

AMELIORATION DE LA PORTANCE DES SOLS PAR UTILISATION DES NAPPES DISCONTINUES SOUPLES

T. Messas.

U. L2M, IUT A Génie Civil, Lyon 1

Résumé

Afin d'améliorer la capacité portante des sols, de protéger l'environnement, et d'apporter une solution économique écologique aux problèmes posés par les déchets plastiques, il a été convenu de réaliser une série d'essais de portance des sols renforcés par nappes de matières plastiques. Tous les essais effectués montrent que l'adjonction au sol des nappes continues ou non de matières plastiques améliorent nettement sa capacité portante.

Mots clés : Fondation superficielle •
capacité portante •
rouleaux de schneebeli •
déchets plastiques •

1 INTRODUCTION

Les essais "In-Situ" en grandeur réelle sont des essais expérimentaux idéaux pour une meilleure connaissance du comportement des ouvrages. Cependant, ils présentent de multiples inconvénients dont les principaux sont :

- La mise en glissement ou en tassement peut être très longue à se produire, il est alors nécessaire de procéder à des mesures espacées dans le temps. Les modifications des conditions météorologiques (pluie, gel, sécheresse) entraînant des variations des éventuelles pressions hydrostatiques et des densités. De plus, il faut tenir compte du phénomène de relaxation, de fluage, sans oublier la dérive des appareils de mesure ;
- L'expression en grandeur réelle sur ouvrages réels nécessite des investissements très importants, vu la difficulté de sa mise en œuvre ;
- L'interprétation des résultats est souvent difficile.

C'est la raison pour laquelle son utilisation est limitée. On est souvent amené à utiliser des milieux analogiques sur des modèles réduits. Les essais sur ces modèles de Schneebelli présentent des avantages par rapport aux expériences sur ouvrages réels :

- La rapidité et le faible coût ;
- L'étude du comportement des ouvrages à la rupture ;
- Le contrôle et l'étude de l'influence des divers paramètres mis en jeu ;
- Les essais sont généralement reproductibles.

L'inconvénient principal de ces essais sur modèles réduits est le non-respect des conditions de similitude. Par conséquent, l'extrapolation aux ouvrages réels reste prudente.

Cette recherche est consacrée à l'étude de l'effet des matières plastiques dans l'amélioration de la portance des sols. L'expérimentation est réalisée au laboratoire sur un massif constitué par le matériau analogique de Taylor-Schneebelli qui obéit à la loi de Coulomb. Nous avons mis en valeur l'influence d'un grand nombre de paramètres expérimentaux sur la portance du sol tels que la quantité des morceaux plastiques par nappe, la forme géométrique des morceaux plastiques, la profondeur de la première nappe, le nombre de nappes des morceaux plastiques, l'espacement des nappes, et le mode de fixation des nappes continues.

2 LE MODELE REDUIT ET LES MATERIAUX UTILISES :

Le dispositif expérimental utilisé est illustré par la figure 1. Le massif est constitué par des rouleaux en duralumin inoxydable de longueurs de 60 mm et de quatre diamètres différents : 2, 3, 4, et 5 mm répartis aléatoirement dans des proportions en poids de 29 %, 38 %, 21 % et 12 %

respectivement. Un tel milieu possède quelques propriétés fondamentales des sols (homogénéité, isotropie) et il suit la loi de Coulomb pour les milieux pulvérulents. Ses caractéristiques mécaniques sont déterminées par les essais de cisaillement à la boîte de dimension : $200 \times 100 \times 60 \text{ mm}^3$. Ces essais ont abouti à un angle de frottement interne de 22° et à une cohésion nulle. Les rouleaux empilés forment un massif de dimension : 1,50 m de largeur et de 0,86 m de hauteur, sa densité apparente est 6,6. Nous avons choisi ces dimensions afin que toutes les lignes de rupture puissent s'y développer sans interférences des bords ou du fond du bâti. Les parois latérales du bâti sont munies de plusieurs fentes afin d'intercaler les nappes de plastiques. La fondation est constituée par une semelle en acier de 20 cm de longueur, de 6 cm de largeur et de 150 mm de hauteur. Cette hauteur a été choisie afin d'éviter le refoulement du sol lors de l'enfoncement. Nous avons collé les rouleaux sur la surface de contact de la semelle pour la rendre rugueuse. Ce système est réalisé à l'aide d'un mécanisme qui est relié à la fondation. Ce dernier est vissé à un anneau qui permet la transmission et la mesure des efforts qui lui sont appliqués en fonction de l'enfoncement. Il est mesuré à l'aide d'un comparateur pouvant apprécier le 1/100 du mm fixé au bâti.

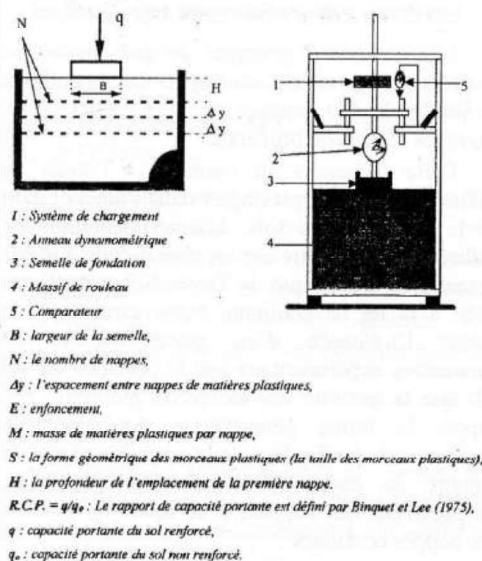


Figure 1 : Schéma du modèle expérimental.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Influence de la quantité de matières plastiques par nappe sur le gain de portance

Pour montrer l'influence de la masse de matières plastiques, nous avons effectué des essais

de poinçonnement avec une nappe de morceaux plastiques en faisant varier à chaque fois la masse de matières plastiques par nappe en gardant le même nombre de nappe ($N=1$) et la profondeur ($H=4 \text{ cm}$). Les sections des morceaux plastiques : $6 \times 30 \text{ cm}^2$ (disposés en quinconce) sont également considérées constantes. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 2 et 3. On cite la remarque : la portance varie au même temps que la masse des morceaux plastiques. On peut expliquer ce phénomène par le fait que plus la quantité des morceaux de matières plastiques augmente, plus le chevauchement entre les morceaux est important et plus le recouvrement est assuré. La continuité est donc meilleure entre les morceaux de matières plastiques. Leurs comportements tendent ainsi de plus en plus vers ceux des matières plastiques en bandes continues. Elles peuvent reprendre des efforts de traction.

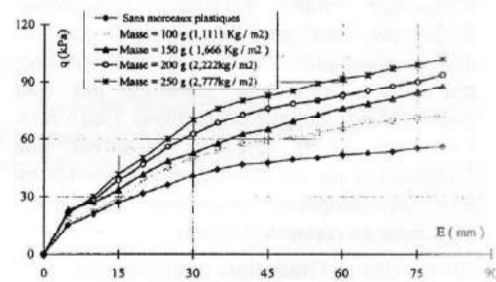


Figure 2 : Influence de la quantité de matières plastiques (pour $N=1$; $H/B=0.2$; $S=6 \times 30 \text{ cm}^2$)

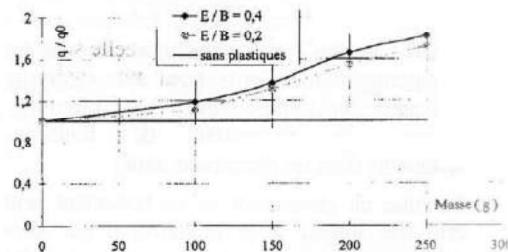


Figure 3 : Evolution du rapport de capacité portante (R.C.P) en fonction de la quantité plastique par nappe (pour : $N=1$; $H/B=0.2$; $S=6 \times 30 \text{ cm}^2$)

3.2 Influence de la forme géométrique des morceaux plastiques.

Une série d'essais a été réalisée sur le même nombre de nappes de morceaux plastiques ($N=1$), placés à la même profondeur optimale ($H/B=0,2$), avec la même quantité de matières plastiques ($M=70\text{g}=0.8 \text{ Kg/m}^2$). Les résultats sont présentés sur les figures 4 et 5. On cite les remarques suivantes :

- Toutes les courbes prennent la même allure au début et divergent après un certain déplacement,
- La portance augmente en même temps que la taille des morceaux plastiques. Plus la taille des morceaux de plastiques est grande, plus le recouvrement est assuré, la continuité est meilleure entre les morceaux de plastiques.

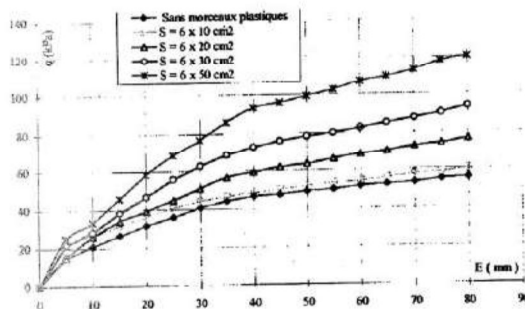


Figure 4 : Influence de la forme géométrique des éléments des morceaux plastiques (pour $N=1$; $H/B=0.2$; $M=69g=0.766Kg/m^2$)

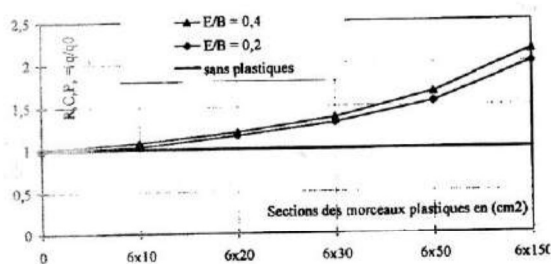


Figure 5 : Evolution du rapport de la capacité portante (R.C.P) en fonction de la quantité plastique par nappe (pour : $N=1$; $H/B=0.2$; $M=69g=0.766Kg/mm^2$)

3.3 Influence de la profondeur de la nappe de morceaux plastiques (H) sur le gain de portance

Une série d'étude a été effectuée en gardant le même nombre de nappes de morceau plastiques ($N = 1$), la même quantité de matières plastiques ($M=70g=0.8 Kg/m^2$), la même taille des morceaux plastiques $30 \times 6 cm^2$ et la même disposition en quinconce, en faisant varier à chaque fois la profondeur H. Pour relier cette variable à la semelle, nous avons utilisé le coefficient (H/B). La figure 6 donne l'effort appliqué en fonction de l'enfoncement de la fondation. La figure 7 précise la variation du rapport de la capacité portante du sol renforcé sur la capacité portante du sol non renforcé en fonction du rapport : profondeur de la nappe plastique (H) sur la largeur de la semelle (B). On cite les remarques suivantes :

- Les expériences ont montré que le coefficient maximal d'amélioration était pour l'emplacement H/B égal à 20%. On remarque que la portance du sol est la même avec ou sans plastique pour un rapport H/B supérieur à 50% ;
- L'apport de renforcement de la nappe de morceaux de plastiques avec un enfoncement $E= 80 mm$ est plus important pour un rapport $H/B = 0,2$ qu'avec un rapport $H/B = 0,5$;
- Les résultats révèlent également qu'à partir d'une certaine profondeur H/B avoisinant 75%, les matières plastiques n'ont aucune influence sur la capacité portante.

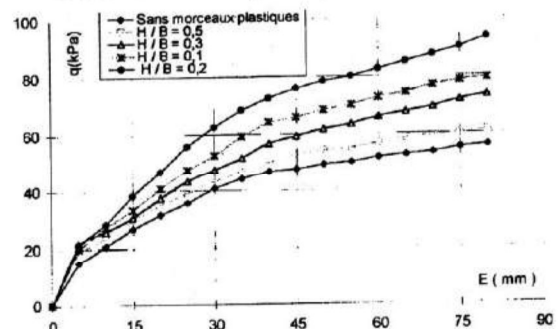


Figure 6 : Influence de la profondeur de la nappe des morceaux plastiques (pour $N=1$; $H/B=0.2$; $M=69g=0.766Kg/m^2$; $S=30x6cm^2$)

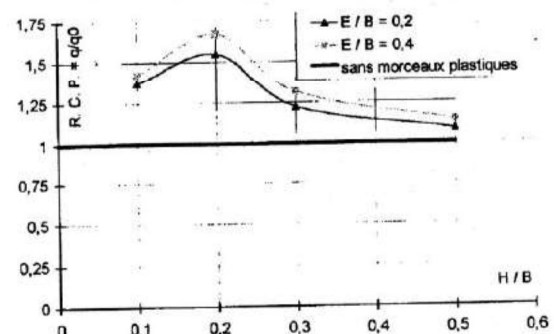


Figure 7 : Variation du R.C.P. en fonction de la profondeur (H) des morceaux plastiques (pour : $N=1$; $M=69g=0.766Kg/m^2$; $S=30x6cm^2$)

3.4 Influence du nombre de nappes des morceaux plastiques sur le gain de portance

Nous avons fait des essais de poinçonnement pour connaître la variation de la portance de la fondation en fonction de l'enfoncement ainsi que l'évolution du coefficient de capacité portante en fonction du nombre de nappes des morceaux plastiques. Nous avons gardé la profondeur de l'emplacement de la première nappe ($H/B = 0.2$) et la quantité de matières plastiques par nappe ($M=150g=1.7 Kg/m^2$). La forme géométrique des

morceaux plastiques ($30 \times 6 \text{ cm}^2$), la disposition en quinconce et les espacements entre les nappes de morceaux plastiques sont les mêmes ($\Delta y = 4 \text{ cm}$, $S=30 \times 6 \text{ cm}^2$). Nous faisons varier à chaque fois le nombre de nappes de morceaux plastiques ($N = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$). Nous concluons alors que le gain de portance augmente avec l'accroissement de N jusqu'à 4 nappes. Au-delà de ce nombre, le gain obtenu demeure constant (figures 8 et 9).

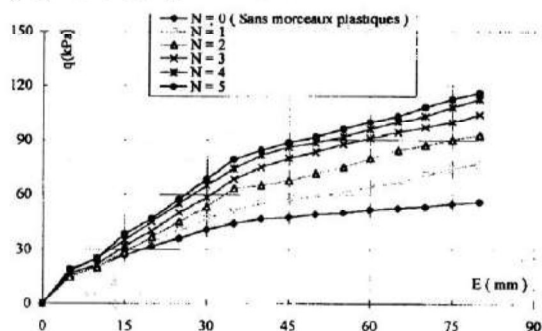


Figure 8 : Influence du nombre de nappes de morceaux plastiques (pour : $H/B=0.2$; $\Delta y=4 \text{ cm}$; $S=6 \times 30 \text{ cm}^2$; $M=150 \text{ g}=1.66 \text{ Kg/m}^2$)

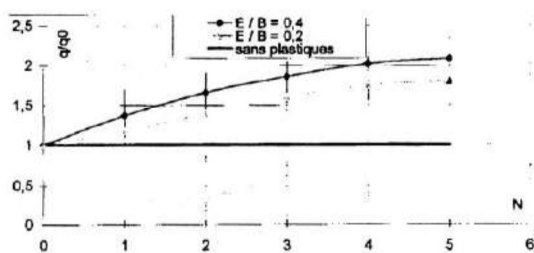


Figure 9 : Evolution de R.C.P. en fonction du nombre de nappes de matières plastiques (pour : $H/B=0.2$; $\Delta y=4 \text{ cm}$; $S=6 \times 30 \text{ cm}^2$; $M=150 \text{ g}=1.66 \text{ Kg/m}^2$)

3.5 Influence de l'espacement des nappes

L'influence de ce paramètre a été étudiée pour trois espacements différents : $\Delta y = 2 \text{ cm}$, $\Delta y = 4 \text{ cm}$, et $\Delta y = 10 \text{ cm}$. Pour relier cette variable à la largeur de la semelle, nous avons utilisé le coefficient $\Delta y/B$, en gardant le même nombre de nappe ($N=4$), la même profondeur de la première nappe ($H/B=0.2$), la même quantité de matières plastiques par nappe ($M=150 \text{ g}=1.7 \text{ Kg/m}^2$), la même forme géométrique des morceaux plastiques ($6 \times 30 \text{ cm}^2$), et la même disposition en quinconce en faisant varier l'espacement entre les nappes. Les résultats sont présentés sur les figures 10 et 11. On cite les remarques suivantes :

- Un amélioration de la portance des sols avec le plastique apparaît lorsque l'enfoncement de la semelle devient important ;

- Le maximum de coefficient d'amélioration optimal ($\Delta y/B$) est égal à 20% ;
- Plus les nappes profondes s'éloignent de la zone d'influence, plus la portance du sol se rapproche du cas d'un renforcement par une seule nappe "la première nappe".

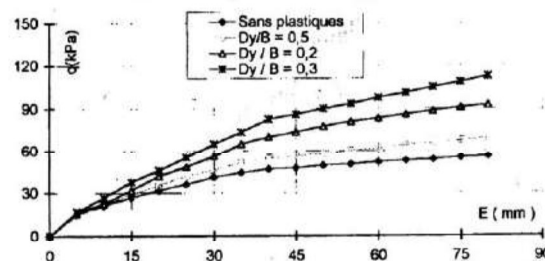


Figure 10 : Influence de l'espacement des nappes des morceaux plastiques (pour : $N=4$; $H/B=0.2$; $S=30 \times 6 \text{ cm}^2$; $M=150 \text{ g}=1.66 \text{ Kg/m}^2$)

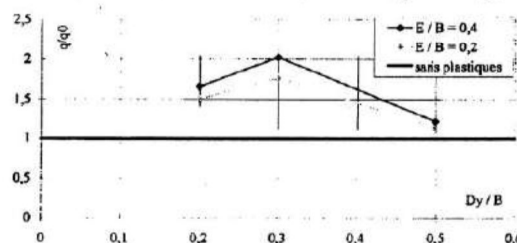


Figure 11 : Variation de R.C.P. en fonction de l'espacement des nappes de morceaux plastiques (pour : $N=4$; $H/B=0.2$; $S=30 \times 6 \text{ cm}^2$; $M=150 \text{ g}=1.66 \text{ Kg/m}^2$).

3.6 Influence du mode de fixation des nappes de matière plastiques

Nous avons fait des essais de poinçonnement du sol renforcé par une nappe de plastique (6 Feuilles) libre et ancrée. Tout les essais présentés ont été réalisés avec une profondeur H de la nappe égale à 4 cm . Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 12 .

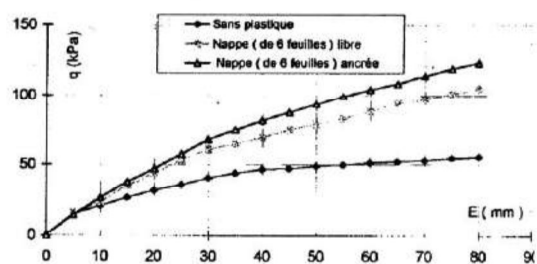


Figure 12 : Influence du mode de fixation des nappes plastiques.

D'après ces résultats, nous pouvons affirmer que l'inclusion de plastique augmente la capacité portante des sols. Cette augmentation est très nette quand le plastique est ancré. Cette différence est la conséquence d'une efficacité considérable à la traction de la part de la membrane celle-ci est ancrée, surtout pour un enfoncement important .

4 CONCLUSION

Les résultats que nous avons présenté ne peuvent être extrapolés en vrai grandeur qu'avec beaucoup de précaution, car les conditions de similitude ne sont pas toutes respectées. Les essais de portance réalisés sur un massif de fondation constitué par le matériau de Taylor-Schneebeli nous ont permis de tirer les remarques suivantes :

- Plus la masse des matières plastiques augmente, plus le chevauchement entre les morceaux est important et leur comportement tend ainsi de plus en plus vers celui des matières plastiques en bandes continues ;
- Il apparaît que l'effet maximal est obtenu avec les matières plastiques en bandes continues. Mais plus la taille des morceaux plastiques est grande plus la longueur de recouvrement entre les morceaux est importante et plus l'influence des matières plastiques sur le gain de portance est grande ;
- Plus les nappes profondes s'éloignent de la zone d'influence, plus la portance du sol se rapproche du cas d'un renforcement par une seule nappe de morceaux plastiques (la première nappe de morceaux plastiques). L'apport de renforcement est plus important pour une profondeur H/B égal 20% et pour des déflexions importantes ;
- Le gain de portance croît mais de façon asymptotique avec l'augmentation du nombre de lit (jusqu'à 4 nappes dans cet essai). Au-delà de ce nombre, le gain obtenu demeure constant ;
- Un espacement optimal entre les nappes de plastiques égal à 4 cm permet d'obtenir une amélioration maximale de la portance du sol renforcé ;
- La portance pour les nappes ancrées est plus forte que celle pour les nappes libres.

Il résulte de cette étude que l'adjonction au sol des nappes continues ou non de matières plastiques améliorent nettement sa capacité portante. Cette amélioration de la portance apparaît pour des enfoncements (E) importants.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J.O. AKILNMUSURU, J.A AKINBOLADE., D.O. ODIGIE (1982) - "Essai de force portance sur des sols renforcés par des fibres". Deuxième congrès Int. sur les géotextiles, Las Vegas, Vol. 11, p. 599-603. 1982.
- [2] BUREL - "Etude expérimentale de la force portante des fondations par analogie avec des rouleaux" Thèse de Doct. de Spécialité, Grenoble. 1960.
- [3] B. CAMBOU - "Analyse du comportement des milieux granulaires basées sur leur nature discontinue". Revue française de géotechnique, Février 1981, n° 14, p 5-24. 1981.
- [4] K. OMINE, H. OCHIAI, N. YASUFUKU & T. KATO - "Effect of plastic wastes in improving cement treated soils" environmental Geotechnics, Kamon 1996 Balkema, Rotterdam. Vol. 11, p.875-880. 1996.
- [5] T. MESSAS, R. AZZOUZ, C. COULET, L.CURTIL "Soil reinforcement by using layers of soft or discontinuous plastic wastes". GREEN2 - 2nd International symposium on geotechnics and the environment 8-11, KRAKOW, POLAND, September 1997.
- [6] J. GIELLY, C. COULET, J. PERIN (1989) - "Renforcement des sols avec le procédé platerre" - 12 th International Conference on soil mechanics and foundation engineering, pl249-1250, 13-18, Rio de Janeiro, Brésil. août 1989.