



Centre
d'Etudes
des Tunnels

Avis technique

Avis Technique n° 20.09

Validité du : 02/02/2021
au : 01/02/2026

ETANCHEITE D'OUVRAGES SOUTERRAINS

NOM DU PROCEDE : FLAGON BT 20

ENTREPRISE : SOPREMA



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

A V I S T E C H N I Q U E

ETANCHEITE D'OUVRAGES SOUTERRAINS

Avis Technique N° 20-09

Validité du : 02/02/2021

au 01/02/2026

NOM DU PROCEDE : **FLAGON BT 20**

ENTREPRISE **:** **SOPREMA**

Le procédé d'étanchéité pour ouvrages enterrés **FLAGON BT 20** est constitué par une géomembrane en PVC-P homogène translucide **FLAGON BT 20** de 2,00 mm d'épaisseur posée en indépendance sur un géotextile **GEOLAND MC** ou équivalent et, lorsque nécessaire, recouverte d'un écran de protection **FLAGON PZ SL** en PVC-P homogène bicolore (gris clair sur la face exposée et noir sur l'autre face afin de permettre un contrôle visuel de son intégrité).

En tunnel et en tranchée avec limite d'emprise, la géomembrane **FLAGON BT 20** est soudée sur des **RONDELLES DE FIXATION TUNNEL PVC 80mm** et fixées mécaniquement au support, préalablement recouvert d'un géotextile **GEOLAND MC** ou équivalent.

En tranchée sans limite d'emprise, en radier et en dalle supérieure, la géomembrane est déroulée en indépendance sur un géotextile **GEOLAND MC** ou équivalent.

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

En fonction des ouvrages, un compartimentage est prévu à l'aide de profilés PVC-P ou de tôles colaminées compatibles.

Dans le cadre de projets spécifiques, le système **VACUUM** permet, avec l'ajout d'une géomembrane **FLAGON BT/ST 20**, la création de compartiments contrôlables (contrôle surfacique) par vide d'air, durant la mise en œuvre et durant toute la vie de l'ouvrage. Si nécessaire, ce système apporte aussi des facilités de réparation. Cette version est à privilégier dans les zones soumises à des phasages de mise en œuvre et à une pression hydrostatique

**Le présent document annule et remplace le précédent avis technique
N° 16-001 à compter du 02/02/2021**

Ce document ne peut être reproduit même partiellement sans le consentement du CETU.

Table des Matières

CHAPITRE I - FICHE D'IDENTIFICATION.....	4
I.1 Renseignements commerciaux	4
I.2 Définitions, constitution et composition du procédé	5
I.3 Domaines d'application - Limites et précautions d'emploi	10
I.3.1 Tunnels et galeries creusés ou forés	10
I.3.2 Tranchées couvertes et autres ouvrages de génie civil	12
I.4 Processus de fabrication	15
I.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre.....	15
I.5.1 Transport et stockage.....	15
I.5.2 Conditions de mise en œuvre	16
I.5.3 Mise en œuvre	16
I.6 Contrôles.....	18
I.6.1 Contrôles des soudures	18
I.6.2 Contrôle de l'étanchéité par le système VACUUM	18
I.7 Prise en compte des exigences essentielles.....	18
I.8 Références.....	18
I.9 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité	19
CHAPITRE II - ESSAIS DE CARACTERISATION.....	20
II.1 Eléments de caractérisation	20
II.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage	21
CHAPITRE III - AVIS DE LA COMISSION	24
III.1 Exigences générales	24
III.1.1 Epaisseur.....	24
III.1.2 Etanchéité	24
III.1.3 Caractéristiques en traction.....	24
III.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique.....	24
III.2 Exigences relatives à la mise en œuvre.....	25
III.3 Exigences liées à la durabilité.....	25
III.4 Sécurité - hygiène.....	25
III.5 Conclusions.....	26
III.5.1 Appréciation sur le domaine d'emploi.....	26
III.5.2 Contrôle de la conformité	26
III.5.3 Mise en œuvre.....	26
III.5.4 Aptitude à la réparation.....	27
III.5.5 Système Qualité	27
III.5.6 Retour d'expérience.....	27

CHAPITRE I - FICHE D'IDENTIFICATION

Renseignements fournis par l'entreprise

1.1 Renseignements commerciaux

Le procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** est commercialisé par :

SOPREMA SAS

14, rue de Saint Nazaire – CS 60121 – 67025 STRASBOURG Cedex

Tél : +33 3 88 79 84 00 - Télécopie : +33 3 88 79 84 01 – Email : civilrock@soprema.fr

www.soprema.fr

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** et l'écran de protection **FLAGON PZ SL** et certains accessoires sont fabriqués par SOPREMA dans son usine :

SOPREMA Srl

Via industriale dell'Isola n°1

24040 Chignolo d'Isola (BG)

Italie

En longueur standard (20 ml), les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** et l'écran de protection **FLAGON PZ SL** sont commercialisés avec les références des produits suivantes :

TABLEAU I
REFERENCES DES PRODUITS

Produit	Référence
Géomembrane FLAGON BT 20	00050612
Géomembrane FLAGON BT/ST 20	00050648
Ecran de protection FLAGON PZ SL	00158444

Pour des longueurs spécifiques et adaptées à l'ouvrage, ces références sont modifiées.

Les géotextiles **GEOLAND MC** sont fabriqués par SOPREMA dans son usine :

SOPREMA Iberia

Av. Alta Ribagorça, 8

25200 Cervera (Lleida)

Espagne

En longueur et largeur standards (2.20 m), les géotextiles **GEOLAND MC** sont commercialisés avec les références produits suivantes :

TABLEAU II
REFERENCES DES PRODUITS

Produit	Référence
GEOLAND MC 700 (50ml)	00103633
GEOLAND MC 1000 (40 ml)	00103486
GEOLAND MC 1200 (30 ml)	00103489

Pour des longueurs ou largeurs spécifiques et adaptées à l'ouvrage, ces références sont modifiées.

Propriété industrielle et commerciale :

FLAGON est une marque déposée par SOPREMA qui a l'entière propriété du produit.

Marquage CE :

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** sont marquées CE suivant les normes EN 13491 (certificat 1085-CPR-0012) et EN 13967 (certificat 1085-CPR-0036).

L'écran de protection **FLAGON PZ SL** est marqué CE suivant la norme EN 13491 (certificat 1085-CPR-0012).

Les géotextiles **GEOLAND MC** sont marqués CE suivant les normes EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257 et EN 13265 (certificats 0099-CPR-A42-0101 et 0102).

1.2 Définitions, constitution et composition du procédé

Le procédé d'étanchéité pour ouvrages enterrés **FLAGON BT 20** fait partie de la famille des étanchéités par géomembrane synthétique en polychlorure de vinyle plastifié (PVC-P), telle que définie dans le Fascicule 67 titre III du CCTG (article 8.1.).

Ce procédé présente deux versions :

- 1) un système de base qui correspond à la solution monocouche (voir composition en tableau III) ;
- 2) un système **VACUUM** qui complète le système de base avec la superposition d'une géomembrane structurée sur la géomembrane offrant ainsi des possibilités de contrôles supplémentaires sur la totalité de la surface durant toutes les phases du projet ainsi que des solutions de réparation facilitées (voir composition en tableau IV).

Le procédé comprend selon les versions définies ci-dessus :

- a) une géomembrane PVC-P translucide **FLAGON BT 20**, d'épaisseur 2,0 mm, fabriquée en rouleaux de 2,10 m de largeur et de 20 m de longueur (ou autres longueurs sur demande). Ses spécifications de fabrication sont présentées dans le tableau V ;
- b) une géomembrane PVC-P translucide **FLAGON BT/ST 20**, structurée sur une face, d'épaisseur 2,0 mm dans sa partie courante (hors picot), fabriquée en rouleaux de 2,10 m de largeur et de 20 m de longueur (ou autres longueurs sur demande) ;
- c) un écran de protection PVC-P opaque bicolore gris clair / noir **FLAGON PZ SL** pour la protection mécanique du **FLAGON BT 20** fabriqué en rouleaux de 2,10 m de largeur et de 20 m de longueur (ou autres largeurs et autres longueurs sur demande). Cet écran de protection présente deux teintes différentes entre ses faces exposée (gris clair) et inférieure (noire) ce qui permet de détecter visuellement les éventuelles agressions (fonction couche de signalisation). Ses spécifications de fabrication sont présentées dans le tableau V ;
- d) des profilés de compartimentage en PVC translucide répondant aux exigences fixées dans la recommandation AFTES N° GT9R5F1 relative à « L'utilisation et la mise en œuvre d'un compartimentage associé à un dispositif d'étanchéité par géomembrane synthétique » publiée dans la revue Tunnels et Ouvrages Souterrains – n°130 – juillet / août 1995. Il en existe de plusieurs formes (voir tableau VI) suivant les applications souhaitées. SOPREMA propose la gamme **ELASTOJOINT GC** dont tous les joints sont de nature chimique compatible avec la géomembrane **FLAGON BT 20**. D'autres fournisseurs proposent des produits qui peuvent être utilisés, mais il conviendra de s'assurer de leur conformité et leur compatibilité avec la géomembrane **FLAGON BT 20** ;
- e) des **tôles colaminées PVC SOPREMA**, en acier galvanisé, servant à des arrêts d'étanchéité ou au compartimentage en dalle supérieure. Il en existe de plusieurs formes et ont toutes la même nature chimique compatible avec la géomembrane ;
- f) des dispositifs d'injection réalisés soit avec des tubes souples annelés DN 16 ou 18 soit avec des **pipettes PVC SOPREMA** complétées par des tubes et des raccords adaptés (nécessaires pour le système **VACUUM**) ;
- g) des **RONDELLES DE FIXATION TUNNEL PVC 80mm** à rupture contrôlée répondants aux exigences fixées dans la recommandation AFTES N° GT9R7F1 publiée dans la revue Tunnels et Ouvrages Souterrains – n°138 – novembre / décembre 1996. Ces rondelles ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique ;
- h) des géotextiles de protection **GEOLAND MC** ou équivalents (protection inférieure et éventuellement protection complémentaire) complètent le procédé. Plusieurs géotextiles de qualité similaire et conformes aux exigences rappelées dans les tableaux VII, VII et IX peuvent être utilisés. Le non-respect des caractéristiques exigées pour ces géotextiles entraînerait un risque pour la performance du procédé et sa garantie d'étanchéité. Il appartient au Maître d'Œuvre de vérifier la conformité des géotextiles de protection ;
- i) des géocomposites de ciment **TILTEX 10** ou supérieur assurant la protection complémentaire des dispositifs pour la pose sous radier ou sous remblais. Ces protections ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique ;

- j) des résines époxydiques, ou autres technologies, telles que **ALSAN ANCHOR EP3** permettant de réaliser des ancrages de la géomembrane **FLAGON BT 20** et de ses accessoires dans des ouvrages en béton (parois moulées...). Ces résines d'ancrage ne sont pas prises en compte dans le présent avis technique.

Les compositions des procédés sont résumées dans les tableaux III et IV ci-après.

TABLEAU III
COMPOSITION DU PROCEDE FLAGON BT 20 ET DES PROTECTIONS

Éléments du procédé	Tunnel	Tranchée avec limite d'emprise	Tranchée sans limite d'emprise		Dalle supérieure
			Radier	Piédroits	
Géotextile de protection inférieure (cf. I.3)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Géomembrane FLAGON BT 20 (étanchéité)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ecran de protection FLAGON PZ SL (protection supérieure)	Éventuel (cf. I.3)	Oui	Oui	Oui	Oui
Protection complémentaire*	Éventuel (cf. I.3)	Éventuel (cf. I.3)	Oui	Éventuel (cf. I.3)	Éventuel (cf. I.3)
Rondelles de fixation	Oui	Oui	Non	Éventuel (cf. I.3)	Non
Profilé de compartimentage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

* En cas de remblaiement sur le procédé d'étanchéité, une protection complémentaire doit être mise en œuvre (cf I.3 Tableau VII).

TABLEAU IV
COMPOSITION DU PROCEDE VACUUM ET DES PROTECTIONS

Éléments du procédé	Tunnel	Tranchée avec limite d'emprise	Tranchée sans limite d'emprise		Dalle supérieure
			Radier	Piédroits	
Géotextile de protection inférieure (cf. I.3)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Géomembrane FLAGON BT 20 (étanchéité)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Géomembrane FLAGON BT/ST 20	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ecran de protection FLAGON PZ SL (protection supérieure)	Éventuel (cf. I.3)	Oui	Oui	Oui	Oui
Protection complémentaire*	Éventuel (cf. I.3)	Éventuel (cf. I.3)	Oui	Éventuel (cf. I.3)	Éventuel (cf. I.3)
Rondelles de fixation	Oui	Oui	Non	Éventuel (cf. I.3)	Non
Profilé de compartimentage	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif

* En cas de remblaiement sur le procédé d'étanchéité, une protection complémentaire doit être mise en œuvre (cf I.3 Tableau IX).

TABLEAU V
SPECIFICATION DU FABRICANT

Produit	Caractéristique	VNAP (*)	PRV95 (**)	mini	Rappel du f67 titre III
Géomembrane FLAGON BT 20 (étanchéité)	Épaisseur	2,0 mm	-0%/+10%	2,0mm	Mini 2,00mm par dérogation
	Masse surfacique	2400g/m ²	-0%/+10%	2400 g/m ²	
Ecran de protection FLAGON PZ SL	Épaisseur	2,0 mm	-3 % / +10 %	1,9 mm	Mini 1,9mm par dérogation
	Masse surfacique	2600 g/m ²	3 % / +10 %	2600 g/m ²	

* VNAP : Valeur Nominale Annoncée par le Producteur.

** PRV 95 : Plage Relative de Variation, en % VNAP.

TABLEAU VI
PROFILES DE COMPARTIMENTAGE

Types de profilés de compartimentage	Référence des profilés (gamme ELASTOJOINT GC ou équivalents)
Profilé de compartimentage transversal piédroit 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
Tôle de compartimentage et d'arrêt	Tôles et feuilards colaminés
Pièces spéciales : profilé en croix, profilé en T, profilé en L, angle de liaison	Pièces préfabriquées uniquement. La fabrication des pièces spéciales sur chantier est interdite

Ces profilés de compartimentages sont conformes à la recommandation AFTES N°GT9R5F1 relatives à « L'utilisation et la mise en œuvre d'un compartimentage associé à un dispositif d'étanchéité par géomembrane synthétique » publiées dans la revue Tunnels et Ouvrages Souterrains – n°130 – juillet / août 1995.

1.3 Domaines d'application - Limites et précautions d'emploi

Dans le cadre de cet avis technique, le procédé **FLAGON BT 20** peut être utilisé pour la réalisation d'étanchéité d'ouvrages enterrés tels que :

- tunnels et galeries creusés ou forés ;
- tranchées couvertes avec ou sans limite d'emprise ;
- parkings souterrains (hors emprise bâtiments) ;
- cuvelages des ouvrages de génie civil.

Le système Vacuum est à privilégier dans le cas d'ouvrages ou parties d'ouvrages soumis à des phasages de mise en œuvre et à une pression hydrostatique.

1.3.1 Tunnels et galeries creusés ou forés

Dans le cadre de réalisation de tunnels ou galeries, différents types de supports peuvent se présenter :

- béton projeté (sans fibres, avec fibres métalliques incorporées ou avec fibres souples PP incorporées) ;
- cintres et blindages métalliques ;
- cintres et vouutelettes en béton projeté ;
- voussoirs en béton armé...

Le support doit être conforme aux spécifications de l'article 9 du fascicule 67 titre III. Le support doit faire l'objet d'une réception conformément aux recommandations de l'AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains.

La nature et les caractéristiques physico-mécaniques de la protection inférieure en géotextile, en fonction des supports indiqués ci-dessus, doivent être conformes aux recommandations de l'AFTES relative sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains.

Ces recommandations sont en partie reprises dans le tableau VII ci-dessous.

TABLEAU VII
NATURE ET CARACTERISTIQUES DU GEOTEXTILE DE PROTECTION INFERIEURE
POUR LES TUNNELS CREUSES ET FORES

Spécifications minimales*	Type et Nature du support				
	Radier de tunnel	Soutènement de tunnel			Voussoirs de tunnel (dans le cas des tunnels doubles anneaux)
	Béton de propreté	Béton projeté non fibré Béton projeté fibré synthétique	Profilés métalliques (cintres...)	Béton projeté fibré métallique	Béton préfabriqué
Masse surfacique (g/m ²) NF EN ISO 9864	700		1000	1200	1000
Epaisseur résiduelle en compression (mm) NF EN ISO 9863-1 (sous 200 kPa pendant 2 heures)	So		So	4.5	So
Poinçonnement statique (kN) NF P84-507 (poinçon cylindrique)	0.7		1	1.2	1
Allongement à la force maxi (%) NF EN ISO 10319 (Sens T et P)	60		60	60	60
Résistance à la traction (kN/ml) NF EN ISO 10319 (Sens T et P)	12		16	20	16
Nature chimique	100 % Fibres polypropylène				

*Pour tout contrôle de réception de ces matériaux sur chantier, les caractéristiques minimales ci-dessus sont exigées

Les géotextiles **GEOLAND MC 700, 1 000 et 1 200** répondent à ces exigences.

L'écran de protection supérieure **FLAGON PZ SL** n'est mis en œuvre que dans le cas de mise en place d'armatures dans le revêtement et systématiquement au droit des masques de bétonnage.

Lorsque le procédé d'étanchéité est mis en œuvre en radier, un écran de protection **FLAGON PZ SL** et une protection complémentaire constituée soit d'une chape béton d'épaisseur minimale de 6 cm, soit d'une couche de **TILTEX 10** ou supérieur, recouvriront le procédé avant la réalisation de la dalle en béton armé (cf. recommandation AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains).

Le Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane (D.E.G. dans la suite du texte) est placé sur toute la longueur du tunnel :

- soit sur l'ensemble de la circonférence de l'ouvrage ;
- soit simplement en voûte parapluie, accompagné d'un système de drainage transversal et longitudinal dimensionné suivant les débits envisagés.

1.3.2 Tranchées couvertes et autres ouvrages de génie civil

Dans le cadre de réalisation de tranchées couvertes, de parkings souterrains (hors emprise bâtiment) et de cuvelages d'ouvrages de génie civil, différents types de supports peuvent se présenter :

- béton de propreté en radier ;
- béton projeté (sans fibres, avec fibres métalliques incorporées ou avec fibres souples PP incorporées) ;
- parois moulées ou préfabriquées ;
- berlinoises...

Le support doit être conforme aux spécifications de l'article 9 du fascicule 67 titre III. Le support doit faire l'objet d'une réception conformément aux recommandations de l'AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains et aux recommandations N° GT9R8F1 relatives à « La préparation des supports de tunnels recevant un dispositif d'étanchéité par géomembrane » publiées dans la revue Tunnels et Ouvrages Souterrains – n° 150 – novembre / décembre 1998.

La nature et les caractéristiques physico-mécaniques de la protection inférieure en géotextile, en fonction des supports indiqués ci-dessus, doivent être conformes aux recommandations de l'AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains.

Ces recommandations sont en partie reprises dans le tableau VIII ci-dessous.

TABLEAU VIII
NATURE ET CARACTERISTIQUES DU GEOTEXTILE DE PROTECTION INFERIEURE
POUR LES TRANCHEES COUVERTES

Spécifications minimales*	Type et nature du support			
	Radier (TSLE et TALE)	Soutènement (piédroits des TALE)		
	Béton de propreté	Béton coulé et préfabriqué Béton projeté non fibré Béton projeté fibré synthé- tique Parois moulées rabotées	Parois berli- noises Parois moulées non rabotées Rideau de palplanches (avec remplissage des ondes)	Béton projeté fibré métallique
Masse surfacique (g/m ²) NF EN ISO 9864	700	1000	1200	
Epaisseur résiduelle en compression (mm) NF EN ISO 9863-1 (sous 200 kPa pendant 2 heures)	So	So	4.5	
Poinçonnement statique (kN) NF P84-507 (poinçon cylindrique)	0.7	1	1.2	
Allongement à la force maxi (%) NF EN ISO 10319 (Sens T et P)	60	60	60	
Résistance à la traction (kN/ml) NF EN ISO 10319 (Sens T et P)	12	16	20	
Nature chimique	100 % Fibres polypropylène			

*Pour tout contrôle de réception de ces matériaux sur chantier, les caractéristiques minimales ci-dessus sont exigées

Les géotextiles **GEOLAND MC 700, 1 000 et 1 200** répondent à ces exigences.

L'écran de protection supérieure **FLAGON PZ SL** est obligatoirement mis en œuvre dans les cas suivants :

- lorsque des armatures sont mises en place dans le revêtement ;
- lorsque la dalle supérieure ou la voûte est remblayée.

Lorsque le procédé d'étanchéité est mis en œuvre en radier, un écran de protection **FLAGON PZ SL** et une protection complémentaire constituée soit d'une chape béton d'épaisseur minimale de 6 cm, soit d'une couche de **TILTEX 10** ou supérieur, recouvriront le procédé avant la réalisation de la dalle en béton armé (cf. recommandation AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains).

Dans le cas où la dalle supérieure ou la voûte est remblayée, des protections spécifiques doivent être mises en œuvre pour protéger la géomembrane conformément aux recommandations de l’AFTES relatives sur la protection et le drainage des étanchéités extradossées des ouvrages souterrains.

Ces recommandations sont en partie reprises dans le tableau IX ci-dessous.

TABLEAU IX
NATURE ET CARACTERISTIQUES DES PROTECTIONS DANS LE CAS DE REMBLAIEMENT

Procédé d'étanchéité	Type de protection	Nature et hauteur du remblai		
		Remblai sur couverture (TSLE et TALE) et piédroits / voiles (TSLE)		
		Remblai ≤ 0,50 m	Remblai > 0,50 m	Remblai > 0,50 m
		Tous types de remblai (classe A, B, C, D) avec Dmax ≤ 200 mm	Remblai en matériaux roulés (classe A, B, C1, D) avec Dmax ≤ 200 mm sur les 2 premiers mètres de remblai	Remblai en matériaux concassés (classe A, B, C2, D, R) avec Dmax ≤ 200 mm sur les 2 premiers mètres de remblai
Géomembrane PVC (translucide, 2 mm mini)	Protection inférieure	Géotextile 700 g/m ²	Géotextile 700 g/m ²	Géotextile 700 g/m ²
	Protection supérieure	Ecran de protection PVC 1,9mm minimum	Ecran de protection PVC 1,9mm minimum	2 x Ecran de protection PVC 1,9mm minimum OU 2 x Géotextile 1200 g/m ² OU Tiltex 10 ou supérieur
		<i>Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2</i>		
	Protection complémentaire	<u>ouvrage cadre</u> : Géotextile 1200 g/m ² en voiles et 6 cm de béton sur dalle de couverture	<u>ouvrage voûte (*)</u> : Géotextile 1200 g/m ² et 6 cm de béton	-
		+ Grillage avertisseur dans le remblai		

*NF P11-300 - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières -

Des protections spéciales pour certains ouvrages (en couverture par exemple) peuvent être ajoutées au procédé d'étanchéité, contribuant ainsi à la résistance au poinçonnement du D.E.G. Ces protections sont spécifiées par l’AFTES ou par le marché de travaux. Si ces protections sont en **TILTEX 10**, PVC ou matériaux associés (PVC + géotextile par exemple), elles peuvent être fabriquées à la demande par SO-PREMA.

1.4 Processus de fabrication

SOPREMA fabrique les géomembranes et l'écran de protection **FLAGON** et ses produits annexes dans son usine de Chignolo D'Isola (I) certifiée ISO 9001 et ISO 14001. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot.

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** et l'écran de protection **FLAGON PZ SL** sont obtenus par la fabrication de feuilles à partir de granulés de PVC par le système de co-extrusion pleine masse et calandrage.

Le PVC utilisé pour la réalisation des géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** est issu de résine vierge. Le PVC utilisé pour la réalisation de l'écran de protection **FLAGON PZ SL** est issu en partie de processus de recyclage contrôlés.

SOPREMA fabrique les géotextiles **GEOLAND MC** dans son usine de Cerverà (SP) certifiée ISO 9001. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot.

Les géotextiles **GEOLAND MC** sont obtenus par aiguilletage, traitement thermique et calandrage de fibres 100 % polypropylène issues de processus de recyclage contrôlés.

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

1.5.1 Transport et stockage

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** et l'écran de protection **FLAGON PZ SL** sont livrés sur palettes en rouleaux horizontaux protégés par film PE et étiquetés :

- type de géomembrane ou d'écran de protection ;
- épaisseur, largeur, longueur ;
- n° lot et jour de fabrication ;
- certificat ASQUAL (dans le cas du **FLAGON BT 20**) ;
- marquage CE.

Les géotextiles **GEOLAND MC** sont livrés sur palettes en rouleaux horizontaux protégés par film PE et étiquetés :

- type de géotextile ;
- grammage, largeur, longueur ;
- n° lot et jour de fabrication ;
- marquage CE.

Les fiches de contrôle interne peuvent être demandées pour chaque livraison.

Le stockage sera réalisé horizontalement, dans l'emballage d'origine sur la palette d'origine sur une plateforme plane, propre et hors d'eau. Dans le cas de stockage prolongé ou après ouverture des emballages, les matériaux devront être recouverts par une bâche de protection aux UV.

1.5.2 Conditions de mise en œuvre

L'entreprise de pose devra établir, pour chaque projet, un Plan d'Assurance Qualité (PAQ) en conformité au Fascicule 67 titre III et aux recommandations AFTES relatives à « L'établissement des plans d'assurance qualité pour les travaux d'étanchéité », octobre 1999, et comprenant :

- le descriptif et les fiches techniques des matériaux utilisés ;
- la définition des matériels de soudure utilisés ;
- les procédures de pose ;
- les plans de calepinage et de détail d'étanchéité ;
- la liste des contrôles à effectuer et les fiches contrôles qualité correspondantes.

- les conditions pour la réception des supports (voir Fascicule 67 titre III article 9) et la réception de l'étanchéité après sa pose.

La mise en œuvre ne pourra se faire que dans des conditions météorologiques acceptables, à savoir :

- pas de pluie et absence d'eau ruisselante sur les supports ;
- températures normales de mise en œuvre et de soudure comprises entre 0°C et +30°C ;
- températures limites de mise en œuvre et de soudure comprises entre -2°C et +40°C ;
- vent modéré ;
- protection du **FLAGON BT 20** aux UV dans un délai de 7 jours en cas de pose à l'extérieur.

En cas de venues d'eau, il convient d'appliquer sur le support des géosynthétiques de drainage, à adapter en fonction des caractéristiques annoncées par le fabricant (capacité drainante notamment) et des contraintes du projet.

Les géomembranes et l'écran de protection ne devront pas être mis en contact avec des hydrocarbures ou des solvants.

L'éventuelle présence d'opacités ponctuelles sur le **FLAGON BT 20** traduit le contact de la géomembrane avec de l'eau. Cette modification de la translucidité n'altère pas les propriétés physico-chimiques de la géomembrane qui garde ses caractéristiques de souplesse, de résistance mécanique, de soudabilité et d'étanchéité.

Les travaux de génie civil succédant à la réception de l'étanchéité devront prendre en compte la présence du D.E.G. et mettre en place les moyens nécessaires pour ne pas l'endommager pendant toutes les phases successives. Pour les zones soumises à des phasages de mise en œuvre, le système **VACUUM** décrit ci-dessous pourra être privilégié.

1.5.3 Mise en œuvre

1.5.3 a Système de base

La géomembrane **FLAGON BT 20** et l'écran de protection **FLAGON PZ SL** doivent être mis en œuvre conformément au Fascicule 67 titre III.

La mise en œuvre du procédé **FLAGON BT 20** sera réalisée par des entreprises spécialisées en étanchéité d'ouvrages souterrains (Identification Professionnelle FNTF 712, qualification ASQUAL ou équivalent conseillé), avec un personnel qualifié (certification ASQUAL ou équivalent).

La mise en œuvre de la géomembrane **FLAGON BT 20** se fera par soudure automatique (double soudure à canal central) avec un recouvrement au moins égal à 5 cm. La largeur de chaque bande de soudure devra être d'au moins 12 mm. Les soudures manuelles ne sont admises que pour le traitement de points singuliers, les bandes d'arrêt d'eau et éventuellement les profilés de compartimentage.

L'éventuel compartimentage devra être conforme au Fascicule 67 titre III (voir à l'article 11.1.4.) et limité à des surfaces de compartimentage inférieures 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.

L'éventuel système d'injection sera réalisé par la soudure partielle de pipettes sur la géomembrane **FLAGON BT 20**. Les pipettes seront reliées par des tubes à une boîte permettant d'y accéder après la mise en place des couches supérieures.

1.5.3 b Système VACUUM

La procédure de pose d'un système Vacuum est identique à celle décrite ci-dessus aux variations suivantes près.

Mise en place de la géomembrane FLAGON BT/ST 20

La géomembrane **FLAGON BT/ST 20** se met en œuvre en indépendance directement au contact de la géomembrane **FLAGON BT 20** en créant un compartimentage appelé compartimentage secondaire (de dimension inférieure à 100 m²). Ces compartimentages sont réalisés par soudure directe de la géomembrane **FLAGON BT/ST 20** sur la géomembrane d'étanchéité **FLAGON BT 20**. La face structurée est mise en place côté géomembrane **FLAGON BT 20**. La superposition des deux géomembranes permet la création d'enveloppes étanches de dimensions limitées et dans lesquelles l'air ou les liquides peuvent circuler librement.

Si nécessaire, la mise en place des joints d'arrêt d'eau sera réalisée en soudant les profilés sur la géomembrane **FLAGON BT/ST 20** (géomembrane visible) et à des positions adaptées au mode de construction (aux positions des reprises de bétonnage par exemple).

Mise en œuvre des pipettes d'injection

Les pipettes se mettent sur la seconde géomembrane **FLAGON BT/ST 20** (perçement de la géomembrane et recouvrement par la pipette qui est soudée intégralement afin d'assurer l'étanchéité). Elles permettent ainsi de réaliser le test à vide d'air **VACUUM** décrit dans le paragraphe ci-après et éventuellement de réaliser des injections en cas de perte.

Nota : Le système VACUUM peut être installé soit sur la totalité de l'ouvrage soit uniquement sur les parties les plus sensibles de l'ouvrage. Il sera alors raccordé au système de base utilisé pour le reste de l'ouvrage.

1.6 Contrôles

1.6.1 Contrôles des soudures

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** sont translucides. Elles favorisent donc le contrôle visuel des soudures.

Les soudures manuelles seront contrôlées par le passage d'une pointe sèche sur l'ensemble des raccords.

Les soudures réalisées à l'aide d'une machine automatique à double cordons de soudure seront contrôlées par essais de pression d'air ou au liquide coloré.

1.6.2 Contrôle de l'étanchéité par le système VACUUM

Ce contrôle est réalisable uniquement dans le cas où le système **VACUUM**, décrit précédemment, a été mis en place.

Il peut être réalisé dans toutes les phases de l'ouvrage et il est particulièrement intéressant de l'effectuer :

- à la fin de la phase de mise en œuvre de l'étanchéité et pour chaque compartiment ;
- après les opérations de ferrailage et avant le coulage des bétons de la paroi ou du radier ;
- à la fin des travaux.

L'essai peut aussi être réalisé après la fin des travaux dans le cadre de visites périodiques.

Il consiste à créer une dépression à l'intérieur du D.E.G.. En raccordant les pipettes à une pompe à vide munie d'un manomètre (à valeurs négatives), on évacue l'air se trouvant entre les deux géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20**. La géomembrane supérieure étant structurée, la circulation de l'air se fait parfaitement et sans collage des deux géomembranes.

La pression est stabilisée à -0,05 MPa (- 0,5 bar) puis la vanne est fermée. La perte de pression admissible sur 10 minutes doit être inférieure à 20%, soit 0,01 MPa (- 0,1 bar).

La réparation éventuelle se fait par injection de résine acrylique à basse viscosité entre les deux géomembranes. Le volume d'injection est limité à l'espace se trouvant entre les deux géomembranes et par la dimension du compartimentage secondaire.

1.7 Prise en compte des exigences essentielles

Le procédé **FLAGON BT** satisfait 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 de l'étanchéité ne portent pas préjudice à l'hygiène, la santé et l'environnement.

1.8 Références

La géomembrane **FLAGON BT 20** est commercialisée en France depuis plus de 25 ans. Elle a été utilisée sur de nombreux projets importants en France comme à l'étranger. Entre 2015 et 2020 (période de validité de l'avis technique précédent), environ 500 000 m² ont été réalisés en France avec ce procédé.

La liste des références récentes est à la disposition des Maîtres d'œuvre sur simple demande à SO-PREMA – Département Génie Civil.

I.9 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité

SOPREMA fabrique les géomembranes et écran de protection **FLAGON** et ses produits annexes dans son usine de Chignolo D'Isola (I) certifiée ISO 9001 et ISO 14001. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot.

SOPREMA fabrique les géotextiles **GEOLAND MC** dans son usine de Cerverà (SP) certifiée ISO 9001. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot.

Les géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** sont marquées CE suivant les normes EN 13491 (certificat 1085-CPR-0012) et EN 13967 (certificat 1085-CPR-0036).

L'écran de protection **FLAGON PZ SL** est marqué CE suivant la norme EN 13491 (certificat 1085-CPR-0012).

Les géotextiles **GEOLAND MC** sont marqués CE suivant les normes EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257 et EN 13265 (certificats 0099-CPR-A42-0101 et 0102).

La géomembrane **FLAGON BT 20** est certifiée ASQUAL.

Les rouleaux de **FLAGON BT 20** et **FLAGON BT/ST 20** :

- portent sur l'emballage une étiquette d'identification de fabrication (indication codifiée) ;
- sont marqués dans la masse avec un code d'identification de fabrication.

SOPREMA tient à disposition des utilisateurs le guide de pose « **Tunnels et ouvrages souterrains - FLAGON BT 20** » dans la version GC de décembre 2020.

La procédure d'avis technique est suivie par M. Paul GUINARD (pguinard@soprema.fr), Directeur de l'activité Génie Civil et Ouvrage d'Art de SOPREMA.

CHAPITRE II - ESSAIS DE CARACTERISATION

II.1 Eléments de caractérisation

Pour les caractéristiques d'identification de la géomembrane et de l'écran de protection : voir tableau X.

Géotextile : GEOLAND MC 700

Profilés de compartimentage : gamme ELASTOJOINT GC

Tôles colaminées : Accessoires PVC SOPREMA

TABLEAU X
CARACTERISTIQUES D'IDENTIFICATION
DE LA GEOMEMBRANE ET DE L'ECRAN DE PROTECTION

Caractéristiques d'identification*	Géomembrane FLAGON BT 20			Ecran de protection FLAGON PZ SL		
	VNAP	PRV 95	PV**	VNAP	PRV 95	PV**
Épaisseur	2,0 mm	-0% / +10%	2,03	2,0 mm	-3 % / +10 %	2,10
Masse volumique (kg/m ³)	1200	± 2%	1210	-		
Masse surfacique (g/m ²)	2400	-0% / +10%	2408	2600	-3 % / +10 %	2845
Nature chimique	PVC-P			PVC-P		
Plastifiant	DINP***		DINP***			
Dureté Shore A	72	± 6%	74	88	± 6%	92
Dureté Shore D				44	± 6%	45
Réaction au feu	E+			E+		
Caractéristiques en traction à la rupture						
Sens production						
Déformation (%)	> 330		352	> 200		296
Contrainte (MPa)	16	± 10 %	16,8	21	± 10 %	21,1
Sens travers						
Déformation (%)	> 330		375	> 200		256
Contrainte (MPa)	15	± 10 %	16,1	20	± 10 %	18,8

*Caractéristiques obtenues selon les méthodes d'essais spécifiées (voir tableaux IX et X au chapitre II.2)

**PV : Procès Verbal d'essai par un laboratoire extérieur (voir tableaux IX et X au chapitre II.2)

***Consulter la fiche de données de sécurité.

II.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage

Pour cette évaluation, la Société SOPREMA a procédé à des essais, conformément aux indications des normes en vigueur, du Fascicule 67 titre III du CCTG et du guide d'instruction d'une demande de renouvellement d'avis technique.

SOPREMA a réalisé, dans le cadre de ce renouvellement, un changement dans l'écran de protection. A la demande de la Commission, SOPREMA a réalisé la totalité des essais sur le nouvel écran de protection **FLAGON PZ SL** selon les conditions définies dans le guide d'instruction d'une demande d'avis technique. Les résultats de ces essais sont reportés dans le tableau XII (cf. liste des essais cités dans le tableau des spécifications du guide) :

TABLEAU XI
REFERENCES DES ESSAIS D'EVALUATION DE LA GEOMEMBRANE


Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
1/ Exigences générales		
1.1. Type		
1.2. Épaisseur moyenne (mm)	NF EN 1849-2	PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019
1.3. Étanchéité à l'eau		
. géomembrane	NF EN 14150	PV de l'IRSTEA 15.073/01 du 18/11/2015
. joints		Essai non demandé
1.4. Caractéristiques en traction à la rupture	NF EN 12311-2	
. contrainte (MPa)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
. résistance (kN/m)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
. déformation (%)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
1.5. Caractéristiques en poinçonnement statique	NF P 84 507	
. résistance (kN)		PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019
. déformation (%)		PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019
1.6. Retrait libre (%)	NF EN 1107-2	PV du CEREMA Lyon T004G du 20/10/2015
2/ Exigences relatives à la mise en œuvre		
2.1. Planéité (cm)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon T004G du 20/10/2015
2.2. Translucidité	NF EN 410	PV du CSTB EMI 15-26058156 du 08/07/2015
2.3. Aspect	NF EN 1850-2	PV du CEREMA Lyon T004G du 20/10/2015
2.4. Largeur (m)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon T004G du 20/10/2015
2.5. Rectitude (cm/10 m)	NF EN 1848-2	PV du CEREMA Lyon T004G du 20/10/2015
2.6. Soudabilité entre lés		
. résistance au pelage (kN/m)	NF P84-502-2	PV du CEREMA Lyon T032S et T029S des 04 et 05/11/2015
. résistance au cisaillement (kN/m)	NF P84-502-1	PV du CEREMA Lyon T032S du 04/11/2015
2.7. Résistance au délaminage (kN/m)	Mode opératoire LCP	Sans objet
2.8. Souplesse à basse température	NF EN 495-5	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
2.9. Compatibilité géomembrane-tôles colaminées		
. résistance au pelage (kN/m)	NF P84-502-2	PV du CEREMA Lyon T029S du 05/11/2015
2.10 . Compatibilité géomembrane-profilés de compartimentage		
. résistance au pelage (kN/m)	NF P84-502-2	PV du CEREMA Lyon T029S du 05/11/2015

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
3/ Exigences liées à la durabilité 3.1. Résistance aux micro-organismes : . Essai de croissance . Essai fongistatique 3.2. Résistance à l'immersion dans l'eau a/ géomembrane : - accéléré . perte poids (%) - long terme . perte de poids (%) . diminution résistance (%)	NF EN ISO 846 NF P84-509 10 jours à 60° C 6 mois à 23° C	PV ITECH 15/105/AT/PRT du 05/10/2015 PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020 PV du CEREMA Lyon T004G du 21/10/2015
4/ Sécurité - Hygiène - à la mise en œuvre . réaction au feu	Arrêté du 21/11/02 du Ministère de l'intérieur.	TECNO PIEMONTE 09262/38/65 du 27/11/2020
5/ Caractéristiques d'identification (écarts admissibles sur VNAP) – Contrôles - masse surfacique - masse volumique - dureté Shore A - plastifiant : . pourcentage . nature - résistance à la rupture en traction	NF EN 1849-2 NF EN ISO 1183- 1 Méthode A NF EN ISO 868 Mode opératoire LCP NF EN 12311-2	PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019 PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020 PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019 PV du CEREMA Lyon Y008G du 20/10/2020 PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019 PV ASQUAL 5500 CQ 19 du 11/12/2019 PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020

TABLEAU XII
REFERENCES DES ESSAIS D'EVALUATION DE L'ECRAN DE PROTECTION SUPERIEURE

Caractéristiques	Méthodes d'essais	Références
1/ Exigences générales		
1.1. Type		
1.2. Epaisseur (mm)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
1.3. Masse volumique (g/m ²)	NF EN ISO 1183-1	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
1.4. Caractéristiques en traction à la rupture	NF EN 13211-2	
. contrainte (MPa)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
. déformation (%)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
. résistance (kN/m)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
1.5. Caractéristique en poinçonnement statique	NF P84-507	
. résistance (N)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
. déplacement (mm)		PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
2/ Exigences relatives à la mise en œuvre		
- sans objet		
3/ Exigences relatives à l'hygiène et la sécurité		
- à la mise en œuvre		
. réaction au feu	Arrêté du 21/11/02 du Ministère de l'intérieur	TECNO PIEMONTE 09263/38/65 du 27/11/2020
4/ Exigences relatives au D.E.G.		
4.1. Poinçonnement dynamique	NF P84-506	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
5/ Identification de l'écran de protection (tolérance sur VNAP)		
5.1. Epaisseur (mm)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
5.2. Masse surfacique (g/m ²)	NF EN 1849-2	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
5.3. Dureté Shore A et D	NF EN ISO 868	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020
5.4. Résistance en traction (kN/m)	NF EN 12311-2	PV du CEREMA Lyon Y008G du 01/12/2020

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


 le 20 Janvier 2021
 Paul Guinard
 Directeur GCOT SEPENA

CHAPITRE III - AVIS DE LA COMISSION

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.

III.1 Exigences générales

Documents de références : fascicule 67 titre III du CCTG, guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique, référentiel géomembrane Version n° 3 du 14 décembre 2016 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.

III.1.1 Epaisseur

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

III.1.2 Etanchéité

Elle est satisfaisante dans les conditions de l'essai fait conformément à la norme NF EN 14150 sous une pression de 200 kPa.

III.1.3 Caractéristiques en traction

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

Sens production :

- 33,6 kN/m pour la résistance à la rupture (le référentiel demande ≥ 10 N/mm) ;
- 16,8 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel demande ≥ 14 MPa) ;
- 352 % de déformation à la force maximum (le référentiel demande >270 %).

Sens travers :

- 32,2 kN/m pour la résistance à la rupture (le référentiel demande ≥ 10 N/mm) ;
- 16,1 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel demande ≥ 14 MPa) ;
- 375 % de déformation à la force maximum (le référentiel demande >270 %).

III.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

- 445 N pour la résistance maximale (le référentiel demande > 400 N).

III.2 Exigences relatives à la mise en œuvre

III.2.1.a Appréciation à l'adaptation du support

Sous réserve d'une préparation du support conforme aux spécifications de l'article 9 Fascicule 67 titre III et aux recommandations de l'AFTES, le procédé pour ouvrages enterrés **FLAGON BT 20** est apte à être appliqué pour tous les ouvrages souterrains courants.

III.2.1.c Soudabilité

- De la géomembrane

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

- Des profilés de compartimentage et des tôles colaminées

Les résultats sont conformes aux spécifications figurant dans la recommandation AFTES N° GT9R5F1 relative à « L'utilisation et la mise en œuvre d'un compartimentage associé à un dispositif d'étanchéité par géomembrane synthétique » publiée dans la revue Tunnels et Ouvrages Souterrains – n° 130 juillet / août. 1995.

- De l'écran de protection

Les modalités techniques d'évaluation de la soudabilité de l'écran de protection sur la géomembrane ne sont pas opérationnelles à la date d'instruction de la demande.

III.2.1.c Ecran de protection

L'écran de protection **FLAGON PZ SL**, associé à la géomembrane **FLAGON BT 20** et un géotextile de protection inférieure **GEOLAND MC 700**, confère au procédé une résistance au poinçonnement dynamique de classe 2. Pour l'essai de résistance au poinçonnement, l'écran de protection, la géomembrane et le géotextile répondent aux spécifications minimales figurant dans les tableaux précédents.

Nous rappelons qu'une protection de classe 2 est conforme au Fascicule 67 titre III. Néanmoins, nous préconisons la mise en œuvre d'un géospaceur au niveau des masques d'about de coffrage. Dans le cas d'une application sur un ouvrage destiné à recevoir du remblai, une protection complémentaire peut être nécessaire (cf. tableau VI).

III.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 **FLAGON BT**.

L'évaluation de la résistance à l'immersion à court terme suivant la norme NF P 84-509 n'a pas mis en évidence de perte gravitaire de la géomembrane **FLAGON BT**. Le résultat de l'essai est égal à 0.1 % qui est inférieur au 1 % du référentiel.

III.4 Sécurité - hygiène

Les procès-verbaux d'essais sur le comportement au feu de la géomembrane **FLAGON BT 20** et de l'écran de protection **FLAGON PZ SL** réalisés selon la norme NF EN 11925-2 (essai « petite flamme ») montrent qu'elles sont de classement E selon la norme NF EN 13501. L'essai ayant été réalisé sur une durée de 60 s au lieu de 15 s, cela correspond à un classement E + conformément aux recommandations relatives au comportement au feu et à la protection sanitaire spécifiques aux procédés d'étanchéité lors de leur mise en œuvre en milieu confiné – GT9R18F1 de l'AFTES.

Nota : Outre les dispositions préconisées par le demandeur dans le paragraphe I.4, 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.

III.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 tableau des spécifications des matériaux pour les géomembranes PVC-P version n°3 14/12/2016 du CETU.

III.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 SOPREMA (paragraphe I.3) est validé.

Il est à noter que le procédé **VACUUM** présente des avantages sur le plan des contrôles lors de la mise en œuvre mais aussi pendant la vie de l'ouvrage. Ce procédé est donc conseillé dans les zones soumises à des pressions hydrostatiques, où la co-activité est importante lors de la mise en œuvre et suivant la sensibilité de l'ouvrage. Il permet aussi de réaliser les éventuelles réparations plus facilement.

Pour les dalles supérieures des tranchées couvertes avec limites d'emprises et sous pression hydrostatique, il est nécessaire de mettre en œuvre des dispositions constructives au droit de la jonction dalle/soutènement pour éviter à l'eau de contourner le procédé.

III.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 tableau IV et V) lorsqu'ils sont nécessaires. La conformité au poinçonnement dynamique du procédé (avec tous ses composants) doit également 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. Indépendamment du système qualité mis en œuvre par le fabricant, 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 I & II. 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 I.2 et II.1 du présent document.

Le paragraphe II.1 donne les caractéristiques qui ont été déposées auprès de la Commission lors de la demande d'Avis Technique.

En cas de non-conformité des résultats par rapport aux éléments donnés au paragraphe II.1 du présent document, il est demandé d'en informer le secrétariat de la Commission.

III.5.3 Mise en œuvre

Il est recommandé que l'applicateur dispose, sur le chantier, du guide de pose « **Tunnels et ouvrages souterrains - FLAGON BT 20** » (version GC de décembre 2020) préparé par SOPREMA et fournisse un PAQ de chantier à son client.

La translucidité de la géomembrane, en facilitant les contrôles internes et externes de qualité, contribue à diminuer le nombre de désordres au droit des soudures.

Par ailleurs, SOPREMA dispose d'un Service Technique spécialisé dans le domaine du Génie Civil pour conseiller et apporter une assistance. Les coordonnées de ce service sont disponibles sur le site internet www.soprema.fr ou par email à civilrock@soprema.fr.

III.5.4 Aptitude à la réparation

III.5.4 a 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.

III.5.4 b Après la pose du revêtement

Le compartimentage et le dispositif d'injection associé prévus dans ce procédé facilitent la réparation par injection, en cas de venues d'eau.

Le procédé **VACUUM** permet une réparation plus aisée grâce au système d'injection intégré au procédé et pour lequel l'éventuelle injection est limitée à l'espace situé entre les deux géomembranes.

III.5.5 Système Qualité

Les éléments sur le Système Qualité mis à la disposition de la Commission n'appellent pas d'observation sur ce point (cf. paragraphe I.8 sur l'existence d'une certification ISO 9000).




III.5.6 Retour d'expérience

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 la signaler au secrétariat de la Commission.

En cas de non-conformité des produits par rapport aux éléments donnés aux chapitres I et II ou en cas de difficulté à la mise en œuvre, il est demandé au Maître d'œuvre d'en informer le secrétariat de la Commission.

Pour tous renseignements, contacter :

- Le fabricant signalé au § I.1 de l'avis,

- Le CETU, Responsable de la publication - 25, avenue François Mitterrand 69674 BRON CEDEX
-  04.72.14.34.00  04.72.14.34.90  cetu@developpement-durable.gouv.fr