

DIMENSIONNEMENT DE L'ACCROCHE D'UN GÉOCONTENEUR PAR GÉOGRILLE ET COLLIERS DE SERRAGE, SUR TALUS ÉQUIPÉ D'UN DEDG

DESIGN METHODS FOR THE FIXATION BY CLAMP BETWEEN REINFORCEMENT GRID AND 3D CELLULAR SYSTEM, ON BUND EQUIPPED BY GEOSYNTHETIC LINING SYSTEM

Benjamin CHEVROL, Romain DESBONNETS, Thierry GISBERT
ARCADIS, France

RÉSUMÉ – Dans le cadre de la couverture d'un tumulus d'entreposage de déchets radioactifs par DEDG, les contraintes d'espace ont engendré une conception comprenant des pentes ponctuellement égales à 3H/2V. Afin d'optimiser la stabilité des matériaux mis en œuvre, il a été choisi d'installer un géoconteneur alvéolaire sur l'un des talus. La présence du DEDG sur ce talus a rendu impossible la fixation habituelle par micropieux (risque de perforation). Il a donc été choisi une méthodologie de fixation du géoconteneur par colliers de serrage reliés à une géogrille, dimensionnée en conséquence. De fortes intempéries ont entraîné la rupture du système de géoconteneur en phase travaux. La présente publication détaille l'analyse des événements et les solutions apportées.

Mots-clés : géoconteneur, dimensionnement, rupture, DEDG, couverture.

ABSTRACT – In the framework of a radioactive waste storage cover design, by a geosynthetic lining system, space constraints have led to considering slopes superior or equal to 3H/2V. In order to optimize the materials stability above the geosynthetic lining system, a 3D cellular confinement system (honeycomb geocell structure) has been used; however, the presence of the geosynthetic lining system has made the usual fixation by stakes impossible (risks of perforation). Therefore, fixation between the 3D cellular confinement system and the reinforcement grid has been realized by using plastic clamps. Bad weather conditions during the works have led to a break of the system. This publication details an analysis of the events and the solutions found.

Keywords: 3D cellular confinement system, cover design, geosynthetic lining system, break.

1. Introduction

La présente publication fait référence aux travaux de couverture étanche réalisés sur un tumulus d'entreposage de déchets radioactifs. Une structure de couverture multicouche par géosynthétiques assurant l'imperméabilisation de butte, la collecte des eaux de ruissellement et d'infiltration, ainsi que l'insertion paysagère du site réaménagé a été mise en œuvre.

Le Dispositif d'Étanchéité et de Drainage par Géosynthétiques (DEDG) du projet est constitué de plusieurs couches dont les fonctions sont données, de haut en bas, dans le tableau 1.

Tableau1. Produits et fonctions des géosynthétiques du talus Sud.

Fonction	Produit
Accroche-terre	Géoconteneur alvéolaire
Renforcement	Géogrille
Filtration / Séparation	Géocomposite de drainage
Drainage	
Protection	
Étanchéité	Géomembrane PP 1mm
Protection	Géotextile 600 g/m ²

Dans le cadre de ces travaux de couverture par DEDG, les contraintes suivantes ont engendré une conception dudit entreposage incluant certaines pentes ponctuellement égales à 3H/2V.

- reprofilage du dôme de tumulus réalisé exclusivement par apport de matériaux afin de ne procéder à aucun déblai au sein des matériaux en place (présence de déchets radioactifs en subsurface),
- ancrage à plat des matériaux géosynthétiques,
- emprise limitée en pied de talus pour la réalisation des fossés et d'une voie de circulation périphérique.

Le talus Sud du tumulus, présente une pente supérieure ou égale à 3H/2V. Par rapport aux autres talus du tumulus, l'adaptation du talus Sud a consisté en l'ajout d'un géoconteneur de type alvéolaire dans la constitution du DEDG, dont le but était de contenir les sols mis en œuvre en couverture finale (terre végétale) afin d'assurer leur stabilité.

2. Réalisation

2.1. Évolution de la conception

Compte tenu de la pente importante du talus Sud, la conception initiale a fait l'objet d'un certain nombre de modifications avant réalisation des travaux. Ces modifications ont été actées de façon tripartite entre le Maître d'Ouvrage, la Maîtrise d'Œuvre et l'Entreprise Générale réalisant les travaux :

- modification n°1 : utilisation d'un géoconteneur pour assurer la stabilité des matériaux sus-jacents,
- suppression de la couche de 30 cm de sable entre le DEDG et la couche de terre végétale initialement prévue ; la mise en œuvre d'une couche de sable de 30 cm d'épaisseur étant instable en raison de l'angle de frottement interne des matériaux (de l'ordre de 30°),
- limitation de l'épaisseur de la terre végétale à 20 cm, soit 15 cm correspondant à la hauteur d'une cellule du géoconteneur et 5 cm correspondant à la couche de fermeture.

2.2 Solution mise en œuvre sur le talus Sud

Le géoconteneur alvéolaire a pour fonction de contenir/retenir les matériaux lorsque la pente excède leur angle de frottement interne. La fixation classique d'un géoconteneur (recommandations du fournisseur) se fait par pieux, ancrés dans le terrain, sur une profondeur de 1 m minimum. La présence du DEDG au droit de ce talus a rendu cette pratique impossible puisqu'il fallait préserver son intégrité. Il a donc été choisi de fixer le géoconteneur à une géogrille d'accroche, dimensionnée en conséquence, à l'aide de colliers de serrage. La figure 1 illustre ce dispositif.



Figure 1. Colliers de serrage du géoconteneur sur la géogrille.

Les caractéristiques géométriques des panneaux et des alvéoles sont les suivantes :

- taille des alvéoles : 250 mm x 210 mm
- hauteur des alvéoles : 150 mm
- dimension des panneaux : 2,5 m x 8 m

L'interface géomembrane supérieure/géogrille constituant une surface de glissement (angle de frottement d'interface de 11° inférieur à la pente), la présence d'une géogrille permet de reprendre les efforts (tensions) exercés par les matériaux de couverture tout en limitant considérablement les sollicitations sur la géomembrane. Une coupe de principe est présentée sur la Figure 2.

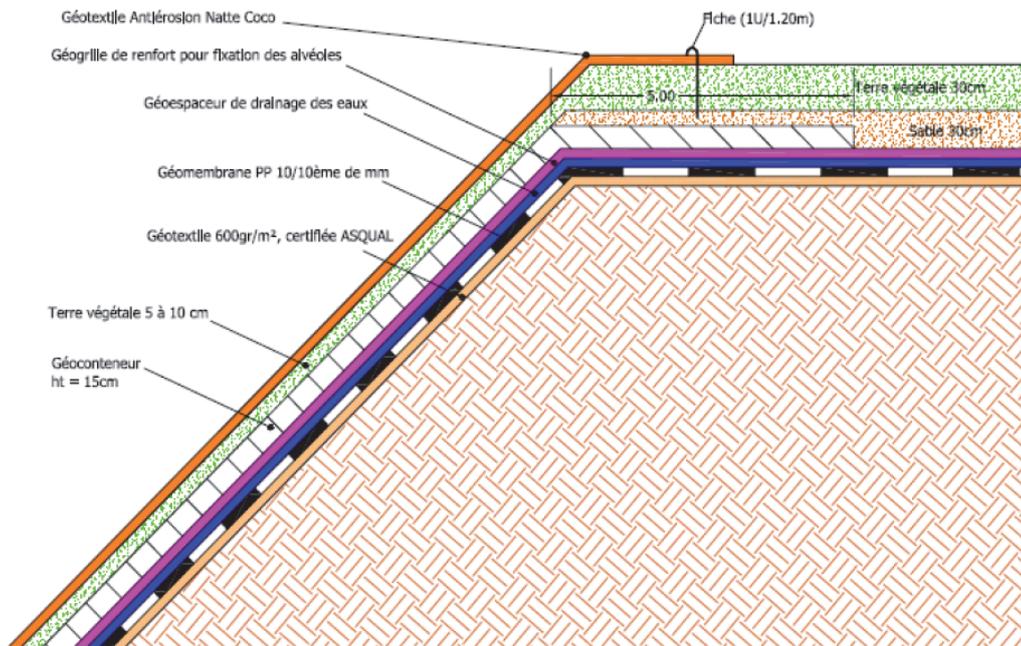


Figure 2. Coupe type (document entreprise).

Pour le talus Sud du tumulus, la géogrille a fait l'objet d'une note de dimensionnement spécifique de la part de l'Entreprise générale et validé par la Maîtrise d'œuvre. Celle-ci montre notamment que la résistance caractéristique du produit, de 130 kN/m, permet de supporter la force de traction imposée par la couche de protection présentant les caractéristiques suivantes: talus haut de 9 m, pente de 3H/2V, épaisseur de matériaux de 30 cm et poids volumique des terres de 18 kN/m³. Le facteur de sécurité global de 1,6 prend en compte :

- facteur de sécurité sur l'angle de frottement : 1,3
- facteur de sécurité sur le fluage : 1,5
- facteur de sécurité sur le matériau de la géogrille : 1,2
- facteur de sécurité sur l'agressivité de la mise en œuvre : 1,1
- facteur de sécurité sur l'environnement : 1,1

Les colliers de serrage utilisés sont de type « Rilsan » et ont les caractéristiques suivantes :

- matériau : Polyamide 6.6
- largeur : 9 mm
- longueur : 357 mm
- tenue à l'arrachement : 0,53 kN

Ils ont été mis en œuvre selon une répartition de 3 unités/m². La figure 3 présente un visuel du collier utilisé.



Figure 3. Collier de serrage de type « Rilsan ».

Les lés de géoconteneurs ont été assemblés à leur extrémité par agrafage pneumatique. Dans le cas du talus Sud, il était nécessaire de mettre en œuvre 2 lès successifs pour couvrir toute la longueur du rampant (y compris la zone d'ancrage). En effet, les lés de géoconteneur retenus ont une longueur de 8 m, alors que la longueur développée du talus est de 10,9 m. Ce point constituant un écart par rapport aux bonnes pratiques (1 seul panneau sur la longueur totale du talus) il a été vérifié et rappelé dans la procédure de l'entreprise que les agrafes entre 2 lès ne devaient avoir aucun rôle de reprise d'effort mécanique.

Le déploiement du géoconteneur sur le talus Sud ainsi que la mise en œuvre des matériaux sont présentés sur la figure 4.

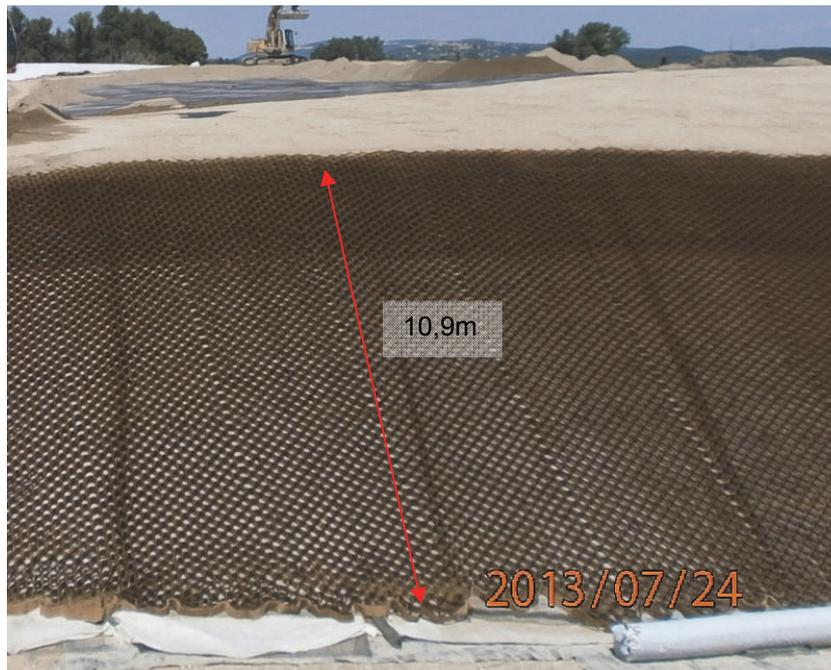


Figure 4. Mise en œuvre du géoconteneur.

3. Rupture du géoconteneur en phase travaux

3.1. Constats

Lors de l'opération de mise en œuvre de la terre végétale au droit du géoconteneur, les opérations de terrassement ont dû être interrompues en raison des intempéries et une alerte foudre sur le site. Durant la nuit de violents orages ont eu lieu engendrant au droit du site une pluie proche de la décennale. Une rupture du géoconteneur alvéolaire a été constatée le lendemain matin sur une bande de 7 m x 24 m. Cette rupture est présentée sur la figure 5.

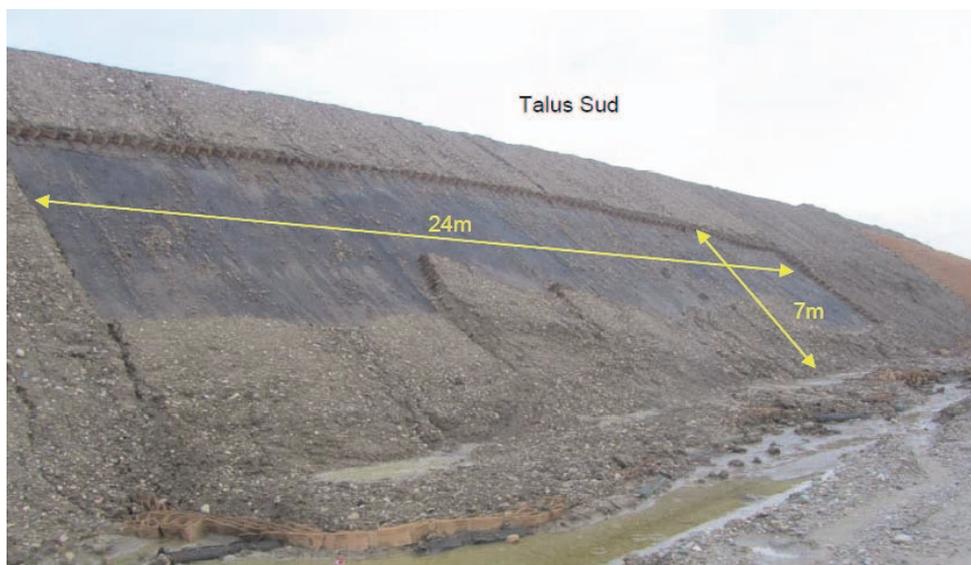


Figure 5. Vue d'ensemble de la rupture.

La figure 6 met en évidence que les colliers de serrage ont été rompus et les agrafes arrachées au niveau de la jonction entre les lés de géosynthétiques, soit approximativement au 4/5^{ème} de la hauteur du talus.



Figure 6. Détail de la rupture au niveau de la jonction entre les lés.

Visuellement, la grille de renforcement n'a pas été endommagée sous l'effet de la rupture. La figure 7 montre l'état de cette grille après la rupture.



Figure 7. Détail de la grille de renforcement après rupture du géoconteneur.

3.2. Causes et conséquences

Outre les conditions climatiques très défavorables ainsi que l'arrêt de chantier en phase de remplissage du géoconteneur, il a été mis en évidence un certain nombre de raisons ayant pu causer cette rupture :

- augmentation rapide du poids volumique de la terre lors des précipitations importantes,
- nombre insuffisant de colliers de serrage lors de la réalisation des travaux (pose inférieure à 3 colliers par m²) et contrôle de la maîtrise d'œuvre non permanent en phase travaux. Les efforts devaient être repris par le dispositif de liaisonnement surfacique entre la géogridde (dimensionnée pour cela) et le géoconteneur, afin de les rendre solidaires. Le nombre insuffisant de colliers de serrage a engendré une concentration des efforts en traction sur un nombre de points limités,
- nombre limité d'agrafes : bien que les agrafes n'aient pas un rôle de reprise des efforts, la rupture franche se situe au niveau de la jonction entre les lés, ce qui est manifestement dû à une sollicitation en traction du dispositif de raccordement entre les lés (agrafes) alors que les colliers de serrage et la géogridde auraient dû remplir leur rôle de reprise.

Sur demande du Maître d’Ouvrage, les travaux ont été stoppés pour une durée indéterminée. Un protocole de réparation de l’ouvrage a été proposé par l’entreprise et soumis à la validation de la maîtrise d’œuvre. Les notes transmises par l’entreprise pour expertise ont concerné :

- le dimensionnement du nombre de colliers de serrage nécessaire,
- la nature des colliers utilisés,
- la méthodologie de mise en œuvre et d’accroche.

4. Solution de réparation retenue – Dimensionnement et méthodologie

Sur le talus Sud les notes de calculs mettent en évidence une résistance à la traction minimale que doit respecter la géogridde de renforcement égale à 112,2 kN/m.

La documentation technique relative au géoconteneur alvéolaire indique que l’effort maximal de traction que peut reprendre ce produit est de 8 kN/m.

Afin de satisfaire les nouvelles exigences de durabilité dictées par le Maître d’ouvrage, une modification du type de matériaux utilisé pour les colliers de serrage a été faite : le choix de colliers a porté sur des liens type INOX. La documentation technique relative aux liens INOX (type série MBT-SS) indique :

- matériau : acier inoxydable SS304
- largeur : 4,6 mm
- longueur : 362 mm
- fixation : système de verrouillage à bille
- tenue à l’arrachement : 0,9 kN

Le tableau 2 ci-dessous reprend les éléments de dimensionnement permettant de justifier le nombre de liaisons nécessaires entre le géoconteneur et la géogridde.

Tableau 2. Justification du nombre de liaisons géogridde/géoconteneur alvéolaire.

Désignation	Valeur
Effort total de traction à reprendre	112,2 kN/m
Effort maximal repris par le géoconteneur alvéolaire	8,0 kN/m
Effort transmis à la géogridde (différence entre l’effort de traction à reprendre par la géogridde et l’effort maximal repris par le géoconteneur)	104,2 kN/m
Longueur d’application	10,9m
Effort par unité de surface	9,56 kN/m ²
Effort repris par chaque lien Inox	0,9 kN
Densité de pose des liens	11 liens/m ²

Sur la base de ce dimensionnement, la mise en œuvre du géoconteneur a été reprise comme suit :

- alignement des panneaux le long sur la crête du talus puis assemblage à leur extrémité par agrafage pneumatique selon le procédé défini (3 agrafes minimum sur la hauteur de la cellule),
- déploiement des panneaux assemblés en une seule fois le long du talus puis lestage sur le pied de talus afin de bien maintenir les alvéoles plaquées au support avant remplissage par le bas du talus afin de créer une butée de pied,
- attache du géoconteneur sur la grille de renforcement :
 - utilisation de colliers en acier inoxydables de largeur 4,6 mm et de longueur 362 mm ou 201 mm,
 - attaches disposées à raison de 11 unités/m²,
 - serrage des colliers assuré par l’utilisation d’une pince spécifique permettant un réglage précis et uniforme du couple de serrage, défini selon le type de collier et la résistance à l’arrachement du géoconteneur,
 - renforcement particulier au niveau des jonctions entre panneaux. Dans le sens d’agrafage horizontal, un collier mis à chaque alvéole ; dans le sens de jonction vertical des panneaux, un collier mis tous les 2 alvéoles, un de chaque côté de l’alvéole.

La figure 8 montre le plan de calepinage des colliers de serrage au niveau des panneaux d'alvéoles selon la procédure validée.

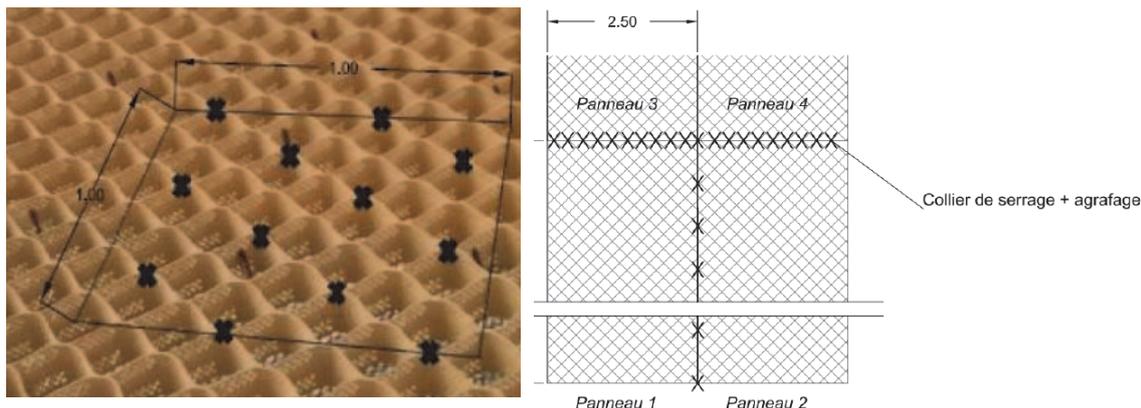


Figure 8. Détail de la grille de renforcement après rupture du géoconteneur.

La figure 9 montre le talus Sud du tumulus pendant la reprise du géoconteneur selon la procédure définie.



Figure 9. Reprise du géoconteneur.

5. Conclusions

Les contraintes d'espaces et de nature des déchets entreposés au droit du tumulus ont engendré une conception de ce tumulus présentant des pentes égales à 3H/2V. Dans le but de maintenir en place les matériaux sus-jacents, le choix d'un géoconteneur de type alvéolaire a été fait sur le talus Sud.

La présence du DEDG sous-jacent ne permet pas la mise en œuvre classique, par pieux, de ce type de produit, il a donc été nécessaire d'utiliser une méthodologie par collier de serrage reliant la géogrille au géoconteneur.

La rupture du géoconteneur survenue en phase travaux a mis en évidence les manques existant au niveau du nombre, de la répartition des colliers de serrage et du suivi permanent du contrôle en phase travaux. La demande du Maître d'Ouvrage d'apporter des garanties de durabilité de la solution mise en place avant toute reprise du désordre a engendré un arrêt de chantier de 3,5 mois.

Les points suivants ont permis de satisfaire les attentes du Maître d'Ouvrage :

- dimensionnement précis du nombre de liens par mètre carré nécessaire,
- utilisation de colliers en acier inoxydable conformément aux exigences de durabilité du produit,
- la mise en place d'une nouvelle procédure de mise en œuvre et d'accroche du géoconteneur,
- un suivi permanent par la maîtrise d'œuvre lors des opérations de reprise.

