

## AMÉNAGEMENT ET SOUTÈNEMENTS AVEC MASSIF RENFORCÉ PAR GÉOTEXTILE AVEC RETOUR AU PAREMENT ET PAREMENT ATALUS

### LANDSCAPING AND RETAINING STRUCTURES REINFORCED BY GEOTEXTILE AND CONCRETE CELL FACING

Messaoud ZERMANI<sup>1</sup>, Kenza BELAID<sup>1</sup>, Rachid HARGAZ<sup>1</sup>, Pierre GENDRIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SARL SAGC, Alger, Algérie

<sup>2</sup>BET Géoroute Ingénierie, Chartres, France

**RÉSUMÉ** – Dans le cadre d'un projet de 1200 logements sur un site à très forte déclivité, situé à Oued Djer, à 40 Km à l'ouest d'Alger, Algérie, il a été décidé de construire un nombre important de murs de soutènements pour permettre la densité des bâtiments prévue sur ce site. Au démarrage des travaux, la présence d'un sol d'assiette très agressif nécessitait l'usage de ciments spéciaux, résistants aux sulfates, et un surdosage en ciment, ce qui rendait le coût du projet très onéreux. La solution proposée consiste en la substitution de l'ensemble des murs de soutènements par des massifs en remblais renforcés avec du géotextile en polypropylène avec retour au parement pour les parties enterrées et parements constitués de cellules de végétalisées béton pour les parties visibles des murs.

Mots-clés : renforcement, géotextile, drainage.

**ABSTRACT** – For the construction of a 1,200 homes housing project located in Oued Djer, 40 kilometres west of Algiers, Algeria, located on a site with very steep slopes, it was decided to design a large number of retaining walls to overcome the density of the buildings on this site. Upon commencement of the work, it was observed that the foundation soil was very aggressive, which would require the use of special, sulphate resistant and overdosed cement, which made the project very expensive. The proposed solution involves the substitution of all the retaining walls by polypropylene geotextile reinforced walls, with geotextile facing for buried portions and concrete cell facings with plants for visible parts of the wall.

Keywords: reinforcement, geotextile, drainage.

### 1. Introduction

La forte déclivité du terrain (figure 1) sur lequel est implanté un programme de 1200 logements situé à Oued Djer à 40 km à l'ouest d'Alger a conduit le maître d'œuvre à concevoir un nombre important de murs de soutènements.



Figure 1. Déclivité importante du terrain.

Au démarrage des travaux de creusement et après analyse du sol sur place, ce sol s'est avéré agressif vis-à-vis des bétons, ce qui nécessitait l'usage de ciments spéciaux résistant aux sulfates et surdosés. Le surcoût induit a obligé le maître d'ouvrage à arrêter immédiatement les travaux et à chercher une solution alternative.

## 2. Choix de la solution

Une solution de confortement par géosynthétiques a été proposée du fait de leur grande adaptabilité et de la facilité et rapidité de leur mise en œuvre, et de leur bonne résistance par rapport à beaucoup d'autres solutions classiques. Les raisons essentielles de ce choix sont :

- une emprise réduite avec gain d'espace pour les servitudes,
- un impact positif sur l'environnement immédiat,
- le traitement du talus avec contrôle de ruissellement,
- les possibilités esthétiques : parement végétalisé et fleuri, courbes harmonieuses de la ligne du mur,
- la rapidité d'exécution.

C'est dans ce cadre que nous sommes intervenus pour proposer une variante au projet initial avec des massifs renforcés par géotextile en polypropylène dont certains à parements enveloppés (boudins) et d'autres à parements réalisés en cellules de béton végétalisées. Les eaux internes (Figure 2) seront collectées par un géocomposite de drainage derrière les massifs et évacuées par des tranchées drainantes vers l'exutoire (Figure 3).



Figure 2. Présence des eaux d'infiltrations.



Figure 3. Agressivité chimique nécessitant un traitement spécial des parties enterrées.

Cette solution a été exécutée à l'entière satisfaction des intervenants dans le respect des objectifs initiaux, qui sont :

- la réduction des coûts du projet,
- l'exécution dans des délais très réduits,
- l'embellissement de l'environnement immédiat des bâtiments.

Le procédé utilisé permet de réaliser des murs de grande hauteur en utilisant la technique des nappes géotextiles de renforcement (Arab et al., 2003). Cette technique a pour but d'améliorer avec des renforcements géosynthétiques « atanappes » les propriétés mécaniques du massif. La stabilité est validée par une note de calcul d'un Bureau d'Études agréé qui prend en compte la hauteur et l'inclinaison du mur, les surcharges, les qualités du sol en place et du remblai ainsi que les effets d'un

séisme (zone sismique). Afin de respecter les délais d'exécution, il a été procédé simultanément au coulage des radiers de fondation des bâtiments (Figure 4) à des niveaux différents.



Figure 4. Préparation des fondations des bâtiments.

### 3. Les solutions préconisées

Le traitement de ces ouvrages nécessite une combinaison de solutions techniques et une gestion impérative des eaux de surface (eaux de pluie, eaux de ruissellement...) et des eaux d'infiltration, à savoir :

- la purge : elle est entreprise graduellement sur tout le linéaire à traiter et sur une largeur qui sera déterminée en fonction de la hauteur du talus et validée par une note de calcul ;
- le confortement : la consolidation du talus est réalisée par l'installation d'une butée en remblai et la réalisation d'un massif renforcé par géotextiles avec retour de nappe au parement. La réalisation de ces massifs inclinés sur tout le linéaire à traiter permet ainsi l'intervention et le coulage des radiers des bâtiments du dessus. L'entreprise intervient pour cette opération en trois fronts :
  - la consolidation des talus en réalisant un remblai renforcé sur tout le linéaire sur une emprise de 2,50 m afin de pouvoir procéder au coulage des quatre radiers en même temps,
  - dès l'achèvement des voiles périphériques, l'entreprise procède à la finition des remblais et la fermeture des boudins en géotextile sur toutes les parties enterrées (sous-sol),
  - au niveau des voiries, le soutènement est assuré par la réalisation d'un massif renforcé par géotextile à parement composé de cellules en béton ;
- le traitement des eaux de ruissellement : après déblaiement et purge de toutes les parties instables du rampant du talus, nous procédons, de la partie supérieure à la partie basse du talus, à la mise en place d'un géocomposite de drainage dont les mini-drains seront connectés à une tranchée drainante. Le dispositif de drainage est utilisé comme masque drainant prenant en charge les arrivées d'eaux internes du talus. Le mur en cellule de béton est équipé en crête d'une cunette servant essentiellement à la gestion des eaux de ruissellement, permettant ainsi leur évacuation vers un exutoire, tout en évitant le phénomène de lessivage.

### 4. Note de calcul de stabilité du mur renforcé par géotextile

La stabilité du massif renforcé par géotextiles (Géotextile de renfort : Tissé Polypropylène 100 kN) avec un parement pierre a été vérifiée avec le logiciel CARTAGE (Version 1991). Pour prendre en compte les aléas du site, l'angle de frottement du matériau de remblai a été abaissé de 35 à 30 degrés, tout en augmentant son poids volumique de 18 à 26 kN/m<sup>3</sup>. De plus le coefficient de frottement sol/géotextile a été abaissé de 0,8 à 0,6 afin de tenir compte des poussées horizontales, donc un frottement plus faible. Les caractéristiques de l'ouvrage sont : une longueur de nappe de 1,6 m (figure 5) et une hauteur totale de 5 m (figure 6) dont 3 m de boudins inclinés à 85 degrés et 2m de cellules de béton inclinés à 80 degrés). Les cercles de rupture étudiés en stabilité interne permettent de déterminer les efforts d'ancrage et de traction dans les différentes nappes géotextiles interceptées.

Les résultats du dimensionnement sont :

- coefficient d'ancrage minimum :  $5,13 > 1,50$ ,
- tension maximum : 8,93 kN,
- résistance à la traction du géotextile Tissé Polypropylène 100 kN,
- coefficient de sécurité sur le géotextile 11,1 (valeur acceptée  $>6$ ).

L'utilisation d'un géotextile de renfort s'est avérée indispensable (coefficient de sécurité sans renforcement  $F_0 < 1,5$ ). Le renforcement a été assuré avec un géotextile tissé polyester ( $F > 1,5$ ), avec un coefficient de sécurité vis-à-vis de la traction du géotextile supérieur à la valeur limite de 6.



Figure 5. Mise en place des nappes géotextiles.



Figure 6. Vues d'ensemble du mur en sol renforcé (partie enterrée et partie hors sol).

La nécessité d'utiliser des renforts géosynthétiques implique une mise en œuvre précise des différentes nappes (figure 5) sur une longueur totale de 1,9 m à partir de l'encoche des pierres, soit une

longueur d'ancrage entre pierres de 0,3 m et une longueur de rampant de 1,6 m (valeur prise en compte dans la note de calcul). Ces nappes doivent être déroulées dans le sens production (sens de la plus forte résistance à la traction) perpendiculaire à l'axe du parement. Elles seront déployées de façon régulière en limitant au maximum les plis, afin d'avoir une mise en traction immédiate (Gendrin et al., 2002). Les figures 7 et 8 illustrent respectivement les phases de travaux et l'évolution du site avant et après la réalisation des travaux



Figure 7. Travaux en cours de réalisation.



Figure 8. Comparaison du site avant et après réalisation des travaux.

## 5. Conclusion

Dans le cadre de ce projet, les géosynthétiques ont permis :

- la gestion des eaux internes par un réseau de drainage (tranchées drainantes, géocomposites de drainage), ce qui a permis d'intervenir même en période pluvieuse,
- la gestion des eaux superficielles par un réseau d'assainissement enterré et des ouvrages d'assainissement de surface étanchés à l'aide d'un géocomposite,
- la réalisation de murs de soutènement renforcés par géotextiles associés à un parement pierre.

Les exigences du maître d'ouvrage étaient d'intervenir dans l'urgence pour stopper les désordres. Ces exigences et les objectifs du donneur d'ordre sont atteints en combinant les techniques géosynthétiques et un phasage des travaux bien précis.

Les avantages des renforcements par géotextile combinant géotextile avec retour et parement pierres sont :

- éléments de renforcement résistants et souples,
- possibilité de tassements différentiels importants
- grande surface d'ancrage, d'où la possibilité d'emploi de sols médiocres,
- capacité de drainage, d'où la possibilité d'emploi de sols médiocres,
- bon comportement aux sollicitations sismiques.

## 6. Références bibliographiques

- Arab R., Gendrin P., Samson L. (2003). La défense - RN 314, aménagement de la rampe d'accès des Bouvets. *Revue Travaux*, N° 801, pp. 18-20.
- Gendrin P., Arab R (2002). Raidissement de talus - Limitation des poussées horizontales d'un remblai. *Revue Travaux*, N° 786, pp. 39-40.