

AVIS TECHNIQUE CETU

ETANCHEMENT DES OUVRAGES SOUTERRAINS

AT n° 25-07 R (*)

Validité du : 01 / 02 / 2026

au : 31 / 01 / 2031

NOM DU PROCEDE : FLAGON BT 20

-

ENTREPRISE : SOPREMA

Le procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** appartient à la famille des **géomembranes synthétiques** (GMB-S). Il est constitué d'une géomembrane en PVC-P translucide FLAGON BT 20 de 2 mm d'épaisseur, posée en indépendance sur un géotextile de protection inférieure et, lorsque nécessaire, recouverte d'une membrane de protection supérieure en PVC-P bicolore FLAGON PZSL (gris clair sur la face exposée et noir sur l'autre face afin de permettre un contrôle visuel de son intégrité).

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

En tunnel et en tranchée avec limite d'emprise, la géomembrane **FLAGON BT 20** est soudée sur des rondelles de fixation PVC 80 mm et fixées mécaniquement au support, préalablement recouvert d'un géotextile.

En tranchée sans limite d'emprise, en radier et en dalle supérieure, la géomembrane FLAGON BT 20 est déroulée en indépendance sur un géotextile.

Un compartimentage est prévu à l'aide de profilés PVC-P ou de tôles colaminées compatibles.

La mise en œuvre du **FLAGON BT 20** doit respecter le Guide de pose référencé dans l'AT CETU.

A noter : Dans le cadre de projets spécifiques, le procédé **FLAGON BT 20** peut être renforcé avec l'ajout d'une géomembrane spécifique et la création de compartiments contrôlables par vide d'air, durant la mise en œuvre et durant toute la vie de l'ouvrage. Cette version est à privilégier dans les zones soumises à des phasages de mise en œuvre et/ou à une pression hydrostatique.

(*) Le présent document annule et remplace le précédent AT CETU n°20-09 Rév à compter du 01/02/26.

| <u>Historique des anciennes versions :</u> | |
|---|----------------------------------|
| AT CETU n°10-001(demande initiale) | Validité du 14/10/10 au 14/10/15 |
| AT CETU n°16-001 (renouvellement n°1) | Validité du 31/01/16 au 01/02/21 |
| AT CETU n°20-09 (renouvellement n°2) | Validité du 02/02/21 au 01/02/26 |
| AT CETU n°20-09 Rév (révision par la prise en compte d'une nouvelle gamme SOPREMA de profilés de compartimentage compatibles) | Validité du 12/03/25 au 01/02/26 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| TABLE DES MATIERES | 2 |
| CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE | 3 |
| 1.1 Renseignements commerciaux..... | 3 |
| 1.2 Définition, constitution et composition du procédé | 3 |
| 1.3 Domaines d'emploi – Limites et précautions d'emplois | 6 |
| 1.3.1 Domaine d'emploi..... | 6 |
| 1.3.2 Supports acceptés..... | 6 |
| 1.3.3 Composition du procédé en fonction de l'ouvrage réalisé | 7 |
| 1.4 Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité de fabrication..... | 12 |
| 1.5 Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre..... | 12 |
| 1.5.1 Transport et stockage | 12 |
| 1.5.2 Conditions de mise en œuvre | 13 |
| 1.5.3 Mise en œuvre du système de base | 14 |
| 1.5.4 Mise en œuvre du système VACUUM | 15 |
| 1.6 Prise en compte des exigences essentielles..... | 16 |
| 1.7 Références | 16 |
| CHAPITRE 2 - ESSAIS DE CARACTERISATION..... | 17 |
| 2.1 Eléments de caractérisation des produits visés..... | 17 |
| 2.2 Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage | 17 |
| CHAPITRE 3 - AVIS DE LA COMMISSION | 21 |
| 3.1 Exigences générales sur la géomembrane | 21 |
| 3.1.1 Epaisseur | 21 |
| 3.1.2 Etanchéité | 21 |
| 3.1.3 Caractéristiques en traction | 21 |
| 3.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique | 21 |
| 3.2 Exigences relatives à la mise en œuvre..... | 22 |
| 3.2.1 Appréciation à l'adaptation du support..... | 22 |
| 3.2.2 Soudabilité..... | 22 |
| 3.2.3 Membrane de protection supérieure | 22 |
| 3.3 Exigences liées à la durabilité..... | 22 |
| 3.4 Sécurité – Hygiène | 23 |
| 3.5 Conclusions | 23 |
| 3.5.1 Appréciation sur le domaine d'emploi | 23 |
| 3.5.2 Contrôle de la conformité..... | 23 |
| 3.5.3 Mise en œuvre..... | 24 |
| 3.5.4 Aptitude à la réparation..... | 24 |
| 3.6 Retours d'expérience | 24 |

CHAPITRE 1 - IDENTIFICATION DU PROCEDE

1.1 Renseignements commerciaux

Le procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** est commercialisé sur le territoire Français par :

SOPREMA SAS

15 rue de Saint Nazaire – CS 60121

67025 STRASBOURG Cedex

Téléphone : +33 3 88 79 84 00

Email : civilrock@soprema.fr

www.soprema.fr

Les géomembranes FLAGON BT 20 et FLAGON BT/ST 20 et la membrane de protection supérieure FLAGON PZ SL et certains accessoires sont fabriqués par SOPREMA dans son usine :

SOPREMA Srl

Via industriale dell'Isola n°3

24040 Chignolo d'Isola (BG)

Italie

Les géotextiles GEOLAND MC sont fabriqués par SOPREMA dans ses usines :

SOTEXTHO (Groupe SOPREMA) Ou SOPREMA Iberia

Av. Du Moulin

Av. Alta Ribagorça, 8

81240 Saint Amans Valtoret

25200 Cervera (Lleida)

France

Espagne

Les géocomposites de ciment GEOLAND TTX sont fabriqués par SOPREMA.

Propriété industrielle et commerciale :

FLAGON et GEOLAND sont des marques déposées par SOPREMA qui a l'entière propriété des produits.

1.2 Définition, constitution et composition du procédé

Le procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** 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.

Ce procédé présente deux versions :

- 1) le système de base qui correspond à la solution avec géomembrane monocouche ;
- 2) le 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.

Selon les versions, le procédé comprend ainsi :

TABLEAU 1 - Composition du procédé FLAGON BT 20 pour les 2 versions

| Produits entrants dans la composition du procédé | Évalués par le présent AT CETU | Non évalués par le présent AT CETU (*) |
|--|--------------------------------|--|
| <p>Une géomembrane synthétique d'étanchéité FLAGON BT 20 en PVC-P translucide, de 2 mm d'épaisseur minimum. Le conditionnement standard est en rouleau de 20 m x 2,10 m (autres longueurs disponibles).</p> | X | |
| <p>Une géomembrane synthétique FLAGON BT/ST 20, en PVC-P, translucide, structurée sur une face, d'épaisseur 2 mm dans sa partie courante (hors picot). Cette géomembrane additionnelle est utilisée dans la version VACUUM (non évaluée dans le présent AT). Le conditionnement standard est en rouleau de 20 m x 2,10 m (autres longueurs disponibles).</p> | | X |
| <p>Une membrane de protection supérieure FLAGON PZ SL en PVC-P opaque bicolore gris clair / noir, de 1.9 mm d'épaisseur minimum. Cette membrane 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). Le conditionnement standard est en rouleaux de 2,10 m de largeur et de 20 m de longueur (autres largeurs et autres longueurs disponibles).</p> | X | |
| <p>Des géotextiles de protection GEOLAND MC (inférieure et supérieure) répondant aux exigences du référentiel AT et à celles fixées dans la recommandation GT9R19F1 (cf. Tableau 5).</p> <p>Dans le cas de l'utilisation d'autres géotextiles, 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 7, 8 et 9).</p> | | X |
| <p>Des rondelles de fixation 80 mm SOPREMA, à rupture contrôlée, en PVC souple servant à fixer la géomembrane sur les voûtes et piédroits. Elles répondent aux exigences fixées dans l'Annexe 2 du Cahier 1 du « Guide AFTES des Bonnes Pratiques d'étanchement et de de drainage en ouvrages souterrains » (anciennement Recommandation AFTES GT9R7F1).</p> <p>Dans le cas d'utilisation d'autres rondelles il appartient au maître d'œuvre de faire vérifier leur compatibilité avec la géomembrane FLAGON BT 20 (mêmes exigences que ci-dessus).</p> | | X |
| <p>Des profilés de compartimentage FLAGONJOINT, en PVC translucide et répondant aux exigences du référentiel AT et à celles fixées dans le cahier 11 du « Guide AFTES des Bonnes Pratiques d'étanchement et de de drainage en ouvrages souterrains » (anciennement Recommandation AFTES GT9R5F1 de l'AFTES).</p> <p>Dans le cas d'utilisation d'autres profilés de compartimentage il appartient au maître d'œuvre de faire vérifier leur compatibilité avec la géomembrane FLAGON BT 20 (mêmes exigences que ci-dessus). Le tableau 2 ci-après donne d'autres références de joints de compartimentage compatibles.</p> | | X |
| <p>Des tôles colaminées SOPREMA en acier galvanisé, de différentes géométries, servant à des arrêts d'étanchéité ou au compartimentage en dalle supérieure.</p> <p>Dans le cas d'utilisation d'autres tôles colaminées il appartient au maître d'œuvre de faire vérifier leur compatibilité avec la géomembrane FLAGON BT 20.</p> | | X |

| | | |
|---|--|---|
| <p>Des dispositifs de détection et d'injection des compartiments par pipettes plates SOPREMA en PVC souple servant de dispositif, et complétées par des tubes et des raccords adaptés (nécessaires pour le système VACUUM).</p> <p>Dans le cas de l'utilisation d'autres dispositifs, il appartient au maître d'œuvre de faire vérifier leur compatibilité avec la géomembrane FLAGON BT 20.</p> | | X |
| <p>Des géocomposites de ciment GEOLAND TTX 10 (ou supérieur) assurant la protection supérieure ou complémentaire de la géomembrane pour la pose sous radier ou sous remblais.</p> | | X |
| <p>Des résines époxydiques (ou autres natures) telles que ALSAN ANCHOR EP3 permettant de réaliser des ancrages de la géomembrane et de ses accessoires dans des ouvrages en béton (parois moulées...).</p> | | X |

(* Dans le cadre de cet avis technique, les accessoires du procédé d'étanchéité ne font pas l'objet d'une évaluation spécifique. La Commission AT CETU recommande d'utiliser prioritairement ceux proposés par le fabricant du procédé. A défaut, ces accessoires devront faire l'objet d'une validation de compatibilité par le MOE.

TABLEAU 2 - Exemple de profilés de compartimentage compatibles

| Types de profilés | Références des profilés |
|---|---|
| Profilé de compartimentage transversal piédroit, voûte et radier | <p>FLAGONJOINT PVC T W 6/500 B</p> <p>FLAGONJOINT PVC T W 4/330 B</p> <p>FLAGONJOINT PVC T W 4/300 B</p> <p>ELASTOJOINT DT 200.3.GC</p> <p>ELASTOJOINT DT 230.4.GC</p> |
| Profilé de compartimentage longitudinal inférieur et supérieur | <p>FLAGONJOINT PVC T W 6/500</p> <p>FLAGONJOINT PVC T W 4/330</p> <p>FLAGONJOINT PVC T W 4/300</p> <p>ELASTOJOINT AT 200.3.GC</p> <p>ELASTOJOINT AT 230.4.GC</p> |
| Profilé de compartimentage relais | <p>FLAGONJOINT PVC T W 3/200</p> <p>ELASTOJOINT AT 100.3.GC</p> <p>ELASTOJOINT AT 100.4.GC</p> |
| Profilé de liaison avec les parois moulées | <p>FLAGONJOINT PVC T 200</p> <p>ELASTOJOINT PM 200-3</p> |
| Profilé de compartimentage d'arrêt d'étanchéité | <p>Tôles et feuillards colaminés PVC SOPREMA</p> |
| Pièces spéciales : Profilé en croix, Profilé en T, Profilé en L, Angle de liaison | <p>Pièces préfabriquées uniquement issues de la gamme des joints de compartimentage précités.</p> <p>La fabrication des pièces spéciales sur chantier est interdite</p> |

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 **FLAGON BT 20** peut être utilisé pour la réalisation d'étanchéité d'ouvrage enterrés tels que :

- Tunnels et galerie creusés ou forés,
- Tranchées couvertes avec ou sans limite d'emprise,
- Cuvelage d'ouvrages de génie civil,
- Parkings souterrains (hors emprise bâtiments),
- Radier de structures intégrées (radier liaisonné à un soutènement).

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

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

Le procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** 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 **FLAGON BT 20** 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 **FLAGON BT 20** 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) | <ul style="list-style-type: none">• 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 | <ul style="list-style-type: none">• voussoir en béton armé |
| Tranchées couvertes sans limite d'emprise (DEG appliqué entre la structure béton et le remblai) | <ul style="list-style-type: none">• 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) | <ul style="list-style-type: none">• 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...) | <ul style="list-style-type: none">• le support du procédé d'étanchéité est respectivement identique à celui des tunnels creusés ou celui des tranchées couvertes décrits 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, reprises ci-après :

TABLEAU 4 – Spécifications relatives au support

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

1.3.3 Composition du procédé en fonction de l'ouvrage réalisé

La composition du procédé d'étanchéité **FLAGON BT 20** varie en fonction de l'ouvrage réalisé. La géomembrane d'étanchéité pourra ainsi être accompagnée :

- D'une protection inférieure de type géotextile anti-poinçonnant GEOLAND MC,
- D'une protection supérieure de type membrane PVC FLAGON PZSL,
- D'une protection complémentaire ou supérieure de type chape en béton armé ou géocomposite de ciment GEOLAND TTX

1.3.3.1 Protection inférieure

La protection inférieure est placée contre le support, avant d'être recouverte par la géomembrane d'étanchéité. 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 du **FLAGON BT 20**, la protection inférieure est un géotextile anti-poinçonnant.

Les caractéristiques du géotextile de protection inférieure ne sont pas totalement vérifiées au titre de la procédure d'Avis Technique. Il appartient au Maître 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. Ces recommandations sont reprises dans le tableau suivant :

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

| 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) | 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 |

Les géotextiles GEOLAND MC 700, 1000 et 1200 répondent à ces exigences.

1.3.3.2 Protection supérieure

En tunnel 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 **FLAGON BT 20**, la protection supérieure est la membrane PVC **FLAGON PZ SL** (hormis le cas des TC remblayées avec des matériaux agressifs où elle peut être remplacée – Cf. Tableau 9).

La nature et les caractéristiques physico-mécaniques de cette membrane sont conformes à la recommandation GT9R19F1 de l'AFTES relatives à la protection des étanchéités extradossées. Ces exigences sont reprises dans le tableau suivant.

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 **FLAGON BT 20** 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 du **FLAGON BT 20**, la protection complémentaire est soit une chape béton d'épaisseur 6 cm minimale (constituée d'un béton C25/30 armé), soit une couche de GEOLAND TTX 10 (ou supérieur).

NOTA 1 : La chape béton peut être plus épaisse en fonction de la circulation de chantier envisagée ou en cas de radiers à fortes pentes.

NOTA 2 : En radier, les protections complémentaires ne sont pas mises en place au-dessus des joints de compartimentage.

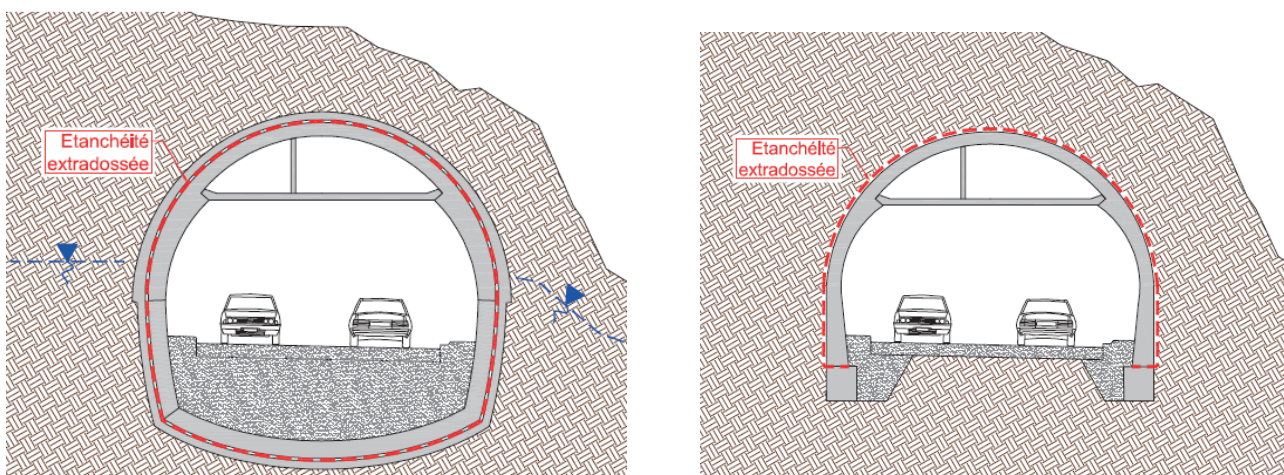
1.3.3.4 Cas des ouvrages de type tunnel creusé

TABLEAU 7 – Composition du procédé FLAGON BT 20 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 | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 1000 | GEOLAND MC 1200 |
| Protection supérieure | FLAGON PZ SL | FLAGON PZ SL (*) | FLAGON PZ SL (*) | FLAGON PZ SL (*) |
| <i>Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2</i> | | | | |
| Protection complémentaire | 6 cm de béton ou GEOLAND TTX 10 | - | - | - |
| Accessoires de pose | - | Rondelle de fixation : - 3 u/m ² en piédroits - 5 u/m ² en voûte | | |
| | Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection soudé sur la géomembrane | | | |

(*) La protection supérieure FLAGON PZ SL est mise en œuvre uniquement :

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

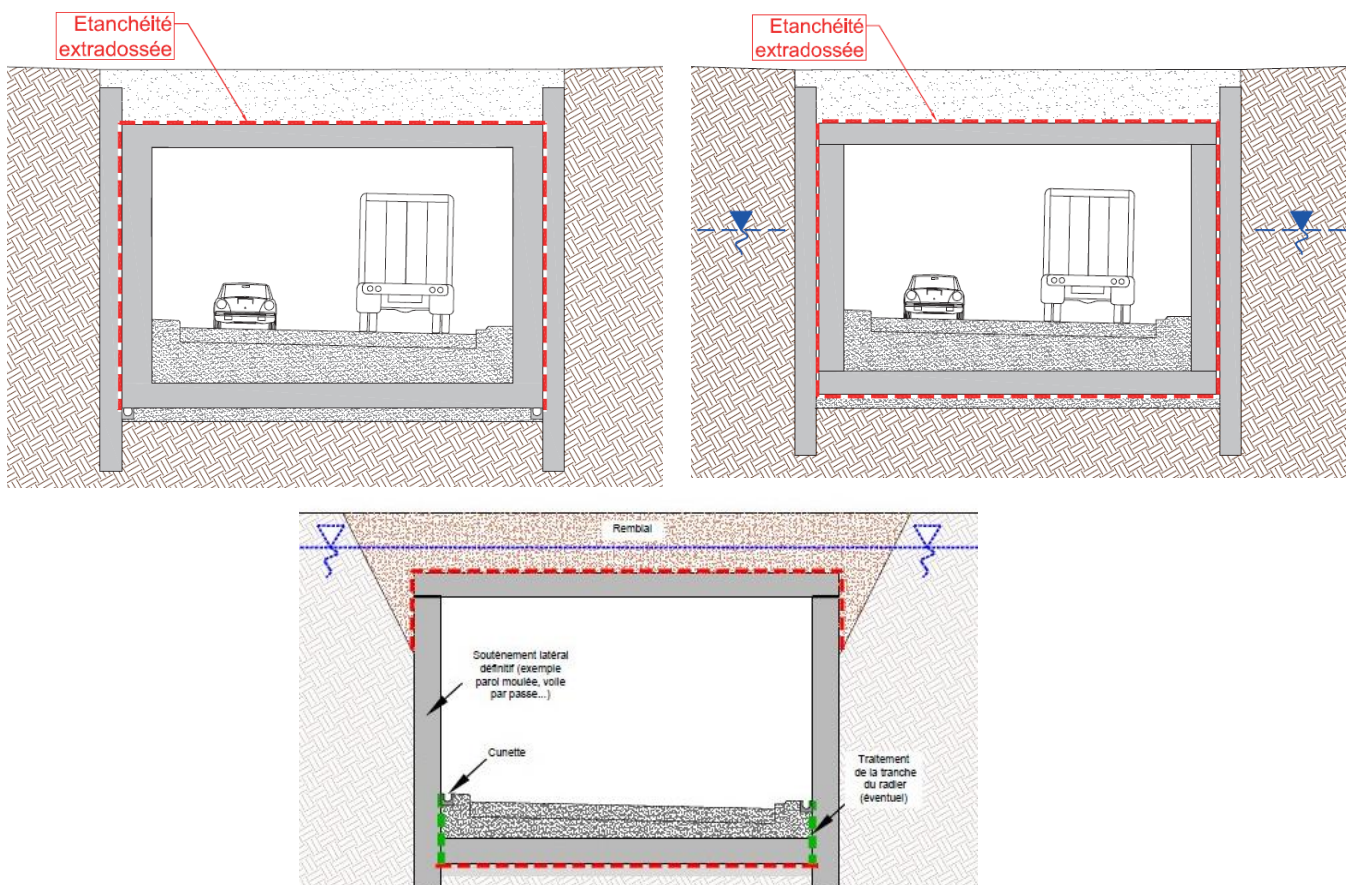


FIGURES 1 – Exemples de schémas de principe en tunnel creusé

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

TABLEAU 8 – Composition du procédé FLAGON BT 20 sur les parties d'ouvrage non remblayées

| 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 | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 1000 | GEOLAND MC 1200 |
| Protection supérieure | FLAGON PZ SL | FLAGON PZ SL | FLAGON PZ SL | FLAGON PZ SL |
| | Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2 | | | |
| Protection complémentaire | 6 cm de béton ou GEOLAND TTX 10 | - | - | - |
| Accessoires de pose | Rondelle de fixation : - 3 u/m ² en piédroits (si H > 5 m) | | | |
| | Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection soudés sur la géomembrane | | | |



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

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

TABLEAU 9 – Composition du procédé FLAGON BT 20 sur les parties d'ouvrage remblayées

| Type de protection | Nature et hauteur du remblai | | |
|---------------------------|---|---|---|
| | Remblai sur dalle supérieure (TSLE ou TALE) et pénétrations (TSLE) | | |
| | Remblai ≤ 0,50 m Matériaux de remblai roulés ou concassés avec D _{max} ≤ 200 mm (classes S, G, VC et R) | Remblai > 0,50 m Matériaux de remblai roulés avec D _{max} ≤ 100 mm (classe VC2) ou D _{max} ≤ 63 mm (classes S, G et R) | Remblai > 0,50 m Matériaux de remblai concassés avec D _{max} ≤ 200 mm sur les 2 premiers mètres (classes VC et R) |
| Protection inférieure | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 700 | GEOLAND MC 700 |
| Protection supérieure | FLAGON PZ SL | FLAGON PZ SL | 2 x FLAGON PZ SL ou 2 x GEOLAND MC 1200 ou GEOLAND TTX 10 |
| | Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 2 | | Classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du complexe : 0 |
| Protection complémentaire | Ouvrage cadre : 6 cm de béton sur la dalle de couverture ou GEOLAND TTX 10 | Ouvrage voûte : 6 cm de béton sur la zone concernée ou GEOLAND TTX 10 | - |
| | + Grillage avertisseur dans le remblai | | |
| Accessoires de pose | Profilé de compartimentage + Dispositif d'injection préalablement ancré dans le béton lors du coulage | | |

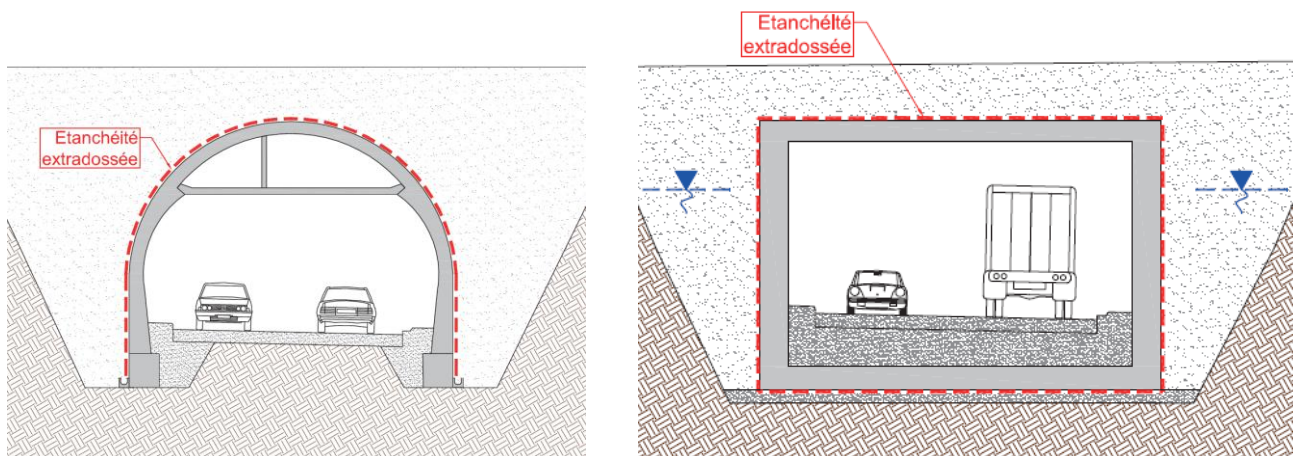


FIGURE 4 – Exemples de schémas de principe en tranchée couverte sans limite d'emprise (TSLE)

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

Processus de fabrication :

SOPREMA fabrique les géomembranes FLAGON BT 20 et FLAGON BT/ST 20, la membrane de protection FLAGON PZ SL et ses produits annexes dans son usine de Chignolo D'Isola (Italie) certifiée ISO 9001 et ISO 14001. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot. Ces géomembranes et membrane de protection sont obtenues à partir de granulés de PVC par le système de co-extrusion pleine masse et calandrage. Le PVC utilisé pour la fabrication des géomembranes est issu de résine vierge. Le PVC utilisé pour la fabrication de la membrane de protection est issu en partie de processus de recyclage interne et externe contrôlés.

SOPREMA fabrique les géotextiles GEOLAND MC dans ses usines de Saint Amans Valtoret (France) et Cerverà (Espagne). Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot. Les géotextiles GEOLAND MC sont obtenus par aiguilletage de fibres 100 % polypropylène issues de processus de recyclage contrôlés.

SOPREMA fabrique les géocomposites GEOLAND TTX. Des contrôles de conformité sont réalisés sur chaque lot. Les géocomposites GEOLAND TTX sont obtenus par aiguilletage de géotextiles 100% polypropylène autour d'un mélange à base de ciment.

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 et 0334-CPR-0030).

Les géocomposites GEOLAND TTX sont marqués CE suivant les normes EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256 et EN 13257 (certificat 3091-CPR-0325).

La géomembrane FLAGON BT 20 est également certifiée ASQUAL.

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

La société SOPREMA tient à disposition des utilisateurs le Guide de pose (édition de mai 2026) du procédé **FLAGON BT 20**.

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 :

- Nom et référence des produits ;
- 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 :

- Nom et référence des produits ;
- 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.

SOPREMA conseille aux entreprises de pose de faire passer une certification ASQUAL soudage aux soudeurs.

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 ;
- 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.

NOTA : 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 multiples ou à de la co-activité, le système VACUUM décrit ci-dessous pourra être privilégié.

1.5.3 Mise en œuvre du système de base

1.5.3.1 Généralités

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 FNTP 712, qualification ASQUAL ou équivalent conseillée), avec un personnel qualifié (certification ASQUAL ou équivalent).

1.5.3.2 Soudures et contrôles

La soudure sera réalisée sur une géomembrane sèche et propre.

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 les profilés de compartimentage.

La géomembranes FLAGON BT 20 étant translucide, elle favorise le contrôle visuel des soudures. 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. Les soudures manuelles seront contrôlées par le passage d'une pointe sèche sur l'ensemble des raccords.

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 soudés sur la géomembrane (voir liste au TABLEAU 2). 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 sur une zone limitée 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, ouvrages de ventilation), et longitudinalement (par exemple raccordement avec les banquettes ou un radier pour éviter la remontée des eaux),
- des traversées d'ancrage ou de pénétrations.

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 éventuelle d'un désordre par une injection de remplissage du compartiment concerné.

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

1.5.3.5 Mise en œuvre sous radier de structure intégrée - Traitement spécifique des tranches du radier

Dans le cadre d'un ouvrage en « structure intégrée », trois cas peuvent être rencontrés :

Cas 1 : L'ouvrage est étanché avec le procédé **FLAGON BT 20** sous radier et imperméabilisé dans la tranche du radier et jusqu'au niveau des EE sur les parois verticales. Sur la hauteur traitée l'ouvrage est alors réputé :

- Imperméabilisé en voile (niveau AFTES 1),
- Etanché en radier (niveau AFTES 0)

Cas 2 : L'ouvrage est étanché avec le procédé **FLAGON BT 20** sous radier et imperméabilisé uniquement dans la tranche du radier. Le radier est considéré comme étanché (niveau AFTES 0) et les parois verticales dans leur globalité sont considérées comme « relativement étanches »

Un débit de fuite maîtrisé est alors admis en voile (niveau AFTES 2), pour une hauteur d'eau inférieure à 8 m. Les limites de passage d'eau peuvent être définies sur la base du § 3.1 du NF DTU 14.1 P1-1.

Cas 3 : L'ouvrage est uniquement étanché avec le procédé **FLAGON BT 20** sous radier. L'ouvrage dans sa globalité, radier compris, est alors considéré comme « relativement étanche ». Un débit de fuite maîtrisé est alors admis en radier et en voile (niveau AFTES 2) pour une hauteur d'eau inférieure à 8 m. Les limites de passage d'eau peuvent être définies sur la base du § 3.1 du NF DTU 14.1 P1-1.

1.5.4 Mise en œuvre du 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.

- Contrôle de l'étanchéité par le système VACUUM :

Ce contrôle peut être réalisé dans toutes les phases de l'ouvrage. Il est néanmoins 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 également être réalisé après la fin des travaux dans le cadre de visites périodiques.

Il consiste à créer une dépression à l'intérieur du DEG. 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 relative 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).

- Réparation :

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.

1.6 Prise en compte des exigences essentielles

Le procédé **FLAGON BT 20** 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.

L'ensemble des essais liés aux exigences du référentiel AT CETU (performances mécaniques, durabilité) a été réalisé (cf.§2).

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

1.7 Références

Le procédé **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 2021 et 2026 (période de validité de l'avis technique précédent), environ 300 000 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 SOPREMA – Département Génie Civil (civilrock@soprema.fr).

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 FLAGON BT 20 | | | Membrane de protection supérieure FLAGON PZ SL | | |
|--|-------------------|--------------------------|------------------------------|--------|--|------------------------------|--------|
| | | VNAP * | Plage de tolérance admise ** | PV *** | VNAP * | Plage de tolérance admise ** | PV *** |
| Epaisseur | mm | 2,00 | [2,0 ; 2,2] | 2.02 | 2,00 | [1,9 ; 2,2] | 2,04 |
| Masse surfacique | g/m ² | 2400 | [2400 ; 2640] | 2415 | 2600 | [2522 ; 2860] | 2790 |
| Masse volumique | Kg/m ³ | 1200 | [1176 ; 1224] | 1210 | - | | |
| Dureté Shore A | - | 72 | [68 ; 76] | 76 | 88 | [83, 93] | 88 |
| Nature chimique | - | PVC-P non UV | | | PVC-P | | |
| Nature du plastifiant | - | DINP | - | DINP | - | | |
| Caractéristiques en traction à la rupture (Sens production) : | | | | | | | |
| • Contrainte | MPa | 16 | [14,4 ; 17,6] | 16,4 | 21 | [18,9 ; 23,1] | 19,0 |
| • Résistance | kN/m | 32 | ≥ 28 | 32,6 | 42 | ≥ 30 | 38,7 |
| • Déformation | % | 330 | ≥ 270 | 380 | 220 | ≥ 200 | 240 |
| Caractéristiques en traction à la rupture (Sens transversal) : | | | | | | | |
| • Contrainte | MPa | 15 | [13,5 ; 16,5] | 15,1 | 20 | [18 ; 22] | 16,6 |
| • Résistance | kN/m | 30 | ≥ 28 | 30,1 | 40 | ≥ 30 | 33,8 |
| • Déformation | % | 330 | ≥ 270 | 379 | 220 | ≥ 200 | 229 |

* 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 SOPREMA 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 FLAGON BT 20

| Caractéristiques | Méthodes d'essais | Références |
|--|------------------------------|--|
| Exigences générales | | |
| Type : Géomembrane PVC-P | | - |
| Epaisseur moyenne (mm) | NF EN 1849-2 | PV de l'IFTH 26-00690 du 09/03/26 |
| Etanchéité à l'eau de la géomembrane | NF EN 14150 | PV de l'IRSTEA 15.073/01 du 18/11/2015 |
| Caractéristiques en traction à la rupture : | NF EN 12311-2 | PV du CEREMA Lyon D020G du 06/01/2026 |
| • Contrainte (MPa) | | |
| • Résistance (kN/m) | | |
| • Déformation (%) | | |
| Caractéristique en poinçonnement statique : | NF P84-507 | PV du CEREMA Lyon D020G du 26/05/26 |
| • Résistance (N) | | |
| • Déplacement du poinçon (mm) | | |
| Retrait libre (%) | NF EN 1107-2 | PV du CEREMA Lyon D022G_RL du 23/02/2026 |
| Exigences relatives à la mise en œuvre | | |
| Planéité (cm) | NF EN 1848-2 | PV du CEREMA Lyon D020G_RPT du 06/02/26 |
| Translucidité | NF EN 410 | PV du CSTB DBV-G-25-56005 du 24/11/25 |
| Aspect | NF EN 1850-2 | PV du CEREMA Lyon D020G_RPT du 06/02/25 |
| Largeur (m) | NF EN 1848-2 | PV du CEREMA Lyon D020G du 06/02/25 |
| Rectitude (cm/10 m) | NF EN 1848-2 | PV du CEREMA Lyon D020G_RPT du 06/02/25 |
| Soudabilité entre lés : | NF P84-502-2 NF P84-502-1 | PV du CEREMA Lyon D010S du 26/11/25 |
| • Résistance au pelage (kN/m) | | |
| • Résistance au cisaillement (kN/m) | | |
| Souplesse à basse température | NF EN 495-5 | PV du CEREMA Lyon D020G_SBT du 05/01/26 |
| Soudabilité géomembrane / profilés de compartimentage SOPREMA (cf tableau 2) : | NF P84-502-2 | PV du CEREMA Lyon D010S du 27/11/2025 |
| • Résistance au pelage (kN/m) | | |
| Exigences liées à la durabilité | | |
| Résistance aux micro-organismes : | NF EN ISO 846 | PV de l'IFTH n°25-03245-00 du 22/05/26 |
| • Essai de croissance | | |
| • Effet fongistatique | | |

| Caractéristiques | Méthodes d'essais | Références |
|--|--------------------|--|
| Résistance à l'immersion dans l'eau de la géomembrane : | NF P84-509 | |
| <ul style="list-style-type: none"> Perte poids (%) (Essai accéléré : 10 jours à 60°C) | | PV du CEREMA Lyon D020G_IMM du 29/12/2025 |
| <ul style="list-style-type: none"> Perte de poids (%) (Essai à long terme : 6 mois à 23°C) | | PV du CEREMA Lyon T004G du 21/10/2015 |
| <ul style="list-style-type: none"> Diminution résistance (%) (Essai à long terme : 6 mois à 23°C) | | PV du CEREMA Lyon T004G du 21/10/2015 |
| Sécurité - Hygiène | | |
| Réaction au feu (classement selon la NF EN 13 501-1) | NF EN ISO 11 925-2 | PV de Istituto Giordano 434242 du 31/10/25 |
| Caractéristiques d'identification pour contrôles sur chantier (écarts admissibles sur VNAP – Cf - Tableau 11) | | |
| Epaisseur (mm) | NF EN 1849-2 | PV de l'IFTH 26-00690 du 09/03/26 |
| Masse surfacique | NF EN 1849-2 | PV du CEREMA Lyon D020G du 17/12/25 |
| Masse volumique | NF EN ISO 1183-1 | PV de l'IFTH n°25-02810-00 du 13/01/26 |
| Dureté shore A | NF EN ISO 868 | PV du CEREMA Lyon D020G_D du 05/01/26 |
| Plastifiant : | EN ISO 6427 | PV SKZ n° 250007 du 27/03/26 |
| <ul style="list-style-type: none"> Pourcentage (confidentiel) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Nature | | |
| Résistance à la rupture en traction (SP et ST) | NF EN 12311-2 | PV du CEREMA Lyon D020G du 06/01/26 |
| <ul style="list-style-type: none"> Contrainte (MPa) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Résistance (kN/m) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Déformation (%) | | |

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

| Caractéristiques | Méthodes d'essais | Références |
|---|-------------------|-------------------------------------|
| Exigences générales | | |
| Epaisseur (mm) | NF EN 1849-2 | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |
| Masse surfacique (g/m ²) | | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |
| Caractéristiques en traction à la rupture (sens production) : | NF EN 12311-2 | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |
| <ul style="list-style-type: none"> Contrainte (MPa) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Déformation (%) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Résistance (kN/m) | | |

| | | |
|---|---------------|--|
| Caractéristique en poinçonnement statique : | | |
| • Résistance (N) | NF P84-507 | PV du CEREMA Lyon D022G du 05/03/26 |
| • Déplacement du poinçon (mm) | | |
| Exigences relatives au DEG avec sa protection | | |
| Poinçonnement dynamique du complexe | NF P84-506 | PV du CEREMA Lyon D022G_Pdyn du 26/02/26 |
| Caractéristique d'identification pour contrôles sur chantier (écarts admissibles sur VNAP – Cf – Tableau 11) | | |
| Epaisseur (mm) | NF EN 1849-2 | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |
| Masse surfacique (g/m ²) | NF EN 1849-2 | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |
| Dureté Shore A | NF EN ISO 868 | PV du CEREMA Lyon D022G du 09/01/26 |
| Résistance en traction (kN/m) | NF EN 12311-2 | PV du CEREMA Lyon D022G du 06/01/26 |

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.**

Paul Guinard
Directeur GCOA

SOPREMA SAS
RCS Strasbourg 314 527 557
15 Rue de St Nazaire
67026 STRASBOURG CEDEX

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.

Les paragraphes 3.1 à 3.3 exposent les résultats des essais laboratoires relatifs au procédé **FLAGON BT 20**, démontrant la conformité aux exigences du référentiel d'essais établi par la commission des Avis Techniques CETU.

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 conforme au référentiel :

- $<10^{-6}$ m³/m²/j sous une différence de pression de 200kPa (le référentiel spécifie une valeur inférieure à 10^{-5} m³/m²/j sous une différence de pression de 100kPa suivant la norme NF EN 14150).

3.1.3 Caractéristiques en traction

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

Sens production :

- 32,6 kN/m pour la résistance à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 28 kN/m) ;
- 16,4 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 14 MPa) ;
- 380 % de déformation à la force maximum (le référentiel spécifie > 270 %).

Sens travers :

- 30,1 kN/m pour la résistance à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 28 kN/m) ;
- 15,1 MPa pour la contrainte à la rupture (le référentiel spécifie ≥ 14 MPa) ;
- 379 % de déformation à la force maximum (le référentiel spécifie > 270 %).

3.1.4 Caractéristiques au poinçonnement statique

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel :

- 411 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 **FLAGON BT 20** 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

Les résultats sont conformes aux spécifications figurant dans le Cahier 11 du « Guide AFTES des Bonnes Pratiques d'étanchement et de drainage en ouvrages souterrains » (anciennement Recommandation AFTES GT9R5F1 de l'AFTES).

3.2.3 Membrane de protection supérieure

La membrane de protection **FLAGON PZ SL**, associée à la géomembrane et à un géotextile de protection inférieure **GEOLAND MC** 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 nécessaire pour être 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 9).

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 **FLAGON BT 20**.

L'évaluation de la résistance à l'immersion à court ou long terme suivant la norme NF P 84-509 n'a pas mis en évidence de perte gravitaire de la géomembrane **FLAGON BT 20**. Les résultats de l'essai sont conformes aux valeurs spécifiées dans le référentiel.

3.4 Sécurité – Hygiène

La société SOPREMA a fourni un procès-verbal d'essai sur le comportement au feu des géomembranes **FLAGON BT 20** et **FLAGON PZ SL**, 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). L'essai ayant été réalisé sur une durée de 60 s au lieu de 15 s, cela correspond à un classement E+ tel que défini dans le Cahier 12 du « Guide AFTES des Bonnes Pratiques d'étanchement et de drainage en ouvrages souterrains » (anciennement Recommandation AFTES GT9R18F1 de l'AFTES). Cette Recommandation précise également 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 indiquent 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 SOPREMA (paragraphe 1.3) 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 (cf. §1.5.4). Ce procédé est donc conseillé dans les zones soumises à des pressions hydrostatiques, où la coactivité 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 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 Guide de pose SOPREMA).

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.

La géomembrane FLAGON BT 20 est certifiée ASQUAL.

3.5.3 Mise en œuvre

La société SOPREMA n'applique pas elle-même son produit. L'applicateur devra disposer, sur le chantier, du Guide pose SOPREMA 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, 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.

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 problème particulier 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