AVIS TECHNIQUE CETU

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

AT n° 23-12 R (*)

Validité du : 12 / 06 / 2024

au : 11 / 06 / 2029

NOM DU PROCEDE : ALKORPLAN TUNNELS

-

ENTREPRISE : RENOLIT

Le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** appartient à la famille des **géomembranes synthétiques** (GMB-S). Il est constitué d'une géomembrane en PVC-P homogène translucide ALKORPLAN 35036 de 2 mm d'épaisseur et, lorsque nécessaire, recouverte d'une membrane de protection supérieure en PVC-P homogène ALKORPLAN 35020 de 2 mm d'épaisseur.

En tunnel et en tranchée couverte avec limite d'emprise, la géomembrane est soudée sur des rondelles PVC-P fixées mécaniquement au support, préalablement recouvert d'un géotextile de protection inférieure.

En tranchée sans limite d'emprise et en dalle supérieure, la géomembrane ALKORPLAN 35036 est déroulée en indépendance sur un géotextile de protection inférieure.

Les lés sont soudés entre eux préférentiellement par machine automatique permettant de réaliser une double soudure et un canal central.

Un compartimentage est prévu soit à l'aide de profilés, soit de tôles colaminées compatibles avec la géomembrane.

(*) Le présent document annule et remplace le précédent AT CETU n°19-03R à compter du 12/06/24.

Historique :	
AT CETU n°05-001(demande initiale)	*Validité du 20/08/05 au 19/08/10*
AT CETU n°11-001 (renouvellement n°1)	*Validité du 10/10/11 au 09/10/2016*
AT CETU n°19-03R (renouvellement n°2)	*Validité du 19/03/19 au 18/03/24*

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE 2
1.1 Renseignements commerciaux 2
1.2 Définition, constitution et composition du procédé 2
1.3 Domaines d'emploi – Limites et précautions d'emplois 4
1.3.1 Domaine d'emploi 4
1.3.2 Supports acceptés 4
1.3.3 Composition du procédé en fonction de l'ouvrage réalisé 5
1.4 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité de fabrication 10
1.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre 10
1.5.1 Transport et stockage 10
1.5.2 Conditions climatiques 10
1.5.3 Mise en œuvre 10
1.6 Prise en compte des exigences essentielles 11
1.7 Références 11
CHAPITRE 2 - ESSAIS DE CARACTERISATION 12
2.1 Eléments de caractérisation des produits visés 12
2.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage 12
CHAPITRE 3 - AVIS DE LA COMMISSION 16
3.1 Exigences générales sur la géomembrane 16
3.1.1 Epaisseur 16
3.1.2 Etanchéité 16
3.1.3 Caractéristiques en traction 16
3.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique 16
3.2 Exigences relatives à la mise en œuvre 17
3.2.1 Appréciation à l'adaptation du support 17
3.2.2 Soudabilité 17
3.2.3 Membrane de protection supérieure 17
3.3 Exigences liées à la durabilité 17
3.4 Sécurité – Hygiène 17
3.5 Conclusions 18
3.5.1 Appréciation sur le domaine d'emploi 18
3.5.2 Contrôle de la conformité 18
3.5.3 Mise en œuvre 18
3.5.4 Aptitude à la réparation 19
3.6 Retours d'expérience 19

CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE

1.1 Renseignements commerciaux

Le procédé **ALKORPLAN TUNNELS** est commercialisé sur le territoire Français par :

RENOLIT
5 rue de la Haye Roissypole
93290 TREMBLAY-EN-FRANCE
Téléphone: 01 41 84 30 10
www.renolit.com

Il comprend la géomembrane ALKORPLAN 35036 et la membrane ALKORPLAN 35020 qui sont fabriquées sur le site de l'usine de Sant Celoni en Espagne.

Propriété industrielle et commerciale :

ALKORPLAN TUNNELS est une marque déposée par RENOLIT qui a l'entière propriété du produit.

Autres éléments du procédé de marque RENOLIT (non évalués dans le présent AT) : rondelles de fixation, tôles colaminées et dispositifs d'injection.

Autres éléments du procédé (non évalués) : profilés de compartimentage de marque ELASTOJOINT de CS France.

1.2 Définition, constitution et composition du procédé

Le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** fait partie de la famille des étanchéités par géomembrane synthétique en PVC-P (ou DEG, Dispositif d'Etanchéité par Géomembrane), telle que définie dans l'article 8.1 du Fascicule 67 titre III du CCTG. Il comprend :

TABLEAU 1 - Composition du procédé ALKORPLAN TUNNELS

Produits entrants dans la composition du procédé	**Evalués** par le présent AT CETU	**Non évalués** par le présent AT CETU (*)
Une géomembrane synthétique d'étanchéité ALKORPLAN 35036 en PVC-P translucide de 2 mm d'épaisseur minimum. Le conditionnement standard est en rouleau de 20 m x 2,15 m. D'autres conditionnements en rouleaux de 2,15 m de large sont possibles.	X	
Une membrane de protection supérieure en PVC-P ALKORPLAN 35020 de 2 mm d'épaisseur minimum. Le conditionnement standard est en rouleau de 20m x 2,15 m. D'autres conditionnements en rouleaux de 2,15 m de large sont possibles.	X	
Des rondelles de fixation RENOLIT, en PVC souple servant à fixer la géomembrane sur les voutes et pieddroit. Il en existe de plusieurs formes mais toutes doivent avoir la même nature chimique compatible avec la géomembrane et répondre aux exigences fixées dans la Recommandation		X

GT9R7F1 de l'AFTES (publiées dans la revue TOS n°138 – en cours de révision à la date de publication du présent AT). Sachant que les rondelles de fixation sont produites par plusieurs fabricants, elles ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique.		
Des profilés de compartimentage ELASTOJOINT de CS France et répondant aux exigences fixées dans la recommandation GT9R5F1 de l'AFTES (publiées dans la revue TOS n° 130 – en cours de révision à la date de publication du présent AT). Il en existe de plusieurs formes mais toutes ont la même nature chimique compatible avec la géomembrane. Le tableau 2 ci-après donne des références de joints de compartimentage compatible. Sachant que les profilés de compartimentage sont produits par plusieurs fabricants, ils ne sont pas pris en compte dans le présent avis technique.		X
Des tôles colaminées RENOLIT, en acier galvanisé, de différentes formes et largeurs, servant à des arrêts d'étanchéité ou au compartimentage en dalle supérieure. Sachant que les tôles colaminées sont produites par plusieurs fabricants, elles ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique.		X
Des pipettes plates RENOLIT, en PVC souple servant de dispositif de détection et d'injection des compartiments. Sachant que les pipettes en PVC sont produites par plusieurs fabricants, elles ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique		X
Des géotextiles de protection (inférieure et supérieure) répondant aux exigences fixées dans la recommandation GT9R19F1 (cf. Tableau 6). Sachant que les géotextiles de protection sont produits par plusieurs fabricants, ils ne sont pas pris en compte dans le présent avis technique. Il appartient au maître d'œuvre de faire vérifier les caractéristiques physico-mécaniques des géotextiles et en particulier la classe de poinçonnement dynamique du procédé complet (cf. Tableaux 8, 9 et 10).		X

(*) Il appartient au maitre d'œuvre de vérifier la compatibilité de tous les produits accessoires non évalués dans le présent AT avec la géomembrane synthétique ALKORPLAN 35036.

TABLEAU 2 - Exemple de profilés de compartimentage compatibles

Types de profilés	***Référence des profilés*** *(Gamme Elastojoint GC de CS France)*
Profilé de compartimentage transversal piédroit, voûte et radier	*DT 200-3 GC ou DT 230-4 GC*
Profilé de compartimentage longitudinal inférieur et supérieur	*AT 200.3.GC ou AT 230.4.GC*
Profilé de compartimentage transversal dalle supérieure	*TU 12 ou TU 3*
Profilé de compartimentage relais	*AT 100.3 GC ou AT 100.4 GC*
Profilé de liaison avec les parois moulées	*PM 200.3*
Profilé de compartimentage d'arrêt	*Tôle colaminée ou ATS 135.4 GC*
Pièces spéciales : • Profilé en croix • Profilé en T • Profilé en L • Angle de liaison	 • *X.1 plan ou X.2 plans* • *T.1 plan ou T.2 plans* • *L.1 plan ou L.2 plans* • *AR ou AC sur commande*

1.3 Domaines d'emploi – Limites et précautions d'emplois

1.3.1 Domaine d'emploi

Dans le cadre de cet avis technique, le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** peut être utilisé pour la réalisation d'étanchéité d'ouvrage enterrés tels que :

- Tunnels et galerie creusés ou foré,
- Tranchées couvertes avec ou sans limite d'emprise,
- Cuvelage d'ouvrages de génie civil,
- Parkings souterrains (hors emprise bâtiments).

ALKORPLAN TUNNELS permet d'étancher ces ouvrages vis-à-vis des eaux de ruissellement ou d'une nappe phréatique.

Le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** peut être utilisé également : en association avec un procédé de drainage dans le cas d'étanchéité de tunnels de type « parapluie », ou en association avec d'autres procédés d'étanchement dans le cas d'une structure intégrée par exemple.

La mise en œuvre du procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** peut être complète dans le cas d'ouvrage soumis à des pressions hydrauliques (nappe phréatique…), ou partielle dans le cas d'une étanchéité « parapluie » (ouvrage soumis à des eaux d'infiltration) ou dans le cas d'une structure intégrée.

1.3.2 Supports acceptés

Le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** est mis en œuvre à l'extrados des ouvrages souterrains dont le support du procédé d'étanchéité est le suivant :

TABLEAU 3 – Domaine d'emploi et type de support rencontré

Type d'ouvrages souterrains	Type de support rencontré
Tunnels creusés (DEG appliqué entre le soutènement et le revêtement)	• béton projeté avec ou sans fibres • support métallique (cintre et tôles d'enfilage) • béton de propreté pour l'étanchéité du radier
Tunnels forés (DEG appliqué entre les voussoirs et un deuxième anneau en béton) – Cas rare	• voussoir en béton armé
Tranchées couvertes sans limite d'emprise (DEG appliqué entre la structure béton et le remblai)	• béton armé • béton de propreté pour l'étanchéité du radier
Tranchées couvertes avec limite d'emprise (DEG appliqué entre le soutènement et la structure béton ou entre la structure et le remblai)	• béton armé • ouvrages de soutènement (cf. liste des écrans de soutènement cités au chapitre 1 de la norme NF P94-282) tels que parois moulées, parois au coulis, palplanches métalliques, béton projeté avec ou sans fibres, berlinoises bois… • béton de propreté pour l'étanchéité du radier
Ouvrages de génie civil enterrés autres que les ouvrages linéaires précités (ex : Parkings souterrains hors emprise bâtiments, cuvelage d'ouvrages…)	• le support du procédé d'étanchéité est respectivement identique à celui des tunnels creusés ou celui des tranchées couvertes décrit ci-dessus.

Le support doit faire l'objet d'une préparation conformément aux spécifications de l'article 9 du Fascicule 67 titre III et à la recommandation GT9R19F1.

TABLEAU 4 – Spécifications relatives au support

<table>
<tr><th colspan="7">Nature du support</th></tr>
<tr><th colspan="5">BETON</th><th>SOUTENEMENT METALLIQUE (cintres, boulons, palplanches avec matériaux de remplissage)</th><th>COULIS BENTONITE /CIMENT (PAC)</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Délai de séchage minimal du béton</th><th rowspan="2">Teneur en eau maximale (humidité massique)</th><th>Béton coulé
Béton préfabriqué</th><th colspan="2">Béton projeté (fibré ou non)
Paroi moulée</th><th rowspan="2">Désaffleurement entre éléments béton</th><th rowspan="2">Désaffleurement entre éléments métalliques</th><th rowspan="2">Pour paroi de soutènement de TALE</th></tr>
<tr><th>Planéité P(n) selon FD P18-503</th><th>Profondeur des défauts (reliefs ou creux)</th><th>Rugosité (PM)</th></tr>
<tr><td>2 jours</td><td>Non ruisselant, pas de stagnation d’eau</td><td>≤ 6 mm
≤ 15 mm
P(1)</td><td>Inférieure à la ½ largeur du défaut (avec un max de 35 cm)</td><td>PMp ≤ 15 mm
PMv ≤ 20 mm</td><td>≤ 50 cm</td><td>≤ 50 mm</td><td>Admis</td></tr>
</table>

1.3.3 Composition du procédé en fonction de l’ouvrage réalisé

La composition du procédé d’étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** varie en fonction de l’ouvrage réalisé. La membrane d’étanchéité ALKORPLAN 35036 pourra être accompagné :

- D’une protection inférieure de type géotextile anti-poinçonnant,
- D’une protection supérieure de type membrane PVC,
- D’une protection complémentaire de type chape en béton armé

1.3.3.1 Protection inférieure

La protection inférieure est placée contre le support, avant d’être recouverte par la géomembrane d’étanchéité ALKORPLAN 35036. Elle a pour rôle d'absorber les défauts de rugosité du support, et notamment d'assurer une protection fiable et pérenne contre le poinçonnement statique et dynamique provoqué par la mise en compression du procédé d’étanchéité, notamment durant la phase de bétonnage ou de remblaiement ; de manière à éviter la perforation du procédé d'étanchéité.

Dans le cas de procédé d’étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** la protection inférieure est un géotextile anti-poinçonnant.

Les caractéristiques du géotextile de protection inférieure ne sont pas vérifiées au titre de la procédure d’Avis Technique. Il appartient au Maitre d’œuvre de vérifier leur conformité vis-à-vis des exigences fixées dans la Recommandation GT9R19F1 de l’AFTES et de faire réaliser, si nécessaire, les essais correspondants.

TABLEAU 5 – Caractéristiques physico-mécaniques minimales des géotextiles à utiliser

Masse surfacique (g/m²) NF EN ISO 9864	**700**	**1000**	**1200**
Epaisseur résiduelle en compression (mm) NF EN ISO 9863-1 *(sous 200 kPa pendant 2 heures)*	*Sans objet*	*Sans objet*	4.5
Poinçonnement statique (kN) NF P 84507 *(poinçon cylindrique – essai à réaliser sur géotextile seul)*	0,7	1	1.2
Allongement à la force maxi (%) NF EN ISO 10319 *(Sens Transversal et Production)*	60	60	60
Résistance à la traction (kN/ml) NF EN ISO 10319 *(Sens Transversal et Production)*	12	16	20

1.3.3.2 Protection supérieure

La protection supérieure recouvre la géomembrane d'étanchéité et la protège contre les agressions. En voile, la protection supérieure protège contre les agressions dues à la mise en œuvre ultérieure des armatures, des masques d'about, des remblais ou autres éléments.

En radier, la protection supérieure permet, par désolidarisation, de ne pas solliciter l'étanchéité lors du retrait du béton.

Dans le cas du procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS,** la protection supérieure est une géomembrane PVC ALKORPLAN 35020.

La nature et les caractéristiques physico-mécaniques de cette géomembrane sont conformes à la recommandation GT9R19F1 de l'AFTES relatives à la protection des étanchéités extradossées. Ces recommandations sont reprises dans les tableaux suivants.

TABLEAU 6 – Caractéristiques physico-mécaniques minimales de la membrane de protection à utiliser

Epaisseur (mm) NF EN 1849-2	≥ 1,9mm
Résistance à la traction NF EN 12311-2	≥ 200%
Résistance au poinçonnement dynamique NF P84-506	Mini classe 2

1.3.3.3 Protection complémentaire

La protection complémentaire recouvre le procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS** mais elle n'est pas prise en compte dans la classification du procédé vis-à-vis de la résistance au poinçonnement dynamique. Elle protège le procédé lorsque les travaux succédant à la pose de l'étanchéité présentent des risques particuliers (pose des armatures en radier, circulation d'engins de remblaiement en couverture, découpe au chalumeau, mise en œuvre de remblais agressifs…). La protection complémentaire s'ajoute à la protection supérieure mais ne s'y substitue pas.

Dans le cas de procédé d'étanchéité **ALKORPLAN TUNNELS,** la protection complémentaire est une chape béton d'épaisseur 6 cm minimale constituée d'un béton C25/30 armé.

Cette chape peut être plus épaisse en fonction de la circulation de chantier envisagée ou en cas de radiers à fortes pentes.

Nota : En radier, les protections complémentaires ne sont pas mises en place au-dessus des joints de compartimentage.

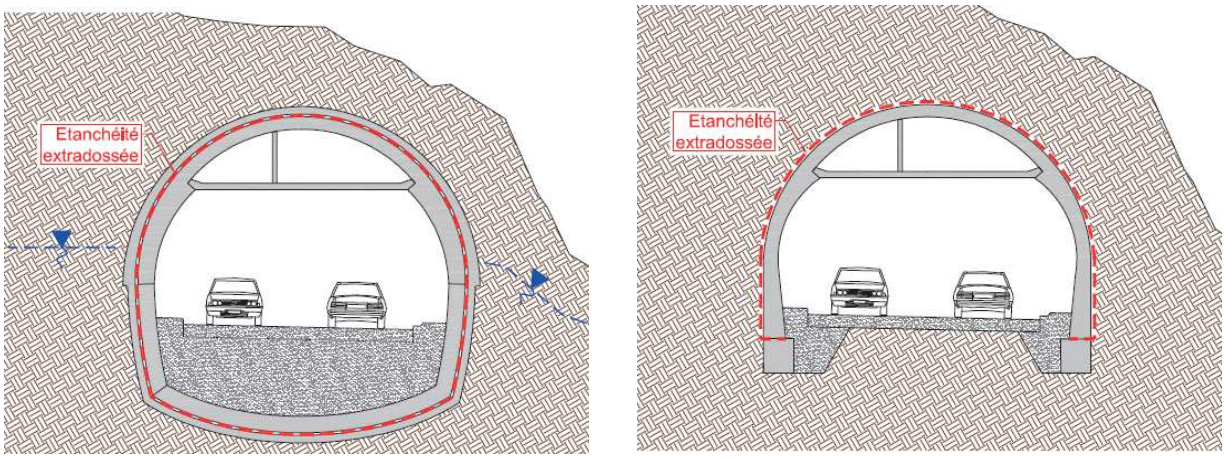
1.3.3.4 Cas des ouvrages de type tunnel creusé

TABLEAU 7 – Composition du procédé ALKORPLAN TUNNELS en tunnel creusé

Type de protection	**Nature du support**			
	Radier de tunnel	**Soutènement de tunnel (voûte et piédroits)**		
	Béton de propreté	**Béton projeté non fibré Béton projeté fibré synthétique**	**Profilés métalliques (cintres…)**	**Béton projeté fibré métallique**
Protection inférieure	Géotextile 700 g/m²	Géotextile 700 g/m²	Géotextile 1000 g/m²	Géotextile 1200 g/m²
Protection supérieure	ALKORPLAN 35020	ALKORPLAN 35020 (*)	ALKORPLAN 35020 (*)	ALKORPLAN 35020 (*)
	Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2			
Protection complémentaire	6 cm de béton (Ou dispositif équivalent)	-	-	-
Accessoires de pose	-	Rondelle de fixation : - 3 u/m² en piédroits - 5 u/m² en voûte		
	Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection soudé sur la membrane			

(*) La protection supérieure ALKORPLAN 35020 n'est mis en œuvre que :

- *dans les zones où un ferraillage est prévu dans le revêtement béton,*
- *et au droit des abouts de coffrage sur une largeur de 1 m.*

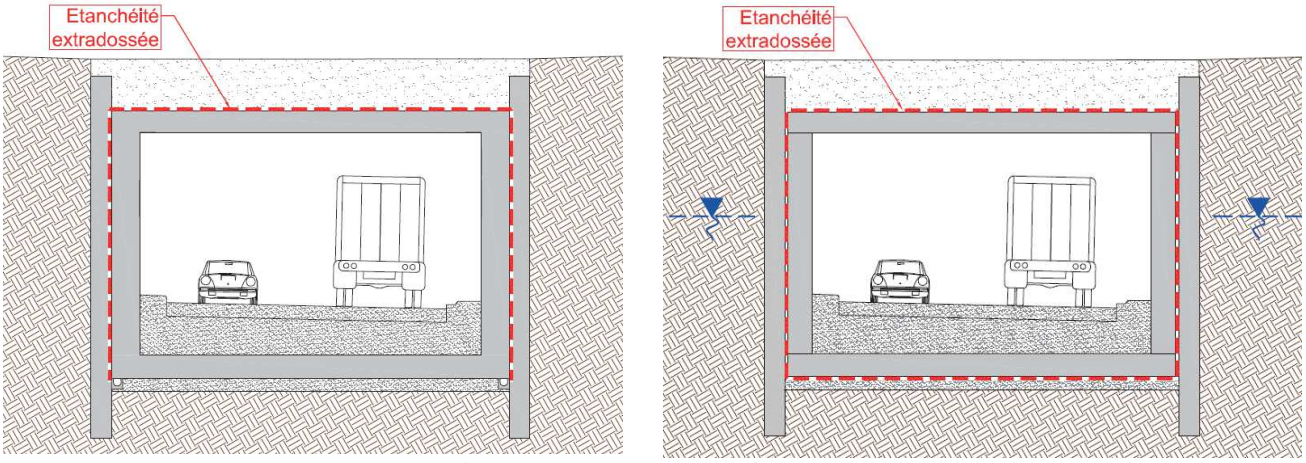


FIGURES 1 – Exemples de schémas de principe de tunnel creusé

1.3.3.5 Cas des ouvrages de type tranchée couverte (zones non remblayées)

TABLEAU 8 – Composition du procédé ALKORPLAN TUNNELS sur les parties d'ouvrage non remblayés

Type de protection	**Nature du support**			
	Radier (TSLE ou TALE)	**Soutènement latéral (TALE)**		
	Béton de propreté	**Béton coulé et préfabriqué Béton projeté non fibré Béton projeté fibré synthétique Parois moulées rabotées Paroi à coulis (PAC)**	**Parois berlinoises Parois moulées non rabotées Rideau de palplanches (avec remplissage des ondes)**	**Béton projeté fibré métallique**
Protection inférieure	Géotextile 700 g/m²	Géotextile 700 g/m²	Géotextile 1000 g/m²	Géotextile 1200 g/m²
Protection supérieure	ALKORPLAN 35020	ALKORPLAN 35020	ALKORPLAN 35020	ALKORPLAN 35020
	Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2			
Protection complémentaire	6 cm de béton (Ou dispositif équivalent)	-	-	-
Accessoires de pose	-	Rondelle de fixation : - 3 u/m² en piédroits (si H > 5 m)		
	Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection soudés sur la membrane			



FIGURES 2 – Exemples de schémas de principe de tranché couverte avec limite d'emprise (TALE)

1.3.3.6 Cas des ouvrages de type tranchée couverte (zones remblayées)

TABLEAU 9 – Composition du procédé ALKORPLAN TUNNELS sur les parties d'ouvrage remblayés

<table>
<tr><th>Type de protection</th><th colspan="4">Nature et hauteur du remblai</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="4">Remblai sur dalle supérieure (TSLE ou TALE) et piédroits (TSLE)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Remblai ≤ 0,50 m

Matériaux de remblai roulés ou concassés
avec Dmax ≤ 200 mm
(classes S, G, VC et R)</td><td>Remblai > 0,50 m

Matériaux de remblai roulés avec Dmax ≤ 100 mm (classe VC2)
ou Dmax ≤ 63 mm (classes S, G et R)</td><td>Remblai > 0,50 m

Matériaux de remblai concassés
avec Dmax ≤ 200 mm sur les 2 premiers mètres
(classes VC et R)</td></tr>
<tr><td>Protection inférieure</td><td colspan="2">Géotextile 700 g/m²</td><td>Géotextile 700 g/m²</td><td>Géotextile 700 g/m²</td></tr>
<tr><td>Protection supérieure</td><td colspan="2">ALKORPLAN 35020</td><td>ALKORPLAN 35020</td><td>2 x ALKORPLAN 35020
ou
2 x Géotextile 1200 g/m²</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2</td><td>Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Protection complémentaire</td><td><u>Ouvrage cadre :</u>
6 cm de béton sur la dalle de couverture</td><td><u>Ouvrage voûte</u> :
6 cm de béton sur la zone concernée</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="4">+ Grillage avertisseur dans le remblai</td></tr>
<tr><td>Accessoires de pose</td><td colspan="4">Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection préalablement ancré dans le béton lors du coulage</td></tr>
</table>

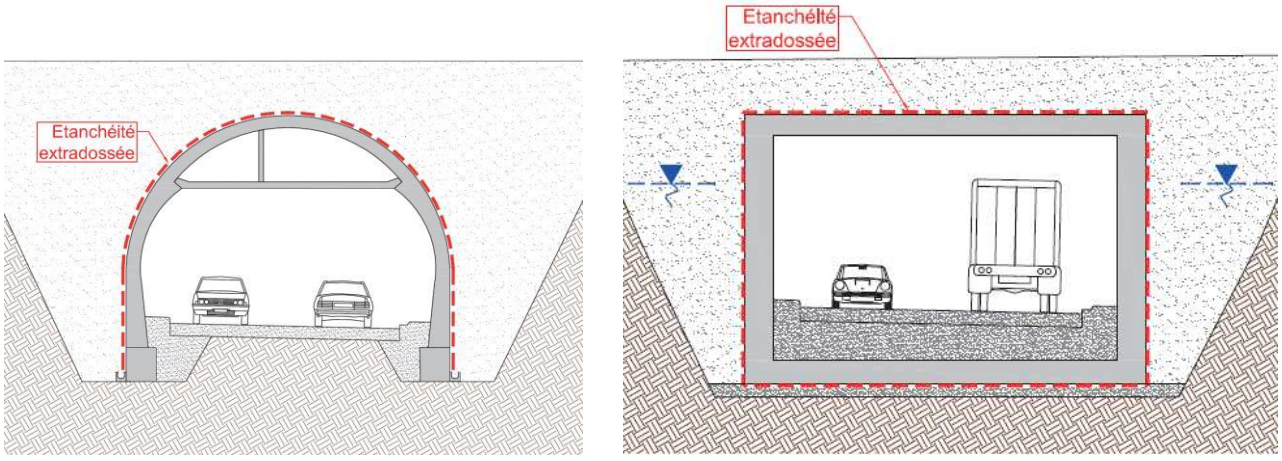


FIGURE 4 – Exemples de schémas de principe de tranché couverte sans limite d'emprise (TSLE)

Nota : La classification des matériaux de remblai est définie conformément au nouveau Guide des Terrassements Routiers (IDDRIM / CEREMA – mai 2023), couramment appelé GTR, pour la réalisation des remblais et couches de forme de chaussées (sols à tendance sableuse de classe S, sols à tendance graveleuse de classe G, sols blocailleux de classe VC et matériaux rocheux de classe R).

1.4 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité de fabrication

La société RENOLIT possède pour ses activités :

- Une certification NF EN ISO 9001 : 2015 du centre de fabrication de Sant Celoni (Certificat n° ES139213-1 établi le 4 octobre 2023 par Bureau Veritas Certification).
- Un Marquage CE de la géomembrane ALKORPLAN 35036 (Certificat 0099/CPR/A86/0003) établi le 25 juillet 2023) avec la norme EN 13491.

Les rouleaux portent sur l'emballage, une étiquette d'identification de fabrication (code barre) avec les renseignements suivants :

- L'adresse de l'usine ;
- Le numéro de la ligne de fabrication (codifié) ;
- Le jour de fabrication (codifié).

1.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre

La société RENOLIT tient à disposition 3 guides de pose (édition du 01/2023) du procédé **ALKORPLAN TUNNELS** suivants : pose de l'étanchéité en tunnel excavé, pose de l'étanchéité en tranchée couverte cuvelage, compartimentage de la géomembrane. Les prescriptions suivantes y sont extraites.

1.5.1 Transport et stockage

Le stockage des rouleaux d'ALKORPLAN 35020 se fera selon les prescriptions précisées sur l'emballage du rouleau (stocker à plat).

Pour le stockage et l'application du nettoyant à base d'acétate d'éthyle, on devra respecter scrupuleusement la fiche de sécurité (FDS). Cette fiche est disponible sur demande auprès de RENOLIT.

1.5.2 Conditions climatiques

Les conditions normales de mise en œuvre et de soudure sont entre +0°C et +30°C et à l'abri des venues d'eau (pluie pour les tranchées couvertes, venues d'eau en tunnels etc.). Les conditions limites de mise en œuvre et de soudure sont entre -2°C et +40°C.

1.5.3 Mise en œuvre

1.5.3.1 Pose

La mise en œuvre de la géomembrane se fera en soudure automatique, réalisée par un personnel certifié (ASQUAL ou équivalent).

1.5.3.2 Soudures

Les soudures manuelles sont limitées aux points singuliers et seront réalisées conformément au cahier des charges du procédé. La soudure sera réalisée sur une géomembrane sèche et propre. En cas d'opacité ponctuelle, il y a eu absorption d'eau, ce qui nécessite une procédure de soudage particulière ou le remplacement du matériau.

1.5.3.3 Compartimentage

Le compartimentage des zones est réalisé à l'aide de profilés spécialement conçus pour être ancrés dans les parois béton et sur lesquels la membrane est soudée. Ces dispositifs sont destinés à localiser les fuites accidentelles de la géomembrane et de rétablir l'étanchéité de la zone incriminée, par injection de résine.

Les compartiments devront être réalisés conformément au Fascicule 67 titre III. Ils sont mis en œuvre au droit :

- des arrêts de bétonnage définitifs : transversalement (par exemple, raccordement avec les casquettes ou têtes de tunnel, ouvrage de ventilation), et longitudinalement (par exemple raccordement avec les banquettes ou un radier pour éviter la remontée des eaux),
- des traversées d'ancrage.

Les surface des compartiments devront être limité à :

- 350 m² si l'ouvrage est hors pression hydrostatique ;
- 250 m² lorsque l'ouvrage est soumis à une pression hydrostatique comprise entre 0 et 3 MPa ;
- 200 m² si la pression hydrostatique dépasse 3 MPa.

1.5.3.4 Dispositif d'injection des compartiments

Le dispositif de détection et d'injection des compartiments devra être réalisés conformément à l'article 2 de l'annexe n° 4 du fascicule 67 titre III. Ce dispositif a pour fonction d'assurer le contrôle de l'efficacité du DEG dès l'arrêt des équipements de rabattement de nappe et de faciliter la réparation d'un désordre par une injection de remplissage du compartiment défectueux.

Chaque compartiment, devra être munis d'un minimum de 5 pipettes plates d'injection qui seront relier à un boitier d'injection à l'aide d'un conduit d'injection en PVC souple.

1.6 Prise en compte des exigences essentielles

Le procédé satisfait pendant toute sa durée de vie aux exigences du règlement UE N°305/2011 du 09/03/2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation des produits de construction.

Les exigences relatives à la stabilité mécanique et à la durabilité sont prises en compte dans le présent avis technique.

Sur l'ouvrage en service, les constituants du procédé ne portent pas préjudice à l'hygiène, la santé et l'environnement.

1.7 Références

En France, durant la période de validité de l'avis technique précédent (2019-2024), environ 70 000 m² de surface d'ouvrages souterrains ont été étanchées par le procédé **ALKORPLAN TUNNELS**.

CHAPITRE 2 - ESSAIS DE CARACTERISATION

2.1 Eléments de caractérisation des produits visés

TABLEAU 11 - Caractéristiques d'identification de la géomembrane et de la membrane de protection

Caractéristiques d'identification (selon les méthodes d'essais spécifiées dans le chapitre 2.2)	**Unité**	**Géomembrane 35036**			**Membrane de protection supérieure 35020**		
		VNAP *	**Plages de tolérance admise ****	**PV *****	**VNAP ***	**Plage de tolérance admise ****	**PV *****
Epaisseur	mm	2,00	[2,0 ; 2,2]	2,06	2,00	[1,9 ; 2,2]	1,91
Masse surfacique	g/m²	2535	[2408 ; 2788]	2500	2600	[2470 ; 2860]	2538
Masse volumique	Kg/m3	1195	[1159 ; 1230]	1210	-		
Dureté Shore A	-	77	[75 ; 79]	79	95	[90, 100]	97
Nature chimique	-	PVC-P			PVC-P		
Nature du plastifiant	-	DIBP, DBP, DNP	-	DIBP, DBP, DNP	-		
Pourcentage du plastifiant	-	32	[29 ; 34]	30.7	-		
Caractéristiques en traction à la rupture (Sens production) :							
• Contrainte	MPa	17	[15,3 ; 18,7]	16,8	20	[18 ; 22]	21,1
• Résistance	kN/m	30	≥ 28	34,6	35	≥ 30	40,3
• Déformation	%	300	≥ 270	333	200	≥ 200	292
Caractéristiques en traction à la rupture (Sens transversal) :							
• Contrainte	MPa	17	[15,3 ; 18,7]	16,5	20	[18 ; 22]	20,0
• Résistance	kN/m	30	≥ 28	33,9	35	≥ 30	38,2
• Déformation	%	300	≥ 270	366	200	≥ 200	281

** VNAP : Valeur Nominale Annoncée par le Producteur*

*** Plage de tolérance admise : Plage Relative de Variation annoncée par le Producteur, éventuellement corrigée par les spécifications du référentiel « Géomembrane synthétique »*

**** PV : Procès-Verbal d'essais réalisés par un laboratoire extérieur (§2.2)*

2.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage

Pour cette évaluation la société RENOLIT a réalisé ou fait réaliser les essais conformément aux exigences du fascicule 67 titre III du CCTG et du guide d'instruction des demandes d'Avis Technique CETU. A la demande de la Commission, les essais ont été effectués selon les normes d'essais et conditions définies dans le référentiel des spécifications des matériaux pour un procédé d'étanchéité par géomembrane synthétique (version n°3 du 14/12/2016).

TABLEAU 12 - Références des essais d'évaluation de la géomembrane

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
Exigences générales		
Type : Géomembrane PVC-P	-	
Epaisseur moyenne (mm)	NF EN 1849-2	PV INRAe 21032/01 du 31/05/2021
Etanchéité à l'eau de la géomembrane	NF EN 14150	PV INRAe 21032/01 du 29/06/2021
Caractéristiques en traction à la rupture : • Contrainte (MPa) • Résistance (kN/m) • Déformation (%)	NF EN 12311-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Caractéristique en poinçonnement statique : • Résistance (N) • Déplacement du poinçon (mm)	NF P84-507	PV INRAe 21032/01 du 04/06/2021
Retrait libre (%)	NF EN 1107-2	PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Exigences relatives à la mise en œuvre		
Planéité (cm)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Translucidité	NF EN 410	PV du CSTB N° EM 17-26067796 du 30/07/2017
Aspect	NF EN 1850-2	PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Largeur (m)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Rectitude (cm/10 m)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Soudabilité entre lés : • Résistance au pelage (kN/m) • Résistance au cisaillement (kN/m)	NF P84-502-2 NF P84-502-1	PV du CEREMA Lyon N° W039S 12/2018
Souplesse à basse température	NF EN 495-5	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Compatibilité géomembrane-tôles colaminées : • Résistance au pelage (kN/m)	NF P84-502-2	PV du CEREMA Lyon N° W039S 12/2018
Compatibilité géomembrane-profilés de compartimentage : • Résistance au pelage (kN/m)	NF P84-502-2	PV du CEREMA Lyon N° W039S 12/2018

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
Exigences liées à la durabilité		
Résistance aux micro-organismes :	NF EN ISO 846	PV de IFTH N°18-00237 du 29/03/2018
• Essai de croissance		
• Effet fongistatique		
Résistance à l'immersion dans l'eau de la géomembrane :	NF P84-509	
• Perte poids (%) (Essai accéléré : 10 jours à 60°C)		PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
• Perte de poids (%) (Essai à long terme : 6 mois à 23°C)		PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
• Diminution résistance (%) (Essai à long terme : 6 mois à 23°C)		PV du CEREMA Lyon N° V002G du 29/01/2018
Sécurité - Hygiène		
Réaction au feu (classement selon la NF EN 13 501-1)	NF EN ISO 11 925-2	PV FEU CSTB 21-03305 du 01/06/2021
Caractéristiques d'identification - Contrôles		
Masse surfacique	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Masse volumique	NF EN ISO 1183-1	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Dureté shore A	NF EN ISO 868	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Plastifiant :	Mode opératoire LPC	PV IFTH 21-02117 du 24/06/2021
• Pourcentage		
• Nature		
Résistance à la rupture en traction	NF EN 12311-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
• Contrainte (MPa)		
• Résistance (kN/m)		
• Déformation (%)		

TABLEAU 13 - Références des essais d'évaluation de la membrane de protection supérieure

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
Exigences générales		
Epaisseur (mm)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Masse surfacique (g/m²)		PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Caractéristiques en traction à la rupture (sens production) :	NF EN 12311-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
• Contrainte (MPa)		
• Déformation (%)		
• Résistance (kN/m)		
Caractéristique en poinçonnement statique :	NF P84-507	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
• Résistance (N)		
• Déplacement du poinçon (mm)		
Exigences relatives au DEG avec sa protection		
Poinçonnement dynamique du complexe	NF P84-506	PV du CEREMA Lyon N° B007G du 13/09/2023
Identification de l'écran/membrane (écarts admissibles sur VNAP)		
Epaisseur (mm)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Masse surfacique (g/m²)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Dureté Shore A	NF EN ISO 868	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024
Résistance en traction (kN/m)	NF EN 12311-2	PV du CEREMA Lyon N° C004G du 20/02/2024

Le Directeur de la Société demanderesse soussigné ou son représentant autorisé **atteste l'exactitude des renseignements fournis dans les chapitres 1 et 2 du présent avis.**

RENOLIT France
ROISSYPOLE LE DOME
5 rue de la Haye
CS 13943 - Tremblay en France
95733 ROISSY CDG CEDEX
N° SIRET 592 039 549 00049
Code APE 4669 B
N° TVA FR 62592039549

Le : 12/06/2024

AUGUSTIN Axel - Product manager GC

CHAPITRE 3 - AVIS DE LA COMMISSION

Le procédé présenté dans les chapitres précédents a été examiné par la Commission "Étanchéité des ouvrages souterrains" comprenant des représentants des Maîtres d'Ouvrage et d'Œuvre, des Laboratoires, du CETU et de la Profession. Ils représentent les organismes et syndicats suivants : AFAG, AFPGA, AFTES, ANEPE, APRODEG, APSEL, CEREMA, CSFE, CETU, EDF, OFFICE DES ASPHALTES, RATP, SFEC, SIAAP, SNCF, SN FORES, SNMI, SYNTEC et SYSTRA.

3.1 Exigences générales sur la géomembrane

Documents de références : Documents de références : fascicule 67 titre III du CCTG, guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique, référentiel géomembrane PVC-P version 3 et dossier technique à l'appui de la demande d'avis.

Nota : L'appréciation est faite dans un contexte d'utilisation standard. Pour des ouvrages exceptionnels (nucléaires, grande profondeur…), consulter le Secrétariat de la Commission.

3.1.1 Epaisseur

L'épaisseur est conforme aux spécifications du référentiel (≥ 2 mm).

3.1.2 Etanchéité

Elle est satisfaisante dans les conditions de l'essai fait conformément à la norme NF EN 14150 sous une pression de 1 MPa.

3.1.3 Caractéristiques en traction

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

Sens production :

- 34.6 kN/mm pour la résistance à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 28 kN/mm) ;
- 16,8 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 14 MPa) ;
- 333 % de déformation à la force maximum (le référentiel spécifie > 270 %).

Sens travers :

- 33.9 kN/m pour la résistance à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 28 kN/mm) ;
- 16,5 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 14 MPa) ;
- 366 % de déformation à la force maximum (le référentiel spécifie > 270 %).

3.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

- 403 N pour la résistance maximale (le référentiel spécifie > 400 N).

3.2 Exigences relatives à la mise en œuvre

3.2.1 Appréciation à l'adaptation du support

Sous réserve d'une préparation du support conforme aux spécifications de l'article 9 du Fascicule 67 titre III et aux recommandations de l'AFTES, le procédé **ALKORPLAN TUNNELS** est apte à être appliqué pour tous les ouvrages souterrains courants.

3.2.2 Soudabilité

3.2.2.1 De la géomembrane

Les résultats sont conformes aux spécifications du guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique.

3.2.2.2 Des profilés de compartimentage et des tôles colaminées

Les résultats sont conformes aux spécifications figurant dans la recommandation GT9R5F1 de l'AFTES (publiée dans la revue TOS n° 130 – en cours de révision à la date de publication du présent AT).

3.2.3 Membrane de protection supérieure

La membrane de protection 35020, associée à la géomembrane 35036 et à un géotextile de protection inférieure de 700 g/m², confère au procédé une résistance au poinçonnement dynamique de classe 2. Pour cela, la membrane de protection, la géomembrane et le géotextile répondent aux spécifications minimales figurant dans les tableaux précédents. Nous rappelons qu'une protection minimale de classe 2 est conforme au Fascicule 67 titre III. Néanmoins, nous préconisons la mise en œuvre d'un géoespaceur au niveau des masques d'about de coffrage le cas échéant.

Dans le cas d'une application sur un ouvrage destiné à recevoir du remblai, une protection renforcée de la géomembrane peut être nécessaire (classe 0 du complexe) en fonction de l'agressivité des matériaux de remblai (cf. tableau 10).

3.3 Exigences liées à la durabilité

L'évaluation de la croissance des micro-organismes suivant la norme NF EN ISO 846 (méthode A – essai de croissance fongique) n'a pas mis en évidence de développement de micro-organisme sur de la géomembrane ALKORPLAN 35036.

L'évaluation de la résistance à l'immersion à court terme suivant la norme NF P 84-509 complétée par le ME.4.ES/3.23 à n'a pas mis en évidence de perte gravitaire de la géomembrane ALKORPLAN 35036. Le résultat de l'essai est égal à 0.22 % qui est inférieur au 1 % du référentiel.

3.4 Sécurité – Hygiène

La société RENOLIT a fourni un procès-verbal d'essai sur le comportement au feu de la géomembrane ALKORPLAN 35036, vis-à-vis de la réaction au feu. Le matériau est de classe E selon la norme NF EN 13 501-1 (essai "Petite flamme" NF EN ISO 11 925-2 avec un temps d'exposition de 15 s).

La Recommandation GT9R18F1 de l'AFTES (publiées dans la revue TES n° 219 – en cours de révision à la date de publication du présent AT) précise les précautions à prendre contre l'incendie pendant la pose de tel produit.

Outre les dispositions préconisées par le demandeur dans le paragraphe 1.5, il appartient à l'entrepreneur de fournir au Maître d'Œuvre un Plan de Prévention de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) décrivant les procédures de sécurité à mettre en œuvre pendant la phase travaux.

3.5 Conclusions

L'ensemble des essais d'évaluation indique que le procédé répond aux spécifications fixées par le Fascicule 67 titre III et la liste des essais cités dans le référentiel des spécifications des produits pour les géomembranes PVC-P (Référentiel AT CETU version n°3 du 14/12/2016).

3.5.1 Appréciation sur le domaine d'emploi

Compte tenu des essais d'évaluation et des références du procédé, le domaine d'emploi préconisé par RENOLIT (paragraphe 1.3) est validé.

Pour les dalles supérieures des tranchées couvertes avec limites d'emprises et pour les radiers de structures intégrées, sous pression hydrostatique, il est nécessaire de mettre en œuvre des dispositions constructives au droit de la jonction dalle / soutènement ou radier / paroi moulée pour éviter à l'eau de contourner le procédé (cf CMO).

3.5.2 Contrôle de la conformité

Il est rappelé que l'Avis Technique est un document mis à la disposition des Maîtres d'Œuvre pour les éclairer dans le choix ou l'acceptation d'une technique, notamment de la bonne adaptation du produit au domaine d'emploi visé. L'Avis Technique porte donc sur un procédé parfaitement identifié sur lequel sont effectués des essais de type.

Toutefois, il appartient au Maître d'Œuvre de vérifier la conformité des géotextiles de protection (voir tableaux 7 à 10) et des produits annexes (compartimentage, rondelles…) qui n'est pas évaluée dans le présent AT CETU. La conformité au poinçonnement dynamique du procédé (avec tous ses composants) doit en particulier être vérifiée.

L'Avis se limite à cette appréciation et la procédure ne prévoit pas de suivi de la fabrication pendant la période de validité de l'Avis. Il appartient donc au Maître d'Œuvre de faire procéder aux vérifications de conformité du produit approvisionné par rapport à celui identifié dans les chapitres 1 & 2. Ainsi, les contrôles de conformité des produits sur chantier seront effectués conformément aux prescriptions du Fascicule 67 titre III (article 4.2) et les paragraphes 1.2 et 2.1 du présent document.

Le paragraphe 2.1 donne les caractéristiques qui ont été déposées auprès de la Commission lors de la demande d'Avis Technique.

Les informations sur le suivi de la fabrication, notamment le Système Qualité mis en place (cf. § 1.4 certification ISO 9001) n'appellent pas d'observations de la part de la Commission.

3.5.3 Mise en œuvre

La société RENOLIT n'applique pas elle-même son produit. L'applicateur devra disposer, sur le chantier, du Cahier des Charges de mise en œuvre préparé par RENOLIT et fournir un PAQ de chantier à son client.

Le Maître d'Œuvre devra vérifier que la mise en œuvre est assurée par des soudeurs disposant d'une certification (ASQUAL ou équivalent) en cours de validité.

La translucidité de la géomembrane, en facilitant les contrôles interne et externe définis dans le PAQ, contribue à diminuer le nombre de désordres au droit des soudures.

Par ailleurs, RENOLIT dispose d'un Service Technique spécialisé dans le domaine du génie-civil pour conseiller et apporter une assistance.

3.5.4 Aptitude à la réparation

3.5.4.1 Avant la pose du revêtement

En cas d'endommagement ponctuel de la géomembrane ou de défaut de soudure, la réparation se fait facilement par la mise en œuvre de pièces de pontage soudées manuellement.

3.5.4.2 Après la pose du revêtement

Le compartimentage et le dispositif d'injection associé prévus dans ce procédé facilitent le contrôle et la réparation par injection en cas de désordres ultérieurs.

3.6 Retours d'expérience

Le retour d'expérience actuel sur le comportement en service n'a pas fait ressortir de problèmes particuliers d'efficacité sur les ouvrages étanchés avec ce procédé.

Néanmoins, si, au cours de l'exploitation d'un ouvrage, l'efficacité du procédé n'était pas jugée satisfaisante, le Maître d'Ouvrage est invité à le signaler au Secrétariat de la Commission.

En cas de non-conformité des produits par rapport aux éléments donnés aux chapitres 1 et 2 ou en cas de difficultés à la mise en œuvre, il est demandé au Maître d'Œuvre d'en informer le Secrétariat de la Commission.

Cet avis technique permet aux maîtres d'ouvrages et aux maîtres d'œuvre de disposer d'éléments d'appréciation sur le comportement du procédé et d'informations sur son domaine d'application et ses conditions de mise en œuvre.

Il a été préparé sous la responsabilité d'une commission mise en place par le CETU, associant l'administration et la profession représentée par leurs syndicats. Le secrétariat et la présidence de cette commission sont respectivement assurés par le CETU et la profession.

Le document n'est valable que transmis dans son intégralité.

Cet AT est consultable sur : www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

Pour tous renseignements sur le présent AT, contacter :

- Le fabricant signalé au § 1.1 de l'avis
- Le CETU : Responsable de la publication - 25, avenue François Mitterrand - 69500 BRON - Téléphone : 04.72.14.34.00
  Mail : cetu@developpement-durable.gouv.fr