

# CONCEPTION, CARACTÉRISATION ET RÉALISATION D'UN SYSTÈME DE RETENUE DE TERRE POUR LES TALUS DE CSD : CAS DU CSD DE FIRMINY, FRANCE.

## DESIGN, CHARACTERISATION AND CONSTRUCTION OF AN EROSION CONTROL SYSTEM FOR SLOPES OF LWS: CASE OF FIRMINY FRANCE

Germain AURAY<sup>1</sup>, Rabah ARAB<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Texinov, Saint Didier De La Tour, France

<sup>2</sup> Afitex, Champhol, France

**RÉSUMÉ** – Cette communication présente le chantier de la couverture du Centre de Stockage de Déchets (CSD) de Firminy en France. Nous présenterons la conception et la caractérisation du Dispositif d'Étanchéité et de Drainage par Géosynthétiques (DEDG).

**Mots-clés** : CSD, Géosynthétique, Drainage, Renforcement.

**ABSTRACT** – This communication presents the construction works of the cover of the Landfill Waste Storage (LWS) of Firminy in France. We review the conception and the sizing of the device for watertightness and drainage by geosynthetics.

**Keywords**: LWS, Geosynthetic, Drainage, Reinforcement.

### 1. Introduction

En fin d'utilisation d'un Centre de Stockage de Déchets (CSD), l'exploitant doit assurer la fermeture des casiers. La couverture d'un CSD doit atteindre des objectifs de performance en fonction de la conception retenue. Ces objectifs de performances sont principalement :

- la maîtrise des flux liquides (collecte et traitement),
- la maîtrise des flux gazeux (collecte et traitement),
- la revégétalisation du site et sa réintégration paysagère.

Pour atteindre les objectifs visés quel que soit le concept de couverture retenu, les solutions techniques prennent en compte les facteurs suivants :

- la nature des déchets (OM, DIB, etc.),
- la géométrie de la couverture (pente, longueur rampant, etc.),
- les conditions climatiques (précipitations, érosion, gel, etc.),
- la revalorisation du site.

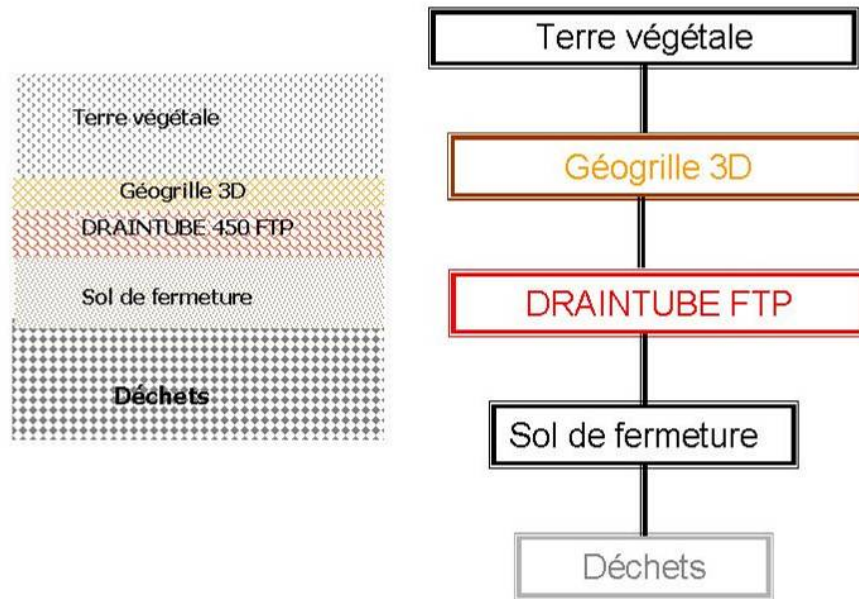
Un des problèmes majeurs dans les couvertures de CSD est la stabilité de la couche de terre végétale (TV) sur les talus à moyen et long terme et son érosion. Pour cela, l'utilisation d'un géosynthétique de renforcement pour reprendre les efforts transmis par la couche de TV aux couches sous-jacentes est nécessaire. Son rôle est double, d'une part reprendre ces efforts et éviter autant que possible de solliciter les structures de drainage et d'étanchéité du DEDG et d'autre part lutter contre l'érosion de surface.

Le concept de couverture semi-perméable est retenu pour ce projet pour limiter les infiltrations d'eau dans les déchets et permettre leur biodégradation.

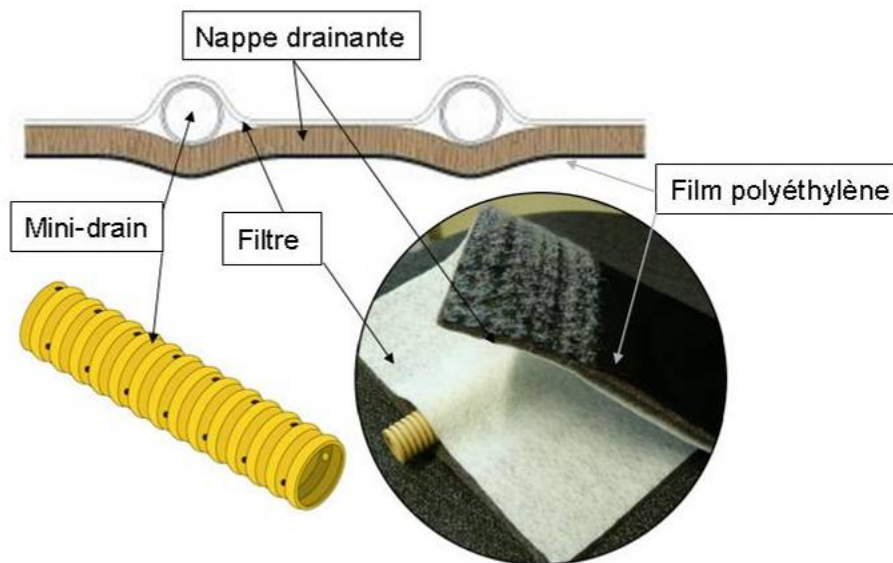
### 2. Structure du DEDG sur les talus

La structure du DEDG sur les talus (figure 1) est constituée de bas en haut par :

- les déchets ;
- le sol de fermeture ;
- un géocomposite de drainage équipé de mini-drains régulièrement espacés ;
- une géogrille de renforcement ;
- une couche de terre végétale.



Le géocomposite de drainage assure simultanément le drainage et l'imperméabilisation. Sa composition est illustrée sur la figure 2.



### 3. Système anti-érosion

#### 3.1. Conception d'une réponse adaptée

Pour traiter la stabilité d'une couche de sol en talus de centre de stockage de déchets, on s'aperçoit que la fonction tridimensionnelle de l'accroche terre est importante pour que l'on oriente l'état limite d'interaction vers le sol plutôt qu'à l'interface sol/géosynthétique. La résultante horizontale des efforts de la couche de sol est alors reprise par le géosynthétique. Il lui faut donc un niveau de résistance suffisant en prenant en compte les coefficients de sécurité classiques des matériaux géosynthétiques de renforcement (endommagement à la mise en œuvre, tenue chimique, fluage et coefficient global sur le matériau). Enfin la question des liaisons internes est importante pour justifier la tenue du dispositif, notamment la liaison de l'effet 3D avec la fonction de renforcement. L'illustration du comportement d'un système multifonction est présentée sur la figure 3.

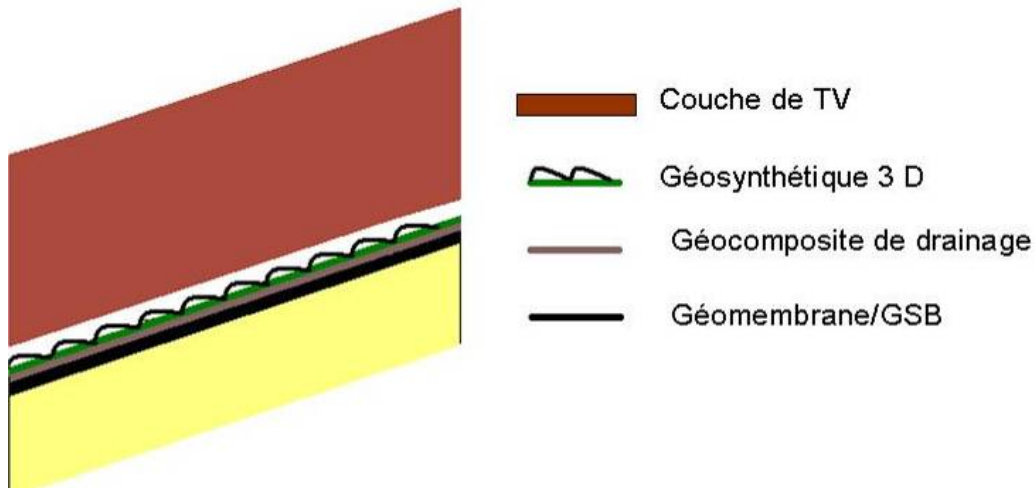


Figure 3. Fonctionnement du système de retenue de terre

Le dispositif de renforcement et anti-érosion mis en œuvre sur les talus du CSD de Firminy constitue une réponse bien adaptée à cette problématique. La figure 4 illustre la structure de la géogrille. L'association en une seule étape de la fonction 3D et des câbles de renfort par l'intermédiaire d'une grille de liaison de résistance maîtrisée permet d'assurer les deux fonctions : renforcement et anti-érosion.

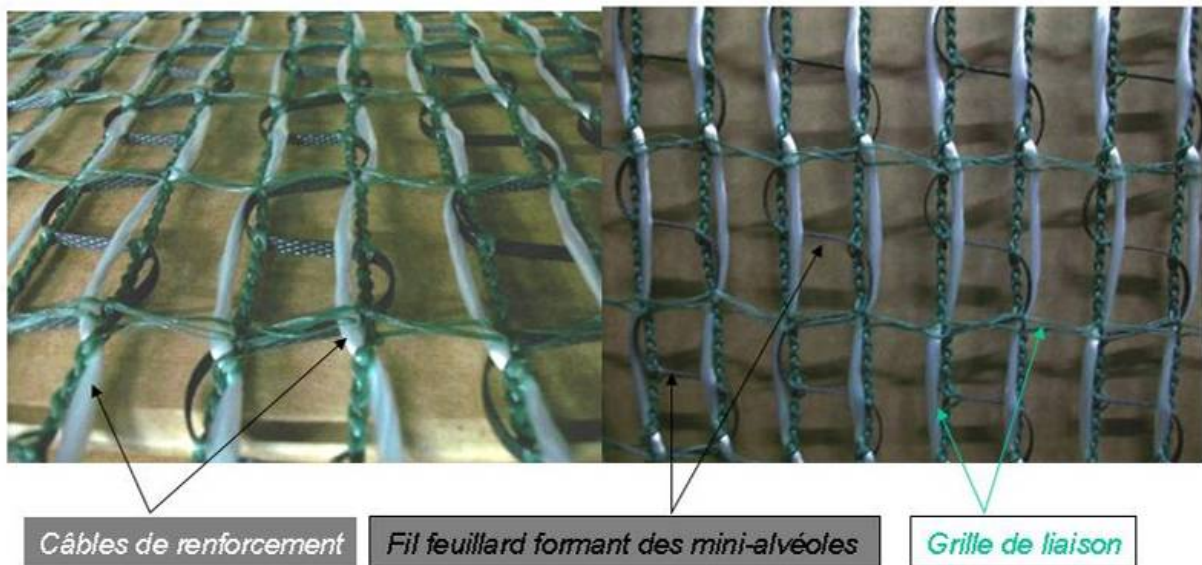


Figure 4. Structure du géosynthétique de renforcement et anti-érosion de Firminy

La grille de liaison assure le transfert des efforts entre les mini-alvéoles et les câbles de renforcement. La fonction 3D est donc intégrée dans la construction de la géogrille. La géogrille ne s'écrase pas à la mise en œuvre car la résistance en compression des mini-alvéoles est suffisante. La résistance en traction est assurée par les câbles identiques aux géosynthétiques de renfort qui sont parfaitement maîtrisés au niveau résistance et durabilité.

### 3.2. Vérification des performances

La résistance mécanique est contrôlée à chaque fabrication par un essai de traction NF EN ISO 10319. Les résultats de laboratoire valident la résistance ultime de la grille avec différents niveaux de performance possibles. À titre informatif, sur la figure 5 sont montrées des courbes « résistance à la traction – allongement du géosynthétique ».

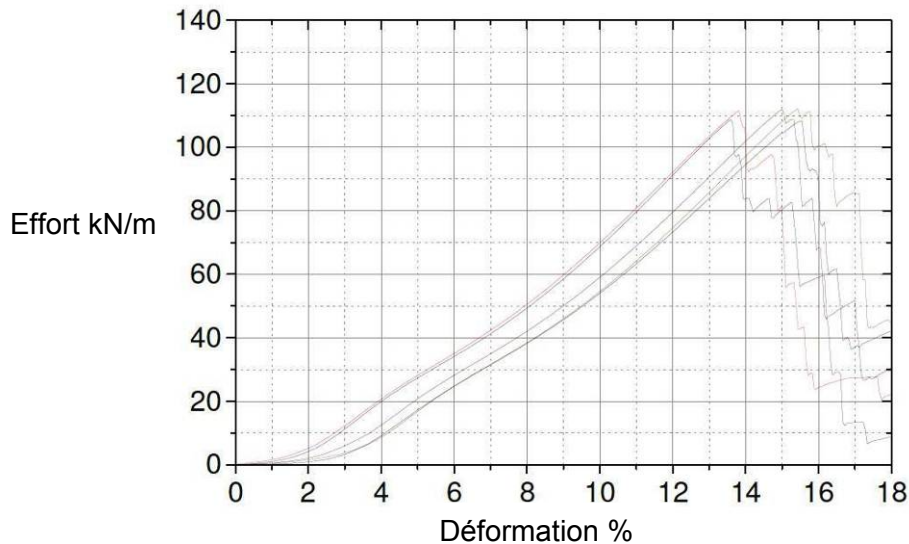


Figure 5. Courbe traction – allongement de la géogrille Afiter.

Des essais d'interaction sol/ géogrille ont été également réalisés in situ afin de caractériser l'angle de frottement sol/géogrille. Les essais pratiqués sont des essais de frottement - traction en utilisant deux types de sols, un sable 0/2 mm et une grave tout venant 0/100 mm. Les essais ont été réalisés par un laboratoire indépendant (EGIS Géotechnique).

Il existe des normes NF EN ISO 12957-1 et NF EN ISO 12957-2 pour caractériser ce frottement. Il s'avère que le marché des géosynthétiques de renforcement demande actuellement des résultats de frottement pour un grand nombre de sol avec des granulométries variées et contenant souvent des granulats de grand diamètre. Les essais à la boîte de cisaillement ne sont pas représentatifs pour tous les types de sol demandés. Les essais au plan incliné, bien que très intéressants, présentent une mise en œuvre très coûteuse si l'on imagine la nécessité de tester plusieurs produits (7 produits différents testés ici) et plusieurs types de sol (2 sols testés ici).

En profitant d'un chantier expérimental sur 2 jours, et avec l'appui d'un laboratoire, des essais de traction – frottement ont été réalisés in situ. Les caractéristiques de frottement obtenues pour plusieurs géosynthétiques et plusieurs sols ont dépassé les performances minimales à atteindre pour le chantier. En validant et corrélant avec d'autres essais suivant les normes EN ISO 12957-1 et NF EN ISO 12957-2 une base de données fiable et complète pour répondre aux besoins du marché est ainsi établie. Le schéma de principe des essais est présenté sur la figure 6 (Garcin, 2011).

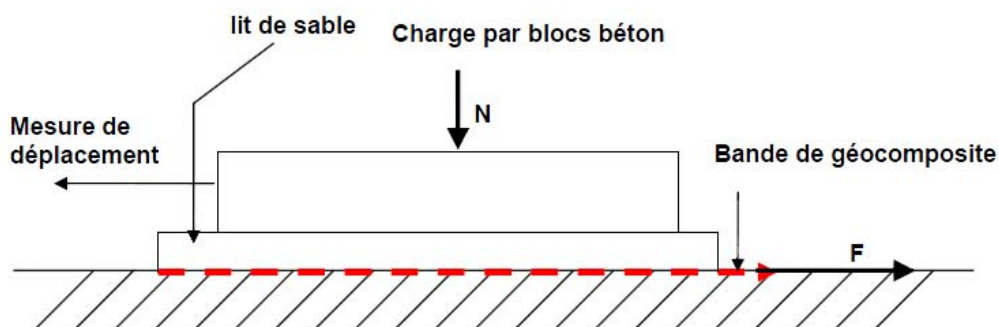


Figure 6. Schéma de l'essai.

Le matériel mis en œuvre est le suivant :

- portiques de traction ;
- traction réalisée par le bras d'une pelle mécanique hydraulique ;
- capteurs de force (étendue de mesure EM = 200 kN, précision meilleure que 0,03 % EM) ;
- un capteur de déplacement (course = 375 mm, précision  $\pm 0,05$  % EM).

Les figures 7 et 8 montrent le dispositif expérimental et le capteur de déplacement.





Figure 7. Photos du dispositif d'essai et du portique d'extraction.



Figure 8. Photos de la mesure de déplacement et de la préparation de l'interface.

On pratique l'essai jusqu'au glissement de l'ensemble : sable de répartition des charges + blocs bétons + géosynthétique. On caractérise ainsi l'interface entre la plate-forme de sol inférieure et le géosynthétique. Le capteur mesure le déplacement de l'ensemble. La déformation de la nappe libre entre les mors d'ancrage et la zone recouverte n'a pas d'influence. De plus, tous les produits testés sont des produits de renforcement à forte résistance (supérieure à 50kN/m) et faible déformation (inférieure à 11%), donc la déformation dans cette zone est connue et maîtrisée. L'effort appliqué est mesuré par le capteur à la jonction des chaînes du portique, au niveau du bras de la pelle.

Les figures 9 et 10 montrent un exemple de courbes obtenues par cet essai.

Sur le site de Firminy, les efforts à reprendre par la géogridde de renforcement ont été calculés selon la méthode de calcul tirée du Guide d'étanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier (LCPC – SETRA, 2000) en prenant en compte les coefficients de sécurité de l'Eurocode 7. Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau I.

Tableau I. Hypothèses prises en compte pour le dimensionnement de la géogridde de renfort

| longueur du rampant | épaisseur de TV | angle du talus | poids volumique du remblai | angle de frottement remblai/géogridde | angle de frottement géo / sol support | cohésion | surcharge |
|---------------------|-----------------|----------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|-----------|
| 35,00 m             | 0,30 m          | 18,4 °         | 18 kN/m <sup>3</sup>       | 35 degrés                             | 17 degrés                             | 0 kPa    | 0 kPa     |

L'effort à reprendre par la géogridde de renfort a été évalué à 75 kN/m, coefficients de durabilité inclus. La tranchée d'ancrage a été dimensionnée pour avoir un coefficient de sécurité sur les efforts de traction supérieur ou égal à 1,5. La figure 11 illustre la mise en œuvre du produit sur le chantier.

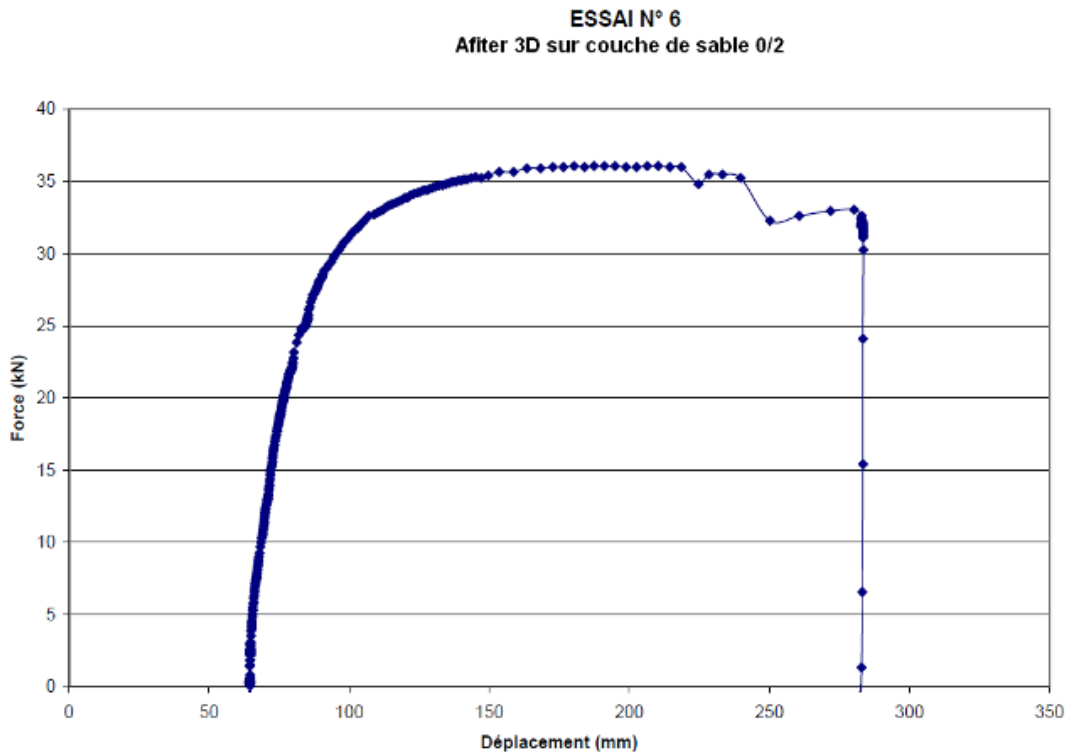


Figure 9. Résultat d'essai de frottement dans le cas du sable sous contrainte normale 15 kPa.

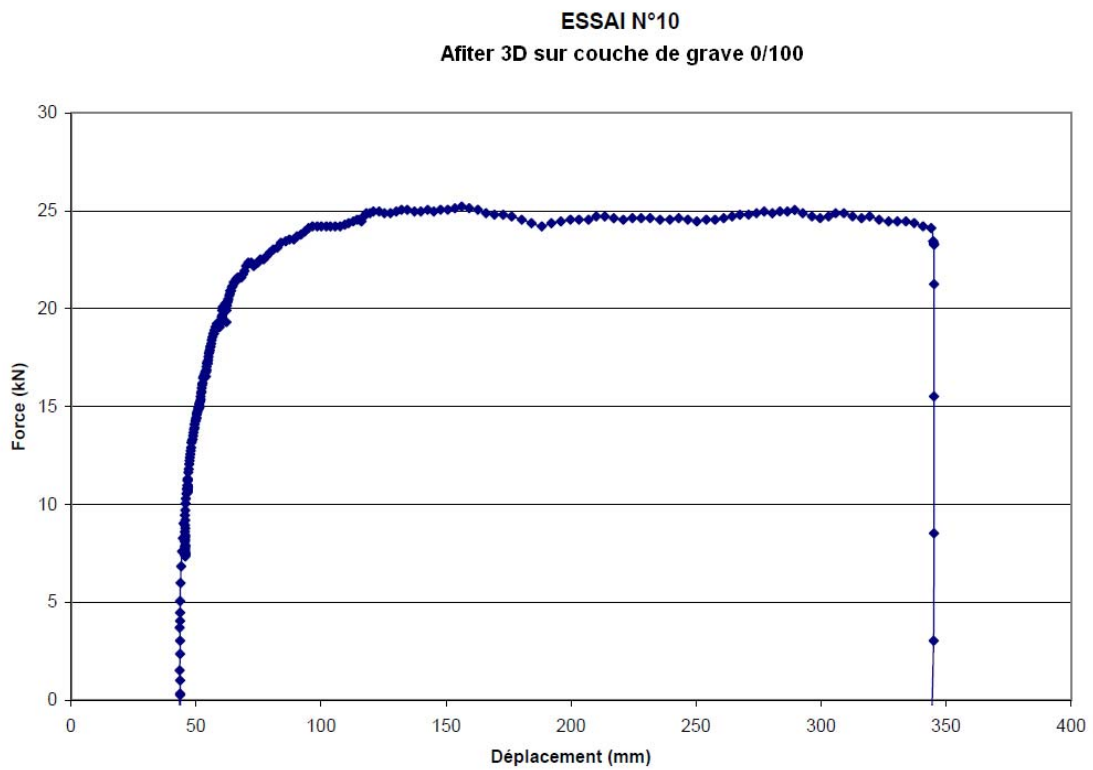


Figure 10. Résultat d'essai de frottement dans le cas de la grave sous contrainte normale 15 kPa.

#### 4. Conclusions

La géogrille développée, combinée au système de drainage, permet de répondre aux problèmes de stabilité des couches de TV sur pente de talus de CSD et également aux phénomènes d'érosion de surface de ces derniers. Depuis, de nombreux chantiers ont été réalisés avec ce système.





Figure 11. Photos des pentes du site de Firminy

## 5. Références bibliographiques

- AFNOR (1986). Norme NF EN ISO 10319. Géotextiles : essai de traction des bandes larges.
- AFNOR (). Norme NF EN ISO 12957-1 Géosynthétiques ; détermination des caractéristiques de frottement ; Partie 1 : essai de cisaillement direct.
- AFNOR (2005). Norme NF EN ISO 12957-2. Géosynthétiques : détermination des caractéristiques de frottement ; Partie 2 : essais sur plan incliné.
- Garcin P. (2010). G0161-00027 Rapport de synthèse de résultats d'essais de traction-frottement sur géosynthétiques de renforcement pour Texinov. EGIS Géotechnique publication interne.
- Garcin P., Allagnat D., Guerpillon Y. (2011). Optimisation de la conception d'une couverture d'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISD ND) à partir d'expérimentations simples. Actes, Rencontres 2011 du Comité Français des Géosynthétiques, Tours.
- LCPC-SETRA (2000). Guide : Etanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier. 170 pages.

