

UTILISATION DE GÉOSYNTHÉTIQUES POUR L'ÉTANCHÉITÉ ET LE DRAINAGE DES TUNNELS

USE OF GEOSYNTHETICS FOR SEALING AND DRAINING TUNNELS

Messaoud ZERMANI, Mossadek KHELIFI
Afitex Algérie, Alger (Algérie).

RÉSUMÉ—La section de notre projet est située entre Chiffa et Berroughia sur un linéaire de 51 km et traverse successivement les départements de Blida et Medea. Cette section représente le point de départ de l'autoroute Nord-Sud et elle possède le relief le plus complexe. La différence altimétrique de tout le tracé est très importante et difficile. La longueur totale du tunnel est de 4,80 km.

Cette présentation reflète l'expérience acquise sur l'étanchéité des tunnels par des géosynthétiques formés de bandes successives de différents éléments soudés entre eux transversalement à l'axe du tunnel. Le complexe d'étanchéité du tunnel comprend le drain plat vertical, un géotextile de protection 500 g/m² et une géomembrane en PVC 2 mm.

Mots-clés : tunnel-geomembrane-géotextile-étanchéité-drainage.

ABSTRACT—The section of our project is located between Chiffa and Berroughia on a linear of 51 km, which crosses successively the wilayas of Blida and Medea. This section represents the starting point of the North-South Highway and it has the most complex relief. The altimetric difference of all the route is very important and difficult. The total length of tunnels is 4.80 km.

This paper reflects the feedback from Geo-Synthetic Tunnel seals which are formed of successive bands of different elements, welded together transversely to the axis of the tunnel. The tunnel waterproofing complex consists of a vertical flat drain (one-off application), protective geotextile 500 g / m² and geomembrane in PVC 2 mm.

Keywords: tunnel-geotextile-geomembrane-sealing-drainage.

1. Introduction

L'utilisation de géomembranes en PVC-P pour l'étanchéité de tunnels en vue de la protection contre les infiltrations d'eau est une technologie sophistiquée et sûre pour protéger la construction contre les effets destructeurs de l'eau.

Les tunnels excavés font partie des ouvrages de génie civil les plus coûteux et les plus complexes. La garantie de leur caractère opérationnel pendant plusieurs décennies est donc un facteur prioritaire (Mahuet, 2011).

L'étanchéification des tunnels a permis d'augmenter considérablement leur durée d'utilisation. De nombreux matériaux ont été testés et utilisés pour réaliser l'étanchéité des tunnels, et les géomembranes en PVC-P ont démontré qu'elles sont le matériau le plus fiable et techniquement le mieux adapté. Selon les conditions locales, la géomembrane en PVC-P peut être formulée pour répondre exactement aux contraintes du projet.

2. Choix et conséquences de l'explosif dans le creusement d'un tunnel

Dans le cadre de ce projet, comme méthode d'excavation, on a utilisé la méthode traditionnelle qui consiste à l'utilisation de l'explosif (généralement de la dynamite) comme méthode de forage. On utilise cette méthode dans le cas où la roche dans laquelle on creuse est dure et avec une cohésion forte. En effet, le tunnelier n'arriverait pas à creuser ce type de roche aussi rapidement que l'explosif. Cependant, l'utilisation de l'explosif obéit à des contraintes particulières.

2.1. Les contraintes géologiques

Ces contraintes sont les premières rencontrées lors du creusement d'un tunnel à l'explosif.

La principale de ces contraintes en roche dure est la présence possible de failles. Ce sont des cassures dans la roche qui permettent à deux compartiments de roche de se déplacer l'un par rapport à l'autre par glissement ou éloignement. De manière générale, les déplacements des blocs rocheux s'effectuent dans des sens contraires. L'existence de failles dans la roche peut provoquer lors du percement du tunnel des glissements de terrain et des arrivées d'eau imprévues.

Il est donc nécessaire de mener des études précises sur la composition géologique du terrain dans lequel on se prépare à creuser un tunnel.

2.2. Les contraintes d'espace

L'espace confiné des galeries souterraines empêche non seulement une circulation fluide de tous les engins de chantier mais apporte aussi des contraintes supplémentaires à l'utilisation des explosifs. En effet les ondes émises par les explosions se réverbèrent sur les parois des tunnels ce qui peut les fragiliser.

2.3. Les contraintes de sécurité des personnes

Après l'utilisation d'explosifs, des gaz toxiques commencent à se former dans la galerie. De même manière, les gaz d'échappement des engins de chantier présentent une toxicité élevée si leur concentration dépasse les seuils autorisés. Il est obligatoire d'évacuer ces gaz sans quoi le chantier devient trop dangereux pour le personnel. L'évacuation de ces gaz demande des machines particulières, ce qui apporte des contraintes supplémentaires.

2.4. Les contraintes de protection des matériels

La coupe type de l'étanchéité d'un tunnel est représentée sur la Figure 1.

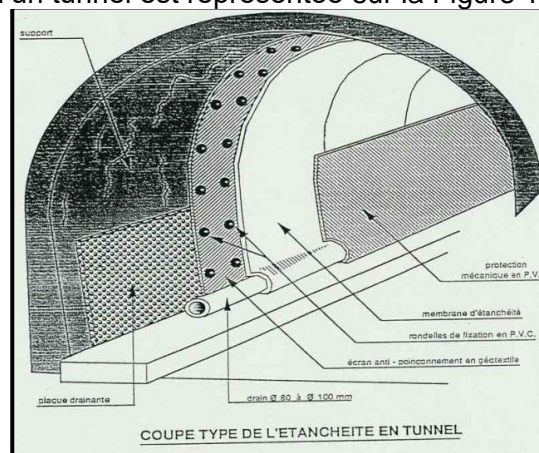


Figure 1. Étanchéité de l'ouvrage tunnel

3. Cas du tunnel routier Chiffa – Berrouaghia

3.1. Présentation du projet

La Maîtrise d'Ouvrage est assurée par le Ministère des Travaux Publics (Agence Nationale des Autoroutes). Le Maître d'œuvre est le Bureau d'étude chargé du suivi BCS COBA (Portugal), et LCTP (Laboratoire Centre des Travaux Publics) et SETI RAIL. L'entreprise chargée de la réalisation est CSCEC CHINE, accompagnée par le Bureau d'étude chargé du dossier d'exécution BETFHCC.

Cette présentation a pour objet d'expliquer les méthodes d'assainissement (Étanchéité et Drainage) des Tunnels T1 et T2.



Figure 2. Réalisation d'un Tronçon Autoroutier sur 53 km

3.2. Opération d'excavation

Le phasage d'excavation est présenté sur la figure 3.

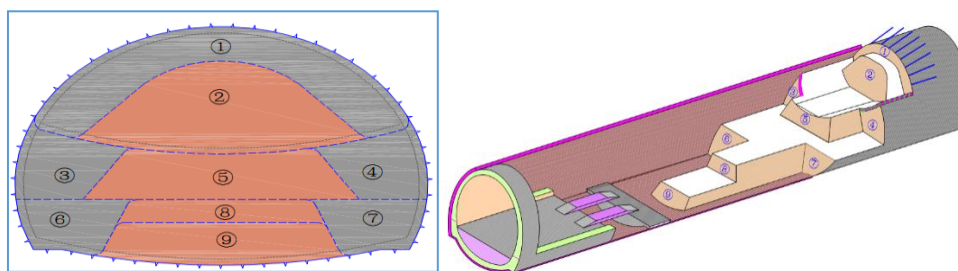


Figure 3. Phasage d'excavation

Les tunnels ont pour longueur :

Tunnel T1 = 2400 m,

Tunnel T2 = 2400 m.

3.3. Système d'assainissement (étanchéité et drainage)

L'imperméabilisation des tunnels revêt une importance particulière, tant du point de vue technique, qu'économique puisqu'elle aide à améliorer leur qualité, conservation et résistance.

C'est pourquoi une construction correcte doit être accompagnée d'un système d'imperméabilisation approprié.

3.4. Caractérisation de l'imperméabilisation

En collaboration avec le Bureau d'étude chargé du dossier d'étude et des plans d'exécution, nous avons envisagé une imperméabilisation complète des tunnels composée des éléments suivants :

- une bande drainante proposition d'un géocomposite alvéolaire (cas de présence d'eau),
- un géotextile de protection de masse surfacique minimale de 500 g/m²,
- une étanchéité : géomembrane en PVC d'une épaisseur 2 mm Signal Layer.

3.5. Détail du schéma du système d'assainissement « drainage et étanchéité »

Le système retenu est représenté sur la figure 4.

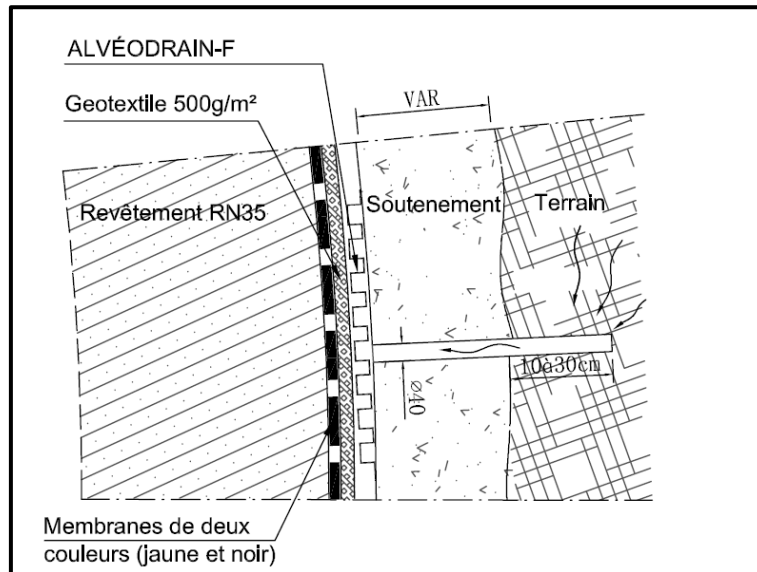


Figure 4. Détail du schéma du système d'assainissement « drainage et étanchéité ».

4. Les géosynthétiques

4.1. Descriptif du géocomposite de drainage

Le géocomposite de drainage est constitué d'une nappe drainante géotextile thermoformée à structure alvéolaire, associé à un filtre non-tissé thermolié (Figure 5).

Les caractéristiques techniques sont présentées dans le Tableau1.

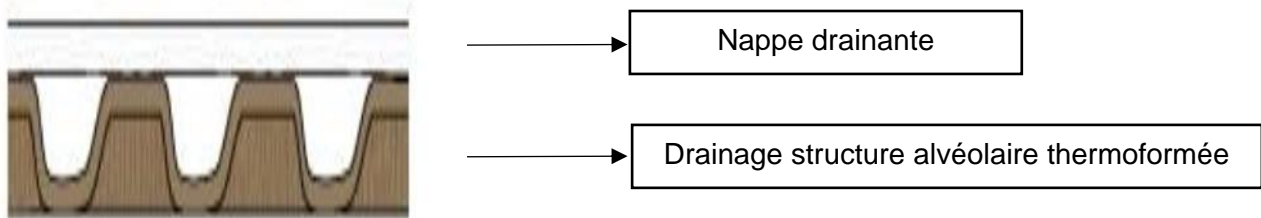


Figure 5. Descriptif du géocomposite de drainage

On met en œuvre le long de la voûte et des pieds droit du tunnel un géocomposite de drainage qui assurera

- un drainage de haute performance,
- la filtration du sol en place.

Tableau 1. Caractéristiques du géocomposite

Caractéristiques mécaniques				
Caractéristiques	Normes	Référence	valeur	unité
Masse surfacique	NF EN 9864	Masse surfacique totale	750	g/m ²
Épaisseur	NF EN 9863 -1	Sous 2 kPa	9	mm
		Sous 20 kPa	7,5	mm
Résistance à la traction	NF EN ISO 10319	Sens longitudinal	15	kN/m
		Sens transversal	15	kN/m
Allongement à la rupture	NF EN ISO 10319	Sens longitudinal	40	%
		Sens transversal	60	%
Résistance au poinçonnement CBR	NF EN ISO 12236	2		kN

Caractéristiques hydrauliques

Caractéristiques	Normes	Référence	valeur	unité	
Ouverture de filtration Of	NF EN ISO 12956	Nappe filtrante	150	µm	
Perméabilité normale au plan	NF EN ISO 11058	Nappe filtrante	90	l/s/m ²	
Capacité de débit dans le plan	NF EN ISO 12958	Gradient i=1	Sous 20 kPa	1,5	l/s/m
			Sous 50 kPa	1	l/s/m
			Sous 100 kPa	0,3	l/s/m

4.2. Géotextile de protection de la géomembrane en PVC

Les caractéristiques du géotextile non-tissé aiguilleté en fibres courtes haute ténacité 100% Polypropylène, de masse surfacique de 500 g/m² pour la protection de la membrane en PVC épaisseur 2,00 mm sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques du géotextile.

Propriétés	unités	Norme	Géotextile 500 g/m ²
Épaisseur sous 2 kPa	mm	EN ISO 9863-1	4,70
Résistance à la traction SP / ST	kN/m	EN ISO 10319	37 / 37
Résistance au poinçonnement BCR	kN	EN ISO 12236	6,5
Perméabilité normale au plan	m/s	EN ISO 11058	0,020
Ouverture de filtration	µm	EN ISO 12956	66

4.3. Système d'étanchéité « géomembrane en PVC »

La géomembrane translucide d'étanchéité homogène, en polyvinyle de chlorure souple (PVC-P) est fabriquée exclusivement à partir de résines vierges, à l'exclusion de tout constituant régénéré, ce qui garantit une grande constance des caractéristiques et une durabilité optimale (Tableau 3).

Le choix a été fait selon les modalités de la norme NF EN 13256 (mai 2015) - Géotextiles et produits apparentés : Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de tunnels et de structures souterraines.

Tableau 3. Caractéristiques de la géomembrane en PVC

Caractéristiques	Normes	Unités	Spécifications
Épaisseur	EN 1849-2	mm	2.0
Transparence	EN 410	%	>75
Résistance en traction à la rupture	EN ISO 527	N/mm ²	>17
Élongation à la rupture	EN ISO 527	%	>300
Résistance à la déchirure	DIN53363 ENISO34	N/mm kN/m	>80 >40
Stabilité dimensionnelle (6h/80°C)	EN ISO 1107-2	%	<2
Poinçonnement statique (CBR) Hauteur de chute sans perforation	EN ISO 12236 DIN 16726	kN mm	>2.4 >1.100
Comportement après vieillissement accéléré 80°C/7jours Apparence générale Stabilité dimensionnelle L&T Variation de résilience en traction Variation de l'élongation à la rupture Flexibilité à basse température.	DIN 16726 5.13.3 5.14 5.18	%	Pas de déformation <3 <±10 <±10 -20°C pas de fissures

Comportement après immersion dans de l'eau chaude et /ou solutions alcalines (90j/23°C) Variation de résilience en traction L&T Variation de l'élongation à la rupture, L&T Flexibilité à basse température	EN 14415	%	<±20 <±20 -20°C pas de fissures
--	----------	---	---------------------------------------

5. Déroulement des travaux

Les travaux de creusement ont été réalisés à l'aide des produits explosifs, une pelle mécanique à godet et une brise roche (Figure 6).



Figure 6. Travaux de creusement.

5.1. Mise en place du géotextile de protection

La pose du géotextile de protection nous a causé énormément de difficultés avec une largeur de 5,80 m. De ce fait nous avons procédé à la coupe du rouleau en deux (2 x 2,90m) pour faciliter sa pose et pour qu'il soit bien tendu. La fixation du géotextile sur le support en béton projeté, se fait au moyen d'éléments de fixation constitués de rondelles en acier et de clous en acier spités de 27 mm (Figures 7, 8 et 9).



Figure 7. Accessoires pour mise en place du géotextile

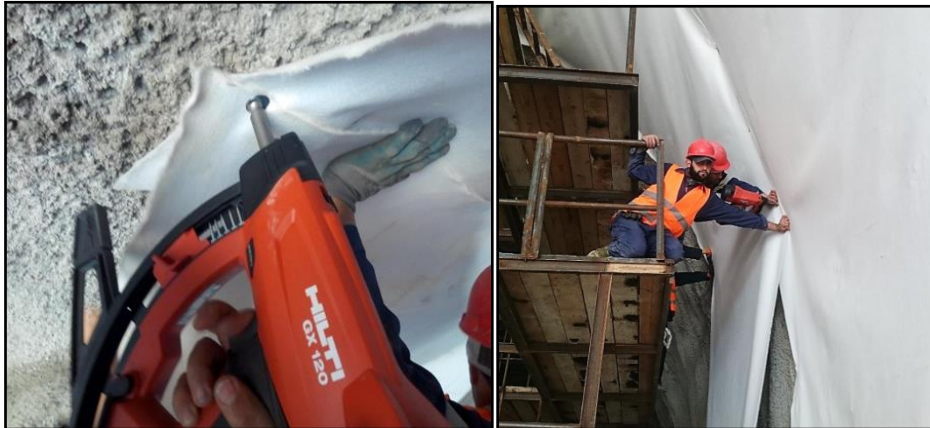


Figure 8. Opération de pose du géotextile



Figure 9. Fin de l'Opération de pose du géotextile

5.2. Mise en place et fixation de la géomembrane en PVC 2,00 mm

La fixation de la géomembrane (Figures 10 et 11) sur le support se fait au moyen d'éléments de fixation spécialement conçus :

- Rondelles de fixation en PVC
- Rondelles en acier
- Clous en acier spités de 40 mm

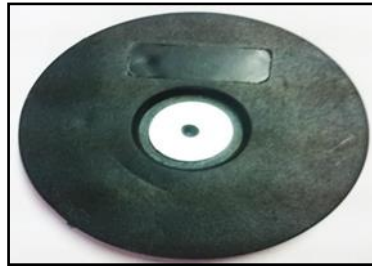


Figure 10. Rondelle de fixation



Figure 11. Mise en place de la géomembrane

5.3. Matériel de soudure de la géomembrane sur rondelles

La fixation de la géomembrane en PVC contre les rondelles en PVC se fait thermiquement à l'aide d'une soufflerie à air chaud.



Figure 14. Matériel de soudure de la géomembrane.

6. Conclusions

Les tunnels sont de plus en plus présents sur nos routes. En effet, ils sont indispensables pour franchir rapidement des obstacles naturels tel que des montagnes

Les géosynthétiques utilisés, dans le cadre de ce projet, sont des matériaux permettant d'assurer une durée de vie des ouvrages souterrains (tunnels routiers ou ferroviaires, métros, parkings...) supérieure à une centaine d'années. En effet, l'accès difficile, la fréquentation et les coûts de réparation importants poussent à allonger au maximum les périodes sans travaux majeurs.

Afin d'offrir une durée de vie importante aux ouvrages de génie civil souterrains, un système d'étanchéité est indispensable. La solution réalisée dans le cadre de ce projet est mise en œuvre partout dans le monde et répond à de très nombreuses exigences réglementaires.

7. Références bibliographiques

Mahuet J.L. (2011) Module 3 : Techniques de construction.

<https://tpelestunnels.wordpress.com/>.

NF EN 13256 (mai 2015) Géotextiles et produits apparentés, Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de tunnels et de structures souterraines

