

# AMELIORATION DE LA PORTANCE D'UNE PLATEFORME PAR INCLUSION DE NAPPES GEOSYNTHETIQUES

Farid CHERIFI<sup>1</sup>, Said TABTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Afitex algerie, alger, algerie

<sup>2</sup>Afitex algerie, alger, algerie

---

## RESUME :

*L'étude présentée expose l'expérience d'amélioration de la portance du sol d'une plateforme de stockage à conteneurs d'un port sec à Alger. Située à proximité d'une ancienne décharge d'ordures ménagères réhabilitée, et est caractérisée par une faible portance, constituée principalement de remblais et de déchets. Pour dimensionner correctement cette plateforme, il était indispensable d'évaluer la portance du sol support. La capacité portante du sol est une performance technique spécifique qu'il est nécessaire de connaître pour établir le système de fondation de la plateforme. Les essais de plaque ont montré l'augmentation de la capacité portante avec l'utilisation des géosynthétiques.*

## ABSTRACT :

*The present study presents the experience of improving the bearing capacity of the soil of a container storage platform of a dry port in Algiers. Located near a former household waste dump, and characterized by low bearing capacity, consisting mainly of fill and waste. To properly size this platform, it was essential to assess the bearing capacity of the supporting soil. The bearing capacity of a soil is a specific technical performance that is essential to know in order to establish the platform foundation system. Plate tests showed the increase in load-bearing capacity with the use of geosynthetics.*

---

## 1. INTRODUCTION

Les géosynthétiques sont utilisés pour assurer, entre autres, la fonction de renforcement des plateformes. Des géogrilles ont été utilisées pour la première fois pour ce type d'ouvrage en 1980 [1].

Le géosynthétique de renforcement facilite le compactage [2], améliore la portance du sol, apporte un confinement de la couche d'agréats et permet la diffusion de la charge sur une surface plus grande; diminuant donc la contrainte locale appliquée.

L'essai effectué est un essai à la plaque, avec deux méthodes d'application : une charge de 566 kPa, à savoir un essai à charge monotone et un essai à charge cyclique avec une fréquence de 1Hz.

Dans ce contexte, l'utilisation de nappes géosynthétiques (pour améliorer la stabilité de ces remblais) est l'une des techniques de renforcement de sol, parmi les plus efficaces et largement approuvée [3].

## 2. RAPPEL SUR LA CLASSIFICATION DES SOLS

Pour les besoins de ce projet, nous allons nous intéresser particulièrement à deux types de sols;

### 2.1 Sols sensibles à l'eau

Ce sont des sols dont l'état varie en fonction de leur teneur en eau (comportement solide, plastique, liquide). Une teneur en eau excessive se traduit par :

- Une portance médiocre.
- De faibles caractéristiques mécaniques : grande compressibilité et faible cohésion.
- Une sensibilité au gel importante.

## 2.2 Sols évolutifs ou fragmentables

Ce sont des sols « rocheux » compacts à l'état naturel, susceptibles de se fragmenter ou de se dégrader sous l'effet de sollicitations :

- soit à court terme au cours de la mise en œuvre (extraction, transport, compactage).
- soit à long terme, après leur mise en place, notamment sous l'action de contraintes mécaniques (effet de la circulation ou de poids) ou sous l'action de l'eau ou du gel.

Le tableau 1 renseigne sur les correspondances des valeurs de déformation statique (EV2) et les caractéristiques des sols [5].

**Tableau 1. Classe d'arase**

| Classe d'arase                                    | AR0                                                                                                                                    | AR1                                     | AR2                                                                                                                                                                       | AR3                                                                                                       | AR4        |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Compacité (si $D \leq 20$ mm)                     |                                                                                                                                        | $\geq 95\%$ de l'Optimum Proctor Normal |                                                                                                                                                                           |                                                                                                           |            |
| Portance minimum requise «EV <sub>2</sub> » (MPa) | < 20                                                                                                                                   | $\geq 20$                               | $\geq 50$                                                                                                                                                                 | $\geq 120$                                                                                                | $\geq 200$ |
| Commentaires                                      | caractéristiques insuffisantes : matériaux impropres nécessitant une substitution ou une amélioration avec, si nécessaire, un drainage | Matériau sensible à l'eau               | Matériau insensible à l'eau soit naturellement (VBS < 0,1) soit par traitement avec un réactif adapté (CBR > IPI)<br>Matériau sensible à l'eau mais convenablement drainé | Matériau insensible à l'eau graveleux ou rocheux mais posant des problèmes de réglage ou de traficabilité |            |

## 3. LE PROJET

Le sol en place présente une problématique liée à une très faible portance et pose de réelles difficultés de stabilité des plateformes quant au stockage des conteneurs (figures 1 et 2),



**Figure 1. 2. Vue de la section à traiter.**

Compte tenu des problèmes d'affaissements rencontrés sur ces terrains, une évaluation approfondie a eu lieu.

L'entreprise, choisie à cet effet, a proposé des solutions spécifiques par un renforcement du substrat avec utilisation d'un matériau special (chaux).

La pose de ce matériau sur ce terrain mou et instable n'a pas donné les résultats attendus (sur une partie d'une plateforme ou il a été appliqué, le terrain reste instable).

La solution alternative proposée par le bureau d'études a pris en considération le sol en place qui présente de fortes teneurs en eau, l'apport d'autres matériaux n'allait pas résoudre les problèmes d'instabilité, et a suggéré l'utilisation des géosynthétiques en base de remblai afin de limiter les

épaisseurs de couche de forme et d'éviter une substitution, des matériaux, Les étapes suivantes ont été réalisés :

Evaluation du terrain : la première étape consiste à évaluer attentivement le terrain destiné au stockage des conteneurs. Identifier les zones molles qui pourraient nécessiter un traitement particulier et enfin vérifier s'il y a des zones avec de fortes saturations en eau ou si le sol est instable. Le tableau 2 résume une moyenne de quelques caractéristiques physiques et mécaniques des sols les plus défavorables rencontrées sur site.

**Tableau 2. Caractéristiques du sol**

| Caractéristiques du sol           | Valeurs |
|-----------------------------------|---------|
| Teneur en eau $\omega$ (%)        | 135     |
| Indice des vides $e$              | 2.0     |
| Porosité $\eta$ (%)               | 66.67   |
| Masse volumique $P_s$ ( $t/m^3$ ) | 0.3     |
| Cohésion non drainée $C_u$ (kPa)  | 25      |

La nature de ce sol est à majorité argileuse, mais caractérisé aussi par un taux en déchets divers de 20 %, avec une teneur en matières organiques très importante.

- Une teneur en eau de 135 %,
- Une masse volumique  $P_s$  qui est de  $0.3 t/m^3$ .
- Une cohésion non drainée étant de 25 kPa.

Elimination de la couche organique constituée en majorité de déchets, les herbes et les racines végétales à l'aide d'outils adaptés.

Excavation : creuser jusqu'à atteindre des couches de substrats plus stable sur toute les surfaces, en enlevant les terres molles et instables.

Renforcement réalisé par les géosynthétiques spécifiquement choisis en vue de consolider le sol et prévenir les affaissements en utilisant trois (03) variantes

- Géotextile 300 g/m<sup>2</sup>
- Géogrille de résistance à la traction de 35 kN/m..
- Géotextile et géogrille .

Choix d'un matériau stabilisant constitué d'un gravier et d'un liant.

Compactage à l'aide d'une plaque vibrante après mise en œuvre du gravier stabilisant.

#### **4. CARACTÉRISTIQUES DES GÉOSYNTHÉTIQUES UTILISÉS**

##### **4.1 Géotextile de séparation et filtration de masse surfacique 300 g/m<sup>2</sup>**

Le géotextile en polypropylène de fibre courtes, mis en œuvre a été choisi pour ses caractéristiques hydrauliques (perméabilité, ouverture de filtration).

Les caractéristiques mécaniques et hydrauliques du géotextile en question sont indiquées dans le tableau 3.

**Tableau 3. Caractéristiques du géotextile 300g/m<sup>2</sup>**

| Propriétés           | unités           | Norme         | caractéristique |
|----------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Masse surfacique     | g/m <sup>2</sup> | EN ISO 9864   | 300             |
| Epaisseur sous 2 kPa | mm               | EN ISO 9863-1 | 1.60            |

|                                 |       |              |       |
|---------------------------------|-------|--------------|-------|
| Résistance à la traction SP     | kN/m  | EN ISO 10319 | 20    |
| Résistance à la traction ST     | kN/m  |              | 25    |
| Résistance au poinçonnement CBR | kN    | EN ISO 12236 | 3.40  |
| Perméabilité normal au plan     | m/sec | EN ISO 11058 | 0.040 |
| Ouverture de filtration         | mm    | EN ISO 12956 | 65    |

#### 4.2 Géogrille de renforcement

Le choix de la géogrille, selon que le renforcement est efficace quand le  $CBR \leq 3$ , la résistance à la traction à 2 % doit être  $\geq 8$  kN/m si la hauteur de l'excavation est  $< 05$  mètres [5]. Et selon les travaux [6], présentant le cas d'un remblai dont la teneur en eau de  $w = 100$  %.

La géogrille utilisée est constituée de câbles de renforcement en polyester haute ténacité.

Le tableau 4 résume les caractéristiques de la géogrille utilisée.

**Tableau 4.** Caractéristiques de la géogrille

| Propriétés                                     | unités           | Norme        | Caractéristique |
|------------------------------------------------|------------------|--------------|-----------------|
| Masse surfacique                               | g/m <sup>2</sup> | EN ISO 9864  | 135             |
| Résistance à la traction SP                    | kN/m             | EN ISO 10319 | 35              |
| Résistance à la traction ST                    | kN/m             |              | 35              |
| Résistance à la traction à 02 % de déformation | kN/m             | EN ISO 10319 | 8               |
| Arrête                                         | mm               |              | 25/25           |

#### 5. ESSAI DE PLAQUE

L'essai de plaque vise à mesurer la façon dont le sol des plateformes se déforme sous l'application d'une charge lourde.

Les plates-formes concernées par cet essai sont destinées au stockage des conteneurs.

Le module de déformation statique est donné par la relation (1).

$$EV_2 = \frac{\pi}{4} (1 - u^2) \frac{pd}{Z_2} \quad (1)$$

Où

- $EV_2$  : module de déformation de la plateforme au point d'auscultation, en MPa.
- $u$  : coefficient de Poisson du matériau
- $p$  : pression moyenne exercée, en MPa.
- $d$  : diamètre de la plaque, en mm.
- $Z_2$  : enfoncement de la plaque lors du 2e chargement, en mm.

#### 6. RÉSULTATS OBTENUS

Les résultats de l'essai de plaque sur trois plateformes sont présentés dans les tableaux 5, 6, 7, 8 et les figures 3 et 4

Ces résultats résument à chaque fois une moyenne de trois essais pour chaque zone.

L'épaisseur de la couche de forme reconstituée de gravier est de 0.50 mètres.

A noter qu'on a adapté le même protocole de compactage pour toutes les variantes, avec l'assurance de répétabilité.

**Tableau 5.** Résultats de la mesure sous chargement statique (EV2) des trois plateformes sans traitement par les géosynthétiques.

| Localisation | EV <sub>2</sub> MPa |
|--------------|---------------------|
| Plateforme 1 | 48                  |
| Plateforme 2 | 53                  |
| Plateforme 3 | 49                  |

**Tableau 6.** Résultats de la mesure sous chargement statique (EV2) des trois plateformes en utilisant un géotextile de 300 g/m<sup>2</sup>

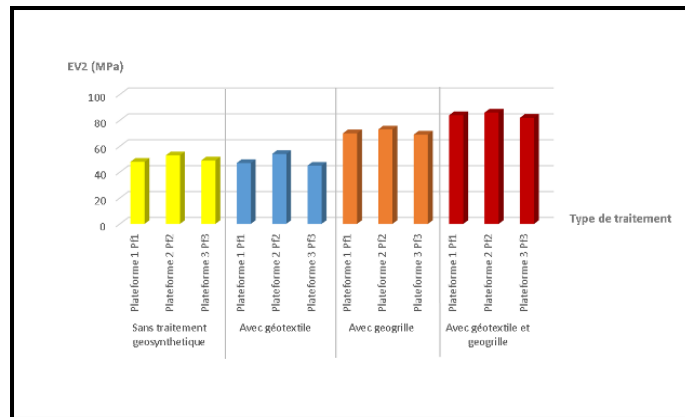
| Localisation | EV <sub>2</sub> MPa |
|--------------|---------------------|
| Plateforme 1 | 47                  |
| Plateforme 2 | 54                  |
| Plateforme 3 | 45                  |

**Tableau 7.** Résultats de la mesure sous chargement statique (EV2) des trois plateformes en utilisant une géogrille 35 kNm

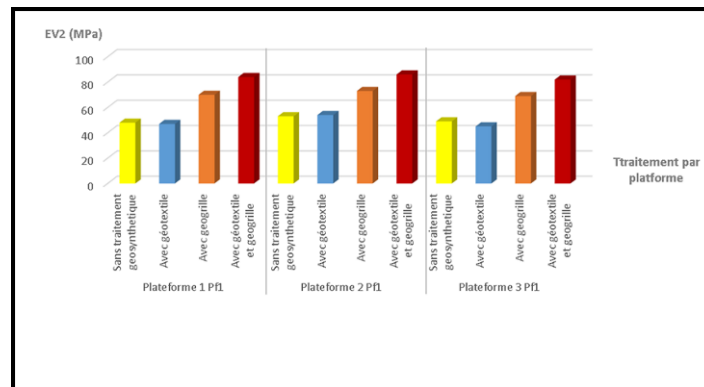
| Localisation | EV <sub>2</sub> MPa |
|--------------|---------------------|
| Plateforme 1 | 70                  |
| Plateforme 2 | 73                  |
| Plateforme 3 | 69                  |

**Tableau 8.** Résultats de la mesure sous chargement statique EV2 des trois plateformes en utilisant un géotextile 300 g/m<sup>2</sup> et une géogrille 35 kN/m

| Localisation | EV <sub>2</sub> MPa |
|--------------|---------------------|
| Plateforme 1 | 94                  |
| Plateforme 2 | 95                  |
| Plateforme 3 | 93                  |



**Figure 3.** Evolution du module EV2 par type de traitement Géosynthétiques des plateformes



**Figure 4.** Evolution du module EV2 des trois plateformes en fonction du traitement géosynthétiques.

## 7. MISE EN ŒUVRE

Les Figures 5 et 6 illustrent la mise en œuvre de la géogridle et du géotextile au droit des emplacements des conteneurs où il y a un risque d'affaissement.



**Figure 5.** Mise en place du géotextile et de la géogridle



**Figure 6.** Mise en place de la couche de forme.

## 8. CONCLUSION

Afin d'augmenter la portance des trois plateformes, différentes variantes ont été testées et comparées par la caractérisation de l'essai de plaques.

- Variante 1 ; Géotextile 300 g/m<sup>2</sup> seul.
- Variante 2 ; Géogrille de résistance en traction de 35 kN/m.
- Variante 3 ; Géotextile 300 g/m<sup>2</sup> et Géogrille 35 kN/m..

Les valeurs du module EV2 sont assez différentes, le renforcement étant mis en place à la base de la sous-couche de 30 cm d'épaisseur. Les conclusions sont comme suit :

- Le compactage du sol ne résulte guère en une amélioration de la portance de ce dernier.  
(EV2 : 48, 53,49 –MPa- )
- Le géotextile de séparation seul n'a pas amélioré la portance du sol.  
(EV2 : 47, 54,45 –MPa- )
- Une amélioration de la portance par L'utilisation de la géogrille.  
(EV2 : 70,73, 69 –MPa- )
- La portance des trois plateformes supports des conteneurs a été sensiblement améliorée par l'association de l'utilisation de la géogrille et du géotextile en dessous.  
(EV2 : 94,95, 93 –MPa- )

Ce travail a permis un développement d'un protocole efficace pour tester la portance de toutes les plateformes de stockage existantes car souvent implantées sur des sols peu porteurs. Comme il a été décidé d'introduire la mesure des tassements.

## 9. RÉFÉRENCES

- [1] Giroud, J. P. (2009, september). An assessment of the use of geogrids in unpaved roads and unpaved areas. In jubilee symposium on polymer geogrid reinforcement. Identifying the direction of future research, ice, London, 8th september.
- [2] Bloise, N., & Ucciardo, s. (2000). On site test of reinforced freeway with high-strength geosynthetics. In eurogeo 2000: proceedings of the 2nd european geosynthetics conference. Volume 1: mercer lecture, keynote lectures, geotechnical applications (vol.1)

- [3] Cancelli, A., & Montanelli, F. (1999). In-ground test for geosynthetic reinforced flexible paved roads. In twelfth european conference on soil mechanics and geotechnical engineering (proceedings) (no. Volume 2).
- [4] Palmeira, E. M., & Antunes, I. G. (2010). Large scale tests on geosynthetic reinforced unpaved roads subjected to surface maintenance. *Geotextiles and geomembranes*, 28(6), 547-558.
- [5] J. Otani et E.M. Palmeira. (2001). Géosynthétiques dans les remblais sur sols compressibles.
- [6] CFG (2015) revue le moniteur.
- [7] R. Hufemusa et al (2005) Experience : Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft.