

INFLUENCE DE LA MASSE SURFACIQUE DE BENTONITE SUR LE FLUX À TRAVERS LES GÉOSYNTHÉTIQUES BENTONITIQUES

INFLUENCE OF THE MASS PER UNIT AREA OF BENTONITE IN GCLS ON THE FLOW RATE

Nathalie TOUZE-FOLTZ¹, Adeline COURTÉ², Didier CROISSANT¹

¹ Cemagref, Antony, France

² Polytech'Orléans, Orléans, France

RÉSUMÉ – Le flux et la conductivité hydraulique de neuf éprouvettes d'un même géosynthétique bentonitique ont été évalués afin de quantifier l'impact de la masse surfacique de bentonite sèche sur ces grandeurs. Les masses surfaciques de bentonite sèche du géosynthétique bentonitique étudié étaient comprises entre 3,9 et 7 kg/m². Les résultats obtenus mettent en évidence une décroissance du flux, puis une croissance, avec un minimum obtenu pour une masse surfacique de bentonite sèche proche de 5,5 kg/m². Aucune évolution significative de la conductivité hydraulique n'est observée pour des masses surfaciques inférieures à 6 kg/m². Ces résultats montrent la nécessité d'assortir la valeur de la conductivité hydraulique d'une valeur d'épaisseur fonctionnelle des géosynthétiques bentonitiques.

Mots-clés : géosynthétiques bentonitiques, mesure, flux, conductivité hydraulique, masse surfacique.

ABSTRACT – Flow and hydraulic conductivity of 9 specimens of a given geosynthetic clay liner were quantified in order to evaluate the effect of the mass per unit area of dry bentonite on these parameters. Masses per unit area of the specimens ranged between 3.9 and 7 kg/m². Results obtained show a decrease in flow rate followed by an increase, with a minimum obtained for a mass per unit area around 5.5 kg/m². No significant evolution of the hydraulic conductivity was noticed for masses per unit area below 6 kg/m². These results highlight the need to give simultaneously a hydraulic conductivity value and a thickness value for the geosynthetic clay liner in order to properly estimate its hydraulic efficiency.

Keywords: Geosynthetic clay liners, measurement, flow rate, hydraulic conductivity, mass per unit area.

1. Introduction

Les géosynthétiques bentonitiques sont notamment utilisés en fond d'installations de stockage de déchets en renforcement de la barrière passive ou en substitution partielle. Dans ce cas de figure, l'équivalence avec la barrière passive réglementaire doit être démontrée. Le guide de recommandations pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets dans sa version 2 (MEEDDAT, 2009) a pour objectif de définir des règles de bonne pratique en matière de recherche de solutions équivalentes en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets. Dans le cas où un géosynthétique bentonitique (GSB) est utilisé pour une équivalence en barrière passive, le guide indique que la masse surfacique de bentonite sèche doit être égale à 5 kg/m². Il n'est pas précisé de plage de variation pour cette valeur de la masse surfacique. La version précédente du guide (MEDD, 2002) préconisait une masse surfacique minimale de bentonite sèche égale à 5 kg/m². La bentonite contenue dans les GSB utilisés pour l'équivalence en fond d'installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) doit être sodique, au sens large, c'est-à-dire sodique naturelle ou calcique activée au sodium.

La masse surfacique de la bentonite dans les GSB est mesurée selon la norme NF EN 14196, sur 5 éprouvettes. Si la norme indique que des valeurs moyennes de masse surfacique doivent être fournies pour les géosynthétiques constitutifs du GSB, ou du GSB dans son entier, elle ne donne aucune précision quant à la valeur de la masse surfacique de bentonite sèche, qui peut donc être indiquée pour chacune des cinq éprouvettes testées, dans le rapport d'essai, ou sous la forme d'une moyenne.

La question qui se pose alors est l'interprétation qui peut être faite du résultat et aussi ses implications. Un GSB ayant une masse surfacique moyenne de bentonite sèche égale à 5 kg/m² se comportera-t-il mieux, ou moins bien, hydrauliquement qu'un GSB ayant une masse surfacique minimale de bentonite sèche égale à 5 kg/m² ? C'est l'objectif de cet article de tenter, à travers une synthèse de résultats d'essais de mesure de flux réalisés selon la norme NF-P 84-705 sur un géosynthétique bentonitique aiguilleté, d'apporter des éléments de réponse à cette question.

Le paragraphe 2 décrit le dispositif expérimental de la norme NF-P 84-705 et le protocole expérimental suivi ainsi que le matériau de l'étude. On présente dans le paragraphe 3 les résultats obtenus ainsi que de premiers éléments d'analyse de ces résultats. Enfin, le paragraphe 4 donne, à la lumière des résultats, des indications sur l'optimum de la masse surfacique de bentonite sèche dans les GSB à partir des éléments présentés dans cet article.

2. Protocole expérimental et GSB étudié

2.1. Mesure de flux selon la norme NF-P 84-705

L'objectif de l'essai décrit dans la norme NF P 84-705 (AFNOR, 2008) est de déterminer le flux à travers un géosynthétique bentonitique. Cet essai consiste à mesurer la quantité d'eau qui traverse une éprouvette de géosynthétique bentonitique placée dans un oedoperméamètre, soumise à une contrainte de confinement imposée et à un gradient hydraulique, pendant une durée fixée.

L'essai se déroule en deux phases :

- une phase d'hydratation sous une contrainte mécanique égale à 10 kPa sans gradient hydraulique à travers l'éprouvette (charge hydraulique inférieure ou égale à 0,02 m) pendant laquelle l'éprouvette absorbe du liquide et gonfle ;
- à l'issue de la stabilisation du gonflement, une mesure du flux de liquide traversant l'éprouvette sous trois charges hydrauliques constantes est réalisée pour différentes contraintes de confinement ; dans le cas d'un essai de caractérisation, la contrainte mécanique est égale à 160 kPa. Dans le cas d'un essai de performance, la quantification du flux à travers les éprouvettes de GSB peut s'effectuer pour d'autres valeurs de contraintes mécaniques.

La mesure des volumes entrants se fait par lecture sur un vase de Mariotte alors que la mesure du volume sortant se fait par la pesée d'un récipient limitant l'évaporation.

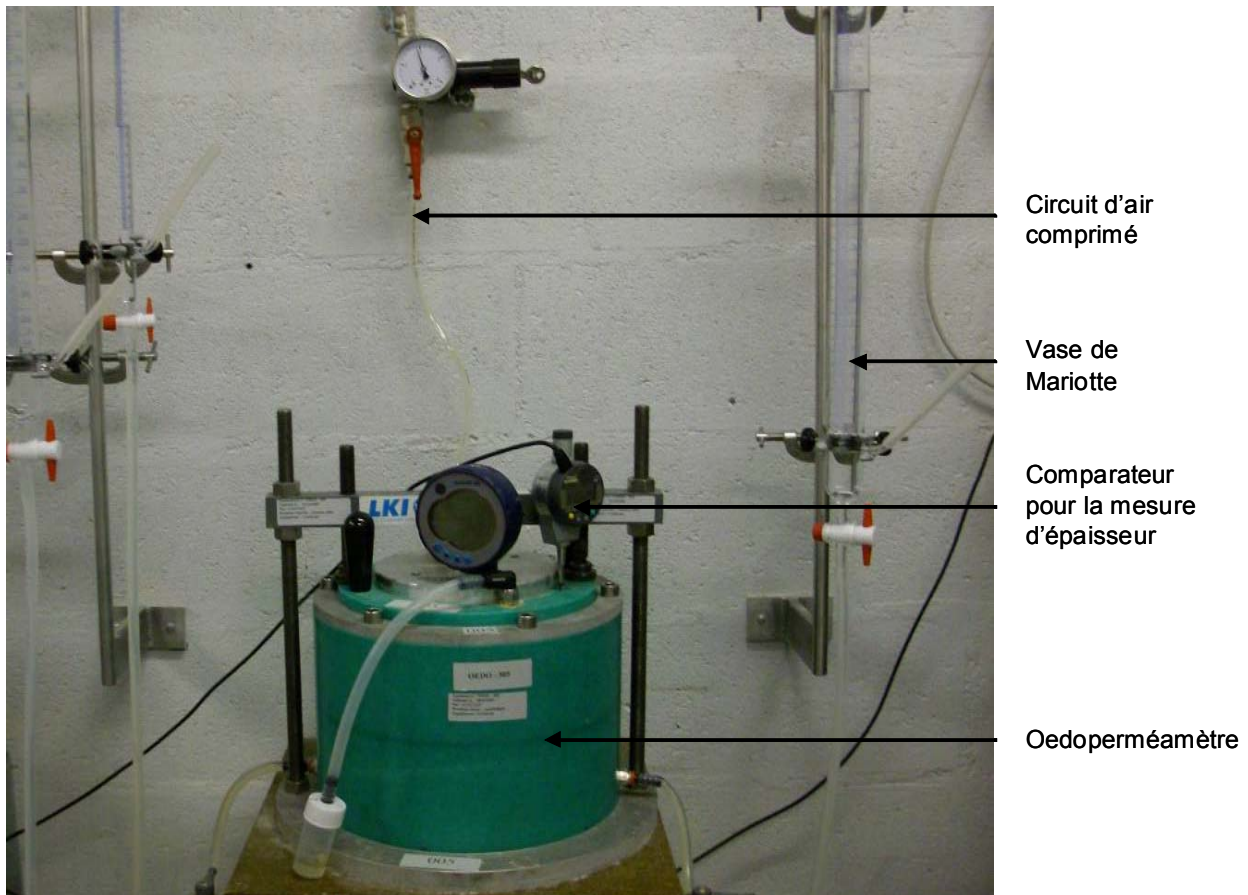


Figure 1. Oedoperméamètre en cours de phase de mesure de flux

2.2. Géosynthétique bentonitique

Le géosynthétique bentonitique étudié est de type aiguilleté. Le tableau 1 synthétise quelques propriétés de ce matériau. Les éprouvettes testées proviennent de différents lots de production, afin de pouvoir disposer d'éprouvettes de masse surfacique de bentonite sèche contrastées. Dans la suite, on présente les résultats d'essais sur 9 éprouvettes du GSB 1. La masse surfacique indiquée est celle de l'éprouvette testée obtenue en appliquant le protocole de la norme NF EN 14196 mais en se limitant à la seule éprouvette de l'essai de mesure de flux. Les éprouvettes ont été choisies de manière à disposer d'une gamme de masses surfaciques de bentonite sèche autour de la valeur de 5 kg/m². Toutes les éprouvettes n'ont pas été testées dans les mêmes conditions de contraintes mécaniques et de charges hydrauliques. On synthétise en effet ici les résultats obtenus lors de différentes études et à la demande de différents commanditaires dont les exigences n'étaient pas identiques. Néanmoins tous les essais dont les résultats sont présentés ici ont été obtenus avec une solution de NaCl 10⁻³ molaire.

Tableau 1. Description du GSB étudié

GSB	Bentonite	Géotextile inférieur	Géotextile supérieur
GSB 1	en poudre de masse surfacique sèche comprise entre 3,9 et 7 kg/m ²	Tissé, 110 g/m ²	Aiguilleté, 220 g/m ²

3. Résultats

Les figures 2 et 3 présentent les résultats obtenus respectivement pour une contrainte mécanique de 10 kPa et des charges hydrauliques égales à 0,3 et 0,6 m, et une charge hydraulique de 0,6 m et des contraintes mécaniques de 10, 35 et 160 kPa montrent une diminution puis une augmentation du flux à travers le GSB. Le minimum est obtenu pour une valeur de masse surfacique proche de 5,5 kg/m² de bentonite sèche dans le GSB. Les incertitudes de mesure sur chacun des points expérimentaux sont trop faibles (de l'ordre du pourcent) pour être visibles sur les figures.

On observe très logiquement sur ces graphiques une augmentation du flux avec l'augmentation de la charge hydraulique à contrainte donnée, ainsi qu'une diminution du flux avec une augmentation de la contrainte mécanique. Cette évolution du flux en fonction de la masse surfacique peut ne pas paraître intuitive. C'est pourquoi les résultats ont également été reportés en termes de conductivité hydraulique sur les figures 4 et 5.

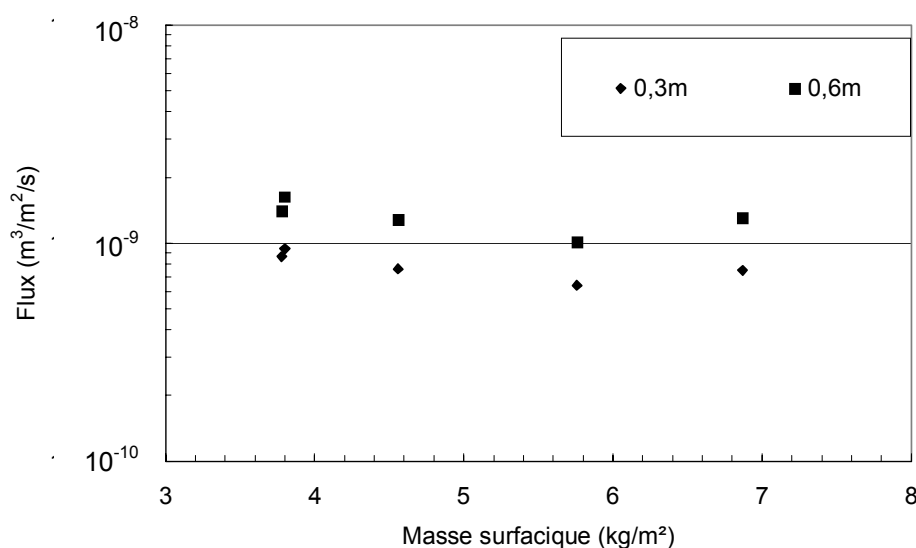


Figure 2. Évolution du flux avec la masse surfacique de bentonite sèche dans l'éprouvette testée pour le GSB 1 sous différentes charges hydrauliques et pour une contrainte mécanique égale à 10 kPa

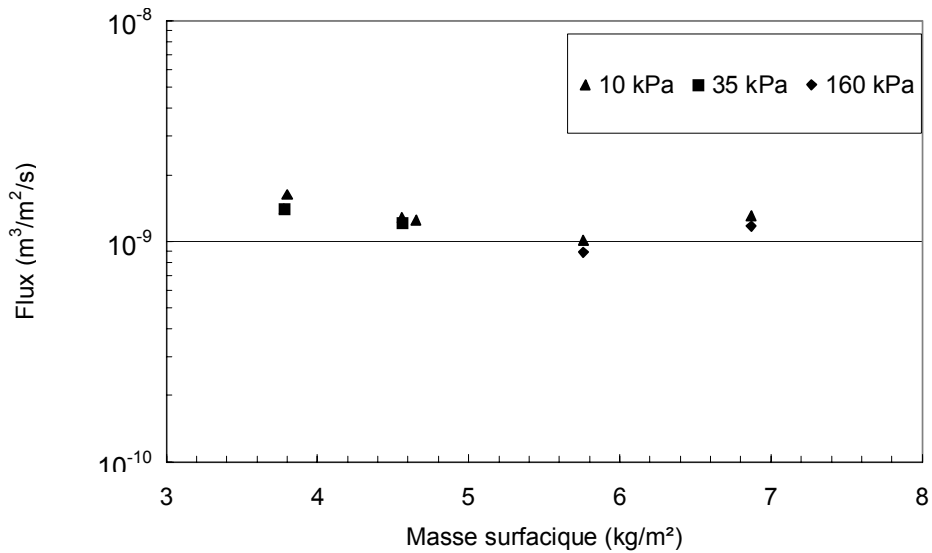


Figure 3. Évolution du flux avec la masse surfacique de bentonite sèche dans l'éprouvette testée pour le GSB 1 pour différentes contraintes mécaniques et sous une charge hydraulique égale à 0,6 m

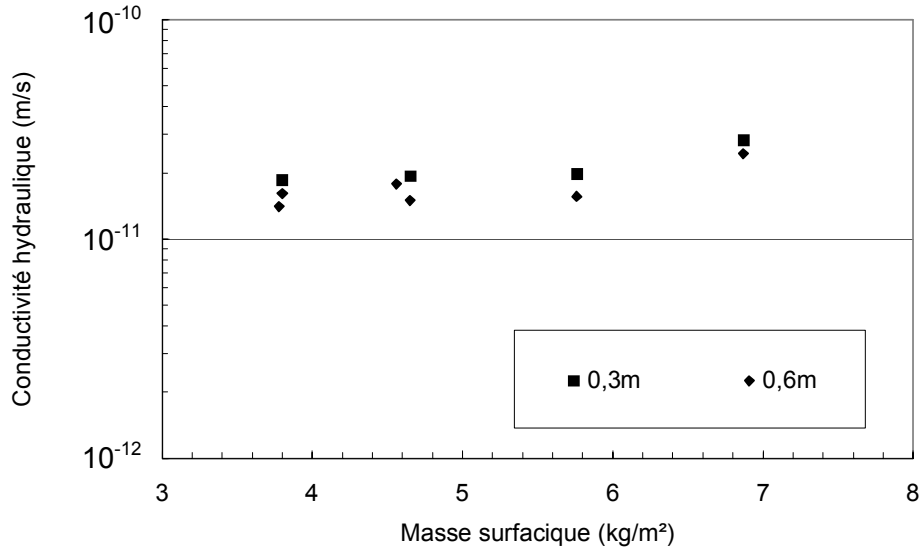


Figure 4. Évolution de la conductivité hydraulique avec la masse surfacique de bentonite sèche dans l'éprouvette testée pour le GSB 1 sous différentes charges hydrauliques et pour une contrainte mécanique égale à 10 kPa

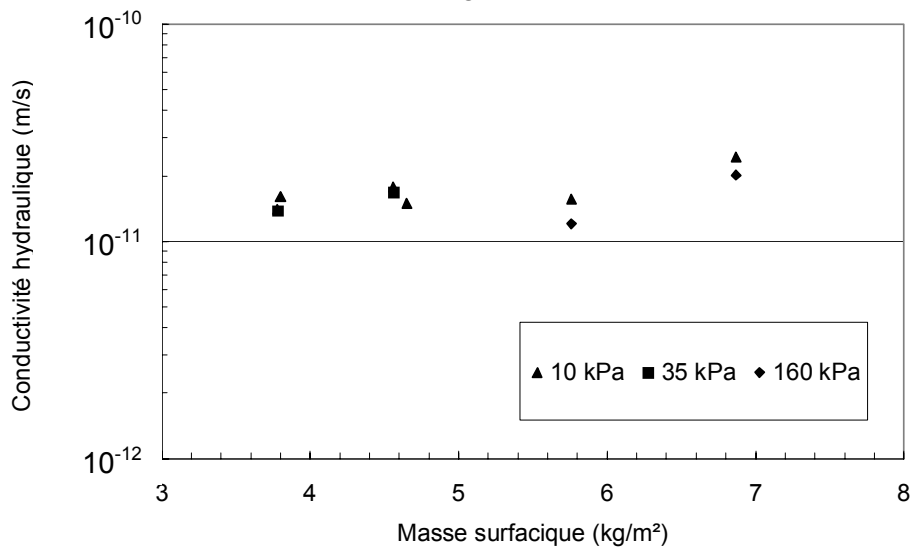


Figure 5. Évolution de la conductivité hydraulique avec la masse surfacique de bentonite sèche dans l'éprouvette testée pour le GSB 1 sous différentes contraintes mécaniques et pour une charge hydraulique égale à 0,6 m

Les figures 4 et 5 présentent l'évolution de la conductivité hydraulique avec, d'une part, la charge hydraulique pour une contrainte mécanique de 10 kPa et, d'autre part, la contrainte mécanique pour une charge hydraulique de 0,6 m. Pour cette grandeur, on n'observe pas de variation significative avec la masse surfacique, pour des masses surfaciques de bentonite sèche inférieures à 6 kg/m². C'est seulement pour les points correspondants à une masse surfacique proche de 7 kg/m² de bentonite sèche que l'on observe une valeur de conductivité hydraulique plus élevée. Ce point demande à être confirmé. Le résultat pourrait en effet être dû à des artéfacts expérimentaux liés à la forte épaisseur du matériau pour cette masse surfacique et à la difficulté à bien hydrater la bentonite sur toute l'épaisseur de l'échantillon. Qui plus est, ces résultats sont à confirmer pour d'autres géosynthétiques bentonitiques.

Les résultats présentés mettent toutefois en évidence que si la conductivité hydraulique des GSB est un paramètre important à prendre en compte, l'épaisseur, qui relie cette conductivité hydraulique au flux, en est un autre et que les deux paramètres sont indissociables pour une bonne évaluation du flux traversant les GSB et une bonne évaluation de leur performance hydraulique.

4. Conclusions

L'objectif de l'article était de présenter les résultats de mesure de flux et de conductivité hydraulique pour des éprouvettes d'un géosynthétique bentonitique aiguilleté avec des masses surfaciques de bentonite sèche comprises entre 3,9 kg/m² et 7 kg/m². Les résultats obtenus pour différentes contraintes mécaniques et différentes charges hydrauliques montrent une décroissance du flux pour des masses surfaciques comprises entre 3,9 et 5,5 kg/m² de bentonite sèche environ, suivie d'une augmentation pour des masses surfaciques supérieures. On obtient donc un minimum du flux pour une masse surfacique de 5,5 kg/m² pour le produit testé. Le calcul de la conductivité hydraulique, prenant en compte l'épaisseur du matériau, laisse apparaître une conductivité hydraulique qui n'évolue pas pour des masses surfaciques comprises entre 3,9 et 6 kg/m² de bentonite sèche. Des valeurs de conductivité hydrauliques légèrement plus élevées ont été observées pour une éprouvette de masse surfacique proche de 7 kg/m². Ces résultats nécessitent d'être confirmés pour d'autres éprouvettes et d'autres matériaux.

Quoi qu'il en soit, ils rappellent la nécessité de prendre en compte non seulement la masse surfacique de bentonite sèche dans les GSB mais également une épaisseur fonctionnelle réaliste pour une estimation fiable du flux.

5. Références bibliographiques

- AFNOR (2008). NF P 84-705, Géosynthétiques bentonitiques – Détermination à l'œdo-perméamètre des caractéristiques de gonflement, flux et perméabilité des géosynthétiques bentonitiques (GSB) - Essai de caractérisation et essai de performance.
- AFNOR (2004). NF EN 14196, Géosynthétiques – Méthodes d'essai pour la détermination de la masse surfacique des barrières géosynthétiques argileuses.
- MEDD (2002). *Guide de recommandations à l'usage des tiers experts pour la notion d'équivalence en barrière passive*. Ministère français de l'Environnement, Paris, France, 2002, 20 pages.
- MEEDDAT (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire) (2009). *Guide de recommandations pour l'évaluation de l'équivalence en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets*, Version 2, Paris, France, 45 pages.