

UTILISATION D'UN SYSTÈME SYNTHÉTIQUE SUR UN CHANTIER EN TERRE ARMÉE À MORZINE

USE OF A SYNTHETIC SYSTEM ON A REINFORCED EARTH PROJECT IN MORZINE

Gilles BERARD¹, Alain TIGOULET², Nicolas FREITAG¹

¹ Soiltech, R&D Terre Armée, c/o Ménard-Soltraitement, Nozay, FRANCE

² Directeur Commercial Terre Armée France, Vélizy, FRANCE

RÉSUMÉ – La première mise en œuvre du système Omega[®] développé par la Société Terre Armée[®], a été réalisée à Morzine (Haute Savoie, France) en 2005. Les aspects techniques de ce nouveau système, ainsi que la description de sa conception, du dimensionnement et de la réalisation de l'ouvrage de Morzine, sont décrits dans cet article.

Mots-clés : connexion-armature-synthétique-renforcement-parement.

ABSTRACT – The first application of the Omega[®] system developed by the Terre Armée[®] company has been realized in Morzine (Haute Savoie, France). The technical aspects of this new system, as well as the design description, the calculation and the site construction of the Morzine structure, are described in this publication.

Keywords: connection-strip-synthetic-reinforcement-facing.

1. Introduction.

Dans le cadre d'un chantier d'aménagement de carrefour giratoire sur la commune de Morzine (Haute Savoie) un ouvrage de soutènement en sol renforcé par bandes géosynthétiques a été réalisé en 2005. Cet ouvrage a été l'occasion pour Terre Armée France de mettre en œuvre pour la première fois le nouveau système Omega[®]. Les ouvrages en sol renforcé sont des structures gravitaires composées de trois éléments principaux :

1. Remblai
2. Renforcements
3. Parement

L'association d'un remblai et de renforcements constitue un matériau composite, dont les capacités de ductilité et de souplesse en ont fait la solution préférée pour nombre d'ouvrages de soutènement. Le type de renforcement le plus courant pour ce type de structures est l'armature linéique en acier galvanisé à haute adhérence. Cependant, afin de répondre à des besoins spécifiques de certains projets à base de remblais chimiquement agressifs, non compatibles avec des renforcements métalliques, comme les remblais acides ou présentant des teneurs en sels élevées (environnements marins par ex.), un nouveau système totalement synthétique a été développé. Ce système met en œuvre des bandes de renforcement géosynthétiques.

2. Description du système

Le système est une convergence de technologies existantes (système traditionnel à armatures métalliques et Freyssisol[®]), c'est-à-dire l'emploi d'écailles de parement cruciformes en béton avec des bandes de renforcement synthétiques connectées aux écailles et interagissant avec le remblai.

2.1 Armatures :

L'armature synthétique est constituée de fils polyester multi filaments à haute ténacité regroupés en faisceaux, puis co-extrudés avec du polyéthylène basse densité. Tandis que les fils de polyester reprennent les efforts de traction avec un minimum de déformation, la gaine en polyéthylène maintient à la fois l'intégrité du produit et protège les fils lors des conditions de mises en œuvre.

Pour l'ouvrage de Morzine, les armatures ont été coupées à longueur, enroulées et encastrées dans les écailles dès le stade de la préfabrication. Cela a permis de réduire sensiblement les opérations de montage sur chantier, comme décrit ci-après.

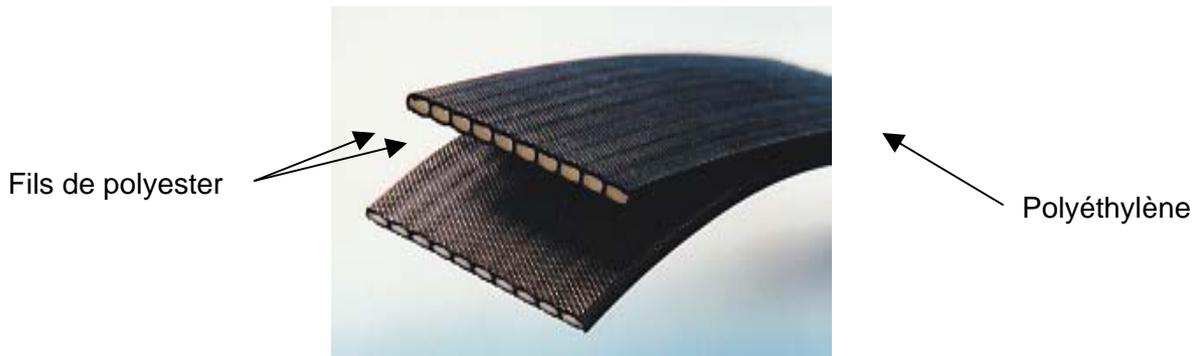


Figure 1. Vue en coupe d'une armature Omega.

2.2 Ecailles en béton :

Les écailles de parement sont de forme cruciforme, avec une épaisseur de 14cm. De façon à répondre aux contraintes sévères de l'environnement alpin, un béton spécifique « Gel et Sel », autoplaçant, a été utilisé.

2.3 Connexion :

La connexion entre les bandes géosynthétiques et les écailles est la principale innovation de ce système (cf. fig. 2 et 3). Des contraintes de protection industrielle empêchent à l'heure actuelle une divulgation détaillée de sa conception. La connexion a fait l'objet d'une demande de brevet.

La résistance des écailles a été validée par une série d'essais, en prenant pour approche la méthode de justification par l'expérience introduite par l'Eurocode 0 (NF EN 1990:2003 – annexe D). Le dispositif d'essai est représenté sur la figure 4.

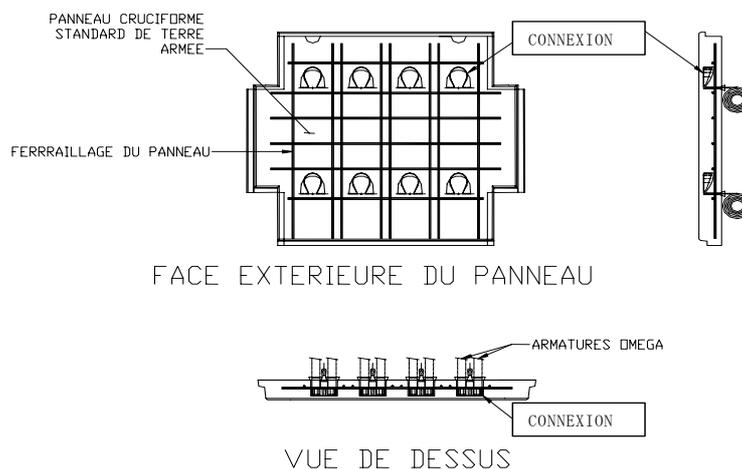


Figure 2. Plan de principe : panneau standard avec armatures et connexions

2.4 Remblai granulaire sélectionné :

Pour la réalisation du chantier de Morzine, un remblai à faible densité a été choisi pour assurer la stabilité générale du site. Une description géotechnique de l'ouvrage est donnée ci-après.

Le matériau retenu est de la pouzzolane dont les caractéristiques sont comme suit :

- densité : 1.2 t / m³
- granulométrie : 0 – 42 mm, D₆₀/D₁₀ = 16
- classification GTR : R₆₂



Figure 3. Ecaille à quatre connexions mise en œuvre sur le chantier.



Figure 4. Essais de résistance de la connexion simulant la poussée des terres à l'arrière des écailles.

3. Ouvrage de Morzine

Dans le cadre des travaux d'aménagement du Carrefour Giratoire RD 902 / RD 338, le Conseil Général de Haute Savoie a prévu la construction d'un mur de soutènement en aval de la chaussée existante afin de pouvoir l'élargir. Une solution en remblais renforcés a été retenue, répondant ainsi au problème de stabilité générale compte tenu de l'emprise disponible pour ce chantier (largeur en pied de mur de 2,5 m). Cette solution a donc nécessité l'utilisation d'un remblai à faible densité et l'ouvrage a été fondé sur une poutre ancrée par clous ϕ 32 mm de longueur 9,00 m. (cf fig. 5)

Ce mur présente une surface de 301 m² pour une longueur de 69 m et la hauteur maximum de l'ouvrage est de 5,25 m. Il a été réalisé en juin et juillet 2005 par l'Entreprise PERRIER TP.

Comme pour tout ouvrage en Terre Armée, l'ouvrage est équipé de témoins d'extraction et de témoins de durabilité. Des essais d'extraction d'armatures témoins effectués après la fin des travaux ont montré des coefficients de frottement sol/armatures nettement supérieurs à ceux pris comme hypothèses de calcul.

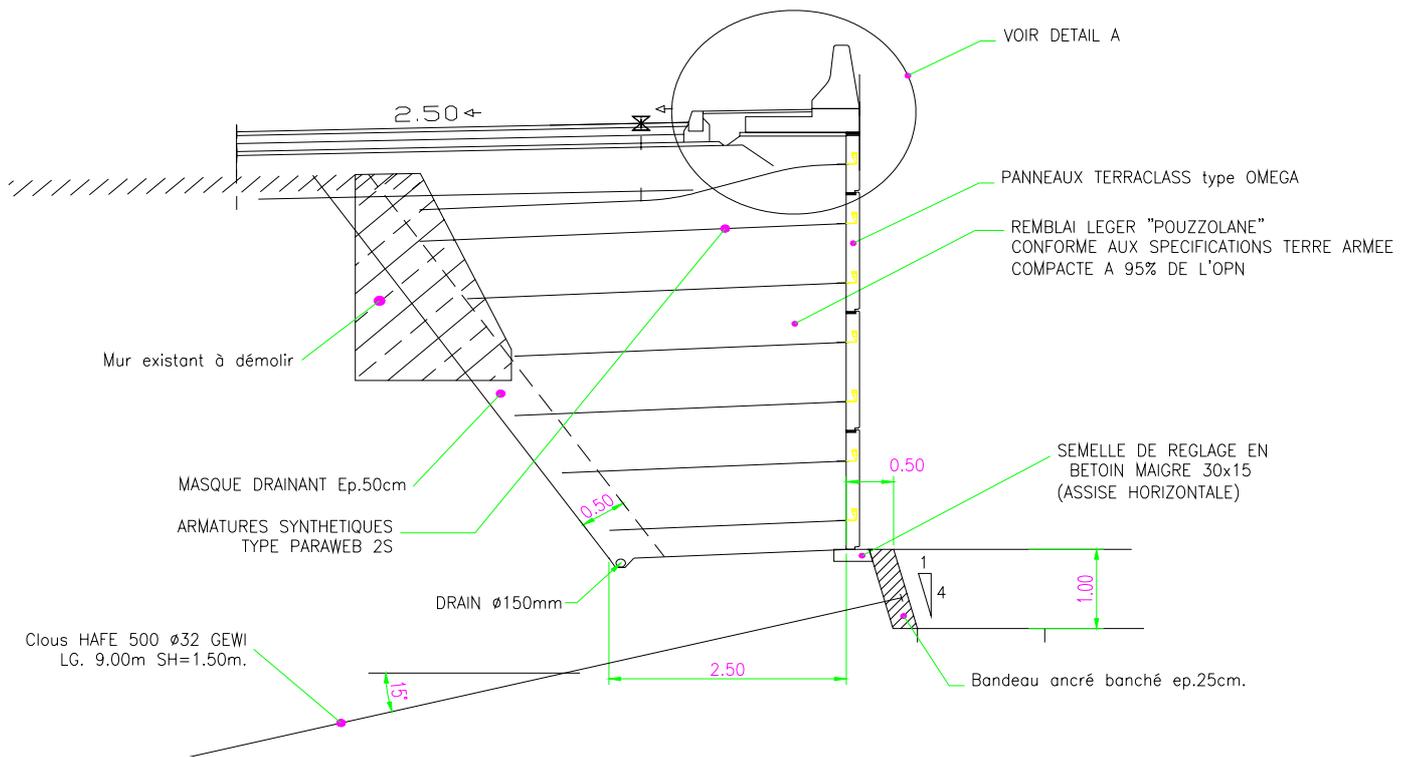


Figure 5. Coupe type du mur.

3.3 Dimensionnement interne du mur de soutènement

L'ouvrage a été dimensionné pour une durée de service 70 ans. La méthode de justification employée est celle de la norme française actuelle pour les ouvrages en sol renforcé par armatures souples et inextensibles (NF P 94 220-0 - 1998). L'emploi de cette méthode de calcul a été justifié suite aux mesures faites sur des ouvrages expérimentaux Freyssisol, qui mettent en œuvre les mêmes renforcements en bande à base de polyester, en particulier l'ouvrage du CEBTP de Saint-Rémy-lès-Chevreuse (cf. Schlosser et al., 1993).

Le dimensionnement de ce projet a inclus la prise en compte d'une sismicité ($a_0 = 0,2g$), suivant la méthode pseudo-statique dite de Mononobé-Okabé.

3.3.1. Résistance de dimensionnement

La résistance caractéristique initiale de la bande au sens de la norme NF EN ISO 10319 est de 37,5 kN, soit 75 kN par paire (une paire d'armature par connexion).

Le calcul de la résistance ultime à long terme des bandes de renforcement fait appel aux trois types de coefficients de réduction généralement utilisés pour les géosynthétiques :

- Coefficient d'endommagement à la construction : $RF_{id} = 0,95$
- Coefficient de rupture de fluage : $RF_{cr} = 0,64$ (70 ans, 20°C)
- Coefficient de dégradation par hydrolyse : $RF_d = 0,98$

Pour déterminer la résistance de dimensionnement (1), un coefficient de sécurité de 1,5 a été utilisé, conformément à la pratique actuelle pour les renforcements métalliques. Il est à noter qu'une norme de dimensionnement des ouvrages renforcés par géosynthétiques est en cours d'élaboration, et que cette norme clarifiera les valeurs des différents coefficients.

$$T_R = \frac{RF_{id} \cdot RF_{cr} \cdot RF_d}{FS} \cdot R_{ult} = \frac{0,95 \times 0,64 \times 0,98}{1,5} \times 37,5 \text{ kN} = 14,9 \text{ kN} \quad (1)$$

3.3.2. Adhérence

Les essais d'adhérence réalisés sur ouvrages et boîtes d'extraction ont permis de définir des coefficients de frottement apparents. L'effet de la dilatance empêchée, initialement constaté avec les armatures métalliques à haute adhérence, a aussi été mis en évidence avec les bandes synthétiques. Avec des dernières, l'effet dit de festonnage augmente aussi l'ancrage des bandes dans le sol. Une approche similaire à celle des armatures métalliques est utilisée.

$$T_{adh} = \frac{2b \cdot l_{adh} \cdot \mu^* \cdot \sigma_v}{FS_{adh}} \quad (2)$$

où :

b	largeur de l'armature : 0,05 m
l_{adh}	longueur d'adhérence, i.e. longueur l'armature ancrée dans la zone dite passive
μ^*	coefficient de frottement apparent (voir fig 6)
σ_v	contrainte verticale au niveau de l'armature
FS_{adh}	coefficient de sécurité sur l'adhérence, 1,20 selon NF P 94-220

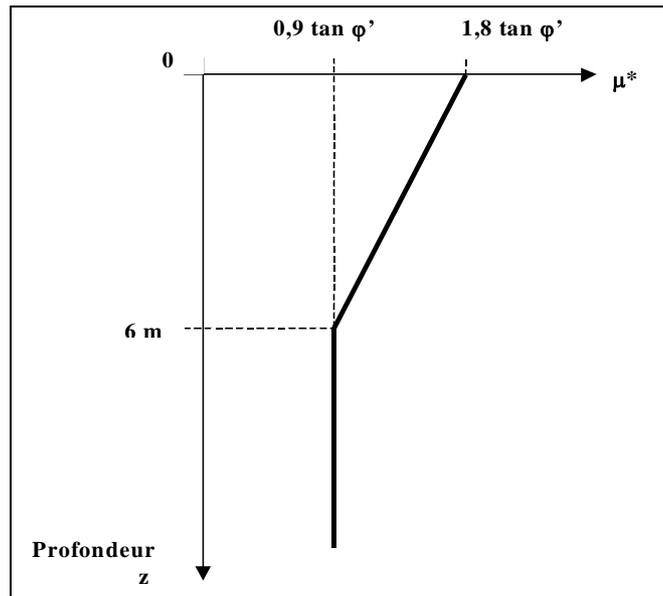


Figure 6. Valeur μ^* en fonction de la profondeur z .

3.4 Procédure de construction:

La séquence de base de construction du système peut être résumée de la façon suivante après la préparation du chantier, incluant excavation et installation des systèmes de drainage, si nécessaire.

1. Coffrage et bétonnage de la semelle de réglage.
2. Mise en place et étaielement du premier rang de panneaux, qui consiste en une alternance de panneaux entiers et de demi panneaux. Utilisation de coins en bois et de serre joints pour tenir les panneaux en position. Puis mise en place des joints horizontaux et verticaux en géotextile non tissé.
3. Réglage inclinaison des panneaux:
Les panneaux doivent être positionnés avec une légère inclinaison vers l'arrière, côté remblais pour compenser ensuite le déplacement de ceux ci vers l'avant. Ce déplacement se produit pendant la mise en place du remblai et lors de son compactage. L'importance de l'inclinaison varie et dépend du type de remblai et de sa teneur en eau, du compactage nécessaire, du type du matériel de compactage, et de la longueur des armatures.
4. Etaler et compacter le remblai en couches jusqu'à 30 mm au dessus du niveau des armatures les plus basses. Dérouler les armatures à plat sur le remblai.(cf fig. 7 et 8)
5. Etaler et compacter le remblai en couches jusqu'à 10 cm du haut des demis panneaux. Mettre en place les plots d'appui et joints non tissé puis placer le deuxième rang de panneaux entiers ainsi que les coins en bois.
6. Répéter le cycle de remblaiement et de compactage par couches, de déroulement des armatures, mise en place des joints en non tissé et des plots d'appui ainsi que la pose des panneaux et des coins en bois jusqu'à ce que la côte finale soit atteinte.
7. A chaque rangée terminée, retirer les coins en bois des panneaux situés trois rangées en dessous.



Figure 7. Remblaiement.



Figure 8. Compactage.

4. Conclusion

Ce premier chantier a donc permis la mise en œuvre d'un nouveau système de mur de soutènement en sol renforcé entièrement synthétique particulièrement adapté aux conditions d'ouvrages situés en site montagneux.

Des solutions de remblais renforcés pour des cas particuliers d'application sont maintenant envisageables.

Depuis la réalisation du chantier de Morzine, une autre construction a vu le jour en Hollande, à La Haye, dans le cadre d'un projet de murs de soutènement en remblai sous des voies ferrées électrifiées alimentées en courant continu.

5. Références bibliographiques

Schlosser et al. (1993) Expérimentation en vraie grandeur d'un mur Freyssisol-Websol en sol renforcé.

Renforcement des sols : expérimentation en vraie grandeur des années 80, pages 299-320.

NF P 94-220:1998-0 et 1998-1 : Renforcement des sols. Ouvrages en remblai rapporté renforcés par armatures ou nappes peu extensibles et souples.

NF EN 1990:2003 : Eurocode 0 : Bases de dimensionnement des structures – Annexe D : Dimensionnement assisté par l'expérimentation.

NF EN ISO 10319:1996 : Géotextiles - Essai de traction des bandes larges.