

RENFORCEMENT DES SOLS PAR DES FIBRES DE POLYESTER

Par

Bachir MELBOUCI

Dr Ingénieur, Chargé de cours, Institut de Génie Civil, Université de Tizi Ouzou

Résumé

La présente étude constitue une contribution à une meilleure connaissance du comportement sol-fibres et sol stabilisé-fibres de polyester. Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé, suivant les conditions d'utilisation de cette terre (compaction), des essais mécaniques à savoir la compression et la traction à l'état sec et à l'état humide, l'absorption, la sensibilité à l'eau et le cisaillement.

Mots clés : renforcement • sol • fibre • polyester • essai • traction • compression • sensibilité à l'eau • cisaillement.

1 INTRODUCTION

Le renforcement des sols regroupe un ensemble de techniques consistant à améliorer la résistance initiale du sol par inclusion d'éléments résistants.

Cette inclusion pouvant travailler suivant le type de renfort en :

- traction,
- compression,
- flexion-cisaillement.

Nous distinguerons aussi le micro-renforcement, à l'échelle granulaire, du macro-renforcement, à l'échelle du massif du sol :

✓ Le micro-renforcement :

- stabilisation par liants,
- fibres courtes,
- petits éléments géotextiles ou géogrilles,
- filaments continus (texsol).

✓ Le macro-renforcement :

- pieux,
- barres, bandes (terre armée),
- nappes (géotextiles),
- inclusions tridimensionnelles.

Nous centrerons notre étude sur les inclusions synthétiques fibreuses "les fibres de polyester". Nous traiterons d'abord les différents types de fibres et leurs propriétés puis le comportement global du composite sol-inclusion.

2 LES FIBRES

La gamme des matériaux utilisables est très étendue. Cependant, en génie civil, on utilise très souvent des matériaux synthétiques (polymères : polyester, polyoléfine comme le polypropylène ou le polyéthylène, plus rarement le polyamide, sensible à l'eau) ou des matériaux comme la fibre de verre ou l'acier.

Le terme "fibre" est le terme général utilisé pour définir le constituant élémentaire des structures textiles. Par ailleurs, on distingue la fibre de longueur réduite ou fibre courte, de 20 à 150 mm, de la fibre de grande longueur ou filament continu.

D'une manière générale, une fibre est caractérisée par :

- sa masse volumique ρ (g/cm³)
- sa longueur L (mm)
- sa masse linéique λ ou son titre λ en (tex) ou en (dtex)
- son diamètre donné par la formule :

$$D \text{ (micron)} = 10 \left[\frac{400\lambda}{\pi \rho} \right]^{1/2}$$

- sa surface spécifique donnée par :

$$A_s = \frac{\pi D L}{\pi D^2 L/4} = \frac{4}{D}$$

L'emploi des fibres courtes reste encore au niveau de l'expérimentation, qui n'a pas été abandonnée malgré des scepticismes exprimés ça et là quant à leur emploi dans les ouvrages définitifs de génie civil.

3 EXPERIMENTATION

3.1 Matériaux utilisés

a) Identification du sol

le sol utilisé est un sol argileux prélevé derrière le laboratoire de génie civil à une profondeur de 0.80 m. Les résultats des essais d'identification géotechnique sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Limite de liquidité " W_L "	46.30%
Limite de plasticité " W_p "	17.52%
Indice de plasticité " I_p "	28.78%
γ_d	1.80 (g/cm ³)
W_{op}	14%

b) Le stabilisant

Nous avons utilisé le ciment CPA 325 avec des teneurs de : 0 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12 et 15% en poids.

c) Le matériau d'inclusion

La fibre de polyester s'est avérée la mieux adaptée à notre étude, en raison de ses caractéristiques exceptionnelles et de sa disponibilité. Les fibres utilisées proviennent de la COTITEX de Draa Benkhedda, wilaya de Tizi Ouzou. Elles sont à base de polyester Syrien dont la longueur est de 38 mm et la masse linéique (ou finesse) de 1.6 dtex.

Les teneurs utilisées sont : 0 ; 0.10 ; 0.12 ; 0.14 ; 0.15 ; 0.16 ; 0.18 ; 0.20 ; 0.25 ; 0.30 ; 0.35 ; 0.40 ; 0.50 et 0.60% en poids.

3.2 Essais et confection des éprouvettes

a) Confection des éprouvettes

Les éprouvettes testées sont cylindriques, d'un diamètre de 10 cm et d'une hauteur moyenne de 9.5 cm. Elles sont réalisées dans des moules Proctor normalisés avec un compactage dynamique intensif de 150 coups en une seule couche avec une énergie E :

$$E = 3 \text{ 112.17 Joules}$$

$$E/V = 4.83 \text{ Joules/cm}^3$$

Pour la fabrication des éprouvettes renforcées, nous avons introduit les fibres de polyester suivant deux dispositions (une disposition horizontale et une disposition verticale), et ce, dans le but d'adopter la meilleure disposition.

b) Essais réalisés

Les éprouvettes confectionnées sont ensuite soumises aux essais d'écrasement et d'immersion, après une période de cure de 28 jours.

Détermination de l'optimum en fibres : En fonction de la disposition et de la teneur en fibres, les éprouvettes ainsi confectionnées sont soumises à l'essai de compression dont les résultats sont présentés sur la figure 1. Pour le reste des essais, nous avons retenu le pourcentage de 0.2%, représentant une teneur en fibres économique et qui apporte le maximum de renfort.

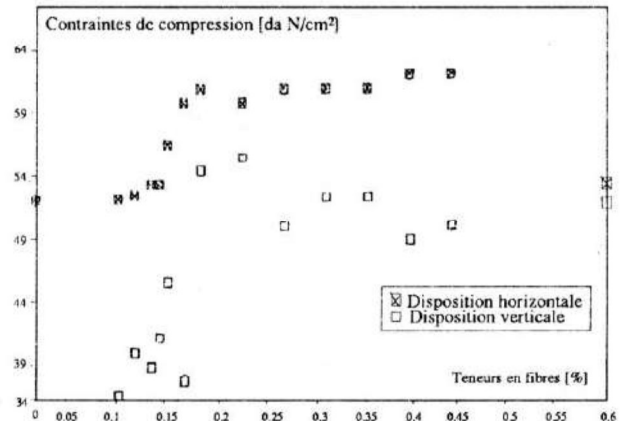


Figure 1 : Détermination de la teneur en fibres optimale.

Essai d'absorption d'eau : L'essai est réalisé par phases (2) pour les deux séries d'éprouvettes : les premières sont stabilisées sans fibres et les secondes sont stabilisées avec fibres. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure 2.

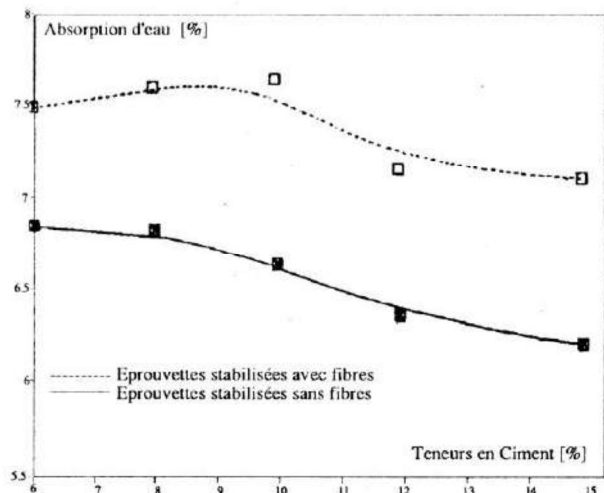


Figure 2 : Essai d'absorption d'eau.

Essai d'écrasement : Pour la réalisation de cet essai, nous avons fait varier les teneurs en ciment et maintenu constantes l'énergie de compactage et la teneur en fibres. Notons que les éprouvettes destinées à la com-

échantillons destinés à la traction. Les résultats obtenus sont résumés par :

- les figures 3 et 4, pour la résistance à la compression à l'état sec et à l'état humide.
- les figures 5 et 6, pour la résistance à la traction à l'état sec et à l'état humide.

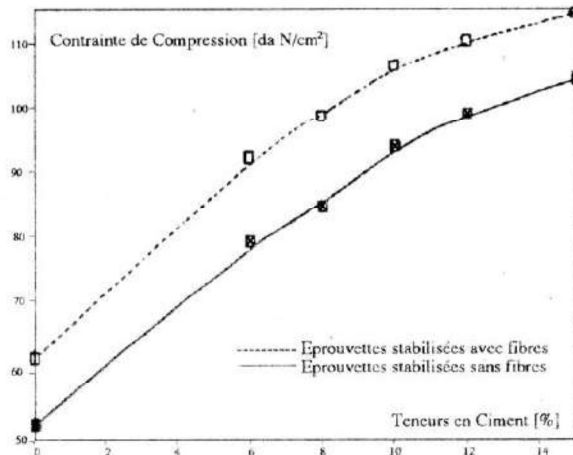


Figure 3 : Résistance à la compression à l'état sec (Teneur en fibres 0.2%).

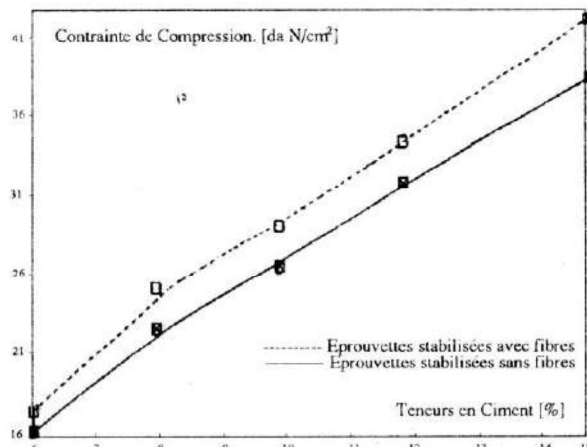


Figure 4 : Résistance à la compression à l'état humide (Teneur en fibres 0.2%).

Essai de sensibilité à l'eau : Elle est évaluée par le rapport de contrainte (σ_s/σ_h) en fonction de la teneur en ciment. Les résultats sont représentés sur la figure 7 pour la traction et sur la figure 8 pour la compression.

Essai de cisaillement : L'essai de cisaillement a été réalisé aussi bien à la boîte de Casagrande qu'au triaxial.

Pour la boîte de cisaillement, les fibres sont disposées suivant le plan de rupture par contre pour le triaxial, les échantillons moulés sont munies de fibres disposées en 4 couches horizontales. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 2.

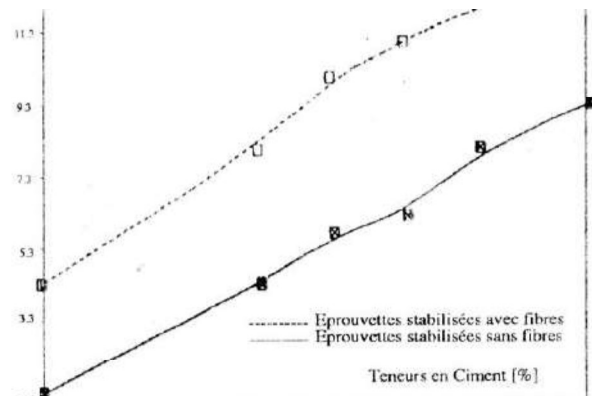


Figure 5 : Résistance à la Traction à l'état sec (Teneur en fibres 0.2%).

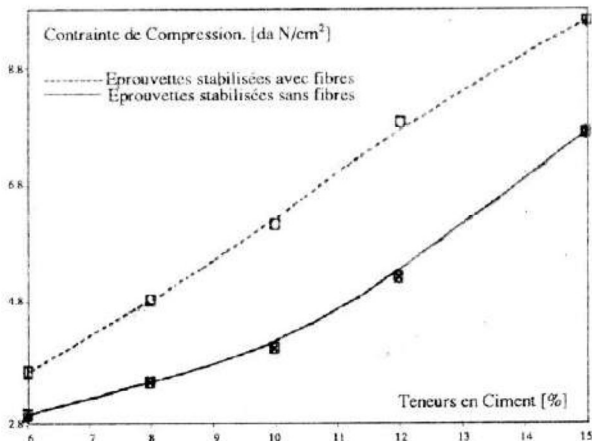


Figure 6 : Résistance à la Traction à l'état humide (Teneur en fibres 0.2%).

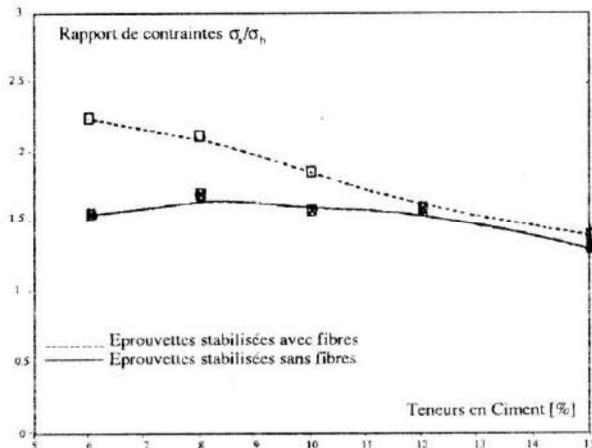


Figure 7 : Sensibilité à l'eau pour la traction.

c) Interprétation des résultats

Le renforcement par inclusions synthétiques textiles apporte un gain de résistance assez appréciable aussi bien au sol vierge qu'au sol stabilisé. Les résultats obtenus permettent de noter :

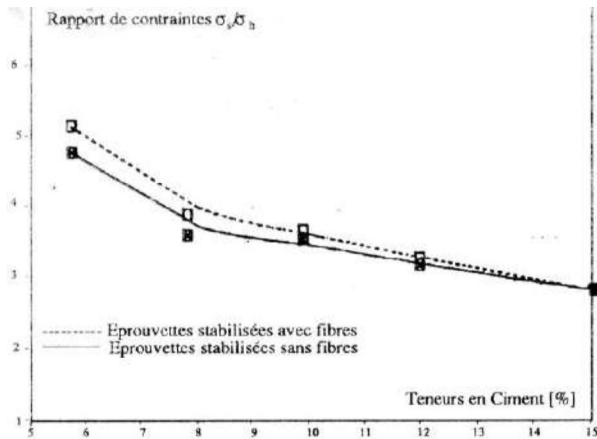


Figure 8 : Sensibilité à l'eau pour la compression.

	Boîte de Casagrande				Essai triaxial			
	σ (bars)	1	2	3	σ_1 (bars)	1	2	3
Sol sans inclusion de fibres	τ (bars)	0.495	0.524	0.710	$\sigma_1 - \sigma_3$	1.5	2.2	2.8
	C_u	0.3			C_u	0.4		
	$\emptyset_u$	6°			$\emptyset_u$	14°		
Sol avec inclusion de fibres	τ	0.598	1.213	1.258	$\sigma_1 - \sigma_3$	6.6	11.2	15.8
	C_u	0.4			C_u	0.9		
	$\emptyset_u$	19°			$\emptyset_u$	42°		

Tableau 2

- ✓ La teneur ainsi que la disposition des fibres se fera au détriment des caractéristiques mécaniques. En effet, une forte présence de fibres dans le sol aura tendance à favoriser dans la masse de celui-ci un frottement fibre-fibre important, phénomène entraînant une diminution des capacités mécaniques du matériau.
- ✓ Les essais de compression sur les éprouvettes où la disposition des fibres est verticale, présentent des résultats qui ne sont pas significatifs ; par contre, ils présentent un intérêt assez remarquable quand celles-ci sont associées à des fibres disposées horizontalement (Figure 2).
- ✓ La stabilisation au ciment augmente considérablement la résistance à la compression et à la traction pour les états sec et humide, ce qui confirme les résultats déjà obtenus avec le béton de terre stabilisée [1].
- ✓ Avec l'apport des fibres, l'amélioration de résistance est nettement observée, surtout en ce qui concerne la traction à l'état sec.
- ✓ Lors de l'expérimentation :

- ▲ Pour l'essai de compression : les éprouvettes ne forment plus des cônes comme ceux obser-

tassent sans apparition du plan de rupture.

- ▲ Pour l'essai de traction : les éprouvettes se fissurent en provoquant un étirage des fibres sans que ces dernières ne soient rompues.

- ✓ Dans les essais d'absorption et de sensibilité à l'eau, il a été constaté une légère sensibilité à l'eau pour les éprouvettes stabilisées avec fibres, ceci est dû essentiellement à la création d'une porosité ouverte dans le matériau. On peut éviter ce phénomène en essayant de placer ces fibres à quelques millimètres des parois latérales du moule lors de la confection des éprouvettes ; ainsi, nous obtiendrons une porosité fermée, ce qui rendra le matériau insensible à l'eau.

- ✓ Pour les essais de cisaillement (direct et triaxial), l'introduction des fibres dans le sol améliore considérablement les caractéristiques mécaniques "C_u" et "Ø_u". Les résultats obtenus de l'essai triaxial sont meilleurs que ceux de la boîte de cisaillement. Ceci peut être expliqué par la disposition des fibres ; notons que les fibres sont disposées suivant le plan de rupture pour la boîte de cisaillement alors qu'elles sont disposées en 4 couches horizontales pour les éprouvettes du triaxial.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent clairement que l'ajout d'un pourcentage minimal de fibres au sol ou au sol stabilisé, donne à ces derniers des résistances nettement supérieures à celles qu'ils avaient initialement.

Ces essais constituent une première approche et méritent un développement plus approfondi, comme il est souhaitable d'étendre l'étude aux deux types de fibres, les fibres en polyamide et en polypropylène ⑥

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Arab et B. Melbouci : "Analyse des propriétés du BTS en fonction de certaines caractéristiques physiques d'un sol". Revue Construire N°35, 1990.
- [2] B. Melbouci et J. Sliwinsky : "Influence de certains adjuvants sur les propriétés du BTS". Annales de L'ITBTP N° 500, Janvier 1992.
- [3] S. Ouattara : "Etude expérimentale au comportement des sables confinés par fibres ou par manchons". Thèse de Doctorat, Université de Lille, 1992.
- [4] M. Martin : "Etude du renforcement de la terre à l'aide des fibres végétales". Actes de Coll. Modernité de la construction en terre, 1984.