépend du type et de l'intensité du flux, de la concentration des particules, de la différence de pression entre l'amont et l'aval du géotextile et de la structure du géotextile (Soo-Khean Teoh et al., 2006), (Chi Tien et al., 2011). Dans le cas où un "cake" s'est formé, la filtration, après une courte période, ne sera plus contrôlée par les propriétés du géotextile, mais par celles du "cake". Dans ce cas le processus de filtration peut être évalué par la théorie de filtration dans des médias poreux. On pourra alors suivre l'augmentation de la perte de charge à travers le "cake". Celle-ci est partiellement due à l'augmentation de la longueur des chenaux par lesquels l'eau circule et est donc basée sur un mécanisme différent de la réduction de perméabilité liée au colmatage du géotextile.

Les auteurs s'accordent en général pour dire qu'il existe trois critères de performance globaux pour la filtration de particules en suspension :

- à l'amont, il doit y avoir une augmentation significative de la concentration des fines et ceci dans une période de temps relativement courte;
- en aval, il peut y avoir une perte initiale de fines à travers le géotextile mais le total du passant solide doit rester limité, ou être réduit significativement, l'eau pouvant elle continuer à s'écouler,
- en aval, la qualité de l'effluent doit être acceptable en ce qui concerne l'impact sur l'environnement.

Dans la pratique, les paramètres de conception qui influencent le comportement du filtre comprennent, entre autres, la concentration de particules en amont du géotextile, la distribution de taille des particules, le type de flux (débit constant ou charge constante) et la différence de pression entre l'amont et aval du géotextile. En ce qui concerne le géotextile, les paramètres qui influencent la filtration sont l'ouverture de filtration, la perméabilité normale au plan, mais aussi vraisemblablement la structure du géotextile. Comme la perméabilité du système évolue avec la progression du colmatage, la perméabilité initiale du géotextile n'apparaît pas comme un paramètre important.

2.2 Objectif de l'étude expérimentale

L'étude expérimentale vise à préciser systématiquement l'influence des caractéristiques de géotextile sur la formation du "cake". Quatre paramètres ont été étudiés plus spécifiquement :

- (a) la granularité de sol (bien gradué ou uniforme);
- (b) la concentration des fines (6 concentrations différentes ont été testées de 70 g/l à 700 g/l);
- (c) le type de flux de boue (débit constant ou perte de charge constante)
- (d) le type de géotextile (7 types : non-tissés thermoliés, non-tissés aiguilletés et tissés).

Comme la perméabilité du système évolue avec la création du "cake", les performances des systèmes de filtration différents sont comparées sur la base de l'analyse du sol retenu et du passant, du temps avant colmatage et de la caractérisation globale du "cake".

Un dispositif spécifique d'essai a été développé avec une cellule horizontale où le géotextile testé est placé verticalement. Cette conception vise à reproduire des conditions d'utilisation réalistes où le filtre est souvent placé en position verticale.

3. Présentation de l'expérimentation

3.1 Hypothèses, paramètres et conditions d'essais

3.1.1 Types de sols utilisés pour les essais de filtration

La boue argileuse peut être caractérisée par le type de particules d'argile qui la constitue ainsi que par sa granularité. Dans la présente étude, on a choisi de se concentrer seulement sur l'influence de la forme de courbe de granularité avec deux principaux types de sols, un uniforme et un bien gradué. Les deux sols testés sont une kaolinite de granularité uniforme (coefficient d'uniformité, $C_U = 4,5$), nommé sol (A), et un sol bien gradué, nommé sol (B), constitué de la combinaison de kaolinite et de limon ($C_U = 13$). Les distributions de tailles de particule de sols sont présentées dans le Tableau 1 et sur la Figure 1.

Tableau 1. Distribution des tailles de particules des sols utilisés dans les essais de filtration.

Sol	d10 (mm)	d50 (mm)	d60 (mm)	d85 (mm)	C_U
A	0,0014	0,005	0,06	0,016	4,5
B	0,0051	0,045	0,067	0,13	13

3.1.2 Propriétés de la boue, concentration des particules et conditions de flux

Les deux sols utilisés ont été testés à des concentrations différentes et pour des conditions de flux différentes.

Pour les concentrations les plus faibles, un débit constant de boue a été utilisé. Une valeur de débit de 0,5 L/minute est maintenue jusqu'à ce qu'une pression de 40 kPa soit atteinte en amont du filtre ; ensuite le test est poursuivi à charge constante.

Pour les concentrations les plus élevées, les essais sont réalisés à charge constante (avec un maximum de 10 kPa).

Le Tableau 2 présente les différentes conditions d'essais utilisées.

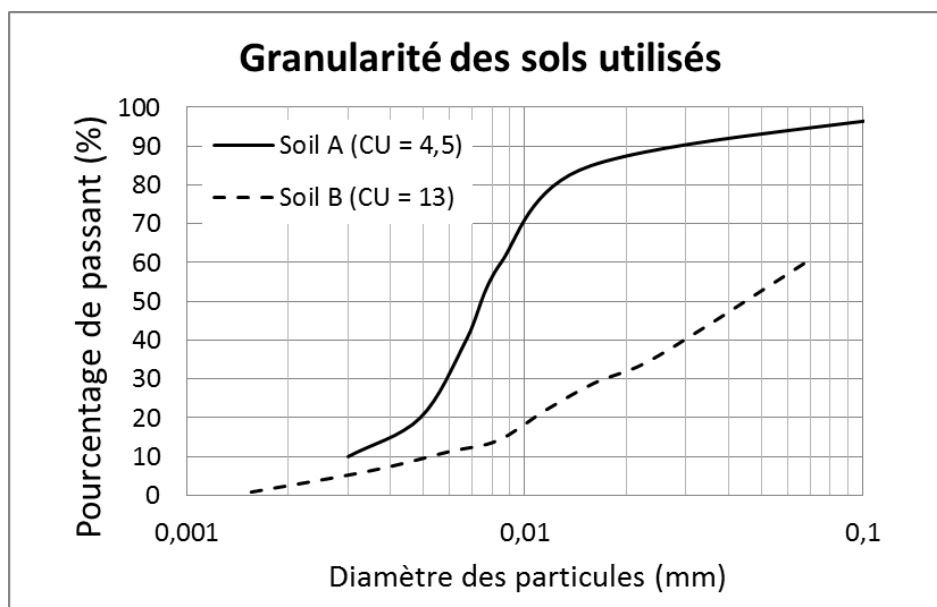


Figure 1. Distribution des tailles de particules des sols utilisés dans les essais de filtration.

Tableau 2. Flux et concentrations testés.

Conditions de flux de la boue	Concentration de particules solides (g/L)		
Charge constante (10kPa)	400 g/L	500 g/L	700 g/L
Débit constant (0,5 L / min.)	70 g/L	100 g/L	200 g/L

3.1.3 Appareillage d'essais et mise en place du géotextile

Les figures 2 et 3 présentent la cellule utilisée pour les essais de filtration de boue. En amont un réservoir avec un mélangeur permet de maintenir une concentration prédéfinie constante et uniforme de fines dans la boue. Le système de pompage détermine et contrôle les conditions de flux à l'entrée de la cellule de filtration. Un capteur de pression est placé au sommet de la cellule. Le géotextile de filtration, maintenu par une grille métallique pour éviter sa déformation, est testé sur un diamètre de 15 cm. La boue passant est régulièrement pesée pendant l'essai et recueillie pour des analyses ultérieures.

On note que la cellule (volume $8,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$) a été placée horizontalement et le géotextile de filtration verticalement. Ceci a permis de séparer clairement le comportement de sédimentation à l'amont du filtre du comportement de filtration proprement dit.

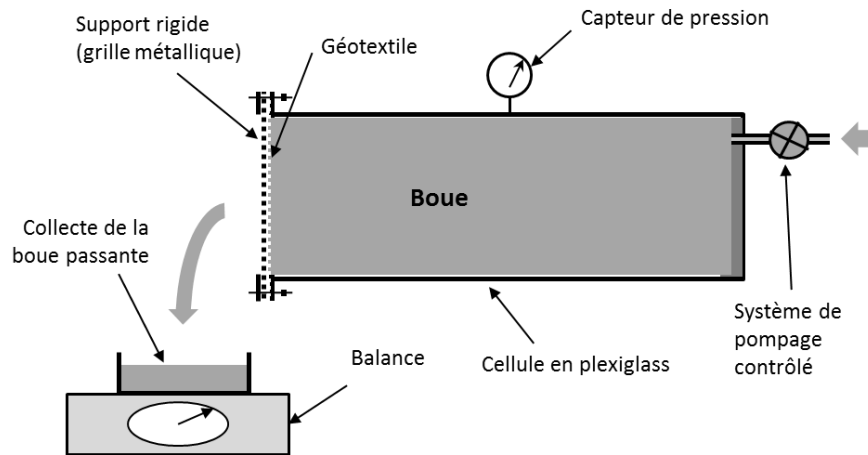


Figure 2. Schéma de principe de la cellule d'essai utilisée pour les essais de filtration.

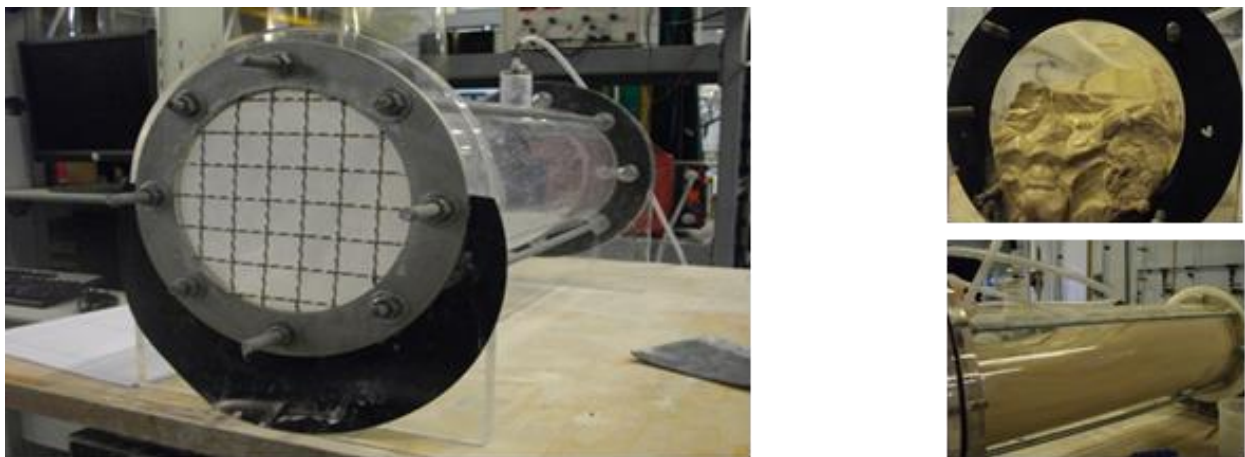


Figure 3. Vues de la cellule d'essai avant remplissage par la boue (gauche) et après l'essai (droite) ; l'effet de la sédimentation des fines dans la cellule peut être observé sur les photos de droite.

3.1.4 Géotextiles testés et conditions d'essais correspondantes

Les tableaux 3 et 4 présentent les caractéristiques des différents géotextiles testés avec les configurations correspondantes des procédures d'essai.

Tableau 3. Caractéristiques hydrauliques et d'identification des différents géotextiles testés.

* pour simuler un tissé avec une ouverture de filtration de l'ordre de 50 – 60 μm , un tamis métallique a été utilisé (W-2), en raison de la difficulté de trouver un géotextile tissé équivalent.

Géotextile	Structure	O ₉₀ (μm) (EN ISO 12956)	Capacité de débit dans le plan (EN ISO 11058)	Masse surfacique (EN ISO 9864)
(NWTB-1)	Non-tissé thermolié	< 50 μm	8 mm/s	160 g/m ²
(NWTB-2)		< 50 μm	1 mm/s	220 g/m ²
(NWMB-1)	Non-tissé aiguilleté	91 μm	105 mm/s	190 g/m ²
(NWMB-2)		54 μm	14 mm/s	800 g/m ²
(W-1)	Tissé	109 μm	13 mm/s	327 g/m ²
(W-2)*		63 μm	127 mm/s	(-)

Tableau 4. Sols testés avec différents géotextiles, conditions hydrauliques et concentrations en fines

Conditions hydrauliques	Débit constant (0,5 L / min.)			Charge constante (10 kPa)		
	70 g/L	100 g/L	200 g/L	400 g/L	500 g/L	700 g/L
Concentration en fines						
Géotextile	Sol(s) testé(s)					
(NWTB-1)	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B
(NWTB-2)	A, B	A, B			A, B	A, B
(NWMB-1)		A, B	A, B	A, B	A, B	A, B
(NWMB-2)		A, B	A, B	A, B	A, B	A, B
(W-1)		A, B	A, B	A, B	A, B	A, B
(W-2)	B	A, B	A, B	A, B	A, B	A, B

Rappel : sol A uniforme ($C_U = 4,5$); sol B bien gradué ($C_U = 13$)

4. Résultats de l'étude expérimentale de filtration

4.1 Observations et paramètres suivis au cours de l'essai

4.1.1 Différents comportements observés

Selon le type de géotextile, la concentration et les conditions hydrauliques, des comportements différents ont été observés :

- dans un premier cas, une grande quantité de boue passe à travers le géotextile, la cellule ne peut pas être remplie, aucun système de filtration stable n'est établi ;
- dans le second cas, une quantité limitée de boue passe au travers du géotextile, la cellule est remplie et un système de filtration stabilisé est observé ;
 - soit avec colmatage complet du géotextile après un certain temps ; ni fines, ni eau ne passent au travers du géotextile à la fin de l'essai ;
 - soit, après un certain temps, un arrêt du passage des fines à travers géotextile est observé, l'eau continuant cependant à s'écouler.

Le Tableau 5 présente, pour un débit constant et les concentrations de fines les plus faibles, l'efficacité du système, évaluée par le ratio (masse cumulée de boue passant) / (masse cumulée du débit théorique de boue). On observe que, dans une grande majorité des cas, la cellule ne peut pas être remplie ; cela signifie que les ouvertures de filtration du géotextile sont trop grandes pour agir comme un filtre et/ou que la concentration de fines est trop faible.

De même, le Tableau 6 présente, à charge constante et pour les concentrations de fines les plus élevées, le niveau de stabilisation des systèmes de filtration.

La Figure 4 montre des comportements typiques observés dans la cellule de filtration. Après avoir vidé la cellule à la fin de l'essai, la photo (a) montre le "cake" formé au contact du géotextile et au fond de la cellule l'accumulation de fines liée au phénomène de sédimentation. La Figure 4, côté gauche, confirme l'intérêt du positionnement vertical du géotextile montrant que la création du "cake" n'est pas influencée par cette disposition de la cellule et que la sédimentation des fines à l'intérieur de la cellule

n'influence pas directement le comportement du filtre. La Figure 4, côté droit, montre le "cake" créé dans le cas du géotextile (NWTB-1).

Tableau 5. Efficacité du système de filtration à débit constant, évaluée par le ratio (masse cumulée de boue passant) / (masse cumulée du débit théorique de boue).

Sol	Sol A (uniforme, CU = 4,5)			Sol B (bien gradué, CU = 13)		
	70 g/L	100 g/L	200 g/L	70 g/L	100 g/L	200 g/L
(NWTB-1)	12 %	11 %	3 %	*cnr	*cnr	40%
(NWTB-2)	16 %	7 %		*cnr	*cnr	
(NWMB-1)		*cnr	*cnr		*cnr	*cnr
(NWMB-2)		22%	21 %		*cnr	*cnr
(W-1)		*cnr	*cnr		*cnr	*cnr
(W-2)		35%	8%		*cnr	*cnr

*cnr : cellule non remplie

Tableau 6. À charge constante, niveau de stabilisation des systèmes, évalué par le passant de boue et/ou le passant de fines:

(S) système stabilisé (aucune fine ne passe après un certain temps),

(U-S) le système de filtration n'est pas stabilisé (des fines continuent à passer).

Sol	Sol A (uniforme, CU = 4,5)			Sol B (bien gradué, CU = 13)		
	400 g/L	500 g/L	700 g/L	400 g/L	500 g/L	700 g/L
(NWTB-1)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)
(NWTB-2)		(S)	(S)		(S)	
(NWMB-1)	(U-S)	(S)	(S)	(S)	(U-S)	(S)
(NWMB-2)	(S)	(S)	(S)	(U-S)	(U-S)	(S)
(W-1)	(S)	(U-S)	(S)	(U-S)	(U-S)	(U-S)
(W-2)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)	(S)



Figure 4. Photos d'observations typiques de la cellule en fin d'essai.

4.1.2 Paramètres suivis pour la caractérisation du comportement en filtration (contrôlé par le géotextile)

Lors des essais de filtration, on peut comparer les comportements des différents systèmes sur la base des critères suivants :

(1) la qualité de l'effluent en ce qui concerne impact sur l'environnement; soit par la masse totale de boue, et plus précisément par la masse totale de fines passant ;

(2) si des fines passent au travers du géotextile pendant l'essai, limitation sur une période courte de temps et stabilisation du phénomène ; à cet égard, on considérera comme positif que de l'eau propre continue à passer à travers le géotextile ;

(3) augmentation significative de la concentration de solides en amont du géotextile, sur une période courte, ceci étant la conséquence du critère (2).

4.2 Résultats de l'étude expérimentale : comparaison des différents géotextiles

Pour cette analyse, on exclura les essais pour lesquels la cellule n'a pas pu être remplie.

4.2.1 Masse cumulée passant au travers du géotextile : évaluation de l'efficacité du géotextile

Essais à débit constant

Pour le sol bien gradué (B), on peut voir (Tableau 5) que pour les faibles concentrations dans la plupart des essais, la cellule n'a pas pu être remplie. On a observé que les particules plus grossières sédimentent dans la cellule avant de pouvoir atteindre le filtre géotextile et que les particules les plus fines qui atteignent le filtre sont trop petites pour être filtrées et/ou pour créer un "cake".

Les courbes de granularité du passant montrent que, pour tous les géotextiles, 80 % des particules sont plus petites que 30 μm . Étant donné que tous les géotextiles testés ont une ouverture de filtration (O_{90}) supérieure ou égale à 50 μm et que 40 % des particules de la granulométrie initiale du sol B ont un diamètre $\leq 30 \mu\text{m}$, l'observation montre que le système se comporte comme si la boue n'était constituée qu'avec des fines ayant un diamètre $\leq 30 \mu\text{m}$, soit avec des concentrations au niveau du géotextile plus basses que les valeurs nominales : 38 g/L (au lieu de 70 g/L), 40 g/L (au lieu de 100 g/L), 80 g/L (au lieu de 200 g/L). Cette constatation devra être confirmée pour d'autres concentrations.

Au contraire pour le sol uniforme (A), un meilleur comportement est observé. Ceci est probablement lié au fait qu'en raison de la faible taille des particules, aucune sédimentation importante n'a lieu dans la cellule avant que la boue n'atteigne le filtre géotextile. Le Tableau 5 montre que :

- les géotextiles de plus grande ouverture de filtration (NWMB-1; $O_{90} = 91 \mu\text{m}$) et (W-1; $O_{90} = 109 \mu\text{m}$) ne bloquent pas les particules et la cellule ne peut pas être remplie ;

- pour les autres géotextiles, un comportement de filtration est observé avec une réduction dans le temps de la masse de boue passante par rapport au flux théorique; on peut classer les géotextiles par réduction croissante de la masse de boue passante pour la même concentration (par exemple 100 g/L) (NWTB-2), (NWTB-1), (NWMB-2), (W-2). De la même façon pour un même géotextile (NWTB-1) une réduction plus importante de la masse de boue passante est observée quand la concentration augmente. On peut aussi interpréter ces résultats par un ratio d'efficacité à débit constant défini comme le rapport de la (masse solide retenue dans la cellule) par la (masse de boue passant) (Figure 5).

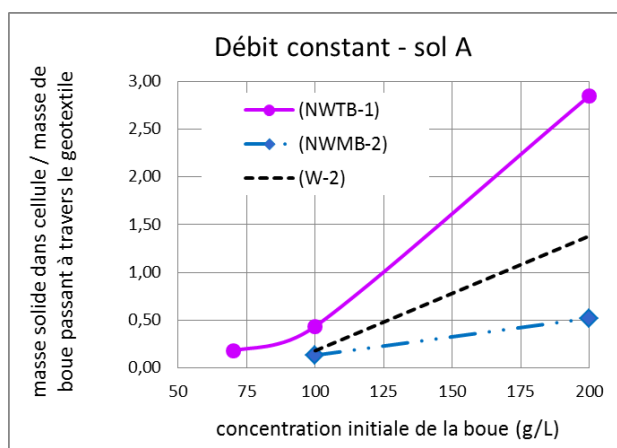
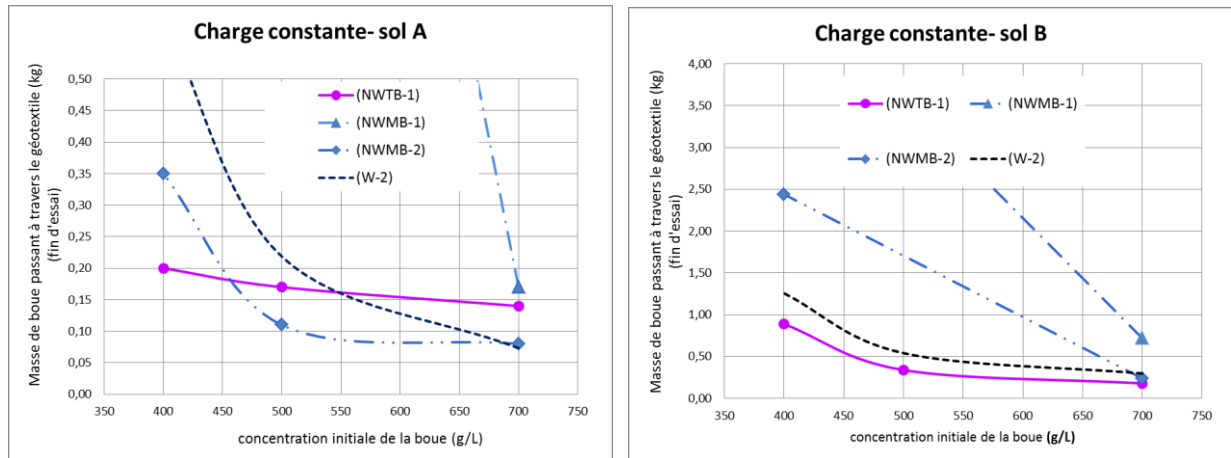


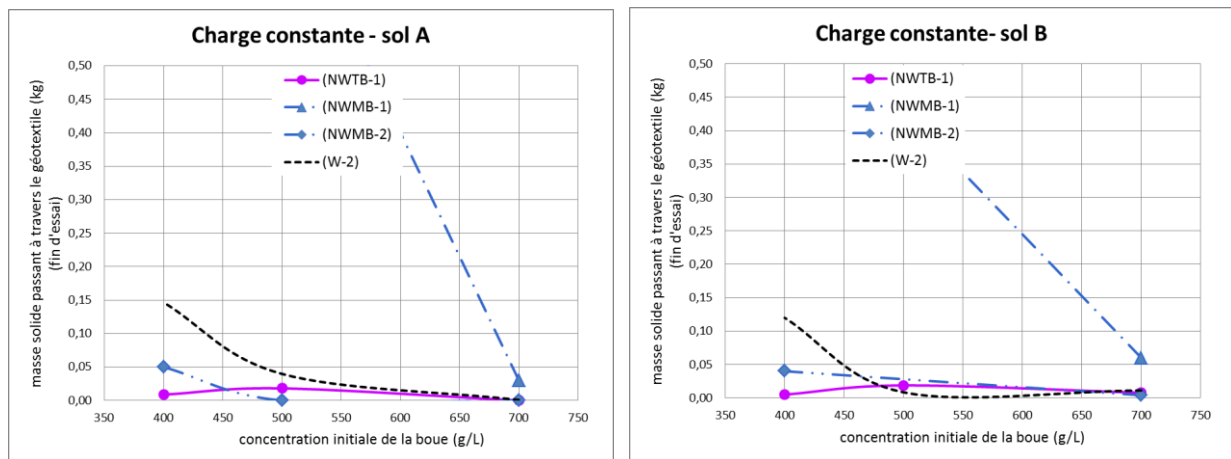
Figure 5. Ratio de la masse solide retenue dans la cellule par la masse de boue passant au travers du géotextile en fonction de la concentration initiale de boue pour différents géotextiles.

Essais à charge constante

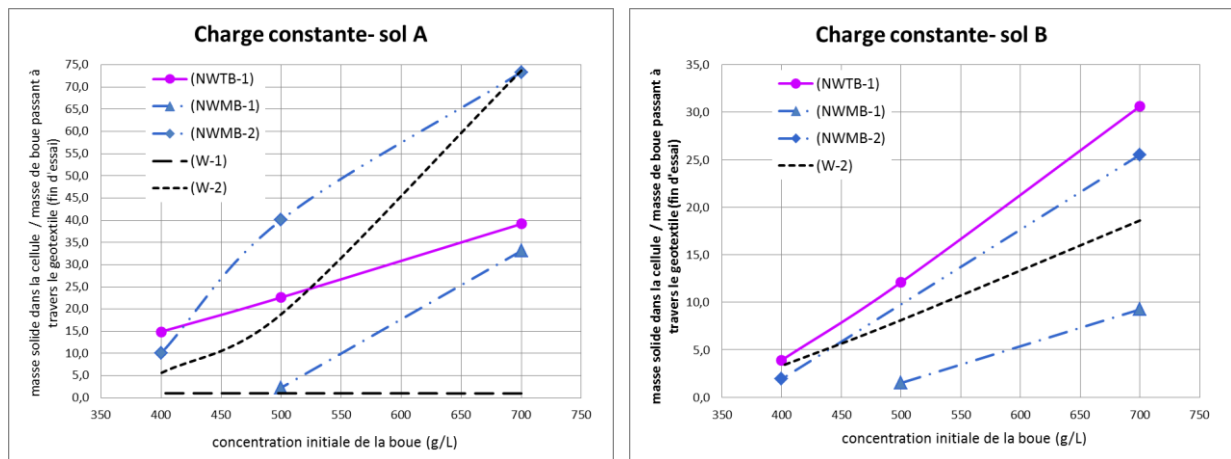
La Figure 6 présente les comportements comparés selon le géotextile et la concentration initiale de la boue dans les conditions à charge constante.



(a) Masse de boue passant à travers le géotextile mesurée à la fin de l'essai



(b) Masse de solide passant à travers le géotextile mesurée à la fin de l'essai



(c) Ratio d'efficacité à charge constante égal à la masse solide retenue dans la cellule divisée par la masse de boue passant au travers du géotextile

Figure 6. Comportements en filtration à charge constante comparés suivant le type de géotextile et la concentration initiale de boue.

Pour cette première série d'essais, ceux-ci ont été interrompus lors de l'observation de l'arrêt du passage de fines. Afin d'évaluer la qualité des effluents vis-à-vis de l'environnement comme défini dans le paragraphe 4.1.2, les deux graphiques (a) présentent la masse de boue passant au travers du géotextile mesurée à la fin du test et les deux graphiques (b) présentent la masse de solides passant au travers du géotextile mesuré à la fin du test. On observe que la masse de boue, ainsi que la masse de fines, passant au travers du géotextile diminuent quand la concentration en fines augmentent, aussi bien

pour le sol (A) que pour le sol (B); on peut expliquer ceci par une création plus rapide du "cake" au contact du géotextile en cas de concentration plus élevée de fines ; les géotextiles de plus grande ouverture de filtration (par exemple. NWMB-1) laissent passer plus de boue et aussi plus de fines ; pour les deux types de sol, uniforme et bien gradué, pour les géotextiles avec une ouverture de filtration plus petite (par exemple. NWTB-1, W-2, NWMB-2) on observe une réduction de la quantité de fines passant, bien que la masse de boue passant ne soit pas négligeable; cela signifie que la quantité d'eau passant augmente en proportion.

C'est pourquoi, il semble intéressant de regarder l'efficacité de filtre tel que défini au paragraphe 4.1.2 (3). Celui-ci peut être évalué, par exemple, par le ratio (masse de solide dans la cellule) divisé par (masse de boue passant au travers du géotextile) mesuré en fin d'essai (Figure 6-c); le ratio le plus élevé correspondant à une meilleure efficacité. On constate de manière générale que plus l'ouverture de filtration est faible, meilleure est l'efficacité évaluée par ce ratio. Néanmoins, à cette étape de l'étude, il serait intéressant d'évaluer plus précisément le comportement à long terme du système de filtration (géotextile + "cake") et de comparer différents géotextiles sur une période de temps plus longue. Le fait que cette première série d'essais aient été arrêtée sur la base de l'observation visuelle de l'arrêt du passage de fines ne permet pas de caractériser le "cake", ni d'évaluer son comportement à long terme. Néanmoins, les résultats obtenus confirment une différence claire entre les types différents de géotextiles. Ceci justifie la prochaine étape de l'étude sur la caractérisation de la résistance du "cake" en fonction des géotextiles, des types de sols et des concentrations. Les premiers résultats de cette deuxième étape de l'étude (en cours), semblent confirmer que la structure du produit a une incidence significative sur le comportement en filtration. Ces résultats seront présentés ultérieurement.

Distribution des tailles de particules du sol passant

La distribution des tailles de particule du sol passant a été mesurée et est présentée pour le sol B dans les conditions de débit constant (Figure 7).

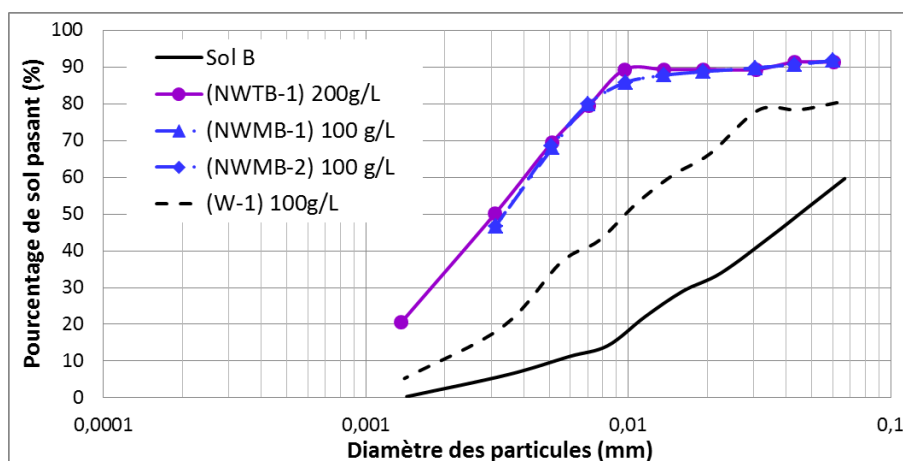


Figure 7. Distributions de tailles de particules du sol passant (sol B, débit constant) pour différents géotextiles testés.

L'analyse des distributions de taille de particules obtenues sur les sols passants montre que pour tous les produits non-tissés avec une petite ouverture de filtration ($\leq 50 \mu\text{m}$ à $91 \mu\text{m}$), le sol passant est fait de particules avec un diamètre $\leq 10 \mu\text{m}$ quand "cake" n'est pas encore formé. Pour le produit tissé avec une plus grande ouverture de filtration ($109 \mu\text{m}$), de plus grandes particules avec un diamètre jusqu'à 30 à $40 \mu\text{m}$ ne sont pas bloquées par le géotextile. Ceci semble confirmer l'intérêt de géotextiles avec des petites ouvertures de filtration dans ce type d'application.

5. Discussion et conclusion

L'étude présentée a permis de préciser l'influence des caractéristiques du géotextile sur le comportement en filtration de fines en suspension. Différents paramètres ont été analysés et discutés : le type de sol (bien gradué ou uniforme), la concentration des fines (6 concentrations différentes de 70 g/l à 700 g/l), le type de flux d'eau (débit constant ou charge constante) et le type de géotextile (7 types :

non-tissés thermoliés, aiguilletés et tissés). Le dispositif d'essai spécifique avec une cellule horizontale permettant de tester un géotextile placé verticalement a permis de séparer le comportement en filtration du phénomène de sédimentation des particules. La performance des différents systèmes a été comparée sur la base de l'analyse des sols retenus et du passant. Elle permet de proposer un processus d'optimisation de la conception du géotextile pour la filtration de fines en suspension : (1) stabilisation du processus de filtration, (2) augmentation significative de la concentration de solides en amont du géotextile, ce sur un temps relativement court, (3) perte initiale de fines au travers du géotextile limitée dans le temps, (4) perméabilité acceptable à long terme du système de filtration.

Cette étude a permis de montrer l'intérêt des géotextiles de faible ouverture de filtration et parmi ceux-ci ($O_{90} \leq 60 \mu\text{m}$), ceux avec une structure non-tissée thermoliée semblent offrir le meilleur compromis entre l'ouverture de filtration et le support pour un "cake" approprié pour une perméabilité à long terme suffisante. Cette première étape doit être confirmée par l'étude spécifique en cours sur la caractérisation de la performance du "cake" et son comportement à long terme.

6. Remerciements

Les auteurs remercient particulièrement Hajer Bannour (IRSTEA) pour sa participation importante à ce travail ainsi que pour la réalisation de certains essais présentés dans cette communication.

7. Références bibliographiques

- Bourgès-Gastaud S., Stoltz G., Sidjui F., Touze-Foltz N. (2014). Nonwoven geotextiles to filter clayey sludge: an experimental study. *Geotextiles and Geomembranes, Volume 42*, pp. 214-223.
- Chi Tien, Bandaru V., Ramarao (2011). Revisiting the laws of filtration: an assessment of their use in identifying particle retention mechanisms in filtration. *Journal of Membrane Science, Issue 383*, pp. 17-25.
- Delmas P. (2007). Dewatering of waste and contaminated soils by using geotextile tubes. *CR of Geo-Environmental Engineering, 7th Japan-Korean-French seminar, 22-24 May*.p. 4 p.
- Faure Y.H., Baudoin A., Pierson P., Ple O. (2006). A contribution for predicting geotextile clogging during filtration of suspended solids. *Geotextiles and Geomembranes, February, 24(Issue 1)*, pp. 11-20.
- Lawson C.R. (2006). Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. *C.R. of 8th Int. Conf. on Geosynthetics, September*.p. 41 p.
- Moo-Young H.K., Gaffney D.A., Mo X. (2002). Testing procedures to assess the viability of dewatering with geotextile tubes. *Geotextiles and Geomembranes, October, Volume 20(Issue 5)*, pp. 289-303.
- Muthukumar A.E., Ilamparuthi K. (2006). Laboratory studies on geotextile filters as used in geotextile tube dewatering. *Geotextiles and Geomembranes, August, 24(Issue 4)*, pp. 210-219.
- Soo-Khean Teoh, Tan R.B.H., Chi Tien (2006). Analysis of cake filtration data - a critical assessment of conventional filtration theory. *AIChE Journal, October, 52(n° 10)*, pp. 3427-3442.