



Centre  
d'Etudes  
des Tunnels

# Avis technique

**Avis Technique**  
n° 20-04

**Validité du : 10/03/2021**  
**au : 10/03/2026**

---

## ETANCHEITE D'OUVRAGES SOUTERRAINS

---

**NOM DU PROCEDE : VOLTEX**

**ENTREPRISE : DIP TECHNOLOGIES**



**MINISTÈRE  
CHARGÉ  
DES TRANSPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# AVIS TECHNIQUE

## ETANCHEITE D'OUVRAGES SOUTERRAINS

Avis Technique N° 20-04

Validité du : 10/03/2021

au : 10/03/2026

**NOM DU PROCEDE : VOLTEX**

**ENTREPRISE : DIP TECHNOLOGIES**

Le procédé VOLTEX appartient à la famille des géosynthétiques bentonitiques (GSB).

Il est constitué d'un géosynthétique bentonitique VOLTEX DS.

Le VOLTEX DS est manufacturé en usine en forme de nappe et est constitué de granulés de bentonite sodique contenus entre deux géotextiles maintenus par aiguilletage. Il comporte sur l'une de ses faces un géofilm en polyéthylène.

L'épaisseur moyenne de la nappe est de 6 mm.

La fonction d'étanchéité du géosynthétique bentonitique VOLTEX DS n'est acquise qu'après saturation en eau de la bentonite sous contrainte de confinement.

Les fixations mécaniques sont prises en compte dans le présent avis.

En tranchée couverte, les nappes posées en piédroit ou en voûte sont fixées mécaniquement au support ou en tête de coffrage. Sous radier et sur dalle, les nappes sont posées en indépendance. Les nappes sont assemblées entre elles par simple recouvrement. La structure de l'ouvrage ou le remblai assure le confinement des nappes.

**Le présent document annule et remplace le précédent avis technique N° 14-001 à compter du 10/03/2021**

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

## TABLE DES MATIERES

<b>CHAPITRE I - FICHE D'IDENTIFICATION</b> .....	<b>5</b>
I.1 - Renseignements commerciaux .....	5
I.2 - Définition, constitution et composition du procédé.....	5
I.3 - Domaine d'emploi - Limites et précautions d'emploi .....	6
I.3.1 - Domaine d'emploi.....	6
I.3.2 - Les supports.....	8
I.3.3 - Les protections .....	9
I.4 - Mise en œuvre .....	10
I.4.1 - Conditions climatiques .....	10
I.4.2 - Recouvrement vertical et horizontal des lés de GSB.....	10
I.4.3 - Mise en œuvre sous radier .....	11
I.4.4 - Mise en œuvre en vertical sur soutènement piédroit .....	14
I.4.5 - Pose sur voiles coulés verticaux ou inclinés.....	14
I.4.6 - Pose sur coffrage .....	15
I.4.7 - Mise en œuvre sur dalle supérieure ou voûte .....	15
I.4.8 - Dispositions constructives .....	15
I.4.9 - Remblai .....	16
I.5 - Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre .....	16
I.5.1 - Transport et stockage.....	16
I.6 - Prise en compte des exigences essentielles .....	16
I.7 - Références .....	16
I.8 - Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité.....	17
<b>CHAPITRE II - ESSAIS DE CARACTERISATION</b> .....	<b>18</b>
II.1 - Eléments de caractérisation .....	18
II.2 - Essais pour l'évaluation de l'aptitude à l'usage .....	18
<b>CHAPITRE III - AVIS DE LA COMMISSION</b> .....	<b>20</b>
III.1 - Exigences générales .....	20
III.1.1 - Propriétés physiques.....	20
III.1.2 - - Propriétés hydrauliques.....	20
III.1.3 - Propriétés mécaniques .....	21
III.2 - Exigences liées à la durabilité .....	21
III.3 - Sécurité - hygiène .....	21
III.4 - Conclusions .....	22

III.4.1 - Appréciation à l'adaptation du support .....	22
III.4.1 - Appréciation sur le domaine d'emploi .....	22
III.4.1 - Contrôle de la conformité .....	22
III.4.2 - Mise en œuvre .....	23
III.4.3 - Aptitude à la réparation .....	23
III.4.4 - Sécurité Qualité .....	23
III.4.5 - Retour d'expérience.....	23

## CHAPITRE I - FICHE D'IDENTIFICATION

Renseignements fournis par le fabricant :

### ***1.1 - Renseignements commerciaux***

Le procédé VOLTEX est distribué par :

*DIP TECHNOLOGIES (France et Afrique francophone)*

*8b rue de Lombardie*

*69800 Saint Priest*

*Tel : 04 72 51 05 95*

*Fax : 04 72 51 21 48*

La bentonite en vrac est extraite des gisements appartenant au groupe AMCOL puis séchée et broyée dans les usines CETCO.

Les rouleaux VOLTEX DS et la bentonite en vrac sont fabriqués par CETCO EMEA dans l'usine de : SZCZYTNO en Pologne.

Le joint hydrogonflant RX est fabriqué par CETCO dans l'usine de SZCZYTNO en Pologne.

Les produits VOLTEX et joints RX sont des marques déposées.

### ***1.2 - Définition, constitution et composition du procédé***

Le procédé VOLTEX fait partie de la famille des Géosynthétiques Bentonitiques (GSB) (au sens de la norme NF EN ISO 10318) conformément au Fascicule 67 titre III.

Il comprend :

#### a) Nappe VOLTEX DS

La nappe est constituée de granulés de bentonite sodique contenus entre deux géotextiles en polypropylène, assemblés par aiguilletage. La quantité moyenne de bentonite sèche est de 4,5 kg/m<sup>2</sup>. L'un des géotextiles est un tissé de 100g/m<sup>2</sup> de couleur noire, l'autre un non tissé de 200 g/m<sup>2</sup> de couleur verte. Un film en polyéthylène basse densité d'épaisseur 0,2 mm de couleur noire est collé sur le non-tissé vert.

Dans le cas d'une utilisation en présence d'eau de mer ou d'une eau agressive, alors la bentonite du VOLTEX DS est renforcée par ajout de polymère.

Dans tous les cas, il est obligatoire de vérifier la compatibilité du procédé avec le projet en procédant à des essais de gonflement de la bentonite en laboratoire selon la norme XP P 84-703 avec un échantillon d'eau prélevé sur site. Il est possible que les essais ne permettent pas de valider l'utilisation du procédé (gonflement de la bentonite renforcée en polymère et perméabilité > 5.10<sup>-11</sup> m/s).

#### b) BENTONITE ST / BENTONITE CR

La Bentonite sodique en vrac est destinée au traitement des recouvrements et des points singuliers horizontaux.

La bentonite sodique standard ST est une argile gonflante qui appartient au groupe des argiles de type smectites.

La bentonite sodique « CR » (Chemical Resistant), dite « eau de mer » est de la bentonite sodique standard ST, renforcée par un polymère spécifique.

**Le choix entre bentonite ST et Bentonite CR est déterminé par l'essai de gonflement avec les eaux du site.**

Préparation de la bentonite hydratée :

La bentonite sodique en vrac hydratée se présente sous forme d'une pâte préparée sur chantier à partir de bentonite granulaire et d'eau (1/3 de volume d'eau pour 2/3 de volume de bentonite). Elle est destinée au traitement des recouvrements verticaux.

#### c) Joint hydrogonflant RX

Mélange homogène de bentonite sodique de marque VOLTEX type Saline Seal 100 (75 %) et de caoutchouc butyle (25 %). Ce joint est utilisé pour le traitement des reprises de bétonnage. Joint mis en œuvre avec grille FILFIX.

Il existe 2 dimensions :

- RX 101 : Section de 20 mm x 25 mm
- RX 103 : Section de 10 mm x 15 mm.

Les joints RX 101 sont conditionnés en longueur de 30 ml et les joints RX 103 en longueur de 72 ml.

#### d) Accessoires de fixations pour le VOLTEX DS

- Support béton : clou béton L 37 mm avec rondelle plastique de 30 mm HILTI ou de performance équivalente, fixé au pistolet HILTI DX 460 MX ou de performance équivalente
- Support parois moulées, poteaux préfondés : cheville à frapper L 65 mm et diamètre 6 mm HILTI, ou de performance équivalente
- Fermeture des lés de recouvrements de VOLTEX DS : agrafe 32x18 ALSAFIX ou de performance équivalente, fixée à l'agrafeuse 561 ou 561 PN, et bande adhésive en PVC avec masse adhésive en caoutchouc, d'épaisseur 0,125 mm de type BARNIER.

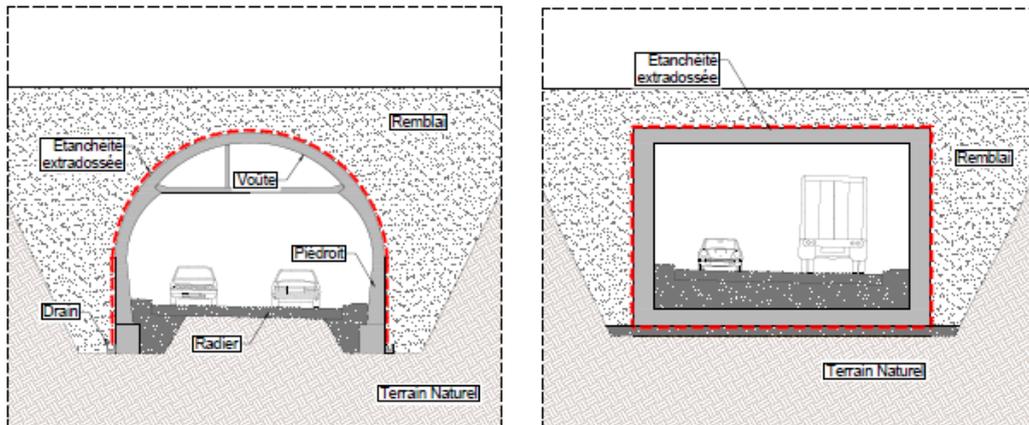
### ***1.3 - Domaine d'emploi - Limites et précautions d'emploi***

Le procédé **VOLTEX DS** étanche les ouvrages vis-à-vis des eaux d'infiltrations sans pression ou des eaux de nappe phréatique pour des pressions hydrostatiques inférieures ou égales à 20 m.

#### ***1.3.1 - Domaine d'emploi***

- l'extrados de tranchées couvertes (dalles supérieures, piédroits, radier)
- l'extrados d'ouvrages d'art sous plateforme routière, autoroutière et ferroviaire avec étanchéité sous remblai
- l'extrados de structures de cuvelage d'ouvrages de génie civil enterrés
- les parkings souterrains hors emprise bâtiments
- les souterrains piétons/cyclistes hors emprise bâtiments
- le radier de structures intégrées (radier liaisonné à un soutènement)

### Tranchée sans limite d'emprise (T.S.L.E)



### Tranchée avec limite d'emprise (T.A.L.E)

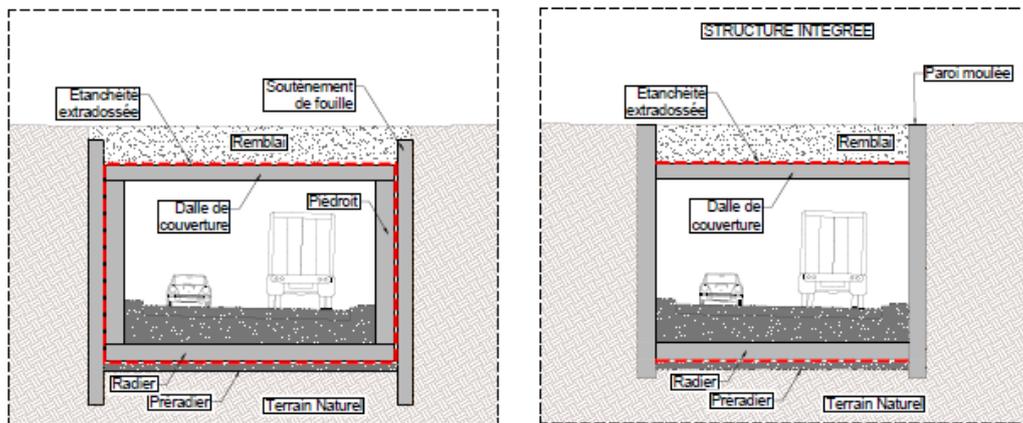


Figure 1 : Schéma de principe

### I.3.2 - Les supports

Les supports du **VOLTEX DS** peuvent être les suivants (paragraphe. tableau n° I):

- béton armé - paroi moulée - paroi au coulis - palplanches métalliques - béton projeté avec ou sans fibres - berlinoise bois, et béton de propreté pour l'étanchéité du radier.

Le support doit faire l'objet d'une préparation spécifique conformément au fascicule 67 titre III.

**TABLEAU I**  
**SPECIFICATIONS RELATIVES AUX SUPPORTS**

NATURE DU SUPPORT								
BETON					SOUTÈNE- MENT ME- TALLIQUE (cintres, bou- lons, pal- planches avec maté- riaux de rem- plissage)	COULIS BENTONITE /CIMENT (PAC)		
Béton coulé Béton préfabriqué			Béton projeté (fibré ou non)		Paroi moulé	Désaffleu- rement entre élé- ments béton	Désaffleu- rement entre éléments mé- talliques	Pour paroi de soutènement de TALE
Planéité P(n) selon FD P18-503	Niveau de bullage E(n,m,p) selon FD P18-503	Rugosité (PMT) selon NF EN 13036-1	Profondeur des anfrac- tuosités	Rugosité (PM)	Planéité P (n) selon FD P 18- 503			
≤ 6 mm ≤ 15 mm P(1)	Sans objet		≤ 1 cm	≤ 1 cm	Traitement de surface (repro- filage...) pour obtenir un pa- rement P(1)	≤ 1 cm	≤ 1 cm	Admis

### I.3.3 - Les protections

La nature et les caractéristiques physico-mécaniques des protections supérieures et complémentaires, en fonction des remblais, devront être conformes aux recommandations de l'A.F.T.E.S. relatives à la protection des étanchéités.

#### I.3.3.a - Par nature de support

TABLEAU II

TYPE DE PROTECTION DES TRANCHEES COUVERTES PAR NATURE DE SUPPORT

Type de protection	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 synthétique Parois moulées rabotées	Parois berlinoises Parois moulées non rabotées Rideau de palplanches (avec remplissage des ondes)	Béton projeté fibré métallique
Protection inférieure	So*	Spécifications du tableau I		
Protection supérieure	6 cm de béton OU treillis soudé ST25C (ou dispositif équivalent)	So	So	So
Protection complémentaire	So	Non Admis		

\* SO : Sans Objet

#### I.3.3.b - Par nature des remblais

##### Quand l'ouvrage est remblayé

- Il est mis en œuvre une première protection supérieure sur le VOLTEX DS constitué par un géotextile synthétique de masse surfacique supérieure ou égale à 700 g/m<sup>2</sup>. Les caractéristiques requises du géotextile devront être conformes aux recommandations de l'A.F.T.E.S. relatives à la protection des étanchéités et aux exigences d'un produit marqué CE selon la norme NF EN 13256.
- Il convient de mettre une protection supérieure sur la première protection supérieure en géotextile synthétique. Elle est définie en fonction de la nature, de l'agressivité et de la hauteur du matériau de remblaiement, de la classe minimale de résistance au poinçonnement dynamique du procédé **VOLTEX DS**. La nature de la protection complémentaire est rappelée dans le tableau III ci-après.

**TABLEAU III**

**PROTECTIONS MECANQUES DES TRANCHEES COUVERTES DANS LE CAS DE REMBLAIEMENT**

Type de protection	Nature et hauteur du remblai		
	<b>Remblai sur couverture (TSLE et TALE) et piédroits / voiles (TSLE)</b>		
	Remblai $\leq 0,50$ m  Tous types de remblai (classe A, B, C, D) avec $D_{max} \leq 200$ mm	Remblai $> 0,50$ m  Remblai en matériaux <u>roulés</u> (classe A, B, C1, D) avec $D_{max} \leq 200$ mm sur les 2 premiers mètres de remblai	Remblai $> 0,50$ m  Remblai en matériaux <u>concassés</u> (classe A, B, C2, D, R) avec $D_{max} \leq 200$ mm sur les 2 premiers mètres de remblai
<b>Protection inférieure</b>	-		
<b>Protection supérieure</b>	Sur dalle de couverture : 6 cm de béton et En piédroits/voiles, le remblai peu agressif doit vérifier : $D_{max} < 40$ mm, Coeff d'uniformité $> 10$ , Compactage à 95 % du Proctor normal		
<b>Protection complémentaire</b>	+ Grillage avertisseur dans le remblai		

### ***1.4 - Mise en œuvre***

La société DIP TECHNOLOGIE tient à disposition des applicateurs un Cahier de Mise en Œuvre concernant le procédé VOLTEX DS, édition avril 2019.

#### ***1.4.1 - Conditions climatiques***

La mise en œuvre sous la pluie est interdite.

La mise en œuvre peut se faire sous toute température. Dans le cas d'une durée d'exposition prolongée à des températures élevées, il convient d'augmenter la largeur des recouvrements (consulter DIP TECHNOLOGIE).

Le délai maximal d'exposition aux UV est de 30 jours.

Les rouleaux de VOLTEX DS sont utilisés pour toutes les parties de l'ouvrage et peuvent être appliqués sous toutes températures, sur support sec ou humide. Néanmoins, il faut s'assurer de l'absence d'eau stagnante en surface.

#### ***1.4.2 - Recouvrement vertical et horizontal des lés de GSB***

Les recouvrements du VOLTEX DS sont toujours, géotextile tissé noir en contact avec le géotextile non tissé vert. La liaison entre chaque lé est assurée par un recouvrement de 20 cm minimum pour une pression hydrostatique inférieure à 0,1 MPa ou de 30 cm pour une pression hydrostatique comprise entre 0,1 et 0,2 MPa.

En partie horizontale, la zone de chevauchement sera recouverte, entre les lés, de bentonite en poudre à raison de 0,5 kg/ml de bentonite. Les faces polyéthylène doivent être en contact. Dans le cas d'un recouvrement vertical, les faces polyéthylène doivent être dans le sens des « tuiles ».

En partie verticale, après bétonnage et dégagement de la laitance au droit des recouvrements, la zone de chevauchement entre les lés sera enduite de bentonite hydratée à raison de 0,5 kg/ml, soit environ 5 mm d'épaisseur ou d'une bande de pâte de bentonite de 15 cm de largeur. Les raccords verticaux et horizontaux seront fixés mécaniquement, à raison d'une fixation tous les 50 cm par cloutage (30 cm par agrafage) et une bande adhésive large type BARNIER sera appliquée sur le polyéthylène.

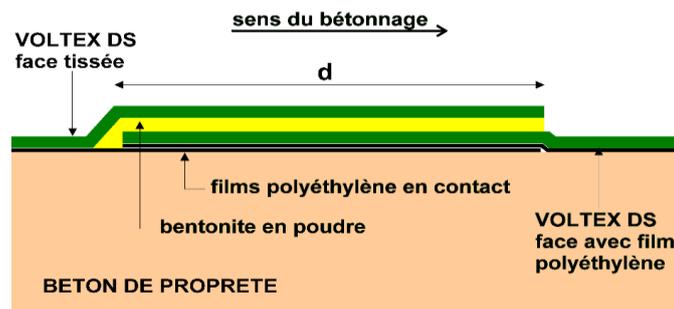


Figure 2 – Traitement des recouvrements

Pour éviter les points quadruples (superposition de quatre lés), les abouts de lés seront décalés de 30 cm minimum.

### ***1.4.3 - Mise en œuvre sous radier***

Dans tous les cas, un béton de propreté sera mis en œuvre et devra être soigneusement dressé à la règle.

Conformément au fascicule 67 titre III, les défauts de planéité et de rugosité de surface devront être supprimés et les angles vifs devront être chanfreinés.

Les lés de GSB pourront être appliqués sur support sec ou humide. Néanmoins, il faut s'assurer de l'absence d'eau stagnante en surface.

Les rouleaux de VOLTEX DS sont déroulés manuellement ou mécaniquement sur le béton de propreté, face polyéthylène en contact avec le support, face tissée vers l'opérateur.

Le bétonnage du radier devra toujours être réalisé dans le sens des recouvrements des rouleaux de GSB.

La mise hors d'eau et la protection mécanique du GSB sera assurée soit par la mise en œuvre d'une chape de béton de 6 cm d'épaisseur minimum, soit par la mise en place d'un treillis soudé au minimum ST 25C posé sur cales type barrettes. Dans ce cas la mise hors d'eau est assurée par la réalisation à l'avancement du radier.

#### ***1.4.3.a - Traitement des tranches du radier de structure intégrée.***

##### ***1) Généralités***

Dans le cadre d'un ouvrage en « structure intégrée », on retrouve trois sous-catégories :

Nota : Un ouvrage en « structure intégrée » désigne un radier généré entre parois de soutènement définitive et structurelle.

a) L'ouvrage est étanché avec le procédé VOLTEX sous radier et imperméabilisé dans la tranche du radier et jusqu'au niveau des EE sur les parois verticales. L'ouvrage est alors réputé « imperméabilisé » :

- En voile, le débit correspond à un débit AFTES 1
- Le radier est étanché (niveau AFTES 0)
- La hauteur d'eau admissible sur l'ouvrage est induite par la limite la plus basse entre celle du procédé d'imperméabilisation et du procédé d'étanchéité sous radier.

b) L'ouvrage est étanché avec le procédé VOLTEX sous radier et imperméabilisé dans la tranche du radier, sans revêtement sur la paroi verticale relativement étanche. Le radier est considéré comme « imperméabilisé » et l'ouvrage dans sa globalité est considéré comme « relativement étanche » ;

Un débit de fuite maîtrisé est alors admis, uniquement en voile, pour une hauteur d'eau inférieure à 8 m.

Les limites de passage d'eau prévues au § 3.1 du NF DTU 14.1 P1-1 sont les suivantes :

- Pour la structure résistante dans son ensemble :
  - moyenne annuelle : 0,5 l/m<sup>2</sup>/jour
  - moyenne hebdomadaire : 1,0 l/m<sup>2</sup>/jour
- Pour toute portion de structure résistante de 10 m<sup>2</sup> constituant un rectangle dont le rapport des côtés est compris entre 0,4 et 2,5 (pour la paroi moulée, cette portion peut être centrée sur un joint entre panneaux) :
  - moyenne hebdomadaire : 2 l/m<sup>2</sup>/jour

En voile, le débit correspond à un débit AFTES 2

Le radier est étanché (niveau AFTES 0)

Au-delà de 8 m de hauteur d'eau, le débit n'est potentiellement plus maîtrisé.

c) L'ouvrage est étanché avec le procédé VOLTEX sous radier sans revêtement sur la paroi verticale relativement étanche au sens du DTU 14.1, sans traitement de la tranche de radier. L'ouvrage dans sa globalité, radier compris, est alors considéré comme relativement étanche.

Un débit de fuite maîtrisé est alors admis pour une hauteur d'eau inférieure à 8 m.

Les limites de passage d'eau prévues au § 3.1 du NF DTU 14.1 P1-1 sont les suivantes :

- Pour la structure résistante dans son ensemble :
  - moyenne annuelle : 0,5 l/m<sup>2</sup>/jour
  - moyenne hebdomadaire : 1,0 l/m<sup>2</sup>/jour
- Pour toute portion de structure résistante de 10 m<sup>2</sup> constituant un rectangle dont le rapport des côtés est compris entre 0,4 et 2,5 (pour la paroi moulée, cette portion peut être centrée sur un joint entre panneaux) :

- moyenne hebdomadaire : 2 l/m<sup>2</sup>/jour.

Le débit correspond à un débit AFTES 2.

Cette conception est à considérer comme relativement étanche avec un débit de fuite admissible, en radier et en voile.

Au-delà de 8 m de hauteur d'eau, le débit n'est potentiellement plus maîtrisé en voile.

## 2) Préparation de la jonction Paroi moulée – Radier (cf. figure 3)

Pour plus de détails sur le traitement des points singuliers se référer au Cahier de Mise en Œuvre établi par la société CETCO (avril 2019).

Il est rappelé ci-dessous les principales phases pour le traitement de la jonction Paroi moulée et Radier

- la paroi moulée est rabotée à minima au droit du contact avec le radier sur une hauteur > à 20 centimètres
- il est mis en œuvre une couche de béton de propreté comprenant une réservation de 5 cm par 5 cm en périphérie de la paroi moulée
- il est appliqué sur la paroi moulée, par projection, dans l'épaisseur du radier, un mortier d'imperméabilisation mince d'aspect structuré (paragraphe § 4.3.4 du DTU 14.1) faisant l'objet d'un cahier des charges visé par un contrôleur technique agréé, pour la hauteur d'eau nécessaire
- la réservation réalisée dans le béton de propreté est comblée avec un apport de bentonite en poudre ou granulaire
- le VOLTEX DS est posé sur le béton de propreté et au contact de la paroi moulée
- un solin de bentonite granulaire est effectué afin de fermer le contact VOLTEX DS et Paroi moulée
- deux joints hydro gonflant sont fixés mécaniquement entre les aciers.

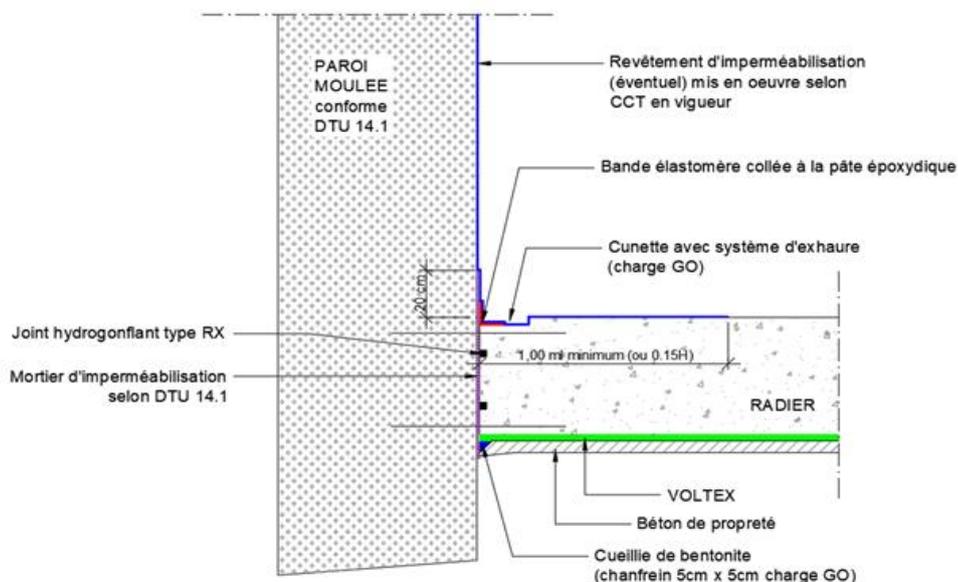


Figure 3 : Traitement des tranches du radier

#### ***1.4.3.b - Compartimentage***

- En radier

Le procédé VOLTEX DS ne nécessite pas de compartimentage en radier du fait de l'adhérence de celui-ci avec le béton.

Le procédé VOLTEX DS n'est compartimenté que lorsqu'il est protégé par une chape béton. La surface des compartiments sera limitée à 300 m<sup>2</sup>. Le compartimentage est réalisé en créant des réservations de 10 cm de largeur dans la chape béton.

- Dalle de couverture

Dans le cas de dalles de couverture, la mise en œuvre d'une couche de bentonite en vrac à l'interface béton/VOLTEX DS permet de s'affranchir de compartimentage. Lorsque la couverture de la tranchée est en forme de voûte, cette dernière est humidifiée avant de répandre de la bentonite en vrac. L'humidification garantit la tenue de la bentonite en poudre.

#### ***1.4.4 - Mise en œuvre en vertical sur soutènement piédroit***

Le support devra être conforme au fascicule 67 titre III.

Les lés de VOLTEX DS seront fixés mécaniquement sur la paroi de soutènement, face tissée vers l'opérateur, face polyéthylène en contact avec la paroi de soutènement, en respectant un recouvrement entre lés de 20 ou de 30 cm. Les recouvrements entre lés seront enduits de bentonite hydratée (0,5 kg/ml soit environ 5 mm d'épaisseur) ou d'une pâte de bentonite prête à l'emploi (bande de 15 cm de largeur).

Les lés de GSB seront fixés mécaniquement sur le soutènement.

Les lés de GSB seront tenus en tête par des fixations mécaniques tous les 30 cm.

Les raccords verticaux et horizontaux seront fixés mécaniquement, à raison d'une fixation tous les 50 cm par cloutage (30 cm par agrafage).

Le bétonnage devra toujours être réalisé dans le sens des recouvrements des lés.

Le tuilage des lés devra respecter le sens vertical de la chute du béton.

#### ***1.4.5 - Pose sur voiles coulés verticaux ou inclinés***

La pose sur voiles réalisés n'est envisageable que dans le cas des ouvrages dont le premier niveau de sous-sol est partiellement enterré (2m de profondeur maximum).

Le support doit être nettoyé par brossage ou lavage.

Enduire de bentonite hydratée la totalité de la surface du voile.

Les lés de VOLTEX DS sont fixés mécaniquement sur le voile, face polyéthylène vers l'opérateur, face tissée en contact avec le support béton, en respectant un recouvrement entre lés de 20 cm avec apport de bentonite hydratée.

Le VOLTEX DS doit être tenu en tête par une fixation tous les 30 cm minimums.

Sur les recouvrements verticaux et horizontaux, prévoir une fixation tous les 50 cm par cloutage (30 cm par agrafage) et l'application d'une bande adhésive large sur le polyéthylène.

Raccorder le VOLTEX DS posé sous radier.

#### ***1.4.6 - Pose sur coffrage***

Les lés seront posés sur l'intérieur de la banche extérieure du voile, face polyéthylène en contact avec la banche, face tissée vers l'applicateur.

Les lés de GSB devront être tenus en tête de coffrage et selon les dispositions du Cahier de Mise en Œuvre.

Le bétonnage devra toujours être réalisé dans le sens des recouvrements des lés.

Après bétonnage et dégagement de la laitance au droit des recouvrements, la zone de chevauchement entre les lés sera enduite de bentonite hydratée à raison de 0,5 kg/ml, soit environ 5mm d'épaisseur ou d'une bande de pâte de bentonite de 15cm de largeur. Les raccordements verticaux et horizontaux seront fixés mécaniquement, à raison d'une fixation tous les 50 cm par cloutage (30 cm par agrafage) et une bande adhésive large type BARNIER sera appliquée sur le polyéthylène.

#### ***1.4.7 - Mise en œuvre sur dalle supérieure ou voûte***

Le support devra être conforme au fascicule 67 titre III.

Avant la mise en œuvre de GSB, il est appliqué sur les surfaces horizontales une couche de bentonite en poudre à raison de 0,5 kg/m<sup>2</sup>.

Les lés de GSB sont posés face tissée vers le béton, face polyéthylène vers l'opérateur.

La pose est identique à celle du radier.

Le raccordement des abouts de lés de GSB devra être décalés de 0,30 m au minimum.

Pour les dalles supérieures, une protection mécanique du type chape béton grillagé, d'une épaisseur minimale de 6 cm, devra être mise en œuvre dans les plus brefs délais.

Pour les ouvrages voûtés, cette protection pourra être un géotextile dont les caractéristiques physico-mécaniques des protections supérieures et complémentaires, en fonction des remblais, devront être conformes aux recommandations de l'A.F.T.E.S. relatives à la protection des étanchéités.

La pose d'un grillage avertisseur de couleur marron doit être réalisée, quelle que soit la hauteur du remblai.

Nota : Sous voirie lourde, la mise en œuvre d'une dalle béton armé de 10 cm, est obligatoire si la hauteur du remblai est égale ou inférieure à 50 cm.

#### ***1.4.8 - Dispositions constructives***

La contrainte minimale apportée par les matériaux de confinement (remblai ou béton) est supérieure à 10 kPa. L'épaisseur de remblai sur la dalle ne doit pas être inférieure à 50 cm en climat de plaine et à 80 cm en climat de montagne.

Dans le cas où l'épaisseur du remblai est inférieure à 2 m, les végétaux « hautes tiges » doivent être situés à au moins 2 m de la périphérie de la dalle de couverture.

Les végétaux indiqués en Annexe B de la NF 84-204-1-1 (DTU 43.1) sont interdits.

### ***1.4.9 - Remblai***

La réception de l'étanchéité avant remblai est obligatoire.

Les remblais doivent être mis en place à l'avancement.

Les matériaux de remblaiement doivent être conformes aux recommandations du fascicule 12 du PA-RAGRAPHÉ. Le matériau ne doit pas présenter de granulats susceptibles de poinçonner le Géosynthétique Bentonitique :

- Dimension des plus gros éléments 40 mm
- Coefficient d'uniformité du matériau supérieur à 10.

La dérogation à ces recommandations doit faire l'objet d'une étude particulière, validée par une planche d'essai.

Le remblai est mis en œuvre conformément aux règles de l'art.

Le compactage doit être à la densité minimum de 95% du Proctor normal. Un soin particulier doit être apporté afin d'éviter toute dégradation du GSB.

**IMPORTANT** : Les remblais doivent être exécutés en respectant le sens de pose du GSB.

### ***1.5 - Conditions particulières de transport, de stockage et de mise en œuvre***

La Société DIP TECHNOLOGIES tient à disposition des applicateurs un Cahier de Mise en Œuvre concernant le procédé VOLTEX, - Édition AVRIL 2019.

#### ***1.5.1 - Transport et stockage***

Les membranes GSB sont livrées en rouleaux, protégés par un emballage individuel en PEBD.

Les rouleaux de VOLTEX DS peuvent être stockés à l'extérieur, non déballés, sur une surface plane, propre et hors d'eau.

Les joints hydrogonflants et la bentonite en vrac doivent être stockés dans un local, à l'abri des intempéries.

### ***1.6 - Prise en compte des exigences essentielles***

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

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

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

### ***1.7 - Références***

Plus de 650 000 m<sup>2</sup> de membrane VOLTEX ont été mise en œuvre depuis 2014.

### ***1.8 - Dispositions prises par l'entreprise pour assurer la qualité***

Les produits entrant dans le procédé VOLTEX sont fabriqués par CETCO EMEA dans son usine de SZCZYTNO en Pologne certifiée ISO 9001 depuis le 03/ novembre 2015.

Marquage CE suivant la norme EN 13491 : 2004 + EN13491 :2004/A1 : 2006 du VOLTEX DS.

Les contrôles réalisés sur les produits sont :

- Masse de bentonite suivant la norme NF EN 14196
- Épaisseur du film suivant la norme NF EN ISO 9863-1
- Poids du rouleau selon une méthode interne.

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

- Logo CETCO
- Coordonnées usine de fabrication
- Nom du produit
- Date de fabrication
- Longueur, largeur, surface et poids
- N° lot
- N° du rouleau
- Marquage CE.

## CHAPITRE II - ESSAIS DE CARACTERISATION

### II.1 - Eléments de caractérisation

TABLEAU V

#### CARACTERISTIQUES D'IDENTIFICATION DU GEOSYNTHETIQUE BENTONITIQUE

CARACTERISTIQUES D'IDENTIFICATION		EDILMODULO XP5/380	
		VNAP	PRV95
Masse surfacique	NF EN14196	5000 g/m <sup>2</sup>	±9%
Masse de bentonite par unité de surface	NF EN14196	4500 g/m <sup>2</sup>	±9%
Indice de gonflement libre de la bentonite	XPP 84-703	24 ml/2g	±9%

\* VNAP : Valeur Nominale Annoncée par le Producteur

\*\* PRV 95: Plage Relative de Variation, en %

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

Pour cette évaluation, la Société DIP TECHNOLOGIE a procédé à un certain nombre d'essais, conformément aux indications des normes, du fascicule 67, titre III, du CCTG et du guide d'instruction d'une demande d'avis technique. A la demande de la Commission, les essais effectués selon les conditions définies dans le guide sont les suivants (paragraphe. liste des essais cités dans le tableau des spécifications des matériaux pour les géomembranes bentonitiques (GSB) version n° 12 du 13 juin 2012)

**TABLEAU IV**

**REFERENCES DES ESSAIS D'EVALUATION DU GEOSYNTHETIQUE BENTONITIQUE**

Désignation		Méthode d'essais		Références	
<b>2.1 Exigences générales</b>					
<b>2.1.1</b>	<b>Propriétés physiques</b>				
2.1.1.1	Type				
2.1.1.2	Masse surfacique	NF EN 14196	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
2.1.1.3	Masse bentonite par unité de surface	NF EN 14196	INSA		
2.1.1.4	Capacité d'auto-cicatrisation	XP P 84-708	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
<b>2.1.2 Propriétés hydrauliques</b>					
2.1.2.1	Perméabilité à l'eau				
(a)	En partie courante (m/s)	NF P 84-705	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
(b)	Aux recouvrements (m <sup>3</sup> /s/ml)	NF P 84-706	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
2.1.2.2	Indice de gonflement libre de la bentonite	XP P 84-703	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
<b>2.1.3 Propriétés mécaniques</b>					
2.1.3.1	Résistance à la traction (kN/m)	NF EN ISO 10319	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
2.1.3.2	Déformation à la rupture (%)	NF EN ISO 10319	INSA		
2.1.3.3	Poinçonnement statique (N)	NF EN ISO 12236	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
2.1.3.5	Résistance au déchirement (N)	NF EN 12310-1	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
<b>2.3 Exigences liées à la durabilité</b>					
2.3.3	Hydratation/dessiccation	CENT TS 14417	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
<b>2.4 Sécurité - Hygiène liées à la durabilité</b>					
2.4.1	Comportement au feu	NF EN ISO 11925-2	CSTB	PV n° RA07-0264-25/06/07	
<b>2.5 Caractéristiques d'identification - contrôles</b>					
2.5.1	Masse surfacique	NF EN 14196	INSA	PV n° 27013-201 28/09/2020	
2.5.2	Masse de bentonite par unité de surface	NF EN 14196	INSA		
2.5.3	Indice de gonflement libre de la bentonite	XP P 84-703	INSA		

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.

  
**DIP TECHNOLOGIES**  
 8 B rue Lombardie  
 Parc Aktiland 2  
 69800 SAINT PRIEST  
 Tél. 04 72 51 05 95 - Fax 04 72 51 21 48  
 SIREN 792 187 155

## CHAPITRE III - 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, SNPARAGRAPHÉ, SN FORES, SNMI, SYNTEC et SYSTRA.

### **III.1 - Exigences générales**

Documents de références : Documents de références : fascicule 67 titre III du CCTG, guide pour l'instruction d'une demande d'avis technique, référentiel géomembrane bentonitique version 12 du 13 juin 2012 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 - Propriétés physiques**

##### **III.1.1.a - Masse surfacique**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- 5.7 kg/m<sup>2</sup> pour la masse surfacique (le référentiel demande  $\geq 4.75$  kg/m<sup>2</sup>).

##### **III.1.1.b - Masse de bentonite**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- 5.36 kg/m<sup>2</sup> pour la masse bentonitique (le référentiel demande  $\geq 4.50$  kg/m<sup>2</sup>).

##### **III.1.1.c - Capacité d'auto-cicatrisation**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- Cicatrisation complète.

#### **III.1.2 - Propriétés hydrauliques**

##### **III.1.2.a - Perméabilité à l'eau**

Il est rappelé que la fonction étanchéité d'un géosynthétique bentonitique n'est acquise qu'après saturation de la bentonite sous contrainte de confinement. La pression de confinement, lors des essais de perméabilité des recouvrements, est conforme au référentiel relatif au géosynthétique bentonitique (version n° 12 du 13 juin 2012 de l'AT CETU).

- a) En partie courante

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- $2.0 \cdot 10^{-11}$  m/s sous une pression de confinement (le référentiel demande  $< 5.10^{-11}$  m/s).

- b) Aux recouvrements

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- $8.3 \cdot 10^{-10}$  m<sup>3</sup>/s/ml sous une pression de confinement (le référentiel demande  $< 2.10^{-9}$  m<sup>3</sup>/s/ml).

### **III.1.2.b - Perméabilité après phase de dessiccation-hydratation**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- $3.1 \cdot 10^{-11}$  m/s sous une pression de confinement.

### **III.1.2.c - Indice de gonflement libre de la bentonite**

Il est conforme à la spécification du référentiel :

- 28 ml/2g pour l'indice de gonflement (le référentiel demande  $\geq 10$  ml/2g).

## **III.1.3 - Propriétés mécaniques**

### **III.1.3.a - Résistance à la traction**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- ST 13.7 kN/m pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 8$  kN/m)
- SP 11.1 kN/m pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 8$  kN/m).

### **III.1.3.b - Déformation à la rupture**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- ST 19.2 % pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 5\%$ )
- SP 12.1 % pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 10\%$ ).

### **III.1.3.c - Poinçonnement statique**

Il est conforme à la spécification du référentiel :

- 2383.64 N pour le poinçonnement statique (le référentiel demande  $\geq 1800$  N).

### **III.1.3.d - Résistance à la déchirure**

Elle est conforme à la spécification du référentiel :

- ST 706 N/m pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 600$  N/m)
- SP 919 N/m pour la résistance à la traction (le référentiel demande  $\geq 800$  N/m).

## **III.2 - Exigences liées à la durabilité**

Elles sont conformes aux spécifications du référentiel.

Les essais et le comportement en service tels que la commission a pu en avoir connaissance n'a pas fait ressortir de problèmes particuliers d'efficacité sur les ouvrages étanchés avec ce procédé.

Pour maintenir les performances du géosynthétique bentonitique dans le temps, il faut le maintenir hors d'atteinte des phénomènes de dessiccation. La structure de confinement et la hauteur de couverture de l'ouvrage doivent permettre d'atteindre cet objectif ; une épaisseur minimale de 1 m de couverture est recommandée. D'une manière générale, plus l'épaisseur de la couche de confinement est importante, plus les risques de dysfonctionnement du géosynthétique bentonitique sont faibles.

## **III.3 - Sécurité - hygiène**

Pour information, la Société a fourni un procès-verbal d'essai sur le comportement au feu du géosynthétique bentonitique VOLTEX DS. Vis-à-vis de la réaction au feu, le matériau est de classe B<sub>fl</sub> - s1 selon la norme NF EN 13 501 (essai "Petite flamme" NF EN 11 925-2 avec un temps d'exposition de 15 s).

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.4 - Conclusions***

L'ensemble des essais d'évaluation indique que le procédé répond aux spécifications fixées par *le Fascicule. 67 titre III du CCTG* et la liste des essais cités dans le tableau des spécifications des matériaux pour géosynthétique bentonitique version n° 12 du 13 juin 2012 du CETU).

Conditions particulières nécessaires pour l'obtention des résultats annoncés :

Il faut s'assurer que :

- les conditions de confinement permettent d'apporter une contrainte minimale uniformément répartie afin de limiter le gonflement de la bentonite et ainsi obtenir le niveau d'étanchéité
- les dispositions prévues pour la réalisation des recouvrements en partie verticale soient respectées (paragraphe § 1.4.2)

De plus, la mise en œuvre dans les zones de marnage, où les cycles d'hydratation et dessiccation sont fréquentes, doit être évitée.

#### ***III.4.1 - Appréciation à l'adaptation du support***

Sous réserve d'une préparation du support conforme aux spécifications du fascicule 67 titre III, le procédé VOLTEX DS est apte à être appliqué à l'extrados des ouvrages appartenant au domaine d'emploi rappelé au paragraphe § I.3.

#### ***III.4.1 - Appréciation sur le domaine d'emploi***

Compte tenu des essais d'évaluation et des références du procédé, le domaine d'emploi préconisé par DIP TECHNOLOGIE (paragraphe § I.3) est validé.

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.

Avant le démarrage des travaux et avant l'acceptation du procédé VOLTEX DS, l'entreprise doit faire réaliser par un laboratoire, un essai de gonflement de la bentonite avec l'eau du site (paragraphe § 1.2 a).

#### ***III.4.1 - 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 les propriétés de gonflement du géosynthétique bentonitique avec l'eau du site.**

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 approuvé.

sionné par rapport à celui identifié dans les Chapitres I & II. Ainsi les contrôles de conformité des produits sur chantier seront effectués conformément au Fascicule 67 titre III du et les paragraphes I.2 et II.1 du présent document.

Les tableaux des chapitres I et II donnent 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.4.2 - Mise en œuvre**

L'aptitude à l'emploi de ce procédé d'étanchéité repose sur l'hypothèse que ce dernier est mis en œuvre conformément au Cahier de Mise en Œuvre établi par la société CETCO et en particulier en ce qui concerne les points suivants :

- mise en œuvre par du personnel qualifié
- vérification de la qualité du support
- mise en œuvre avec du matériel approprié
- vérification des conditions de pose afin d'éviter les risques de pré-hydratation du géosynthétique bentonitique avant confinement

### **III.4.3 - Aptitude à la réparation**

En cas d'endommagement ponctuel du géosynthétique bentonitique avant son recouvrement, le défaut doit être réparé. Sur une surface plane, cela peut être réalisé au moyen d'une rustine de GSB. Cette rustine doit déborder de la zone endommagée d'au moins 0,15 m de chaque côté. Avant d'installer la rustine on comblera le défaut avec de la bentonite granulaire ou hydratée.

Les recouvrements seront effectués selon les recommandations du fabricant (Voir Cahier de Mise en Œuvre).

### **III.4.4 - Sécurité Qualité**

Les éléments sur le Système Qualité mis à la disposition de la Commission n'appellent pas d'observations sur ce point (paragraphe. § I.7 sur l'existence d'une certification ISO 9001).

Les informations sur le suivi de la fabrication, notamment le contrôle qualité, et le comportement en service du procédé n'appellent pas d'observations de la part de la Commission.

### **III.4.5 - 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 le 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](mailto:cetu@developpement-durable.gouv.fr)

Référence du document : AT n° 20-04