

GLISSEMENT SOL/GSB SUR DISPOSITIF À PLAN INCLINÉ

SOIL/GCL SLIDING ON INCLINED BOARD

Mustapha KEBAILI¹, Abderrahim BALI²

1 Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Université d'Ouargla, Algérie

2 Laboratoire Construction et Environnement – Ecole Nationale Polytechnique

RÉSUMÉ- L'utilisation des GSB dans les bacs de stockage et les ouvrages en terre nécessite, souvent, leur mise en place en position inclinée. La stabilité des DEGB sur pente dépend étroitement des caractéristiques de résistance au cisaillement interne et externe du GSB mis en œuvre. Les conceptions des DEGB en pente tiennent compte de paramètres de cisaillement tels que l'angle de frottement (δ) à l'interface sol/GSB et la cohésion apparente (C). Cependant, la détermination expérimentale de ces paramètres dépend, évidemment, de la nature des matériaux testés et de la procédure d'essai. La présente étude passe en revue la procédure expérimentale de mesure du glissement sol/GSB dite 'plan incliné'. Une modification modeste, mais efficace est apportée au bâti d'essai.

Mots-clés : plan incliné, glissement, stabilité de pente, GSB

ABSTRACT- The use of the GCL in storage structures and landfill facilities often requires their setting up in inclined position. The stability of GCL facilities on slope closely depends on shearing resistance characteristics of the used GCL. Design of sloped GCL facilities may take into account shearing parameters such as the friction angle (δ) at soil/GCL interface and the appearing cohesion (C). However, the experimental determination of these parameters necessarily depends on the nature of the tested materials and on the testing procedure. The present survey reviews the experiment so-called "inclined board" to measure soil/GCL sliding. Some aspects found important are highlighted. A simple, but efficient, modification is brought to the testing apparatus.

Key words: inclined plane, sliding, slope stability, GCL

1. Introduction

Les géosynthétiques bentonitiques (GSB) sont utilisés comme écrans d'étanchéité dans plusieurs applications géotechniques. Le degré d'étanchéité de ces matériaux est largement admis dans la pratique géotechnique. On note que les GSB sont préférés aux géomembranes (GM) lorsque entreposés en corps de pente. Ceci car les interfaces rugueuses des GSB présentent une meilleure résistance au glissement de la couche de sol de recouvrement. Cependant, la rupture des dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques (DEGB) par glissement reste évoquée lorsque la mise en œuvre est mal réalisée. En effet, les défauts fonctionnels sont souvent dus aux mauvaises conditions de mise en œuvre plutôt qu'aux faibles qualités physiques de l'écran même. Les causes de chutes de performances d'un DEGB sont issues de facteurs tels que:

- le glissement du lé géosynthétique sur l'une des interfaces ;
- le poinçonnement mécanique ;
- la dégradation du sol en contact du GSB.

Il est important, par conséquent, de réduire les effets de tels facteurs de sorte à assurer un fonctionnement correct du DEGB à court et à long termes. La stabilité au glissement sol/GSB constitue un paramètre clef dans l'équilibre du DEGB.

L'emploi du 'plan incliné', utilisé dans la présente étude, permet une assez bonne investigation et compréhension du processus de glissement sol/GSB. Les grandes dimensions du bâti d'essai permettent l'expérimentation à grande échelle. L'influence de paramètres, tels que la contrainte normale appliquée, l'humidité du sol et le mode d'inclinaison du bâti, peut être quantifiée.

Les ordres de grandeurs des paramètres de l'expérimentation sont assez distincts d'un auteur à l'autre. La contrainte normale (σ_N) adoptée par Giroud et al. (1990) est de 1,1 kPa. Koutsourais et al. (1991) appliquent $\sigma_N = 2,7$ kPa. Celle adoptée par Garcin (1997) est supérieure à 25 kPa. Les critères de rupture et le mode d'inclinaison du bâti sont aussi, distincts d'un auteur à l'autre. La contrainte appliquée dans la présente investigation est de 5 kPa. Elle est imposée par les caractéristiques géométriques du bâti d'essai et les conditions de fonctionnement de celui-ci. Cette contrainte est

comparable à celle généralement appliquée sur site. Malgré les distinctions entre les modes opératoires existants, le mécanisme global du glissement est observable indépendamment du choix de la procédure.

2. Procédure d'essai

L'expérience élaborée dans le cadre de la présente étude est schématisée sur la figure 1. Les caractéristiques physiques du GSB et du sol utilisés sont données dans le tableau 1. L'expérience consiste à faire glisser une masse de sol encadrée d'un caisson privé de ses bases (supérieure et inférieure), sur un lé GSB préalablement irrigué d'eau. La procédure expérimentale adoptée consiste en six étapes :

1. Mise en place d'une GM au fond du caisson externe de sorte à réduire au minimum les frottements sur la face inférieure du GSB (figure 1). Le frottement GM/GSB est considéré faible. Selon Tan et al. (1998), il est négligé dans l'estimation de la résistance au glissement.
2. Recouvrement de la GM par le GSB à tester. Ce dernier est relié à un dynamomètre pour mesurer la force tangentielle induite par le glissement.

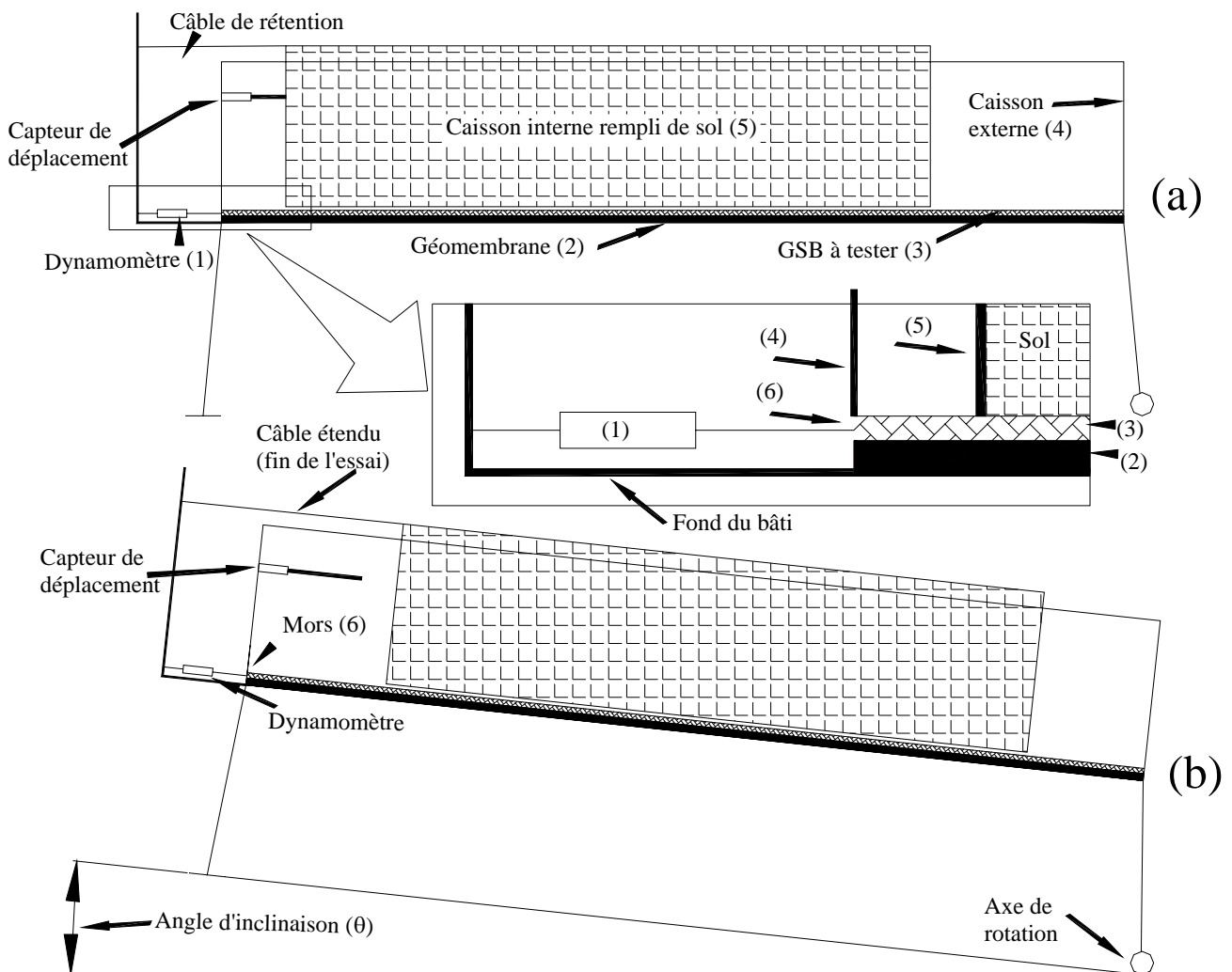


Figure 1. Equipement 'plan-incliné'. (a): Position au repos (b): Position inclinée.

3. Mise en place du caisson interne: parallélépipède dépourvu des deux bases supérieure et inférieure. Le caisson est retenu à l'amont par un câble afin d'arrêter son mouvement après achèvement de la rupture par glissement.
4. Remplissage du caisson interne par le sol devant glisser sur le GSB, ce jusqu'à obtenir la contrainte normale (σ_N) désirée. Des charges en blocs de béton ou en métal peuvent être ajoutées pour augmenter σ_N . Le poids du caisson enceinte n'est considéré dans σ_N que si celui-ci adhère parfaitement au sol qu'il contient.

5. irrigation du GSB par de l'eau jusqu'à stabilisation du gonflement.
6. Inclinaison, par paliers, de l'ensemble jusqu'à obtenir la rupture par glissement (Figure 1.b).

La procédure expérimentale adoptée présente quelques imprécisions de faisabilité telles que :

- l'évaluation du frottement GSB/GM : la résistance tangentielle de la GM au mouvement du GSB est considérée comme négligeable, mais elle n'est pas expérimentalement quantifiée.
- la délicatesse d'augmentation de la contrainte normale de chargement par ajouts de masses. Au vu des larges dimensions du bac contenant le sol, l'ajout de masses produit un moment parasite une fois le bâti incliné. La contrainte normale reste, de ce fait, assez limitée. L'utilisation d'un ballon gonflable pour augmenter σ_N est possible, cependant de fortes pressions risquent d'éjecter le sol par dessous le bac enceinte. La pression appliquée doit rester inférieure à la contrainte de frottement du sol contre les parois latérales du bac.

Tableau I. Caractéristiques physiques du GSB et sol utilisés

GSB		SOL	
Nomination	Lintobent	Désignation	Gravier
Masse surfacique totale (kg/m ²)	4,85	Masse volumique sèche (g/cc)	1,65
Masse surfacique de bentonite (kg/m ²)	4,12	Angle de frottement (°)	35
Epaisseur sous $\sigma_N = 20\text{kPa}$ (mm)	8,5	D ₁₀ (mm)	10,51
Perte de bentonite à la coupe (g/ml)	≅ 105	D ₃₀ (mm)	12,53
Masse de géotextile tissé (%)	2,58	D ₅₀ (mm)	14,22
Masse de géotextile non-tissé (%)	5,03	D ₇₀ (mm)	14,82
Masse de fibres d'aiguilletage (%)	5,87	D ₉₀ (mm)	16,53
Masse de bentonite (%)	86,51	D ₁₀₀ (mm)	18,36

Les deux paramètres à mesurer au cours de l'essai sont la force tangentielle (F_T) induite sur le GSB par le glissement et le déplacement (Δ) du bac rempli de sol. La force F_T est dépendante de la contrainte normale issue du poids de sol, et du frottement sol/GSB. La surface de base du caisson glissant est de 1,34x0,7 m², ce qui nécessite 469 kg de sol pour obtenir $\sigma_N = 5\text{ kPa}$ (hauteur de remplissage de 30,3 cm).

Le tableau 2 exprime la force (F_T) à la rupture. C'est le maximum de frottement que peut fournir le GSB à l'encontre du glissement du sol :

$$F_T = W \sin\theta = A \sigma_N \sin\theta \quad (\text{kN}) \quad (1)$$

où:

- W : Poids du bac rempli de sol (kN)
- θ : Angle d'inclinaison du bâti (°)
- σ_N : Contrainte normale appliquée (kPa)*
- A : Superficie du caisson glissant (m²)

(*) La contrainte normale exercée sur le plan de glissement est celle appliquée en début de l'essai, si bien qu'elle diminue légèrement au fur et à mesure de l'inclinaison.

La contrainte tangentielle (τ) sol/GSB peut être déduite de F_T par la relation :

$$\tau = F_T/A = \sigma_N \sin\theta \quad (2)$$

Tableau II. Estimation de la force tangentielle par la formule (1)

		Angle (δ) de frottement à l'interface Sol/GSB			
		30°	35°	40°	45°
		Force tangentielle maximale calculée (kN)			
Contrainte Normale (kPa)	5	2,71	3,28	3,4	4,69
	10	5,42	6,57	7,87	9,38
	15	8,12	9,85	11,81	14,07
	20	10,83	13,14	15,74	18,76

La formule (2) est valable tant que $\theta \leq \theta_L = \delta$. $\theta_L = \delta$ est l'angle limite d'inclinaison du bâti. Ce dernier caractérise le frottement sol/GSB. Le glissement sol/GSB est reconnu frottant du moment que le sol utilisé dans l'essai est graveleux et le GSB présente une interface rugueuse. Plusieurs études antérieures (BS-6906, 1991; Koerner, 1994; Izgin et al., 1998; Wasti et al., 2001) s'accordent avec l'hypothèse $C=0$.

Le tableau 2 montre que F_T est d'autant plus grande que δ et σ_N augmentent. Le contact GSB/caisson est limité à la surface de base des parois du caisson. C'est un frottement inévitable mais pouvant être réduit si le caisson est légèrement soulevé en début de l'essai. Lors du mouvement, aucune précaution ne peut être prise à l'encontre de ce frottement parasite. Par ailleurs, la différence des contraintes entre l'intérieur et l'extérieur du caisson influe sur la planéité du GSB, et donc sur la résistance au glissement. La partie du lé située à l'extérieur du caisson glissant (à l'aval en particulier) n'est pas soumise à la contrainte normale. Le GSB y est plus épais par rapport à l'intérieur.

Les forces développées lorsque le bâti d'essai est incliné sont dessinées sur la figure 2. Les forces agissant sur le caisson sont: le poids propre de celui-ci, la réaction du GSB ($R_{\text{GSB/Caïsson}}$) et la force F_T développée par le GSB. Cette dernière force empêche le glissement tant que $\theta < \theta_L = \delta$. Le bilan des forces appliquées au GSB se compose de l'action du caisson ($R_{\text{Caïsson/GSB}}$), de la réaction du support géomembrane (normale à l'interface car le frottement GSB/GM est négligeable) et de la force F_T . Cette dernière force est induite par le mouvement du caisson parallèlement au plan de rupture.

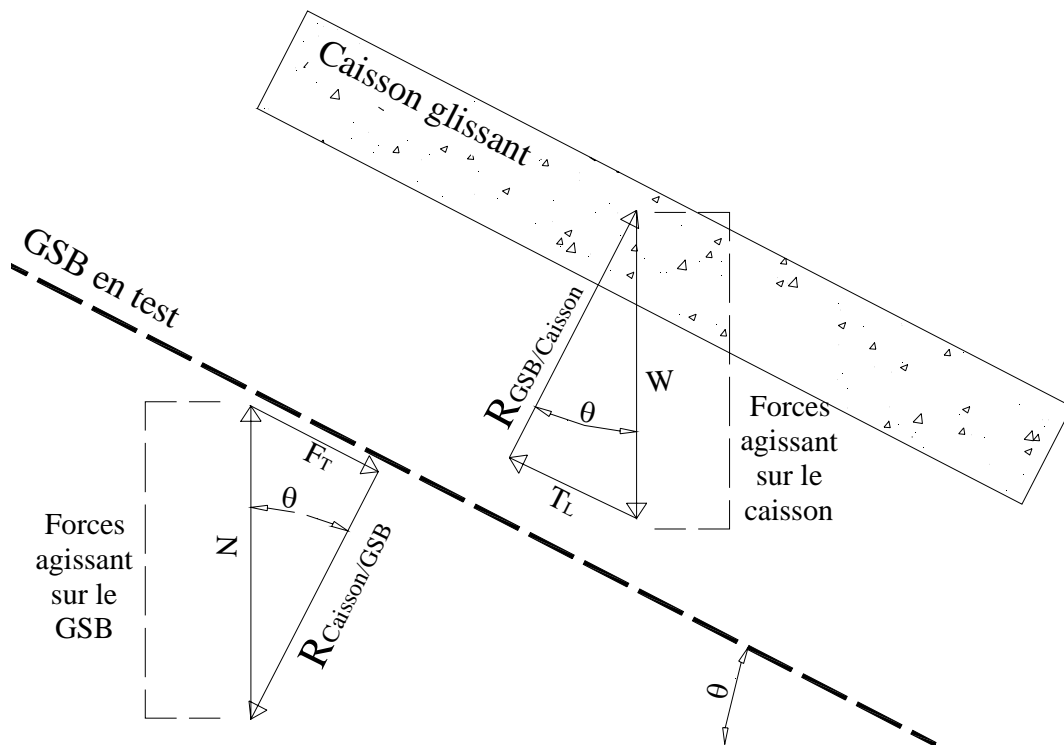


Figure 2. Forces appliquées au caisson glissant et au GSB

3. Résultats et interprétation

Une série d'essais est réalisée avec face tissée du GSB au contact du sol granulaire. L'essai est amorcé en irriguant le GSB (en position horizontale) jusqu'à stabilisation du gonflement. L'humidification du GSB est d'ailleurs courante dans la pratique de par son utilisation comme écran d'étanchéité. Le gonflement est, aussitôt, amorcé. Dans la pratique, le GSB est mis en place sec, il est ensuite recouvert d'une couche de sol, puis humidifié en position inclinée (pluviométrie, décharge de fluides, remontée capillaire...). Ces conditions du site n'étant pas reproductibles sur le bâti d'essai, le mouillage est effectué en premier lieu, puis le bâti est incliné. La courte durée de l'essai tend à masquer cette distinction dans la simulation. Les résultats obtenus permettent, néanmoins, l'observation de paramètres importants dans le mécanisme de glissement tels que l'angle θ_L , l'effet de l'ancrage des granulats dans le GSB, et la variation des durées respectives des paliers d'inclinaison.

En butant contre le sol granulaire, l'interface du GSB devient ondulée par formation de petits et nombreux crampons. Les empreintes marquées sur le GSB sont d'autant plus nettes que le sol est granulaire, l'humidification prononcée et σ_N élevée. Le degré d'ondulation affecte considérablement la résistance du GSB au glissement du sol. Tan et al. (1998) rapportent que parmi les paramètres clés affectant la résistance à l'interface sable/géotextile se distinguent: la masse volumique du géotextile, la contrainte normale appliquée et la vitesse de cisaillement. Par ailleurs, Lopez et al. (1996) rapportent, sur la base d'essais d'arrachement, que le poinçonnement issu de l'ancrage des granulats réduit la résistance à la traction du GSB. Dans le cas de la présente étude, le degré d'ancrage des granulats de sol dans le GSB n'atteint pas la perforation de l'interface. C'est un poinçonnement sans déchirure. Cet effet est reconnu en faveur de la résistance au glissement. Le degré d'ancrage des particules résulte, lui même, de la forme des particules, de la distribution granulométrique du sol en contact, du taux d'humidité et de la contrainte normale appliquée.

Quatre capteurs de déplacement sont fixés verticalement sur les bords du caisson externe pour mesurer le gonflement du GSB. Celui-ci est enregistré au vu du soulèvement du caisson enceinte. Le gonflement mesuré est considéré égal à celui du lé GSB, cependant quelques différences sont notées à ce propos. En effet, le soulèvement mesuré est une résultante :

- 1- du gonflement du GSB inondé ;
- 2- de la perte d'adhérence entre le matériau granulaire et les parois internes du caisson rempli. Le caisson étant sans base inférieure, le gonflement du GSB peut, en effet, pousser différemment sur le sol que sur la base des parois latérales du caisson ;
- 3- de la déformation macroscopique du squelette de sol mis dans le caisson glissant. Cette déformation est provoquée par le soulèvement du GSB induit un réarrangement des granulats de sol. La déformation en bloc est mise en évidence dans la présente étude en ayant implanté un capteur de gonflement relié au centre de l'interface sol/GSB. Ce dernier indique un gonflement supérieur, de 2mm, à ceux mesurés sur le caisson (soit 0.57% de dénivelée). Dans le cadre de la présente étude, les dimensions en plan du caisson rempli de granulats (70x134cm²) sont choisies larges pour des raisons de représentativité géométrique. Cependant, l'épaisseur de recouvrement (30cm) rend la masse de sol assez flexible. Cette flexibilité, même si faible, conjuguée à la nature lâche du sol permettent la déformation de l'interface sol/GSB en une sorte de voûte adoucie et étendue aux limites du caisson.

Les points 2 et 3 ci-dessus marquent la perte de transmission du gonflement du GSB entre la partie centrale du lé et les emplacements des capteurs reliés au caisson enceinte. Le gonflement du GSB mesuré sur la base du soulèvement du caisson de remplissage est donc, sous-estimé. Des améliorations sont apportées au bâti d'essai, dans le cadre de la présente étude, en contribution à la réduction de cette erreur. La figure 3 montre l'inclusion d'une plaque rigide au niveau du caisson enceinte. Cette plaque est solidement fixée au caisson une fois rempli de matériau granulaire de sorte à transmettre tout le soulèvement du GSB équitablement au caisson. Cette plaque rigide évite, d'une part le déplacement vertical du caisson enceinte par rapport au sol encaissé, et d'autre part la déformation en bloc de la masse de sol.

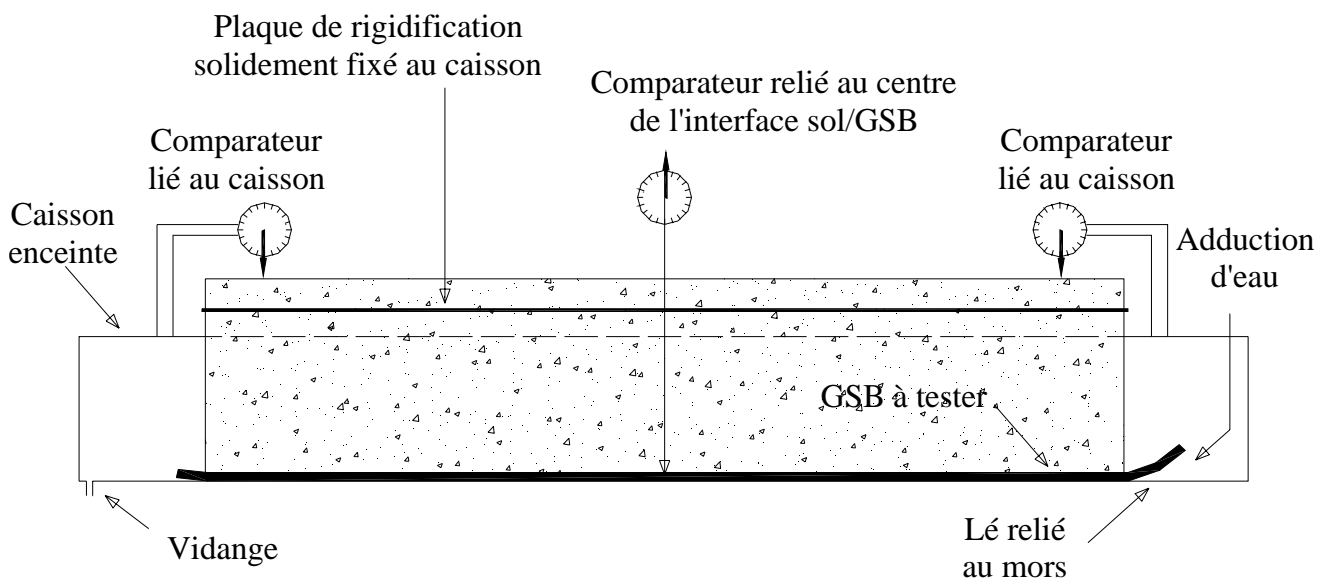


Figure 3. Bâti amélioré afin d'obtenir une meilleure transmission du gonflement du GSB

Une fois atteinte la stabilisation du gonflement du GSB, l'essai est poursuivi en inclinant (par palier) le bâti. A la fin de chaque palier d'inclinaison, le déplacement du caisson interne et la force retenant le GSB sont enregistrés. L'inclinaison du bâti est augmentée par paliers de 3° , pour identifier avec précision l'angle de rupture ($\delta=\theta_L$). Ceci permet, entre autres, l'observation de mécanismes pouvant se produire à chaque palier d'inclinaison. Notons que Izgin et al., (1998) adoptent un procédé d'inclinaison continu pour une vitesse de $6,5^\circ/s$, ce qui semble presser le glissement du caisson. Le critère adopté dans la présente étude, pour passer d'un palier d'inclinaison à l'autre, est la stabilisation du déplacement du bac glissant pour moins de 0.01mm au bout de 5min . Ce critère est adopté en l'absence d'une procédure standard d'essai au plan-incliné. Au dernier pas d'inclinaison ($\theta=\theta_L$), le caisson chargé de sol se déplace en mouvement accéléré, et la rupture survient inévitablement: le caisson se déplace sans plus s'arrêter si ce n'est le câble de rétention qui lui évite de chuter. Les figures 4 et 5 montrent les résultats obtenus.

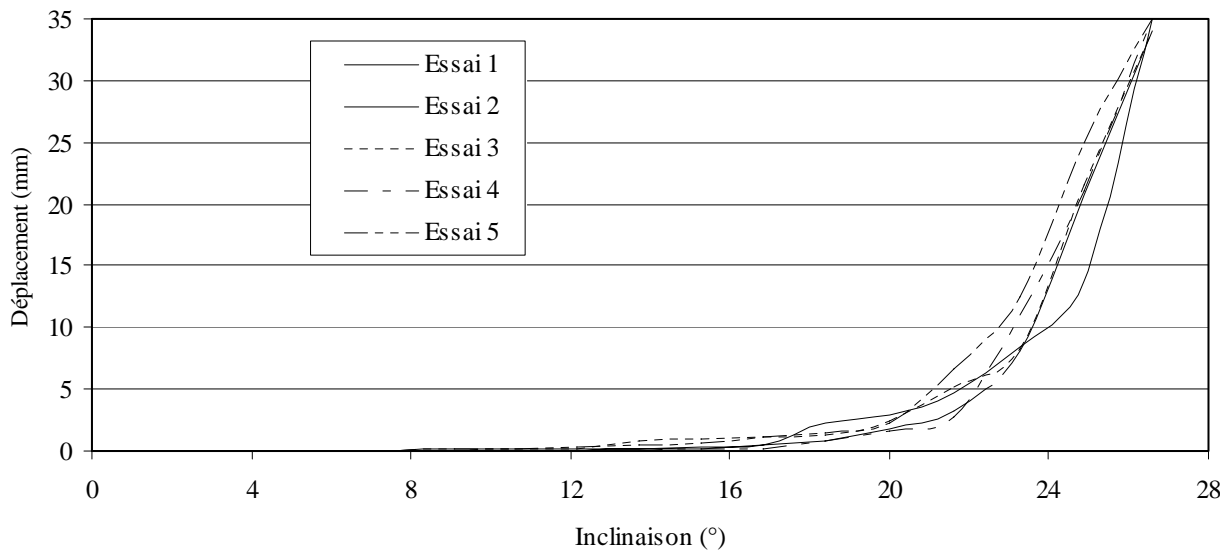


Figure 4. Déplacement du caisson en fonction de l'inclinaison du bâti

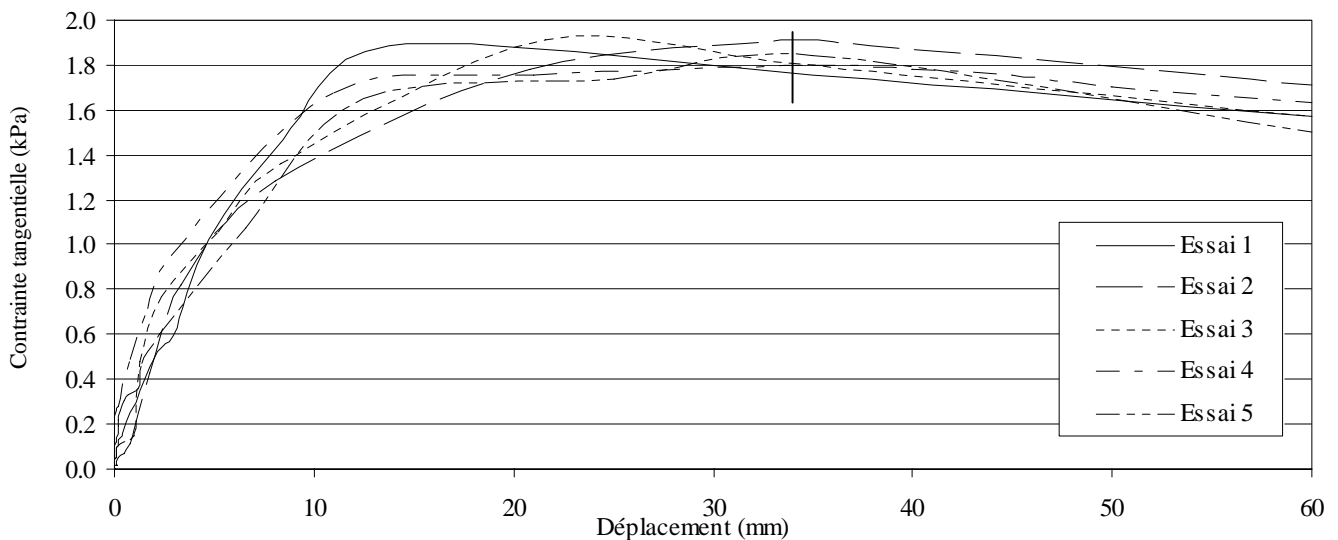


Figure 5. Contrainte tangentielle appliquée au GSB en fonction du déplacement du caisson

Les courbes représentées sur la figure 4 montrent deux types de comportements: - pour $\theta < 18$ degrés: domaine des faibles déplacements du caisson. Le mouvement tend à s'arrêter en respect du critère d'incrémentatation de θ adopté. La composante tangentielle du poids du sol est

compensée par le frottement sol/GSB. Ceci implique que la force F_T enregistrée est égale à la composante tangentielle du poids.

pour $\theta > 18$ degrés: domaine des grands déplacements du caisson. Les déplacements augmentent considérablement pour de faibles incréments de θ . Les déplacements du caisson sont de plus en plus proches de la limite du critère adopté (0.01 mm/5 min). Le frottement sol/GSB devient insuffisant pour retenir le bac glissant. La force F_T enregistrée est celle limite que peut fournir le GSB comme frottement. C'est la résistance au glissement sol/GSB. Lorsque la composante tangentielle du poids du caisson aura dépassé la résistance au cisaillement sol/GSB, le caisson se déplace en mouvement accéléré.

Au delà de 18 degrés, l'augmentation de l'inclinaison favorise la superposition des mouvements des paliers (i) et (i+1), voire de plusieurs paliers successifs. L'angle $\delta = \theta_L$ est, alors, défini lorsque le caisson part en mouvement continu. Il est proche de 27 degrés. Notons que le déplacement mesuré est le cumul du déplacement du caisson sur le GSB et de l'étirement du lé GSB même. Ce déplacement absolu est souvent confondu au déplacement net du caisson sur le GSB.

Les courbes présentées en figure 5 montrent que l'augmentation relative de la contrainte tangentielle avec le déplacement (taux de contrainte) décroît lorsque le déplacement augmente: plus le caisson (rempli de sol) se déplace, moins le GSB peut fournir d'avantage de résistance. La résistance limite est, de proche en proche, touchée car les particules en contact du GSB s'orientent sous l'effet du mouvement glissant. De même, l'interface sol/GSB est de plus en plus étirée parallèlement au mouvement du caisson. L'étirement du GSB en test rend le plan de rupture aplati et favorable au glissement. Les travaux de Tan et al. (1998) concluent que le glissement GSB/GM provoque l'étirement/polissage de la surface du GSB, ce qui réduit la résistance au frottement entre les deux matériaux.

La chute de résistance après avoir atteint un maximum (figure 5) signifie que le caisson rencontre plus de résistance pour se mettre en mouvement. Une fois en mouvement, les entraves dues au gonflement du GSB sont surmontées. La chute de résistance au frottement entre sol et GSB ayant gonflé est, à notre avis, due à trois principaux facteurs apparaissant, beaucoup plus, à l'amorce du mouvement :

- la formation des crampons dus à la butée GSB/granulats au cours du gonflement. Le démontage de quelques expériences, à la fin de la phase de gonflement, met en évidence cet aspect. L'observation analytique du GSB à la fin de l'essai montre, également, de faibles empreintes d'ancrage des granulats. La conception du bâti d'essai, dans le cadre de la présente étude, impose un plan de rupture au raz du caisson de remplissage, ce qui ne rend la rupture probable au sein du sol que si des granulats s'encrent dans le GSB. La résistance au cisaillement dans le plan Sol/GSB est, donc, affectée par la rugosité du sol et par le degré d'ancrage des granulats dans le lé GSB. En outre, le mouvement du caisson enceinte est plus rapide en début de chaque palier d'inclinaison relativement à la fin du palier. Cette lenteur offre l'occasion aux granulats au contact du GSB de s'y ancrer de nouveau à la stabilisation du mouvement. En revanche, l'amorce du mouvement en début de palier pousse les granulats à se décoller du lé GSB. L'angle d'inclinaison limite ($\theta_L = \delta$) est dépendant, entre autres, du degré d'enfoncement des granulats de sol dans le GSB, car plus les granulats s'enfoncent dans le GSB, plus ils y sont immobilisés. Le caisson glissant est plus gêné dans son mouvement. La rupture par glissement entre sol et GSB s'effectue, vraisemblablement, entre les granulats entraînés par le caisson et ceux enfoncés dans le GSB. C'est dire que l'angle de frottement sol/GSB est voisin de φ ;
- le gonflement de la partie du GSB située à l'aval du caisson glissant par suite d'absorption d'eau. Ce gonflement est élevé car le GSB n'est soumis à aucune contrainte normale ;
- le réarrangement du squelette granulaire sous l'action des poussées de soulèvement exercées par le GSB dans la partie centrale de l'interface. Cette dernière prend la forme d'un dôme. Le mouvement du caisson est gêné particulièrement au début.

L'examen des GSB après achèvement des essais montre que ces derniers présentent des fuites de pâte bentonitique à travers la face tissée (interface de glissement). La bentonite à ce stade contient beaucoup d'eau, ce qui lui confère une consistance visqueuse. Compte tenu de la quantité observable de bentonite sur la face tissée du GSB, celle-ci doit avoir contribué à réduire la résistance au glissement sol/GSB une fois le pic atteint. Selon Athanasopoulos (1996), l'inclusion de géotextiles non-tissés présente une bonne résistance au cisaillement du sol lorsque le GSB est humidifié. Cependant, l'introduction de géotextiles tissés n'améliore guère la résistance au cisaillement. L'auteur attribue la différence constatée aux géotextiles tissés qui permettent des traversées d'eau plus importantes.

Cette dernière constatation, ajoutée aux trois remarques précitées permet d'expliquer le fait que la résistance chute après avoir atteint un maximum. Les facteurs (1, 2 et 3) constituent une gêne à

l'amorce du mouvement. Ils contribuent à l'augmentation de la résistance maximale. Par contre la bentonite échappée du GSB facilite le glissement en réduisant la contrainte de résistance tangentielle une fois le mouvement déclenché. A défaut de moyens de mesure de l'effet isolé de chaque facteur, et compte tenu des mêmes résultats obtenus après répétition de l'essai, ceci est confirmé.

4. Conclusion

La présente étude dévoile quelques aspects expérimentaux relatifs au glissement Sol/GSB. Les GSB montrent une meilleure résistance au glissement que les GM à cause de leurs interfaces prédisposées à l'enchevêtrement avec le sol. Les résultats des essais de glissement sont dépendants de la procédure expérimentale, notamment du critère de modification du palier d'inclinaison, des dimensions du banc d'essai, de la contrainte normale appliquée et du mode d'inclinaison (continu ou par paliers).

Les dimensions du bâti d'essai sont grandes pour être représentatives du site, cependant elles limitent la contrainte normale appliquée et permettent la flexibilité du sol testé.

La variation de la contrainte tangentielle en fonction du déplacement du caisson de granulats présente un pic légèrement prononcé. Le glissement du caisson de granulats sur le GSB mouillé est gêné par cause de formation de crampons sur l'interface sol/GSB. De même, le gonflement différentiel entre l'intérieur et l'aval du caisson constituent une gêne au mouvement. La formation d'ondulations et le gonflement excessif du GSB à l'aval de l'interface chargée sont induits par les conditions d'essai et ne peuvent être empêchés.

Le mouvement de glissement induit l'étirement du GSB, ce qui contribue à l'atténuation des ondulations et à une légère chute de la résistance au frottement. Le déplacement considéré comme glissement est composé du mouvement en bloc du caisson rempli de matériau granulaire augmenté de l'étirement induit du GSB.

L'échappement de la bentonite à travers le géotextile tissé du GSB constitue une lubrification de la surface de glissement et contribue à la réduction de la résistance au glissement.

5. Références bibliographiques

- Athanasopoulos G.A. (1996) Results of direct shear tests on geotextile reinforced cohesive soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 14, 619-644.
- British Standards Institution (1991) BS-6906, Method of test for Geotextiles, Part 8 : Determination of sand-geotextile frictional behaviour by direct shear.
- Garcin P. (1997) Etude expérimentale du comportement hydraulique et mécanique des géosynthétiques bentonitiques, Thèse de doctorat, Ecole Doctorale de Grenoble.
- Giroud J.P., Swan R.U., Richard P.J., Spooner P.R. (1990) Geosynthetic landfill cap: laboratory and fill tests, design and construction. *Proceedings of the fourth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and related Products*. Balkema, Rotterdam, 493-498.
- Izgin M., Wasti Y. (1998) Geomembrane-sand interface frictional properties as determined by inclined board and shear box tests, *Geomembranes and Geotextiles*, 16, 207-219.
- Jones D. R. V., Dixon N. (1998) Shear strength properties of geomembrane/geotextile interfaces, *Geomembranes and Geotextiles*, 16, 45-71.
- Koerner R.M. (1994) *Designing with geosynthetics*. 3rd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA.