

ENCAPSULAGE DE DÉCHETS DE CRASSIERS PAR GÉOCOMPOSITES SOUDÉS

WASTE ENCAPSULATION BY WELDED GEOCOMPOSITES

Jean-Luc MICHAUX¹, Patrick BROCHIER¹, Laurent DEMENET²

1 Terageos, Veurey Voroize France

2 Bouygues TP, Lyon France

RÉSUMÉ – Les aménagements sur d'anciens sites industriels nécessitent de confiner les terres polluées. La société Terageos a développé des géocomposites multifonctions qui peuvent être soudés et permettent de réaliser l'encapsulation de ces matériaux. Ces produits « tout en un » sont utilisés à la fois sur talus et sur dôme. Ils remplissent les fonctions d'antipoinçonnant, d'étanchéité, de drainage, de renforcement et d'accroche-terre sur talus. Cette solution est présentée à travers le chantier de la déviation de la RN 90 à Moutiers, concerné par d'anciens crassiers industriels.

Mots clés : étanchéité, protection, drainage, contrôle de l'érosion, encapsulage de déchets

ABSTRACT – Constructions on old industrial sites need to be protected from polluted grounds. Terageos society has developed multilayers geocomposites which can be welded, to perform the encapsulation of these grounds. These products, all in one, are used both on the top and on the slope. They are multifunctions: protection, waterproof, drainage, reinforcement, erosion control on slope. This solution is presented through the project of the RN 90 deviation in Moutiers, which is concerned by old industrial polluted grounds.

Keywords: waterproof, protection, drainage, erosion control, wastes encapsulation

1. Introduction

L'aménagement de la RN 90 au nord de Moutiers est un chantier routier qui comporte un volet matériaux pollués, car il est concerné par d'anciens crassiers industriels situés sur le parcours. L'option initialement retenue pour gérer les laitiers était une évacuation vers l'ISDND de Satolas situé à 150 km. Le volume de laitiers était alors estimé à 22 000 m³. Cependant, une nouvelle estimation des volumes de matériaux pollués à 52 000 m³ a conduit à redéfinir leur gestion (Pecqueux et Blanchard, 2014). Le choix a alors été fait de maintenir ces déchets sur le site et de les stocker dans des zones confinées. Le confinement a été réalisé au moyen d'un géocomposite étanche, drainant et accroche terre. Cet article présente les solutions géosynthétiques mises en œuvre.

2. Présentation du projet de déviation

La RN 90 est un axe de circulation important dans la vallée de la Tarentaise en Savoie, en particulier pour l'accès aux stations de sports d'hiver (Fig. 1). Au nord-est de Moutiers, cette route est soumise à deux types de risques naturels : les chutes de blocs rocheux en premier lieu (depuis les falaises de Montgalgan et de Pomblière) mais aussi les inondations en lien avec les éventuels débordements de l'Isère.

L'aménagement de cet axe routier vise à sécuriser le réseau et à permettre ainsi la continuité du lien entre les agglomérations de la vallée avec un niveau de confort satisfaisant pour les automobilistes.

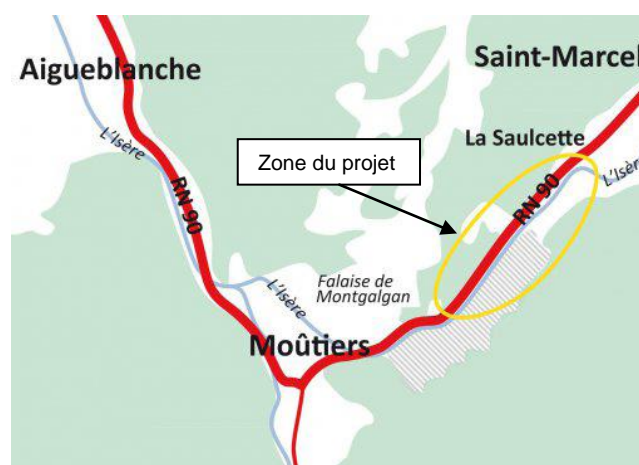


Figure 1. Localisation du projet

L'opération est pilotée par l'État (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie), via la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Rhône Alpes. Le pilotage du chantier est réalisé par la Direction Interdépartementale des Routes Centre Est (DIR CE). Le budget total de l'opération s'élève à 46 millions d'euros.

3. le problème des matériaux pollués rencontrés

En rive gauche de l'Isère, le projet d'aménagement de la RN 90 recoupe d'anciens dépôts de laitiers d'aciérie électrique et crassiers issus de l'exploitation industrielle passée de la vallée. L'option initialement retenue pour gérer les laitiers était une évacuation vers l'ISDND de Satolas situé à 150 km. Le volume de laitiers était alors estimé à 22 000 m³. Cependant, une nouvelle estimation des volumes de matériaux pollués à 52 000 m³ a conduit à redéfinir leur gestion. Le choix a alors été fait de maintenir ces déchets sur le site, et de les stocker dans des zones confinées, ce qui représente un coût financier et environnemental beaucoup moins élevé que la solution d'excavation et d'évacuation hors site.

4. La solution d'encapsulage proposée

La mise en place du confinement de laitiers a été réalisée de la façon suivante :

- mise en place d'un géotextile et d'un dispositif drainant sous le remblai de laitiers afin de l'isoler vis-à-vis des eaux d'infiltration et de ruissellement latérales ;
- mise en place des laitiers sur le dispositif drainant, compactage des laitiers pour limiter les vides et réduire les éventuels écoulements d'eau ;
- séparation latérale entre les laitiers et les matériaux mis en place contre la falaise afin d'éviter que les eaux de ruissellement de la falaise ne puissent s'infiltrer directement dans les laitiers ;
- recouvrement du remblai de laitiers par un géocomposite étanche de couverture pour éviter à l'eau de pluie de percoler au travers de celui-ci ;
- recouvrement du géocomposite sur le dôme par une couche de tout-venant d'environ 3 m d'épaisseur pour absorber toutes les chutes de pierres qui pourront avoir lieu sur le site et ainsi empêcher à ce composite d'être endommagée et perdre son efficacité ;
- mise en place d'un système de collecte des eaux pluviales.

Ci-dessous sont détaillées les phases de couvertures des laitiers pas les géocomposites étanches, qui ont été réalisées dans le cadre de ce chantier.

4.1. Détail de la solution pour le dôme

4.1.1. Présentation du géocomposite

Afin d'encapsuler les déchets, un géocomposite innovant et multifonction a été développé. Ce produit possède les fonctions suivantes sur le dôme :

- protection de la géomembrane par un fond en géotextile non-tissé aiguilleté 500 g/m² ;

- étanchéité par géomembrane PE 1mm en partie courant des lés. Ceux-ci sont assemblés par soudure. Le produit ainsi assemblé est étanche, et empêche les eaux de pluie de pénétrer dans les matériaux pollués ;
- drainage par un réseau de mini-drains parallèles régulièrement espacés tous les 1m et intégrés dans le géotextile au dessus de la géomembrane ;
- géotextile de protection 500 g/m² au dessus de l'étanchéité.

Ce géocomposite est assemblé à chaud en usine de manière industrielle, grâce à une machine conçue spécialement pour cette application. Le produit est soudé sur les bords des lés à la machine automatique à air au coin chaud.

4.1.2. Présentation de la fonction drainage par mini-drains

Le géocomposite manufacturé, contient un réseau de mini-drains perforés, de 20 mm de diamètre et régulièrement espacés tous les 1m.

Les infiltrations d'eau pluviale sont filtrées par la face supérieure du géosynthétique (Fig. 2).

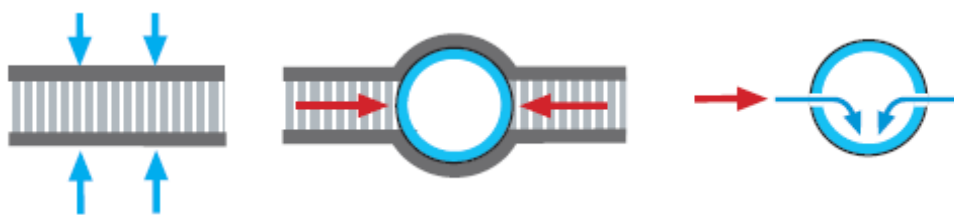


Figure 2. Drainage dans le produit en trois étapes

Une fois à l'intérieur du tapis drainant, l'eau choisit le chemin le plus facile, perpendiculairement aux mini drains perforés, suivant la distance de drainage la plus courte dans le tapis drainant.

L'eau pénètre ensuite facilement dans les mini drains par les nombreuses perforations (280/m).

Le drainage est réalisé par les mini-drains disposés parallèlement et espacés d'une distance adaptée au besoin de drainage. Ces mini-drains de 20 mm de diamètre sont perforés pour permettre une bonne pénétration de l'eau depuis les matériaux de couverture (Fig. 3).



Figure 3. Mini-drain mis en place dans le géocomposite pour drainer les eaux du talus.

4.1.2. Résistance à la compression du géocomposite drainant

La capacité de drainage du géocomposite à mini-drains est très peu influencée par la contrainte, puisqu'entre 20 kPa et 500 kPa, soit entre 1 et 25 m de remblai au-dessus du produit drainant, elle passe de $2,3 \cdot 10^{-4}$ m²/s à $2,2 \cdot 10^{-4}$ m²/s sous gradient de 1 (norme EN ISO 12958) (Fig. 4).

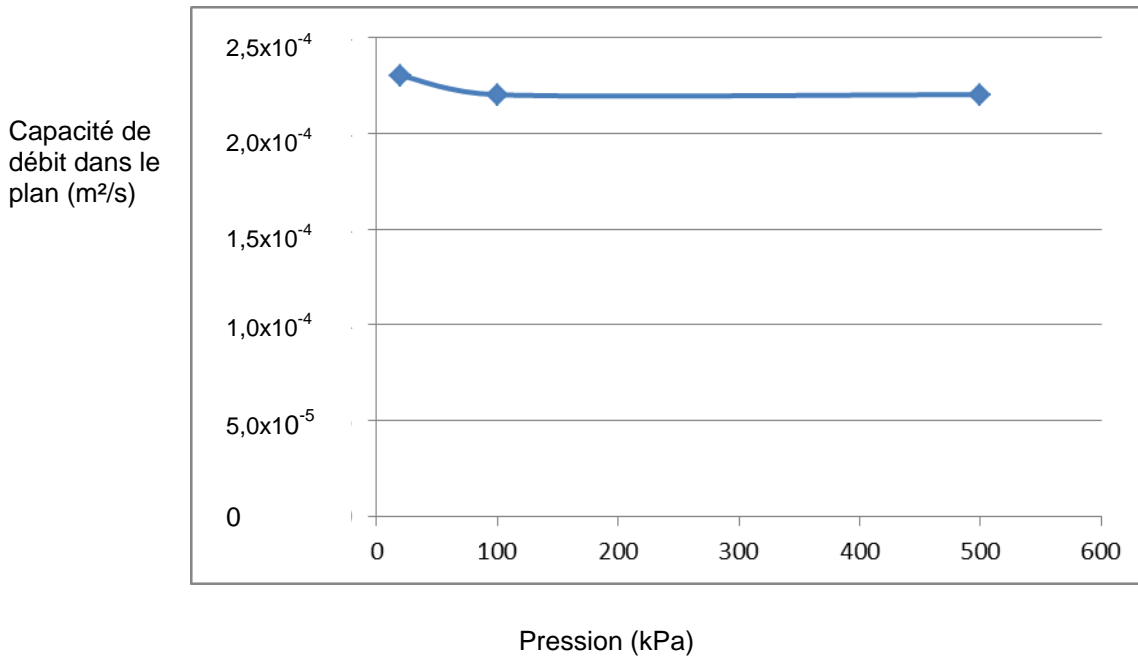


Figure 4: Capacité de débit dans le plan mesuré selon la norme EN ISO 12958

4.1.3. Efficacité du drainage à long terme

Le géocomposite à mini drains a une capacité drainante qui ne se réduit pas au cours du temps car les mini-drains ne sont pas sensibles au fluage (Fig. 5) contrairement à d'autres produits. Le graphe ci-dessous présente un comparatif du géocomposite à mini-drain avec les résultats mesurés par (Héruault et Gallo, 2009) pour une grille avec deux filtres.

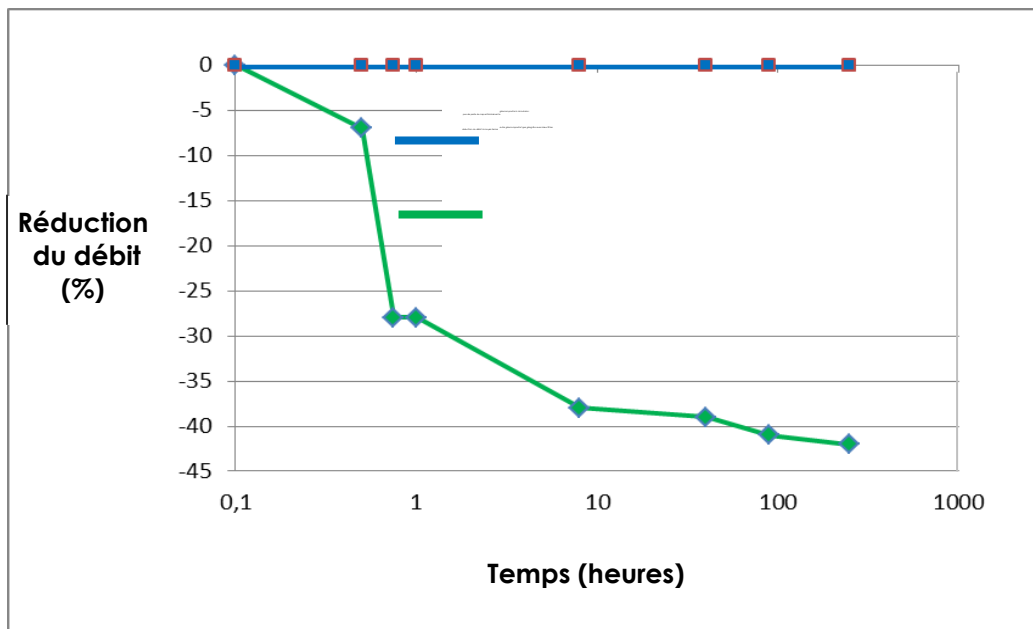


Figure 5. Réduction du débit en fonction du temps

4.2. Solution pour les talus

Afin de lutter durablement contre l'érosion (Reiffsteck et al., 2003), un géocomposite innovant, le teraplex® a été mis au point. Ce produit possède les fonctions suivantes (Figures 6 et 7) :

- protection de la géomembrane par un fond en géotextile non-tissé aiguilleté ;
 - étanchéité par géomembrane PE 1mm en partie courant des lés. Ceux-ci sont assemblés par soudure.
- Le produit ainsi assemblé est étanche, et empêche les eaux de pluie de pénétrer dans les matériaux pollués ;

- tenue des matériaux sur le talus grâce à des reliefs linéaires torsadés et filtrant espacés chaque 66 cm. Ces reliefs ont une hauteur de 13 cm optimisée pour maintenir une couche de 20 à 30 cm de matériaux sur le talus (Figure 6). Ils permettent également de laisser passer l'eau d'infiltration à travers les bandes. Ces reliefs permettent de maîtriser les risques de ravinement et de glissement sur le fond en géotextile ;
- renforcement : des câbles en polyester sont intégrés au produit pour obtenir la résistance appropriée qui peut s'élever à plus de 260 kN/m. Le produit peut ainsi reprendre les efforts de traction sur le talus, liés au poids des matériaux de couverture (figure 6) ;
- drainage par un réseau de mini-drains parallèles régulièrement espacés tous les 1m et intégrés dans le géotextile au-dessus de la géomembrane.

Ce géocomposite alvéolaire avec fond étanche, est assemblé en usine de manière industrielle, grâce à une machine conçue spécialement pour cette application.

4.2.1. Rôle des barrières filtrantes

Les barrières filtrantes de 13 cm de haut fixées sur le géocomposite tous les 66 cm de talus ont 2 fonctions :

- maintenir la terre sur les talus en la retenant entre les vrilles ;
- laisser passer l'eau d'infiltration à travers les vrilles.

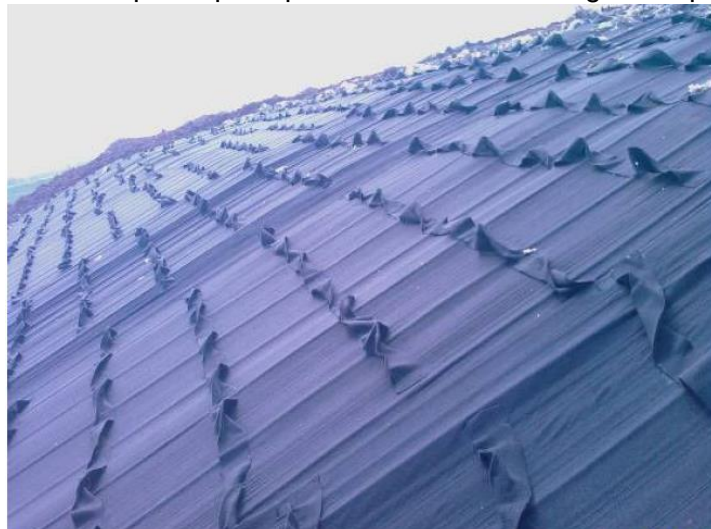
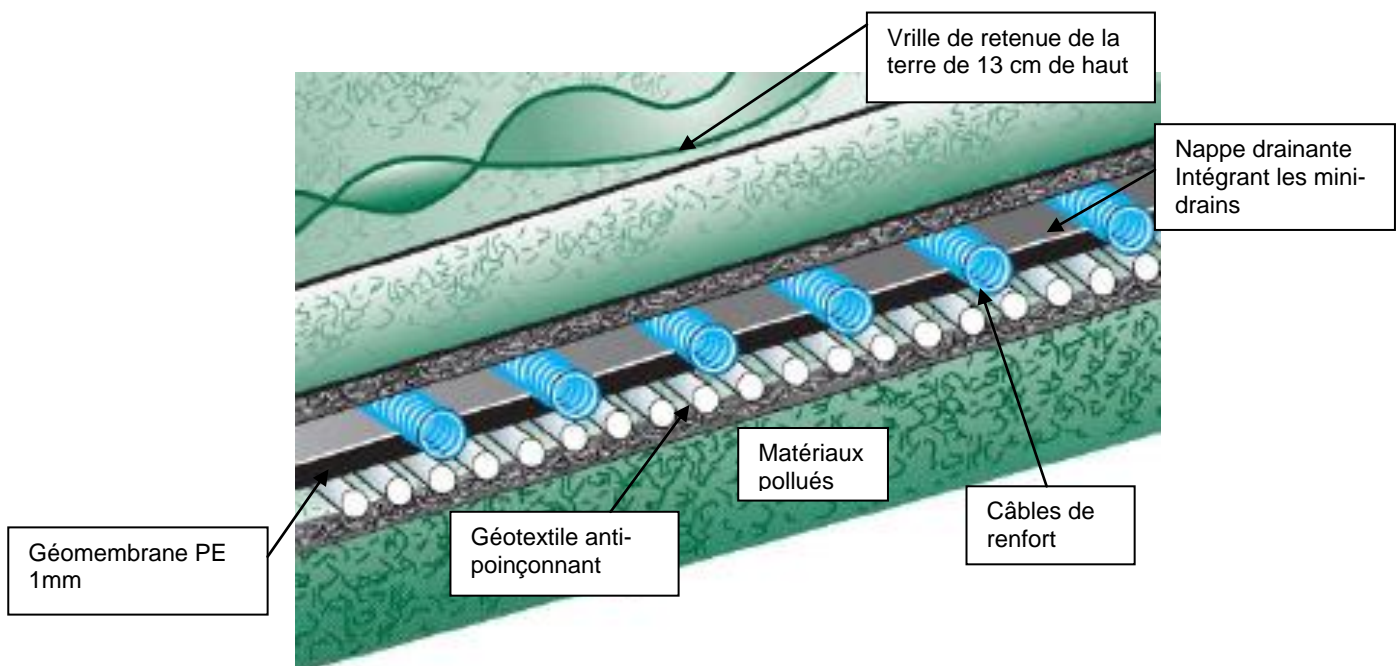


Figure 7. Vue de dessus du géocomposite mis en place

4.2.2. Résistance en traction du composite

Les matériaux mis en place sur le géocomposite accroche-terre produisent des efforts de traction sur le géocomposite qui peuvent être très importants, compte tenu de leur poids (Michaux et Brochier, 2011). Le poids des matériaux de couverture peut être augmenté en hiver de l'épaisseur de neige recouvrant le talus. Le géocomposite doit donc avoir une résistance adaptée aux spécificités du chantier, afin d'éviter le risque de rupture.

Le dimensionnement de la résistance en traction, se fait grâce à la norme XP G 38067. Elle est définie à partir du calcul de l'effort moteur tangentiel lié au poids des matériaux de couverture, et de la force de frottement de la couche de matériaux à l'interface entre le géocomposite et la couche inférieure (sol ou géomembrane).

L'effort moteur tangentiel H_d lié aux matériaux de couverture est donné par la relation :

$$H_d = (1,35 \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot e) \cdot L_a \cdot \sin \beta \quad (1)$$

Où γ_{sat} = poids volumique du sol saturé, e = épaisseur du sol de couverture, L_a = longueur de la pente, β = pente

La force de frottement est donnée par :

$$R_{fd} = (1/\gamma_{Rf}) \cdot (N'_d) \cdot \tan \delta_{bk} \quad (2)$$

où γ_{Rf} = coefficient de sécurité à l'interface,

N'_d = composante du poids perpendiculaire à la pente,

δ_{bk} = angle de friction à l'interface géotextile / couche inférieure

Ces deux équations permettent de définir l'effort de traction dans le géocomposite :

$$T_{\text{max d}} = H_d - R_{fd} \quad (3)$$

Puis la résistance en traction minimale du géocomposite R_{tk} en prenant en compte un certain nombre de coefficients de réduction :

$$R_{tk} \geq \Gamma_{\text{end}} \cdot \Gamma_{\text{flu}} \cdot \Gamma_{\text{deg}} \cdot \gamma_{Mt} T_{\text{max d}} \quad (4)$$

avec,

Γ_{end} : coefficient de réduction dû à l'endommagement lié aux agressions mécaniques lors de la construction,

Γ_{flu} : coefficient de réduction dû à l'évolution physique du matériau sous l'effet du fluage,

Γ_{deg} : coefficient de réduction dû aux dégradations d'origine chimique ou biochimique dues à l'environnement,

γ_{Mt} facteur partiel pour la résistance à la traction du géosynthétique de renforcement.

Dans le cas présent, les talus avaient une hauteur de 6,7m et une pente de 3H/2V. Le dimensionnement a conduit à une résistance en traction de 120 kN/m, pour une épaisseur de matériaux de couverture de 30 cm sur les talus.

4.2.3. Stabilité des matériaux sur le géocomposite

Avec une pente de 3H/2V, les matériaux ne seraient pas stables sur une simple nappe géotextile. Ce sont donc les reliefs d'accroche de 13 cm de haut du géocomposite qui bloquent les matériaux derrière chaque vrille et évitent le glissement de la couche sur le produit.

Les bandes vrillées de reliefs sont soudées à la nappe support avec un décalage latéral de chaque bande par rapport à la précédente de façon à ne pas avoir tous les points de soudure à la nappe alignés selon une verticale ce qui créerait un mini-couloir.

4.2.3. Drainage

Il est nécessaire de drainer les infiltrations d'eau pluviale dans le talus. En effet, en absence de réseau de drainage, l'eau qui s'infiltré va se retrouver bloquée par la géomembrane. Elle va s'écouler à l'interface entre la géomembrane et la terre, et créer un plan de glissement pour les matériaux de

couverture. De plus, cette absence de réseau de drainage peut conduire à un phénomène de saturation des matériaux en eau, et favoriser des glissements de matériaux sur le talus.

5. Mise en œuvre de la solution

Les lés de géocomposite sont conditionnés en rouleaux de 4m de large, de longueur adaptée au rampant du talus et 80cm de diamètre environ sur mandrins. Ils sont enveloppés d'un film polyéthylène pour assurer la protection du produit contre la pluie, le rayonnement UV, la boue et la poussière.

Les lés sont déroulés depuis le haut sur le support (Fig. 8 et 9), en faisant chevaucher latéralement les panneaux, puis ils sont soudés entre eux. La terre végétale est mise en place depuis le haut à l'aide d'une pelle.



Figure 8. Vue d'ensemble du chantier



Figure 9. Mise en place des matériaux sur le géocomposite

Ce géocomposite multifonction permet de gagner du temps lors de la réalisation du chantier, par rapport à une solution avec plusieurs couches successives. Il y a en effet une seule couche de produit à poser au lieu des différentes couches séparées (antipoinçonnant, produit drainant, produit accroche terre, renfort, étanchéité). Ce gain de temps se vérifie également lors de l'acheminement des produits, par la limitation du nombre de camions pour acheminer les matériaux, et de rouleaux à manipuler.

6. Conclusion

L'encapsulation des déchets de crassiers par géocomposite soudé est une solution qui réduit les coûts de gestion de ces matériaux pollués et limite considérablement l'impact environnemental puisqu'il n'y a pas à évacuer les matériaux. Le géocomposite mis en place sur le chantier de la RN 90 apporte une solution durable avec des couches de géosynthétiques solidarisiées en usine, ce qui supprime les risques de glissement inter-produits et une pose facilitée et accélérée car une couche unique à poser.

7. Références bibliographiques

- Hérault A., Gallo, R. (2009). Évaluation de la réduction de capacité de débit à long terme des géocomposites due à l'intrusion du filtre. Rencontres Géosynthétiques 2009, p293-300.
- Michaux J.L., Brochier, P. (2011). Use of multi-functions geotextile for the capping of landfill: protection, reinforcement, waterproofing, drainage and soil retention. CFG 2011, Tour, pages 189-193
- Norme EN ISO 12958, géotextiles et produits apparentés – Détermination de la capacité de débit dans leur plan, 2010, 13 p.
- Norme XP G 38-067, stabilisation d'une couche de sol mince sur pente, 2010, 36p.
- Pecqueux S., Blanchard J., Burgeap (2014). Moutiers – Saint Marcel, Déviation de la RN90, Plan de gestion des déblais issus des anciens crassiers
- Reiffsteck, Antoine, Briost, Bruhier, Derache, Ducol, Faure, Garcin, Hérault, Poulain, Robinet (2003). Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion, CFG 2003, 128p.