

# PROPOSITION DES ARMATURES A SECTIONS TRANSVERSALES DE FORMES V ET W COMME ELEMENTS DE RENFORCEMENT DE LA TERRE ARMEE

T. AYADAT  
R. BAHLOULI  
M. KHELFALLAH  
I.G.C  
Centre Universitaire de  
M'Sila

## RÉSUMÉ

La terre armée est un ouvrage de soutènement qui consiste à associer au sol pulvérulent des armatures qui résistent à la traction. De plus en plus, des recherches sont concentrées sur cette technique pour bien comprendre le comportement et le fonctionnement d'un tel ouvrage et ainsi développer d'autres types de renforcement plus performants que les types conventionnels.

Notre étude expérimentale est une contribution à ce dernier point où on étudie la capacité à l'adhérence de nouvelles formes d'armatures, de sections transversales ayant des formes V et W (avec ou sans banquettes) par rapport à celle des armatures conventionnelles.

Les résultats obtenus, montrent que les formes proposées ont une meilleure performance que les formes conventionnelles, donnent une bonne adhérence et peuvent être une meilleure alternative aux types lisses et nervurés.

## MOTS CLÉS

Terre armée • armature • section forme V et W.

## 1. Introduction

Depuis son apparition, la terre armée n'a cessé d'être utilisée avec succès pour la construction de structures de soutènement. Le développement de cette technique a été rapide et les bénéfices acquis de son utilisation ont été bel et bien démontrés, non seulement dans les économies réalisées mais aussi dans son aptitude de trouver de nouvelles solutions à de nombreux problèmes de construction.

La terre armée est un composé de terre et d'inclusions résistantes qui fonctionnent à travers les agencements de l'interaction sol renforcement pour produire un matériau ayant une performance supérieure à celle de la terre seule. Le comportement de base de ce matériau composite consiste dans la génération de forces de frottement entre le sol et les éléments de renforcement.

De plus, les éléments de renforcement s'opposent à la formation de la rupture continue dans la surface, d'où une amélioration des forces de rigidité et de cisaillement. Pour améliorer leurs performances, les éléments de renforcement doivent adhérer au sol ou avoir des formes telles que la déformation du sol produit automatiquement des tensions dans ces éléments. Les éléments de renforcement peuvent prendre plusieurs formes : nattes, barres, bandes, grille et ancrés, et cela dépend du type de matériaux employés :

- relativement inextensibles (barres et bandes de métal).
- relativement extensibles (géosynthétiques).

Cette recherche a été entreprise dans le but d'améliorer l'adhérence entre l'élément de renforcement et le sol et ceci en introduisant d'autres formes d'armatures. L'objectif visé est donc d'étudier l'effet d'utiliser de nouveaux types d'armatures de renforcement (de section ayant les formes V et W) sur leurs capacités de résister à l'arrachement dans une masse de sol.

On examine, aussi, la possibilité de les utiliser comme une alternative aux armatures conventionnelles (lisse et nervurée).

L'idée sur laquelle on s'est basée pour proposer ces nouvelles formes se résume en deux points essentiels :

- Amélioration du frottement, sol-armature jusqu'à la possibilité d'obtention d'un frottement sol-sol qui sera assuré par les banquettes incorporées dans le corps des armatures à des intervalles égaux (Figure 1).

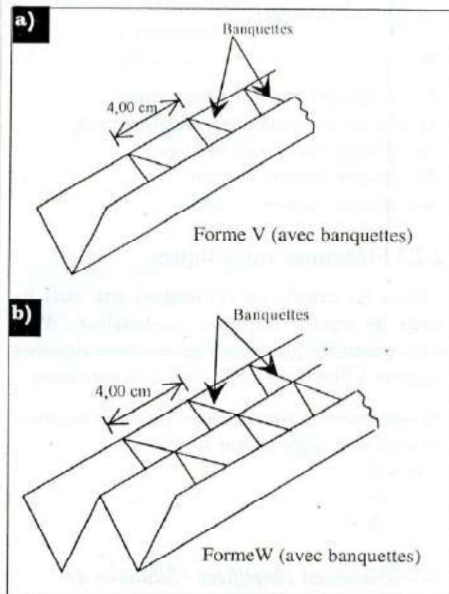


Figure 1 : Les différentes formes envisagées

- Assurer une meilleure redistribution des charges et surcharges sur la section de renforcement de telle manière à augmenter le confinement de l'armature dans le sol (Figure 2).

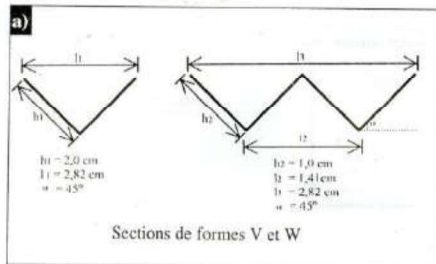
## 2. Matériaux, Matériels et Essais

### 2.1 Matériaux de l'étude

#### 2.1.1 Le sable

Le sable utilisé est un sable d'oued lavé, ses caractéristiques sont résumées comme suit :

- Granulométrie comprise entre 0,08 et 2,0mm, dont 0,5% des particules < 0,08mm, 15% des particules < 0,2mm et 75% des particules < 0,5mm
- Coefficient d'uniformité de 2,18.
- Coefficient de courbure de 1,04.
- Module de finesse de 1,66.
- équivalent du sable lavé est environ 95%.



Sections de formes V et W

- poids spécifique des grains solides de 2,58.
- Angle de frottement (à une densité moyenne d'emplacement de 15,32 KN/m<sup>3</sup>) est d'environ 34°.

### 2.1.2 Les armatures

Les armatures utilisées sont des bandes de 4cm de largeur, découpées de feuilles d'acier galvanisé d'une épaisseur courante de 0,8mm et d'une limite de rupture de  $2.4 \times 10^3$  KPa.

Les armatures confectionnées ont les dimensions et les formes suivantes :

- Différentes longueurs : 20 ; 30 ; 40 ; et 50cm
- Formes : lisse, nervurée (fixée par points de soudure selon la répartition de Schlosser [3], forme V et forme W.

### 2.2 Matériels

Les essais d'arrachement ont été effectués dans un modèle réduit (cuve), de forme parallélépipédique, réalisé en bois dur de 10 mm d'épaisseur (Figure 3).

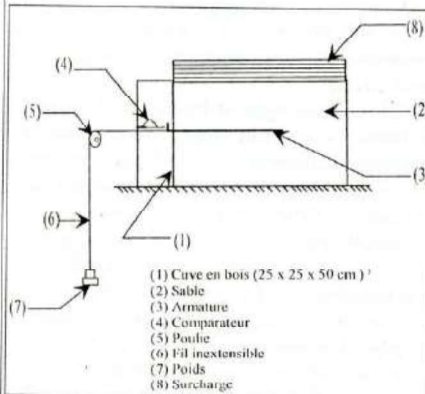


Figure 3 : Le model réduit (la revue)

Le principe consiste à faire subir à l'armature un arrachement forcé de l'extérieur de la cuve. Pour éviter sa flexion, l'extrémité de l'armature est renforcée par une tôle de même épaisseur que l'armature et percée pour permettre la fixation du câble qui passe à travers une poulie et glisse librement. La longueur de chaque arma-

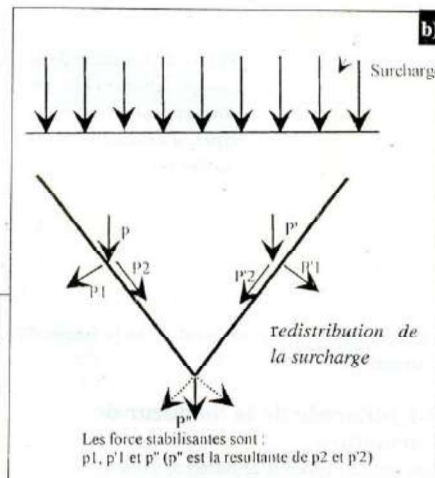


Figure 2 (a, b) : Schematisation des nouvelles formes d'armatures.

ture est légèrement supérieure à la longueur considérée. Elle est presque entièrement encastree dans la cuve entre deux lits de sable parfaitement horizontaux et traverse le milieu de la face latérale de la cuve à travers une lumière (ouverture) de dimensions supérieures à la section transversale de l'armature. Les déplacements de l'armature, ou éventuellement sa rupture sous l'effet d'arrachement sont effectués avec un comparateur d'une sensibilité de 1/100mm.

Pour assurer une homogénéité et pour obtenir la densité voulue, l'emplacement du sable dans la cuve a été réalisé en utilisant la méthode dite «raining method» [1] où la hauteur de chute du sable était de 25 cm.

Les essais d'arrachement ont été effectués avec ou sans surcharge. Dans le cas de chargement, la surcharge a été appliquée progressivement par le biais de plaques métalliques rectangulaires (de dimensions légèrement inférieures à celles de la cuve). Le poids total de la surcharge s'élève à 20kg.

### 2.3 Programme d'essais

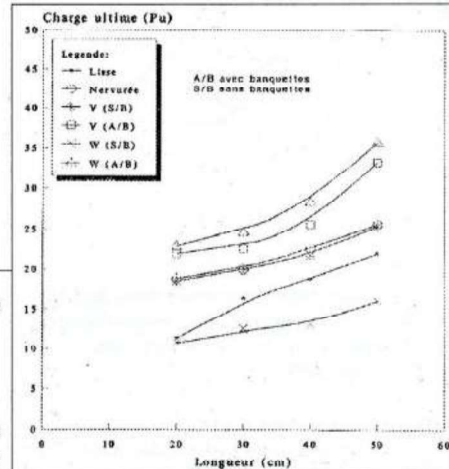
Les essais sont effectués sur des armatures de différentes dimensions et de différentes formes encastrees dans un sable chargé ou non surchargé. Les paramètres retenus sont :

- Longueurs des armatures : 20, 30, 40 et 50cm.
- Formes des armatures : lisse, nervurée, forme V et forme W.

### 3. Résultats et analyse

Avant d'effectuer des essais sur les nouveaux types d'armatures que nous avons proposés (V et W), on a préféré faire des essais sur les armatures conventionnelles (lisse et nervurée) pour qu'on puisse faire une comparaison entre leurs capacités de résister à l'arrachement (charges ultimes ou limites de rupture), et ceci en se basant

Figure 5: Variation de la charge ultime ( $P_u$ ) en Newton pour les différents types d'armatures (sans surcharge).



sur l'influence de la longueur et de la forme de l'armature.

### 3.1 Influence de la longueur de l'armature

Les mêmes types d'armatures, à des différentes longueurs, n'ont pas la même relation charge/déplacement (Figure 4).

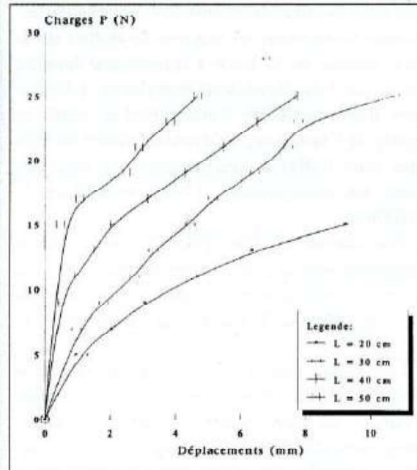


Figure 4: Influence de la longueur sur les courbes charges-déformations de l'armature W (A/B et sans surcharge).

D'après ces résultats, on constate que :

- L'armature lisse et l'armature de section de forme W (sans banquettes) n'ont pas relativement, une bonne adhérence avec le sable. Leurs charges ultimes d'arrachement ( $P_u$ ) sont relativement faibles.

Bien que ces résultats sont évidents pour la forme lisse qui glisse rapidement dans le sable, mais ils étaient inattendus pour la forme W (sans banquettes) qui a donnée des valeurs de ( $P_u$ ) même inférieures à celles de l'armature lisse. En l'absence de toutes autres indications sur le comportement de l'armature, on opte pour expliquer ce phénomène par le fait de :

- L'inexistence des banquettes,
- Et principalement, de l'absence du contact sol-armature au dessous de celle-ci où on a observé un vide.

- L'armature nervurée et l'armature de section de forme V (sans banquettes) ont amélioré ou augmenté la charge maximale ( $P_u$ ) par rapport à l'armature lisse et l'armature de forme W (sans banquettes). Cette amélioration, dans le cas de l'armature nervurée est évidemment due aux nervures qui mobilisent des butées contribuant à la diminution des déplacements de l'armature. Dans le cas de l'armatures V (sans banquettes), on pense que cette augmentation a été provoquée par une meilleure redistribution des charges (poids des terres) situées au dessus de l'armature ; qui conduit à son meilleur confinement ce qui ralentit l'arrachement.

- La présence des banquettes dans la formes V et W a nettement amélioré l'adhérence entre le sol et l'armature. A cet égard, la charge maximale ( $P_u$ ) a évolué par rapport à l'armature lisse, de 35 à 90% pour la forme V et de 50 à plus de 100% pour la forme W et ceci selon la longueur de l'armature.

En augmentant la longueur d'une armature, pour n'importe quel type, les déplacements de celle-ci décroît et sa résistance à l'arrachement croît. Ceci est dû essentiellement, d'une part, à l'augmentation de la surface de contact sol-armature, et d'autre part, à l'accroissement de la partie de l'armature pénétrant dans la zone passive (zone résistante) du massif.

### 3.2 Influence de la forme de l'armature

La variation de la charge ultime ou maximale (effort de rupture par arrachement) en fonction de la longueur des différents types d'armatures (sans chargement), est montrée sur la figure 5. Les valeurs de la charge ultime ( $P_u$ ) ont été déterminées en utilisant la méthode de [2] ; vu que les courbes chargement / déplacement, résultant de nos essais, ne donnent pas en général une indication claire et directe sur les valeurs des efforts maximaux de rupture.

Type d'armature	Type d'armature		V		W	
	Lisse	Nervurée	(sans banquettes)	(avec banquettes)	(sans banquettes)	(avec banquettes)
L = 30 cm	20	26	26,66	28,57	22,22	33,33
L = 50 cm	25	28,57	31,42	37,5	30	40

Tableau 1 : Valeurs de la charge ultime ( $P_u$ ) en Newton pour les différents types d'armatures (avec surcharge).

L'effet positif des banquettes se traduit par la mobilisation du frottement sol-sol lors du déplacement de l'armature. Les banquettes ont créé sur le corps de l'armature des petits wagons remplis de sable et en se déplaçant ; le sable est transporté par l'armature ; ce qui mobilise un frottement entre sable-sable. Donc les banquettes assurent le déplacement du sable emprisonné entre eux et les facettes de l'armature. Concernant la forme comme mentionnée auparavant, elle assure une meilleure redistribution des charges (poids des terres) situées au dessus de l'armature, ce qui contribue au ralentissement des déplacements de celle-ci en améliorant son confinement.

### 3.3 Influence de la surcharge

D'après les résultats regroupés dans le tableau 1, on remarque qu'à part l'amélioration de la charge ultime ( $P_u$ ), la présence de la surcharge,

comme attendu, a confirmée le comportement des différentes armatures observé dans le cas de non chargement. On sait bien que la surcharge augmente le frottement entre les grains de sable et les armatures en augmentant l'effet de confinement.

### 4. Conclusion

Les principales conclusions tirées de cette étude sont :

- L'armature lisse et l'armature de forme W (sans banquettes) n'assure pas, relativement, une grande stabilité d'un élément de terre armée.

- Les charges ultimes ( $P_u$ ) de l'armature V (sans banquettes) sont similaires et parfois égales à celles de l'armature nervurée et restent toujours meilleures que celles de l'armature lisse.

- Les armatures de formes V et W (avec banquettes) ont montré une meilleure adhérence avec le sable. La forme W a donné, relativement, les plus grandes charges ultimes. Ces deux types d'armatures peuvent être considérées comme une meilleure alternative aux types lisses et nervurés.

Enfin, il est indispensable de noter que :

- Pour les armatures de forme V on doit prévoir quelques appuis (tels que des petites bandes soudées perpendiculairement à la médiane des armatures) pour qu'on puisse maintenir leurs sections droites.

- Pour éviter la stagnation des eaux souterraines dans les petits wagons créés par les banquettes, et ainsi éviter la corrosion des armatures, on doit prévoir des trous le long du corps de l'armature. On pense que ces trous vont augmenter la résistance des armatures à l'arrachement ■

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] W.A. BIEGANOUSKY et W.F. MARCUSON « Uniform placement of sand ». Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, GT3, pp.229-233, 1976.
- [2] F.K. CHIN « The influence of slope as a prediction of ultimate Bearing capacity of piles ». Proc 3rd southeast Asian conf. On soil Engng, Hong Kong, pp.83-91, 1972.
- [3] F. SCHLOSSER et V. ILIAS « Friction in Reinforced earth ». pub. ASCE, Spring Conv. Pittsburgh, U.S.A 1978.