

Guide Teranap[®]



BMI **Siplast**

bmigroup.com/fr

Sommaire

1. Présentation	3
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation de la société BMI Siplast	3
2. Domaines d'applications	4
2.1 Ouvrages Hydrauliques	4
2.1.1 Barrages	4
2.1.2 Bassins d'irrigation	4
2.1.3 Canaux	4
2.2 Ouvrages d'Art	4
2.2.1 Ouvrages enterrés	4
2.2.2 Cuvelage	4
2.2.3 Ponts routes maçonnés	4
2.2.4 Voies ferroviaires	4
2.2.5 Fossés routiers	4
2.3 Ouvrages Environnementaux	5
2.3.1 Stockage de déchets liquides	5
2.3.2 Stockage de déchets solides	5
2.3.3 Barrière radon	5
2.3.4 Protection du bâti	5
3. Normes, Certifications et Homologation	6
3.1 Normes	6
3.1.1 Européennes – EN	6
3.1.2 Américaines - ASTM	6
3.2 Certification	6
3.2.1 Certification ASQUAL	6
3.3 Avis Technique	7
3.3.1 CETU	7
3.3.2 BBA	7
3.4 Agrément	7
3.4.1 SNCF	7
3.4.2 NSF	8
4. Gammes de géomembranes bitumineuses	10
4.1 Teranap Expert	10
4.2 Teranap TP	11
4.3 Protek'Nap	12
4.4 Caractéristiques communes	13
4.4.1 Données générales	13
4.4.2 Angles de frottement	13
4.4.3 Résistances aux différentes agressions chimiques	13
4.4.4 Résistances aux racines	13
4.4.5 Résistances au mud-curling	14
4.4.6 Résistances aux rongeurs	14
4.5 Conditionnement	14
4.5.1 Conditionnement standard	14
4.5.2 Conditionnement hors standard	14
4.5.3 Rouleaux avec coupes	14
4.6 Produits complémentaires	14
4.6.1 Enduit d'imprégnation à froid (EIF) : Siplast Primer	14
4.6.2 Raccordements : Parafor Ponts ou Parafor Solo S	15
4.6.3 Profilé d'ancrage Terastop	15
4.6.4 Écran d'interposition thermique : Verecran 100	15
4.6.5 Bandes de jonction : Teranap Bande Joint et Compartibande	15
4.6.6 Géotextiles antipoinçonnants	15
4.6.7 Géoespaceurs et géocomposites de drainage	15
4.6.8 Accroche terre	15
5. Guide de choix (performances Teranap, nécessités projets, adéquation)	16
6. Durabilité des TERANAP®	17
6.1 Résistance au vieillissement climatique	17
6.2 Résistance à l'oxydation thermique	17
6.3 Durabilité	17
7. Manutention et stockage	18
7.1 Manutention	18
7.2 Stockage sur site	19
8. Mise en œuvre	20
8.1 Introduction	20
8.2 La structure support	21
8.2.1 Le fond de forme	21
8.2.2 Les talus	21
8.2.3 Aménagement en crête de talus	22
8.2.4 Rampes d'accès	22
8.2.5 Pente du fond de forme	22
8.2.6 Pied de talus	22
8.2.7 Les supports béton	23
8.2.8 Les géotextiles	23
8.2.9 Les géocomposites de drainage	23
8.3 Mise en œuvre de la structure d'étanchéité	25
8.3.1 Installation	25
8.3.2 Réalisation des soudures	25
8.3.3 Équipement de soudage	26
8.3.4 Recouvrement	26
8.3.5 Protection du géotextile contre la flamme	27
8.3.6 Soudage	27
8.4 Ancrages et raccordements	27
8.4.1 Ancrage en têtes	27
8.4.2 Ancrages intermédiaires	28
8.4.3 Ancrages en pied	28
8.4.4 Lestage	28
8.4.5 Raccordement aux ouvrages en béton	29
8.4.6 Fixations mécaniques	29
8.4.7 Fixation par soudure	29
8.4.8 Raccordement à un tuyau et traversée	29
8.4.9 Raccordement à un tuyau dans le cas de bassins contenant des effluents non polluant pour l'environnement	30
8.4.10 Raccordement à un tuyau (avec ou sans emprise) dans le cas de bassins contenant des effluents non polluant ou non pour l'environnement	30
8.5 La structure de protection	30
8.5.1 Choix de la protection	31
8.5.2 Localisation de la protection	31
9. Contrôles & Méthodologie	32
9.1 Contrôles internes	32
9.2 Contrôles externes	32
9.3 Contrôles extérieurs	32
9.4 Méthodologie de contrôle des assemblages	32
9.4.1 Contrôle destructifs	32
9.4.2 Contrôle non destructifs	33
9.4.3 Système CONTROL®	34
10. Services annexes	35
10.1 Assistance technique	35
10.2 Assurance qualité	35
10.3 Entretien des ouvrages	35
10.4 Sécurité aux abords et dans les ouvrages	35
10.5 Garanties	35
11. Références chantier	36

1. Présentation

1.1 INTRODUCTION

L'objectif de ce guide est de fournir l'ensemble des informations nécessaires aux concepteurs, ingénieurs, installateurs et aux utilisateurs pour les aider dans le dimensionnement, le choix et la mise en œuvre des géomembranes bitumineuses dans les ouvrages et les travaux de construction.

L'étanchéité des ouvrages remonte à très longtemps, lorsque les premiers matériaux utilisés étaient à base d'argile naturelle et c'est au XVIII^{ème} siècle que les matériaux à base de bitume (asphalte naturelle, brai de houille) ont fait leur apparition dans l'étanchéité. Depuis 1968, Siplast a inventé le bitume SBS permettant de passer à l'ère moderne de l'étanchéité.

BMI Siplast propose une plusieurs large gammes de géomembranes bitumineuses conçues pour être utilisées dans de nombreux travaux de génie civil dont les applications les plus courantes sont :

- ▶ Ouvrages hydrauliques, canaux d'irrigation,
- ▶ Mines et stockage de déchets solides, lixiviation,
- ▶ Barrages,
- ▶ Ouvrages enterrés, tanking.



1.2 PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ BMI SIPLAST



BMI est un fabricant leader sur le marché de l'étanchéité de bâtiment et de travaux publics. Le siège social est basé à Reading en Angleterre, la société possède de nombreux sites de production dans toute l'Europe : France, Allemagne, Autriche, Pologne, Suède, Espagne, etc

Depuis 60 ans, Siplast conçoit, fabrique et commercialise des solutions dans les domaines de l'étanchéité des toitures, toitures terrasses, toitures terrasses végétalisées (TTV), ouvrages d'art et hydrauliques, mais aussi des fondations, de la couverture (bardeaux), de la sous-toiture (écrans de sous-toiture et barrières radiantes) et de l'insonorisation.

BMI Siplast a été le premier fabricant de géomembranes bitumineuses au monde. La production a débuté en 1974 à Mondoubleau (41) en France. Nous disposons d'une ligne de production entièrement dédiée à la production de géomembranes bitumineuses au sein de notre usine. Notre département Recherche et Développement travaille pour s'assurer que la haute qualité et les propriétés de nos géomembranes restent toujours les meilleures.

Nos connaissances et notre expertise développées pendant 46 ans dans le monde entier nous permettent d'apporter le meilleur soutien technique à nos partenaires. Nous fournissons des solutions sur mesure, adaptées à toutes les exigences ou demandes spécifiques.

Notre objectif est de réussir ensemble. Nous continuons à apprendre des différents sites de travail sur lesquels nous travaillons. Notre état d'esprit est basé sur une relation gagnant-gagnant avec tous les acteurs du projet. Nous savons que le génie civil est très spécifique et unique, c'est pourquoi notre équipe s'engage pleinement à vous aider à trouver les solutions dont vous avez besoin. Nous nous intéressons aux grands travaux de génie civil et aux enjeux et défis importants auxquels ils sont confrontés.

2. Domaines d'applications

2.1 OUVRAGES HYDRAULIQUES

2.1.1 BARRAGES

Les gammes de géomembrane TERANAP® peuvent être utilisées dans le cadre de la construction de barrage, qu'il soit de petite ou de grande hauteur, sur des supports en terre en pente ou en béton. La géomembrane bitumineuse est particulièrement adaptée de par ses propriétés mécaniques, sa grande durabilité et par sa résistance à la forte pression hydraulique.

2.1.2 BASSINS D'IRRIGATION

Grâce à sa large gamme, TERANAP® est la solution d'étanchéité, quel que soit le type de bassins, bassins routiers, bassins de loisirs, réserves incendie, piscicultures ou de réserves d'eau potable. TERANAP® possède la certification NSF (standard international) lui permettant d'être en contact avec l'eau potable, et de ne pas la contaminer.

2.1.3 CANAUX

La gamme TERANAP® est adaptée à l'étanchéité des canaux d'irrigation, de dérivation et de voies navigables.

La géomembrane bitumineuse entre dans le complexe d'étanchéité DEG, avec des géocomposites de protection et/ou de drainage. Ses propriétés mécaniques, sa résistance aux UV et son aspect de surface en font le matériau de prédilection pour l'étanchéité de canaux quelles que soient leurs natures.

2.2 OUVRAGES D'ART

2.2.1 OUVRAGES ENTERRÉS

2.2.1.1 CADRE ET VOÛTE

L'utilisation du système TERANAP® 431 TP est préconisée dans l'étanchéité extradossée des cadres et des voûtes de tranchées couvertes. Le système TERANAP® 431 TP est composé d'un géotextile et d'accessoires de compartimentage. Grâce à sa facilité de mise en œuvre et sa grande souplesse, il s'adapte aux formes de l'ouvrage et peut recevoir n'importe quel type de remblais (béton, terre végétale, enrobés).

C'est la solution d'étanchéité extradossée en indépendance. De très nombreux ouvrages d'art enterrés ont été réalisés avec le système TERANAP® 431 TP.

TERANAP® 431 TP possède les agréments nécessaires :

- ▶ Avis Technique CETU,
- ▶ Certification ASQUAL.

2.2.2 CUVELAGE

La géomembrane TERANAP® est une solution pour la protection durable du bâtiment contre les dégradations dues aux infiltrations d'eau. Ses propriétés vis-à-vis de la pression hydrostatique, sa facilité de compartimentage, sa solution du double joint renforcé, sa grande facilité de réparation en phase d'exécution, fait de TERANAP® une solution adaptée au cuvelage.

Le Système de cuvelage TERANAP® est approuvé sous le nom de TERANAP® Tanking System par le British Board of Agreement (12/4934 TERANAP® TP tanking system).

2.2.3 PONTS ROUTES MAÇONNÉS

L'étanchéité des ponts maçonnés, solution en indépendance en position basse, intermédiaire ou haute peut se réaliser avec la géomembrane bitumineuse TERANAP®. TERANAP® est disponible en deux largeurs 2 m et 4 m pour s'adapter aux dimensions des ouvrages maçonnés. La géomembrane TERANAP® offre une grande souplesse de mise en œuvre pour la rénovation et garantit la pérennité de ce type d'ouvrages.

2.2.4 VOIES FERROVIAIRES

TERANAP® est utilisé dans le cadre de l'étanchéité des ponts-rails à pose de voie ballastée en solution non adhérente pour la construction de LGV ou de rénovation de ligne existante. Le système DRAPEAU est un système incluant la géomembrane TERANAP® 431 TP, un géotextile de protection inférieure et le géotextile BALLAST de protection supérieure.

Le système DRAPEAU est sous agrément SNCF.

2.2.5 FOSSÉS ROUTIERS

La réalisation de fossés routiers ou de cunettes est indispensable pour être en conformité avec la loi sur l'eau. PROTEK'NAP ou TERANAP® 231 TP est la solution adaptée à ce type d'ouvrages du fait de sa grande longueur de 140 m et ses propriétés mécaniques de résistance au poinçonnement. Sa compatibilité avec les enrobés pour assurer la continuité en fait la solution idéale.

2.3 OUVRAGES ENVIRONNEMENTAUX

2.3.1 STOCKAGE DE DÉCHETS LIQUIDES

La gamme TERANAP® répond aux exigences des géomembranes pour le stockage de déchets liquides tels que les déchets domestiques, agro-alimentaires ou industriels et les lixiviats miniers. TERANAP® possède une bonne résistance aux UV et une grande stabilité dimensionnelle par rapport aux géomembrane polymériques. Du fait de sa compatibilité chimique étendue et sa bonne résistance aux agents biologiques, TERANAP® peut être utilisé très largement dans le stockage de déchets liquides.

2.3.2 STOCKAGE DE DÉCHETS SOLIDES

A l'image du stockage des déchets liquides, TERANAP® est largement utilisé dans le stockage de déchets solides de types miniers, mâchefers, compostage, déchets industriels polluants. Ses propriétés mécaniques notamment une forte résistance au poinçonnement, une bonne tenue aux tassements différentiels et une forte durabilité positionnent la géomembrane TERANAP® comme un choix de qualité.

2.3.3 BARRIÈRE RADON

Le radon est un gaz naturel présent dans les sols (décomposition naturelle radioactive de l'uranium). La géomembrane TERANAP® 431 TP possède un coefficient $R > 3$, qui permet de faire de TERANAP® 431 TP une barrière efficace contre le radon et contre les autres gaz contaminants grâce à son très faible coefficient de perméabilité aux gaz (Essais ASTM).

2.3.4 PROTECTION DU BÂTI

La géomembrane Protek'Nap est une solution pour lutter contre le risque de retrait / gonflement liés au phénomène des argiles gonflantes. La géomembrane Protek'Nap est l'une des mesures préventives les plus efficaces pour préserver l'équilibre hydrique des sols sur tout le pourtour des habitations dans sa version en 2 m x 15 m.

3. Normes, Certifications et Homologation

3.1 NORMES

3.1.1 EUROPÉENNES – EN

Depuis plusieurs années, les produits marqués CE pour le marché européen sont basés sur des normes EN harmonisées. Les normes harmonisées couvrent les exigences essentielles telles que définies par la Commission Européenne dans le RPC (Règlement des Produits de la Construction).

Les géomembranes bitumineuses TERANAP® possèdent un niveau de marquage CE 2+. Cela se traduit par un niveau d'exigences de qualité et apporte à l'utilisateur l'assurance qualité suivante :

- ▶ Certification du CPU (Contrôle de production à l'usine) par un tiers agréé,
- ▶ Déclaration de conformité par le fabricant (DoP),
- ▶ Essai de type initial par le fabricant (ITT),
- ▶ Contrôle de production à l'usine par le fabricant (Plan qualité),
- ▶ Essai des échantillons selon le plan d'essai du fabricant,
- ▶ Surveillance continue du CPU par le tiers agréé.

Les produits des gammes TERANAP® sont couverts par les normes européennes harmonisées suivantes :

- ▶ EN 13361 Géomembrane pour réservoirs et barrages,
- ▶ EN 13362 Géomembrane pour canaux,
- ▶ EN 13491 Géomembrane pour tunnels et ouvrages souterrains,
- ▶ EN 13492 Géomembrane pour sites d'évacuation de déchets liquides, stations de transfert ou enceintes de confinement secondaires,
- ▶ EN 13493 Géomembrane pour ouvrages de stockage et d'enfouissement,
- ▶ EN 15382 Géomembrane pour infrastructures de transport,
- ▶ EN 13969 Feuille bitumineuse empêchant les remontées d'humidité du sol.

3.1.2 AMÉRICAINES - ASTM

TERANAP® étant présent sur l'ensemble des continents, la plupart des projets demandant des valeurs et caractéristiques selon les normes ATSM, les géomembranes TERANAP® sont caractérisées selon les normes ASTM en vigueur.

La norme ASTM D6455-11 présente les différentes normes que l'on peut utiliser dans la caractérisation des PBGMs (Prefabricated Bituminous Geomembrane). Voici les normes principales que l'on retrouve dans cette dernière :

Property	Test Method
Terminology	D4439 and D1079
Identification and Handling	D4873/D4873M
Sampling	D4354
Thickness	D5199
Mass Per Unit Area	D5261
Specific Gravity	D792
Tensile Properties	D7275
Index Puncture Resistance	D4833/D4833M
Water Vapor Transmission	E96/E96M

3.2 CERTIFICATION

3.2.1 CERTIFICATION ASQUAL

En complément du marquage CE, il existe des exigences nationales supplémentaires sur le volontariat permettant d'accroître l'assurance qualité des produits. En France existe la certification ASQUAL pour les géomembranes qui définit les exigences performantielles sur les produits et des exigences qualité sur la production en usine.

Le référentiel technique géomembranes définit précisément la définition d'une géomembrane bitumineuse de qualité sur 6 critères distincts :

1. Homogénéité du liant. Imprégnation et induction doivent être réalisées avec le même liant ;
2. Taux de filler $\leq 35\%$;
3. Température Bille Anneau (TBA) comprise entre 110 et 140°C selon EN 1427 ;
4. Pliabilité à froid (PAF) à l'état initial $\leq -15^\circ\text{C}$ selon EN 1109 ;
5. Pliabilité à froid (PAF) à l'état vieilli $\leq -5^\circ\text{C}$ selon EN 1109 ;
6. Résistance au vieillissement ($> 600 \text{ MJ/m}^2$) et selon EN 12224 avec :
 - ▶ Valeur résiduelle sur liant : Température Bille Anneau $\geq 100^\circ\text{C}$ selon EN 1427 ;
 - ▶ Valeur résiduelle sur géomembrane :
 - Résistance à la traction $\geq 75\%$ initiale selon EN 12311-1,
 - Fiabilité à froid $\leq -5^\circ$ selon EN 1109.

La certification ASQUAL apporte la garantie de l'uniformité de chaque rouleau fabriqué au niveau des performances et des dimensions. Pour l'obtention de la certification, nous devons passer un audit qualité avec des prélèvements de produits qui seront analysés dans un laboratoire externe pour s'assurer du respect des exigences ASQUAL. De plus, au cours des 3 années de validité du certificat ASQUAL, il y a des contrôles inopinés sur les produits afin de garantir le niveau de qualité.

Toutes ces mesures et ces contrôles permettent de garantir la fiabilité et la reproductibilité des produits de la gamme TERANAP®. BMI Siplast participe aux comités techniques de l'ASQUAL pour améliorer sans cesse la qualité des produits. Cet engagement volontaire apporte des garanties supplémentaires sur le marché.

Certains produits possèdent la certification ASQUAL. Nous vous invitons à consulter régulièrement le site de l'ASQUAL, qui tient à jour une liste des produits certifiés, ou nous consulter pour tout renseignement sur les certificats disponibles pour la gamme TERANAP .

3.3 AVIS TECHNIQUE

3.3.1 CETU

Le Centre d'Etudes des Tunnels (CETU) est un Service technique central qui possède les compétences dans l'ensemble des techniques et méthodes relatives à la conception, la construction, l'entretien, l'exploitation et la sécurité des tunnels. Il délivre des Avis Techniques.

La Commission d'avis techniques CETU a mis en place une procédure d'évaluation des procédés d'étanchéité utilisés dans les ouvrages souterrains de Génie Civil. La formule des avis techniques permet aux maîtres d'œuvre de disposer d'éléments d'appréciation sur le comportement des procédés et d'informations sur leur domaine d'application et leurs conditions de mise en œuvre.

Un Avis Technique demande à répondre à un référentiel technique listant toutes les caractéristiques minimum à atteindre. Cet Avis Technique est valable 5 ans.

Le TERANAP® 431 TP est sous Avis Technique du CETU. Le procédé d'étanchéité TERANAP 431 TP Ouvrages enterrés est destiné à l'étanchéité d'extrados de tranchées couvertes sans limite d'emprise. Il peut être mis en œuvre en horizontal sous radier, en dalle supérieure et en partie verticale sur les voiles.

3.3.2 BBA

Le BBA est un organisme de certification Anglais (British Board of Agreement).

Le système TERANAP® 431 TP a reçu le certificat d'agrément BBA 12/4934 en septembre 2012. Cette certification permet de garantir la conformité du système TERANAP® en applications de cuvelage et de protection contre l'humidité des structures souterraines.

Ce certificat a été attribué après avoir testé avec succès la résistance du produit à l'eau et à la vapeur d'eau, la résistance aux dommages mécaniques et la façon dont le système a accepté sans dommage, le trafic piétonnier limité et les charges associées à l'installation. Il a également évalué les effets des mouvements thermiques ou autres mouvements mineurs susceptibles de se produire en pratique, ainsi que la durabilité du produit dans des conditions de service normales, confirmant que le système constituerait une barrière efficace contre la transmission de l'humidité pendant la durée de vie de la structure dans laquelle il est incorporé.

Cette certification inclut :

- ▶ les facteurs relatifs au respect de la réglementation sur les bâtiments,
- ▶ les facteurs relatifs à des mesures non réglementaires supplémentaires,
- ▶ une spécification technique vérifiée de manière indépendante,
- ▶ les critères d'évaluation et les enquêtes techniques,
- ▶ considérations relatives à la conception,
- ▶ conseils d'installation,
- ▶ une surveillance régulière de la production,
- ▶ un examen formel tous les trois ans.

3.4 AGRÉMENT

3.4.1 SNCF

La géomembrane TERANAP 431 TP est inscrite sur la liste d'aptitude SNCF, ce qui garantit que les produits ont été contrôlés selon le référentiel, que les résultats obtenus sont conformes aux spécifications du référentiel. Seuls les produits inscrits sur la liste d'aptitude SNCF peuvent être mis en œuvre sur les chantiers de la SNCF.

Notre géomembrane TERANAP bénéficie de l'agrément SNCF pour les applications suivantes :

PONTS RAILS À POSE DE VOIE BALLASTÉE

Type IV : Complexes d'étanchéité non adhérents

Sous type IV a : Complexe d'étanchéité hydrocarbonée

Procédé d'étanchéité	Chape	Protection inférieure	Protection supérieure
DRAPEAU	Géomembrane bitumineuse TERNAP 431 TP	Feutre GEOFELT TP 700 de 700 grammes	Feutre GEOFELT BALLAST De 2000 grammes

COMPLEXE D'ÉTANCHÉITÉ POUR OUVRAGES SOUTERRAINS

Le complexe **TERANAP 431 TP** Ouvrages enterrés est destiné à l'étanchéité des voûtes de tranchées couvertes non soumises à pression hydrostatique et des sous faces des

radiers des structures intégrées et réalisées en cadre avec (ou) sans emprise. Ce complexe bénéficie d'un Avis Technique CETU n°18-02R.

Le complexe **TERANAP 431 TP**, sauf disposition contraire du marché, est constitué comme suit :

Procédé d'étanchéité	Chape	Protection inférieure	Protection supérieure
TERANAP 431 TP Ouvrages Enterrés	Géomembrane bitumineuse TERNAP 431 TP de 4 mm d'épaisseur	Feutre GEOFELT TP 700 de 700 grammes	Feutre GEOFELT TP 700 de 700 grammes

3.4.2 NSF

NSF International est une organisation internationale réputée agissant dans les domaines de la certification, des audits de sites industriels et de la normalisation.

La raison d'être de NSF est de promouvoir le développement de la santé publique, via des normes et programmes de certification qui aident à protéger la nourriture, l'eau, les produits de consommation et l'environnement.

NSF fournit des services dans 180 pays dans le monde, dans les principaux secteurs industriels.

Accrédités ISO/IEC 17025, ses laboratoires peuvent réaliser une large gamme de tests, de certification, et de services techniques.

Les équipes de NSF sont principalement composées d'ingénieurs, microbiologistes, toxicologues, chimistes, et experts en santé publique.

Accrédité par le American National Standards Institute (ANSI) NSF a développé 80 normes qui sont actuellement active au sein de: American National Standards, dans les domaines de :

- ▶ la santé publique,
- ▶ la sécurité,
- ▶ l'environnement,
- ▶ le développement durable.

NSF mène le développement des normes nationales américaines pour tous les produits et matériaux utilisés dans le traitement ou qui peuvent être en contact avec de l'eau potable. La norme NSF/ANSI/CAN 61 régle les aspects critiques du traitement de l'eau. Elle assure que les migrations d'éléments seront en dessous des valeurs acceptables dans l'eau à destination de la consommation.

La marque NSF assure les consommateurs, distributeurs, et autorités de régulation, que les produits certifiés ont été testés rigoureusement conformément aux standards internationaux applicables.

La marque NSF atteste que :

- ▶ les produits ont été testés impartialement, pour assurer leur conformité aux standards,
- ▶ l'étiquetage et les réclamations sont vérifiés par une tierce partie,
- ▶ l'organisation du fabricant est attachée au respect des règles internationales et à développer la sûreté dans l'entreprise.

Certains produits possèdent la certification NSF. Nous vous invitons à consulter régulièrement le site NSF (<http://info.nsf.org>) qui tient une liste à jour des produits certifiés ou nous consulter pour tout renseignement sur les certificats disponibles pour la gamme TERANAP.



NSF/ANSI/CAN 61
Drinking Water System Components - Health Effects

NOTE: Unless otherwise indicated for Materials, Certification is only for the Water Contact Material shown in the Listing. Click here for a list of [Abbreviations used in these Listings](#). Click here for the definitions of [Water Contact Temperatures denoted in these Listings](#).

Siplast

1000 Rochelle Boulevard
Irving, TX 75062-3940
United States
469-995-2200

Facility : Mondoubleau, France

Protective (Barrier) Materials

Trade Designation	Water Contact Size Restriction	Water Contact Temp	Water Contact Material
Liners			
Teranap 331/TP	2m width ^[1]	CLD 23	PNAM
Teranap 331/TP	4m width ^[1]	CLD 23	PNAM
Teranap 431/TP	2m width ^[1]	CLD 23	PNAM
Teranap 431/TP	4m width ^[1]	CLD 23	PNAM

[1] Certification is for sanded surface only. The polyester film does not have intentional water contact. Surface area to volume ratio is not to exceed 5 sq. in./L.

Number of matching Manufacturers is 1
Number of matching Products is 4
Processing time was 0 seconds

4. Gammes de géomembranes bitumineuses

Les géomembranes bitumineuses de BMI Siplast sont fabriquées à partir de bitume élastomère SBS renforcé par une armature. Les géomembranes BMI Siplast combinent les avantages de matériaux traditionnels, les liants bitumineux, à ceux de matériaux modernes, en particulier polymères et géotextiles.

Nous disposons de plusieurs gammes de géomembranes bitumineuses :

- ▶ TERANAP® EXPERT (300, 400, 500 et 600), nouvelle gamme lancée en 2021,
- ▶ TERANAP® TP (331, 431, 531 et 631), la gamme historique,
- ▶ PROTEK'NAP pour les fossés routiers et protection du bâti.

Dans le cas général, ces géomembranes ont une face supérieure recouverte de silice et une face inférieure revêtue d'un film polyester lisse. On trouve cependant les variantes suivantes : granulés colorés en surface, présence d'un géotextile sur l'une des faces.

Leurs dimensions satisfont à la NF P 84 500 et aux normes européennes d'application. Nous proposons des géomembranes en 2 et 4m de large. Toutes ces géomembranes sont manufacturées par BMI Siplast (certifié ISO 9001 et ISO 14001) sur son site de Mondoubleau (41).

BMI Siplast possède la technologie TERANAP CONTROL, un système innovant breveté permettant de vérifier l'étanchéité de la soudure bitume à l'aide d'un gaz traceur de type NIDRON et d'un appareillage adapté. Une gaine en

fibre de verre est incorporée dans la partie supérieure sur la face sablée et située au milieu de la zone de soudure, à 10 cm du bord pour les géomembranes en 4m et 7,5 cm du bord pour les géomembranes 2 m. La méthodologie de contrôle associée est expliquée plus bas dans la section "Contrôles et Méthodologie".

BMI Siplast perpétue la tradition en utilisant un bitume élastomère de très haute qualité dans la confection de ses géomembranes, ce qui leur garantit une qualité de soudure optimale ainsi qu'un excellent maintien de leurs caractéristiques dans le temps.

4.1 TERANAP EXPERT

BMI Siplast est fier de présenter sa nouvelle gamme de géomembranes bitumineuses TERANAP EXPERT. Nous avons axé notre développement sur ce qui compte le plus pour nos clients : les performances mécaniques et la durabilité (par l'implémentation de nouvelles armatures en polyester stabilisé permettant des gains importants en isotropie et en poinçonnement).

La gamme Teranap Expert intègre le canal de soudure Teranap Control et est proposée avec une finition silice en surface et film polyester en sous-face. Elle se décline en 4 produits : Teranap Expert 300, Teranap Expert 400, Teranap Expert 500 et Teranap Expert 600. La montée en gamme voit s'épaissir le produit ainsi que l'armature intégrée.

Teranap Expert		300	400	500	600
Armature	g/m ²	175	220	250	300
Épaisseur minimale	mm	3.0	3.5	4.0	4.5
Épaisseur moyenne	mm	3.2	3.8	4.3	4.9
Longueur	m	110	95	85	75

Caractéristiques mécaniques selon les normes EN

Caractéristique	Norme	Unité	Teranap Expert			
			300	400	500	600
Résistance à la rupture	EN 12311-1	N/50mm	1 000	1 280	1 530	1 870
			x 895	x 1 065	x 1 245	x 1 440
Allongement à la rupture	EN 12311-1	%	38	42	43	44
			x 38	x 42	x 43	x 44
Poinçonnement statique	EN 12236	kN	2,95	3,59	4,03	4,85

Les valeurs sont indiquées : sens long x sens travers.

Caractéristiques mécaniques selon les normes ASTM

Caractéristique	Norme	Unité	Teranap Expert			
			300	400	500	600
Résistance à la rupture	ASTM D 7275	kN/m	18.5	24	28.5	32.5
			x	x	x	x
			16.5	20	23	26
Allongement à la rupture	ASTM D 7275	%	42	46	50	55
			x	x	x	x
			42	46	50	55
Poinçonnement statique	ASTM D 4833	N	385	500	590	680

Les valeurs sont indiquées : sens long x sens travers.

4.2 TERANAP TP

Teranap TP est la gamme historique de géomembranes en bitume élastomère de BMI Siplast.

Les produits en 4 m de large possèdent une armature en polyester associée à un voile de verre. Les Teranap 331 TP 2 m et Teranap 431 TP 2 m sont produits avec une simple armature en polyester.

Les géomembranes Teranap 331 TP, 431 TP, 531 TP et 631 TP possèdent une face sablée et une face opposée revêtue d'un film polyester.

Teranap GTX 300 est une géomembrane composite de 4 m de large associant sur la face supérieure de la géomembrane Teranap 331 TP (non sablée), par calandrage à chaud, un géotextile 100 % polypropylène non tissé aiguilleté de masse surfacique 300 g/m². Cette géomembrane possède donc une face auto-protégée par le géotextile et une face opposée revêtue d'un film polyester.

Teranap Color Green 331 TP 2 m est une géomembrane Teranap 331 TP de 2 m de large avec protection par granulés sur la face supérieure (non sablée). Sa sous-face reste revêtue d'un film polyester.

Teranap TP 2 m		331	431
Armature	g/m ²	180	250
Épaisseur minimale	mm	2.9	3.8
Épaisseur moyenne	mm	3.0	4.0
Longueur	m	20	20

Teranap TP 4 m		331	431	531	631	GTX 300
Armature *	g/m ²	160	235	275	340	160
Épaisseur minimale	mm	3.3	3.9	4.6	5.4	4.4
Épaisseur moyenne	mm	3.6	4.1	4.8	5.6	4.8
Longueur	m	100	90	75	65	67

* Les produits 4m intègrent tous un voile de verre de 35 g/m² en plus du renfort polyester.

Caractéristiques mécaniques selon les normes EN

Caractéristique	Norme	Unité	Teranap TP 2 m		Teranap TP 4 m				
			331	431	331	431	531	631	GTX 300
Résistance à la rupture	EN 12311-1	N/50mm	850 x 600	1 100 x 1 000	1 000 x 650	1 300 x 1 100	1 550 x 1 200	1 700 x 1 600	1 500 x 1 500
Allongement à la rupture	EN 12311-1	%	40 x 49	49 x 53	52 x 56	50 x 60	60 x 70	70 x 70	55 x 65
Poinçonnement statique	EN 12236	kN	2,5	3,2	2,4	3,5	4,0	5,0	4,6

Caractéristiques mécaniques selon les normes ASTM

Caractéristique	Norme	Unité	Teranap TP 2 m		Teranap TP 4 m			
			331	431	331	431	531	631
Résistance à la rupture	ASTM D 7275	kN/m	18 x 14	23 x 20	19 x 14	29 x 21	30 x 27	36 x 29
Allongement à la rupture	ASTM D 7275	%	35 x 45	45 x 48	55 x 65	55 x 60	65 x 70	83 x 85
Poinçonnement statique	ASTM D 4833	N	390	460	410	550	620	700

Les valeurs sont indiquées : sens long x sens travers.

4.3 PROTEK'NAP

Protek'Nap est une géomembrane bitumineuse de 2,5 mm d'épaisseur nominale, à base de bitume élastomère fillérisé, armée d'une armature polyester stabilisée, avec une surface supérieure sablée et un film polyéthylène en sous face. Protek'Nap est destiné à la réalisation de ceintures étanches autour des bâtiments sujets à d'éventuels désordres liés au retrait/gonflement des sols argileux sous-jacents. Protek'Nap de par son haut niveau d'étanchéité crée une zone tampon

limitant les variations hydriques du sol et de ce fait la sensibilité de ce dernier au phénomène de retrait gonflement pouvant impacter le bâti de manière plus ou moins importante. Protek'Nap doit être mis en place dès la réalisation de l'ouvrage de manière à agir préventivement sur les phénomènes de retrait / gonflement des sols argileux. Cependant, Protek'Nap peut également être utilisé dans le cadre de la réhabilitation de bâtiments ayant subi des dommages suite aux variations hydriques du sol argileux sous-jacent.

Caractéristiques	Norme	Unité	Valeur
Épaisseur	EN 1848-1	mm	2,5
Masse surfacique	EN 1849-1	g/m ²	2930
Résistance à la rupture (LxT)	EN 12311-1	N/5cm	900 x 800
Résistance à l'allongement (LxT)	EN 12311-1	%	46 x 48
Poinçonnement statique	EN 12236	kN	3,0

4.4 CARACTÉRISTIQUES COMMUNES

4.4.1 DONNÉES GÉNÉRALES

Caractéristique	Norme	Unité	Valeurs minimales indicatives	Valeurs nominales indicatives
Pliabilité à froid	EN 1109	°C	-15	-20
Résistance au fluage à température élevée	EN 1110	°C	100	100
Étanchéité aux liquides	EN 14 150	m ³ /m ² /j	—	<10 ⁻⁶
Étanchéité aux gaz	ASTM D1434	m ³ /m ²	—	27,6x10 ⁻⁶
Vieillessement climatique *	EN 12 224	—	Conforme	—
Résistance à l'oxydation *	EN 14 575	—	Conforme	—

*La conformité aux tests de vieillissement (climatique et oxydation) se fait en mesurant des valeurs >75 % des valeurs initiales sur EN 12311-1 et EN 1849-1, et en étant conforme à l'EN 14150.

4.4.2 ANGLES DE FROTTEMENT

Matériau au contact	Méthode d'essai	Angle de frottement d'interface Teranap 331 TP ou Teranap 431 TP/matériau		
		Face lisse	Face sablée	
Sable d'Ottawa	Boîte de cisaillement (0,1 m x 0,1 m) Contrainte normale 40 à 125 kPa (1)	31,8°	36,6°	
Limon	Idem	24,3°	31,6°	
Argile	Idem	23,5°	29,6°	
Sable	Boîte de cisaillement (0,3 m x 0,3 m) (2)	32°	—	
Sable	Plan incliné (1 m x 1 m) Contrainte normale 4 à 5 kPa (3)	—	39,5°	
Grave roulée 0/25	Plan incliné 1 m x 1 m PV du Cemagref de Bordeaux	30°	39°	
Concassé 10/20	PV sur Teranap 431 TP du CER de Rouen (Boîte de cisaillement 0,3 m x 0,3 m)	Humide	—	44,2°
		Sec	—	45,9°

(1) « Teranap 331 TP géomembrane test évaluation report », laboratoire Frobel & associates, 1992.

(2) « Measurement of friction characteristics in contact with geomembranes », 4th International Conference on Geosynthetics, La Hague, juin 1990 (auteurs : H. Girard et G. Mathieu).

(3) « Stability of lining systems on slopes » Sardinia 1 991 (auteurs : Y. Matichard, P. Delmas, B. Soyez, H. Girard et M. Mathieu).

4.4.3 RÉSISTANCES AUX DIFFÉRENTES AGRESSIONS CHIMIQUES

Une liste type de résistances chimiques est disponible auprès de BMI Siplast. Pour tout projet particulier, consulter la direction technique de BMI Siplast.

4.4.4 RÉSISTANCES AUX RACINES

Le Teranap 431 TP satisfait aux exigences de résistance à la pénétration des racines de lupin selon la norme EN 14 416, test réalisé à l'Université des Sciences Appliquées de Weihenstephan-Triesdorf le 12 mai 2010.

4.4.5 RÉSISTANCES AU MUD-CURLING

Recouvertes d'une pellicule d'argile liquide, les géomembranes BMI Siplast sont soumises à des cycles de dessiccation sous lampe infrarouge suivis d'une réhumidification totale. Au bout de 15 cycles, les géomembranes ne présentent que de légères marbrures superficielles n'attaquant pas le matériau en profondeur. Les géomembranes BMI Siplast conservent toute leur élasticité.

4.4.6 RÉSISTANCES AUX RONGEURS

Les géomembranes BMI Siplast n'exercent aucun pouvoir attractif sur les rongeurs (certificat d'essai n°7088/76 du Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris).

4.5 CONDITIONNEMENT

4.5.1 CONDITIONNEMENT STANDARD

Les géomembranes de BMI Siplast sont conditionnées en rouleaux, emballées à l'aide d'un film polyéthylène disposé entre chaque spire et autour de chaque rouleau.

Conditionnement général		
Descriptif	2 m x 20 m	4 m
Nature du mandrin	carton	métallique
Longueur du mandrin	2 m	4,8 m
Diamètre intérieur du mandrin	7 cm	15,9 cm

Pour les spécificités, se référer à la fiche technique du produit concerné.

Une protection pelable est apposée au niveau de la bande de soudure côté face filmée.

L'enroulement des géomembranes de 4 m de largeur est réalisé de façon à ce que le film polyester de sous face soit orienté vers l'intérieur du rouleau. Inversement, l'enroulement des géomembranes de 2 m de largeur est réalisé de façon à ce que le film polyester de sous face soit orienté vers l'extérieur du rouleau. L'appellation commerciale de chaque produit est imprimée sur un galon disposé en sous face de ce dernier (côté film polyester) conformément au marquage CE (EN 10 320), afin d'être identifiable sur site. Pour les produits certifiés ASQUAL, une étiquette ASQUAL est apposée sur chaque rouleau concernant ces produits.

Cette étiquette indique :

- ▶ l'appellation commerciale certifiée ;
- ▶ le numéro de certificat en cours de validité du produit concerné.

Les géomembranes de la gamme TERANAP sont sous marquages CE par conséquent une étiquette de traçabilité est apposée, elle comporte les éléments suivants :

- ▶ date de fabrication,
- ▶ numéro de rouleau,
- ▶ caractéristiques du produit (épaisseur, largeur, longueur),
- ▶ marquage CE (attestation de conformité système 2+).

Les documents d'accompagnement inhérents au marquage CE des géomembranes TERANAP sont disponibles sur le site bmigroup.com/fr. Dans le cadre d'un Plan d'Assurance Qualité, il est important de conserver toutes les étiquettes et d'identifier les rouleaux.

4.5.2 CONDITIONNEMENT HORS STANDARD

Des longueurs et des largeurs différentes de rouleaux peuvent être envisagées sur commande spéciale. Se rapprocher de votre contact BMI Siplast pour plus de précisions.

4.5.3 ROULEAUX AVEC COUPES

Les rouleaux de TERANAP peuvent comporter une ou deux coupes signalées par :

- ▶ une marque papier à l'emplacement de la coupe ;
- ▶ un bracelet en ruban adhésif rouge autour du rouleau signalant « rouleau avec coupe ».

4.6 PRODUITS COMPLÉMENTAIRES

4.6.1 ENDUIT D'IMPRÉGNATION À FROID (EIF) : SIPLAST PRIMER

Le Siplast Primer est un primaire d'adhérence à séchage rapide (2 h pour une température supérieure ou égale à 12 °C) à base de bitume polymère en phase solvant.

Conditionnement : bidon de 2, 10, 30 ou 200 litres.

Attention : en aucun cas le Siplast Primer ne doit être appliqué directement sur les géomembranes TERANAP.

4.6.2 RACCORDEMENTS : PARAFOR PONTS OU PARAFOR SOLO S

Ces matériaux peuvent être utilisés pour réaliser les relevés sur béton ou acier. Ils sont conditionnés en rouleaux de 1 m de large.

Documents de référence :

- ▶ Avis technique Parafor Ponts délivré par le Cerema,
- ▶ Avis Technique CSTB Parafor Solo.

4.6.3 PROFILÉ D'ANCRAGE TERASTOP

Terastop et Terastop DA sont des profilés de compartimentage en PE-EVA, polyéthylène souple, permettant de réaliser des ancrages, compartimentages et joints de dilatation. Ils sont compatibles avec le bitume élastomère SBS des membranes bitumineuses Teranap.

4.6.4 ÉCRAN D'INTERPOSITION THERMIQUE : VERECRAN 100

Lors des soudures des lés de géomembranes, afin de ne pas détériorer le géotextile de propreté ou de protection, il convient d'interposer entre la géomembrane et celui-ci un voile de verre 100 g/m² utilisé comme écran thermique : Verecran 100.

4.6.5 BANDES DE JONCTION : TERANAP BANDE JOINT ET COMPARTIBANDE

Teranap Bande Joint est une bande de membrane bitumineuse d'épaisseur 4 mm, revêtue sur les 2 faces par un film macroperforé thermofusible.

Conditionnement : 40 cm de large et 10 m de longueur.

Pour les soudures en abouts de lés de Teranap GTX 300 (et autres produits recouverts d'un géotextile), utiliser Teranap Bande Joint. Les extrémités des deux lés de Teranap GTX 300 sont soudées bord à bord sur cette bande sur une largeur de 20 cm.

Compartibande est une bande de pontage de 200 mm de large pour le pontage des fixations mécaniques et des joints des lés de Teranap.

4.6.6 GÉOTEXTILES ANTIPOINÇONNANTS

La gamme Geofelt TP de BMI Siplast comporte des géotextiles de protection en non tissé aiguilletés, disponibles en différents grammages : 700, 1 000 et 2000 g/m².

4.6.7 GÉOESPACEURS ET GÉOCOMPOSITES DE DRAINAGE

La gamme Geoflow de BMI Siplast est composée de géoespaceurs de drainage constitués d'une grille tridimensionnelle en polyéthylène haute densité (PEHD). Ces grilles sont associées à des géotextiles de filtration/séparation, ces derniers sont contrecollés sur une face ou les deux faces du géoespaceur. La gamme Fonda de BMI Siplast est composée de géoespaceurs présentés sous forme de nappes embossées et revêtue d'une couche filtrante en géotextile, pour le GTX en Polyéthylène (Fonda+) ou polypropylène (Fonda GTX) décrites dans l'Avis Technique CSTB Fonda protection.

4.6.8 ACCROCHE TERRE

La gamme Geogrip de BMI Siplast est constituée de grilles de retenue de terre en polyester (tridimensionnelle ou non) dont les performances en traction dans le sens longitudinal vont de 35 kN/m à 50 kN/m pour les produits standards.

5. Guide de choix (performances Teranap, nécessités projets, adéquation)

Il est bien évidemment nécessaire de choisir et d'utiliser le produit adapté à chaque cas de figure. Devant l'ampleur du risque que présente un défaut d'étanchéité dans un projet de génie civil, dont l'étanchéité et sa mise en œuvre ne représentent d'ailleurs généralement qu'une maigre proportion en termes de coût, nous ne pouvons que mettre en garde nos clients contre l'envie qu'ils pourraient avoir de se tourner vers les produits les moins chers. Si notre gamme de géomembranes est vaste, c'est qu'il existe un grand nombre d'applications qui ne nécessitent pas toutes le même traitement.

Cette section est destinée à orienter le client vers une géomembrane, en considérant grossièrement les caractéristiques de son projet. Il existe une grande variété de supports, de conditions d'application et d'exploitation et de structures de protection, c'est la raison pour laquelle cette section ne se veut ni exhaustive ni définitive. Le client peut se tourner vers l'assistance technique de BMI Siplast s'il souhaite approfondir le choix de la géomembrane.

Protek'Nap	Teranap Expert 300	Teranap Expert 400	Teranap Expert 500	Teranap Expert 600
	Teranap 331 TP	Teranap 431 TP	Teranap 531 TP	Teranap 631 TP
Contraintes mécaniques très faibles	Contraintes mécaniques moyennes	Contraintes mécaniques importantes	Contraintes mécaniques fortes	Contraintes mécaniques extrêmes
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pour des routiers 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Couverture d'installation de déchets, de terrils 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bassins hydrauliques, miniers, industrielles, ▶ Bassins industriels et miniers, ▶ Canaux, ▶ Sites industriels, ▶ Barrière contre les biogaz, ▶ Plateformes de méthanisation 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Barrages ▶ Bassins hydrauliques de grande profondeur ▶ Aires de stockages de déchets industriels ▶ Fonds de casiers d'installation de stockage de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Voies ferrées (utilisation sous Ballast) ▶ Confinement déchets dangereux ▶ Barrages de grande hauteur

6. Durabilité des TERANAP®

Compte tenu de la criticité et de la durée de vie des projets de génie civil auxquels nous répondons pour la partie étanchéité avec nos géomembranes Teranap, il est primordial que celles-ci gardent un niveau de performances et des propriétés élevées dans le temps. Pour cela, nous fabriquons nos géomembranes Teranap avec un liant bitumineux de très haute qualité.

6.1 RÉSISTANCE AU VIEILLISSEMENT CLIMATIQUE

Nos géomembranes ont passé avec succès différents tests à la suite d'un vieillissement climatique selon la norme EN 12224, avec 600 MJ/m au lieu de 300 MJ/m, comme préconisé dans le référentiel ASQUAL.

Ces tests effectués à la suite du vieillissement sont :

- ▶ détermination du point de ramollissement « ring and ball » selon EN 1427 ;
- ▶ caractérisations mécaniques et comparaison aux valeurs initiales selon EN 12311-1 ;
- ▶ flexibilité à basse température (<-5°C) selon EN 1109 ;
- ▶ comparaison de la masse surfacique avant et après vieillissement selon ISO 9864 ;
- ▶ perméabilité aux liquides selon EN 14150.

6.2 RÉSISTANCE À L'OXYDATION THERMIQUE

De même, nos géomembranes ont passé avec succès différents tests à la suite d'une oxydation thermique selon la norme EN 14575.

Ces tests effectués à la suite de l'oxydation thermique sont :

- ▶ détermination du point de ramollissement « ring and ball » selon EN 1427 ;
- ▶ caractérisations mécaniques et comparaison aux valeurs initiales selon EN 12311-1 ;
- ▶ flexibilité à basse température (<-5°C) selon EN 1109 ;
- ▶ comparaison de la masse surfacique avant et après vieillissement selon ISO 9864 ;
- ▶ perméabilité aux liquides selon EN 14150.

6.3 DURABILITÉ

Une étude commandée par BMI Siplast à l'IRSTEA et l'IFSTTAR et rendue en 2015, dont l'objet est d'étudier la durabilité de nos géomembranes en bitume modifié par des élastomères SBS exposées aux rayonnements UV du soleil dans les ouvrages hydrauliques a permis à l'IRSTEA de quantifier le niveau d'étanchéité de GMB vieilles 6, 10, 15, 20 et 30 ans, ainsi que les propriétés mécaniques de ces géomembranes à travers des essais de traction unidirectionnelle et multiaxiales tandis que l'IFSTTAR a évalué l'état de vieillissement des liants

bitumineux (bitume et polymère) constitutifs de ces GMB prélevées dans des bassins. Les mesures de flux ainsi que les résultats des essais mécaniques ont été rapprochées de l'état de structure du liant bitumineux. La dégradation chimique des bitumes modifiés par des polymères se traduit par une rupture de chaîne du polymère et une oxydation du bitume. Ainsi la dégradation des polymères SBS, à la surface et au cœur de la GMB, a été suivie par détermination de l'évolution des teneurs en polymères et de leur masse molaire par chromatographie de perméation sur gel (GPC).

Voici les conclusions de l'étude :

A la surface de la géomembrane, pour des durées d'exposition supérieures à 15 ans, les intensités des pics du polymère sont négligeables. Parallèlement, à 15, 20 et 30 ans on note une oxydation du bitume. La disparition du polymère et l'oxydation bitume du prélèvement réalisé à la surface de la GMB ne concernent que les premiers microns soumis à une forte exposition. Cette dégradation mise en évidence par chromatographie n'est pas significative de l'état du bitume de la GMB.

Au cœur de la géomembrane, les volumes d'élution du SBS linéaire des GMB de 6 à 20 ans sont identiques. Ainsi après 20 ans d'utilisation aucune dégradation ou rupture de chaîne moléculaire n'est mise en évidence. En revanche, après 30 ans sur site, le SBS élue sous forme d'un massif qui s'étend entre 9,1 et 13,8 mL, le maximum du massif se situant vers les masses molaires plus faibles, et non plus sous forme de pics distincts. Le SBS du liant de la GMB de 30 ans présente donc une dégradation par rupture de chaîne du polymère.

Les propriétés hydrauliques ne sont pas significativement affectées par ces modifications de structure chimique à la surface de la géomembrane.

En effet, il a été constaté que l'augmentation de la masse molaire des composés du bitume et la dégradation du SBS par rupture de la chaîne du polymère après 30 ans d'exposition si elle induit logiquement une augmentation de la rigidité de la géomembrane n'engendre pas d'altération de la fonction étanchéité de la géomembrane.

7. Manutention et stockage

7.1 MANUTENTION

Les rouleaux TERANAP® de 4 m de large sont chargés dans un conteneur de 20 pieds à l'usine de Mondoubleau de BMI Siplast à l'aide d'un engin de manutention équipé d'une broche métallique.



Dimensions de la broche métallique :

Diamètre : 13 cm

Longueur : 3 m



Pour le déchargement du conteneur, le même type de broche métallique peut être utilisé. Cette broche métallique peut être fixée sur la chargeuse-pelleteuse.

Au cours du chargement dans le camion, les rouleaux peuvent être empilés sur 3 niveaux, selon la configuration 3 + 2 + 1 et deux fois sur la longueur du plateau. Utilisez des sangles pour maintenir les rouleaux en place pour éviter des mouvements dangereux des rouleaux dans le camion.



Si le camion est chargé et déchargé par le côté (équipé de rails latéraux ou rideau latéral), il est conseillé d'utiliser un équipement de manutention avec des élingues ou des palourdes attachées à chaque côté du mandrin du rouleau.

Il est interdit d'utiliser un chariot élévateur dont les fourches sont en contact direct avec la surface du rouleau. Cela aurait pour conséquence de provoquer la perforation des rouleaux TERANAP®.



7.2 STOCKAGE SUR SITE

Pour assurer un bon stockage des rouleaux TERANAP®, nous conseillons de :

- ▶ niveler une surface horizontale suffisante pour stocker la quantité requise de TERANAP®.
- ▶ réaliser une préparation du sol pour résister au poids des rouleaux stockés et à la circulation des équipements de manutention.
- ▶ une surface nivelée supplémentaire sera conçue pour permettre aux équipements de manutention (pelle ou similaire) de manoeuvrer lors du déchargement des rouleaux TERANAP®.

Une route d'accès doit être prévue pour accéder à cette zone de stockage pour permettre aux camions ayant 26 tonnes de charge d'assurer la livraison des rouleaux.

Les rouleaux ne doivent pas être posés directement sur le sol (risque de perforation par des pierres) mais peuvent être stockés sur un géotextile ou couche de protection (type sable). Ils peuvent être stockés sur une hauteur de 2 couches maximum. Le mieux reste de les stocker sur des supports spécifiques permettant aux rouleaux de ne pas être au contact du sol, sur une seule hauteur.



Différents moyens peuvent être utilisés : couches de blocs de béton, béton armé, barrières, poutres métalliques ou en bois, etc.



Chaque rouleau nécessite une surface au sol de 4 m². Un camion complet nécessite une surface minimale de 50 m² pour le stockage.

Attention à bien séparer l'espace de stockage en différentes zones pour trier les éventuels différents types de TERANAP® sur le site.

Prendre toutes les précautions pour éviter tout risque de détérioration des rouleaux de TERANAP® par la circulation de camions et d'équipements de manutention.

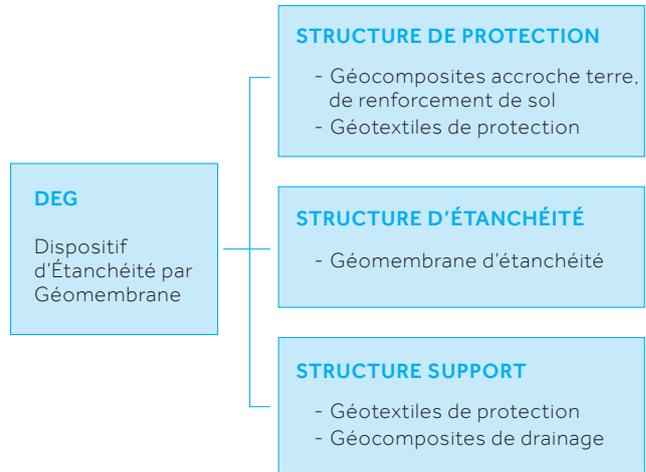
8. Mise en œuvre

8.1 INTRODUCTION

La fonction principale d'une géomembrane est l'étanchéité. Compte-tenu des différentes contraintes qu'elle peut subir (contraintes mécaniques et contraintes de charge, etc...) et des différents autres critères à prendre en compte (nature du support, nature du stockage, etc...), elle doit être intégrée dans un dispositif comportant une ou plusieurs structures ayant chacune une fonction particulière comme présenté ci-dessous.

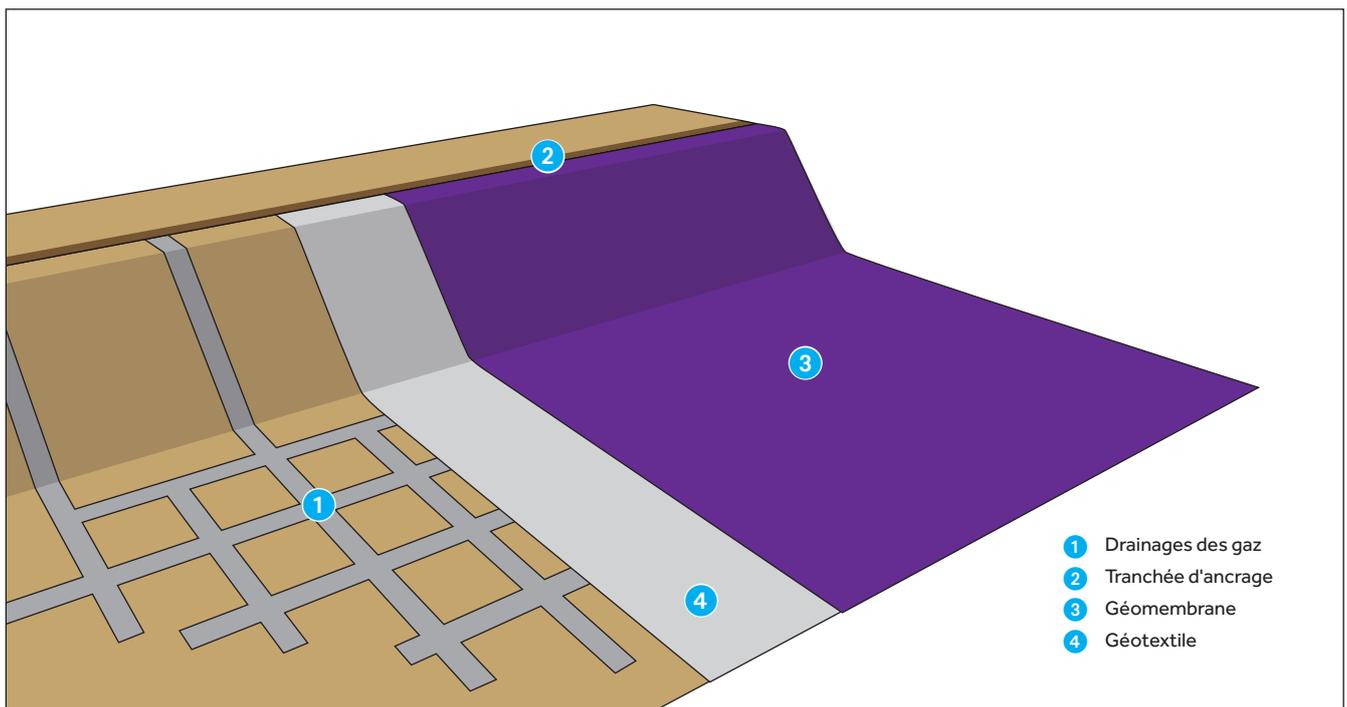
Le **D**ispositif d'**É**tanchéité par **G**éo-membrane peut intégrer selon l'ouvrage, en complément de la géomembrane TERANAP® :

- ▶ les géotextiles de protection,
- ▶ les géocomposites de drainage,
- ▶ les géocomposites d'accroche terre / les géocomposites de renforcement de sol.



Le dimensionnement de la géomembrane se fait en fonction du support et des contraintes qu'elle va subir dans l'ouvrage. Il est parfois nécessaire de positionner un géotextile de protection entre le support et la géomembrane en fonction de la granulométrie et de l'angularité des matériaux. Selon le support, il est possible d'avoir une géomembrane de qualité supérieure sans avoir de géotextile de protection.

Une étude spécifique de l'ouvrage est réalisable par notre service technique pour définir le système Géotextile / Géomembrane le plus adapté à l'ouvrage.



8.2 LA STRUCTURE SUPPORT

La structure support comprend la couche de forme et la couche support de la géomembrane avec les drainages éventuels de l'eau et des gaz et la protection inférieure. Elle est mise en œuvre sur le fond de forme et sous la structure d'étanchéité.

8.2.1 LE FOND DE FORME

Lorsque le fond de forme présente un état de surface agressif, il est nécessaire de réaliser une couche de forme à partir de matériaux d'apport naturels ou non. La couche de forme et ses caractéristiques doivent être déterminées par le concepteur. Elle est généralement constituée par :

- ▶ soit du béton,
- ▶ soit de la grave bitume ou ciment,
- ▶ soit du sable ou du limon,
- ▶ soit des granulats concassés (Diamètre maximum = 10 mm),
- ▶ soit des granulats roulés (Diamètre maximum = 15 mm).

Lors de la mise en œuvre du matériau d'apport, il est nécessaire de :

- ▶ vérifier sa granulométrie,
- ▶ veiller à ne pas créer de ségrégation à la mise en œuvre,
- ▶ contrôler l'état de surface et retirer tout élément agressif,
- ▶ compacter les matériaux naturels, au minimum à 95 % de l'Optimum Proctor Normal.

Le fond de forme doit être compacté au minimum à 95 % de l'Optimum Proctor Normal en respectant les règles de mécanique des sols. Les remblais récents (remblaiement de carrière ou décharge par exemple) nécessitent un compactage particulier pour limiter les tassements ultérieurs et la sensibilité à l'érosion. La nature du terrain en place peut permettre de faire office de structure support, sans apport de matériaux supplémentaires. Cependant, lors de la phase travaux, la réalisation ponctuelle d'une couche support peut s'imposer lors de variations locales des caractéristiques du terrain (avis nécessaire du concepteur).

Les matériaux sensibles au ravinement, à la circulation de chantier et au battage, doivent être stabilisés : traitement par différents liants, matériaux d'apport moins sensibles, etc.

Les caractéristiques chimiques (pH) du matériau après stabilisation aux liants doivent être compatibles avec la géomembrane et les géotextiles éventuels. Les engins de chantier ne doivent pas entraîner de déformation ou de modification de la texture superficielle (ornières, dégagement de cailloux isolés, etc.) incompatibles avec les caractéristiques de la géomembrane.

Avant mise en place de la géomembrane, procédez impérativement au nettoyage et au ratissage de la structure support, afin d'éliminer tous les corps étrangers (cailloux,

souches, outils) pouvant perforer ou générer des sous-pressions créant des contraintes mécaniques dans la géomembrane.

La surface du support doit être :

- ▶ dépourvue de toutes aspérités pouvant endommager la géomembrane TERANAP®. Par exemple : granulats concassés type silex, têtes de chats, éléments contondants ou tout autres éléments poinçonnant,
- ▶ dépourvue de toute végétation ou de matières organiques,
- ▶ dépourvue d'ornières, flaches, irrégularités pouvant provoquer des tensions dans la géomembrane,
- ▶ dépourvue de défauts de planéité de surface. Un compactage uniforme et soigné doit être réalisé.

8.2.2 LES TALUS

La pente des talus doit être déterminée en tenant compte des règles de mécanique des sols : les talus doivent être stables par eux-mêmes, les géomembranes TERANAP® n'ayant pas de fonction mécanique et n'étant destinées qu'à assurer l'étanchéité de l'ouvrage.

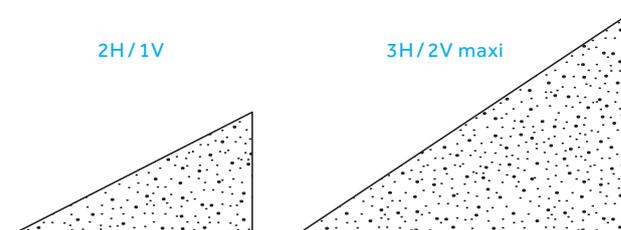
Il est indispensable de prendre en compte les points suivants :

- ▶ la géométrie de l'ouvrage (pentes, longueurs de rampants...),
- ▶ la nature des matériaux constituant le talus et le fond de forme,
- ▶ les caractéristiques mécaniques des différents éléments du DEG ou DEDG,
- ▶ les coefficients de frottement aux interfaces des différentes couches entre elles,
- ▶ la nature des produits stockés,
- ▶ le mode d'exploitation de l'ouvrage (présence ou non de fluide, variation de niveau, possibilité de vidange rapide...).

Bien que la mise en œuvre du DEG soit possible sur certains supports verticaux ou sub-verticaux (talus rocheux, bétonnés ou maçonnes) pour la commodité du chantier, une pente de 3H/2V doit être considérée comme un maximum.

Les pentes plus douces, 2H/1V, sont destinées :

- ▶ à faciliter aussi bien la circulation du personnel que celle des engins,
- ▶ à faciliter la réalisation des assemblages sur le site,
- ▶ à faciliter la mise en œuvre de protection sur l'étanchéité,
- ▶ à limiter les contraintes exercées sur l'étanchéité.



8.2.3 AMÉNAGEMENT EN CRÊTE DE TALUS

Prévoir une piste de circulation provisoire autour des ouvrages à réaliser pour permettre :

- ▶ la réalisation de la tranchée d'ancrage de la géomembrane,
- ▶ l'approvisionnement des rouleaux sur le chantier depuis l'aire de stockage,
- ▶ l'exécution du chantier sans risque de détérioration de l'étanchéité par la circulation des engins de chantier.

Cette piste de circulation provisoire ou permanente autour de l'ouvrage doit être envisagée dès la conception de l'ouvrage. La largeur recommandée est de l'ordre de 3 m minimum pour tenir compte de la tranchée d'ancrage et d'un espace suffisant pour la circulation d'un engin.

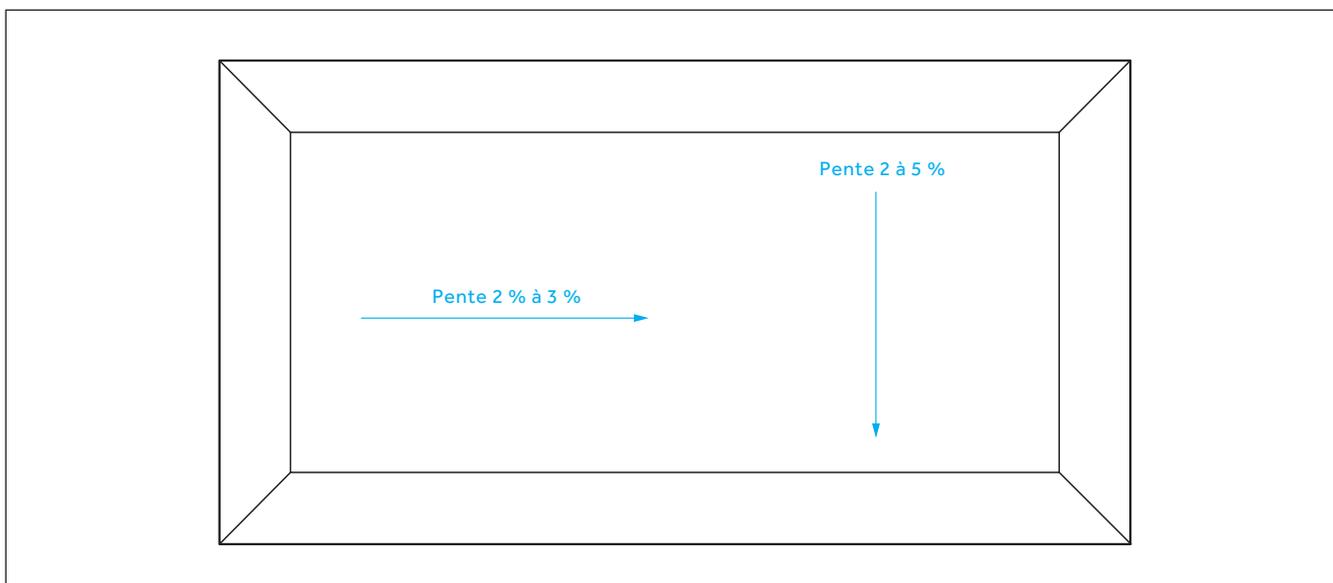
8.2.4 RAMPES D'ACCÈS

Une rampe d'accès facilite la circulation des engins lors de la réalisation des travaux et pour les opérations d'entretien et de curage du bassin. La pente doit être de l'ordre de 15 % maximum.

8.2.5 PENTE DU FOND DE FORME

Une pente du fond de forme est nécessaire pour faciliter l'assainissement et la vidange des bassins afin de :

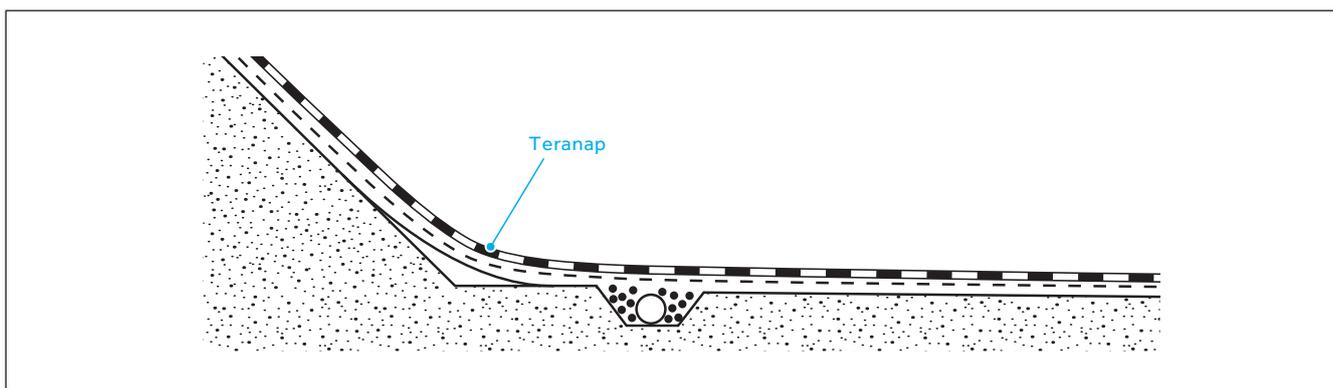
- ▶ évacuer l'ensemble des eaux en fin d'épisode pluvieux,
- ▶ éviter les zones de rétention,
- ▶ faciliter l'évacuation des gaz,
- ▶ faciliter le nettoyage.



8.2.6 PIED DE TALUS

Pour éviter toute tension des géomembranes TERANAP® ainsi que tout problème de soudure au niveau du pied de talus,

adoucir ce dernier par matériau d'apport (provenant généralement du site) compacté et ne pas placer de drain à cet endroit. Le concepteur doit déterminer l'emplacement du drain, en tenant compte de cette remarque.



8.2.7 LES SUPPORTS BÉTON

Les différents types de supports rencontrés permettant la mise en œuvre des géomembranes TERANAP® sont :

- ▶ surface de béton coffré,
- ▶ surface de béton non coffré (face supérieure d'une dalle ou d'un radier),
- ▶ surface de soutènements métalliques,
- ▶ surfaces de soutènements divers.

Les conditions minimales de mise en œuvre dépendent, dans tous les cas de figure, de l'état de surface du support caractérisé par sa planéité et sa rugosité, ainsi que par l'âge du support. La surface du support doit avoir un aspect régulier et présenter les caractéristiques suivantes :

- ▶ planéité : les références de forme sont fixées par rapport à un gabarit de 2,00 m et un gabarit de 0,20 m. La différence entre les écarts minimal et maximal par rapport au gabarit ne doit pas excéder les valeurs suivantes :
 - 15 mm avec un gabarit de 2,00 m,
 - 6 mm avec un gabarit de 0,20 m.,
- ▶ délai de séchage du béton : ce dernier doit être supérieur à 2 jours.
- ▶ le support ne devra pas présenter de trous ou proéminences,
- ▶ les angles vifs devront être chanfreinés.

Préalablement à la soudure des bandes de compartimentage, le support devra avoir subi :

- ▶ un dépoussiérage soigné,
- ▶ l'élimination de toute trace de laitance, de matériaux de faible cohésion,
- ▶ l'élimination des balèvres et aspérités par meulage ou ponçage,
- ▶ le resurfaçage des zones de macro rugosités importantes avec ragréage des petites cavités.

8.2.8 LES GÉOTEXTILES

Selon la nature de l'ouvrage et la nature du support, un géotextile de protection peut être posé sur la couche de forme. Le dimensionnement du géotextile est fonction :

- ▶ de la nature de la couche de forme,
- ▶ du type de TERANAP® utilisé,
- ▶ de la hauteur de liquide ou du produit stocké.

Nota : Le cas des Ouvrages d'Art Enterrées et des Ouvrages d'Art Ponts Maçonnées font l'objet d'une notice de pose spécifique.

8.2.9 LES GÉOCOMPOSITES DE DRAINAGE

Suivant l'importance de l'ouvrage, la nature des matériaux constituant le fond de forme, les résultats des études géotechniques du site et si l'eau ou les gaz susceptibles de se trouver sous la géomembrane peuvent nuire au bon comportement de l'ouvrage (sous pression, etc.), le concepteur doit déterminer la nécessité d'implanter un système de drainage sous la géomembrane. Ce système est composé de deux réseaux pouvant être indépendants : drainage des liquides et drainage éventuel des gaz, ce dernier ne devant jamais être saturé d'eau.

La mise en œuvre des drainages d'eau et de gaz doit s'effectuer en veillant :

- ▶ à éviter l'écrasement des drains lors du passage d'engins de chantier,
- ▶ à éviter la formation de contre-pentes,
- ▶ à respecter les règles de mise en œuvre des géotextiles éventuels.

DRAINAGE DE L'EAU

Si l'eau susceptible de se trouver sous la structure d'étanchéité peut nuire au bon comportement de l'ouvrage, il est nécessaire de prévoir un drainage :

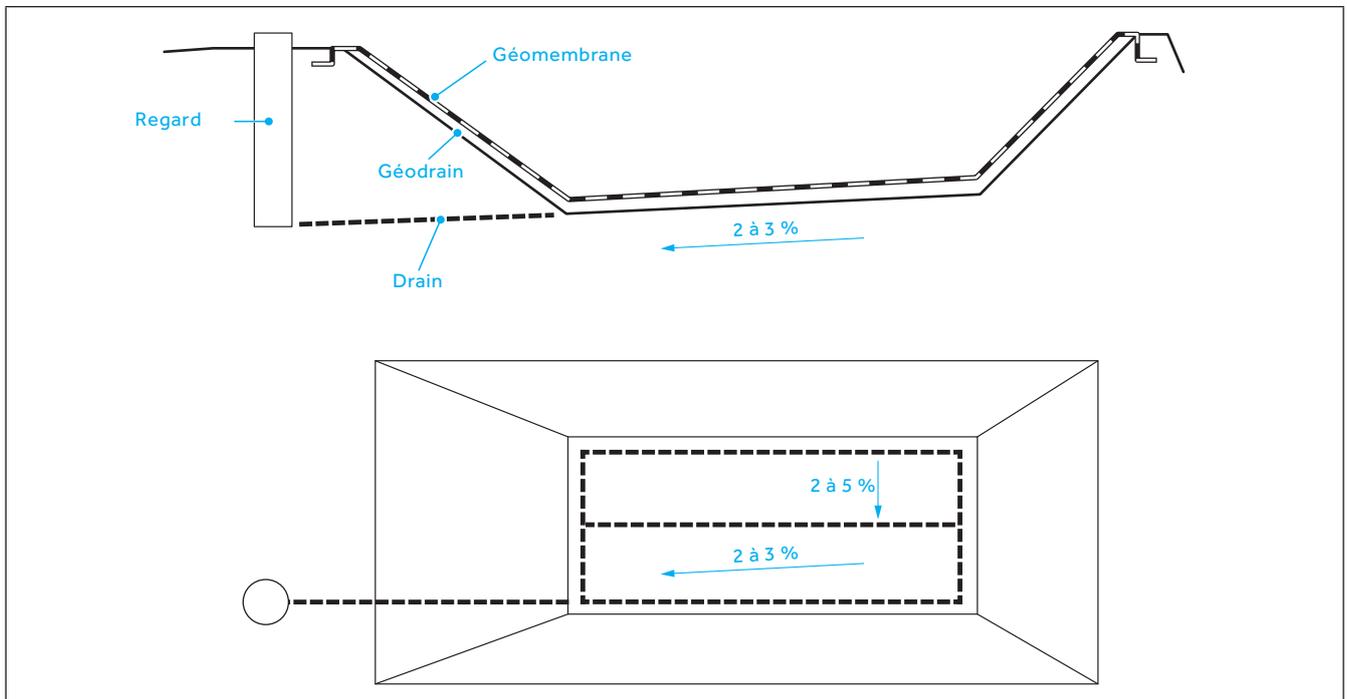
- ▶ soit au moyen d'une couche de matériau drainant sur une épaisseur de 10 cm minimum à dimensionner selon la nature du terrain,
- ▶ soit par des produits synthétiques type géo-espaceurs.

Pour éviter le colmatage du drain et l'entraînement du sol, un géotextile de séparation/filtration doit être prévu entre la couche drainante granulaire et les autres couches de matériaux, en respectant les règles de dimensionnement des géotextiles de filtration.

Dans le cas d'un drainage par géosynthétique (type Geoflow), il est indispensable de prévoir la mise en place de tranchées drainantes pour collecter et évacuer les eaux. Dans le cas où le système de drainage doit permettre de déceler et d'évaluer un débit de fuite, il importe de vérifier que le débit recueilli en sortie des réseaux de drainage n'est pas augmenté par des venues d'eaux parasites.

Le dimensionnement du réseau de drainage des eaux est fonction :

- ▶ du débit des eaux provenant de l'extérieur de l'ouvrage,
- ▶ du débit de fuite admissible,
- ▶ des sous-pressions maximales admissibles soit en service normal, soit en cas de fuite accidentelle.

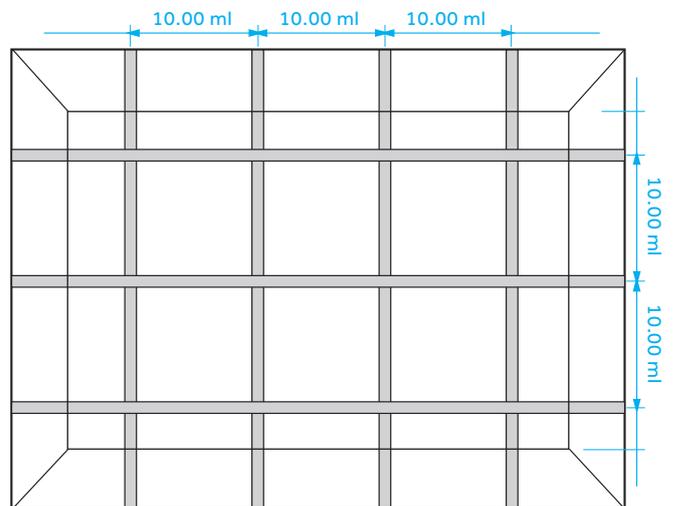


DRAINAGE DES GAZ

Le drainage des gaz ne fonctionne pas s'il est noyé. La réalisation d'un drainage de gaz entraîne donc, sauf support naturellement drainant, celle d'un drainage des eaux. Le drainage des gaz est nécessaire pour éviter les sous-pressions.

Utiliser pour cela :

- ▶ soit des drains perforés de 40 à 80 mm de diamètre, placés tous les 20 m environ (ordre de grandeur devant faire l'objet d'une confirmation par un dimensionnement résultant d'une étude spécialisée). Cette distance est ramenée à 10 m si le sol sous-jacent est peu perméable et en cas prévisible de dégagement important de gaz. Entre les tuyaux, la mise en place d'un lit de matériau drainant, d'un géotextile ou autre produit synthétique transmissif est nécessaire.
- ▶ soit des géogrilles de drainage, type Geoflow, qui ont l'avantage d'être souples et d'épouser les déformations de la géomembrane.



Les sorties des drains de gaz et leurs raccordements, type Aérateur DA, sont implantées aux points hauts et doivent être protégées (chapeau et grille) pour empêcher toute obstruction d'échappement ou pénétration d'eau de ruissellement.

8.3 MISE EN ŒUVRE DE LA STRUCTURE D'ÉTANCHÉITÉ

8.3.1 INSTALLATION

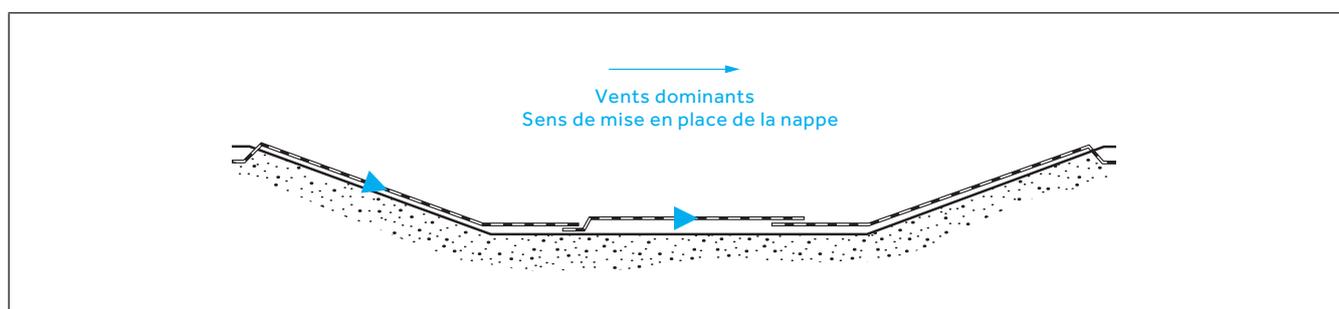
Les géomembranes bitumineuses présentent une surface et une sous-face distinctes :

- ▶ la face supérieure = face grésée est une surface frottante,
- ▶ la face inférieure = face filmée.

Lorsque la forme de l'ouvrage ne permet pas de dérouler TERANAP® d'une crête à celle opposée, réaliser d'abord l'étanchéité des talus, puis celle du fond de l'ouvrage.

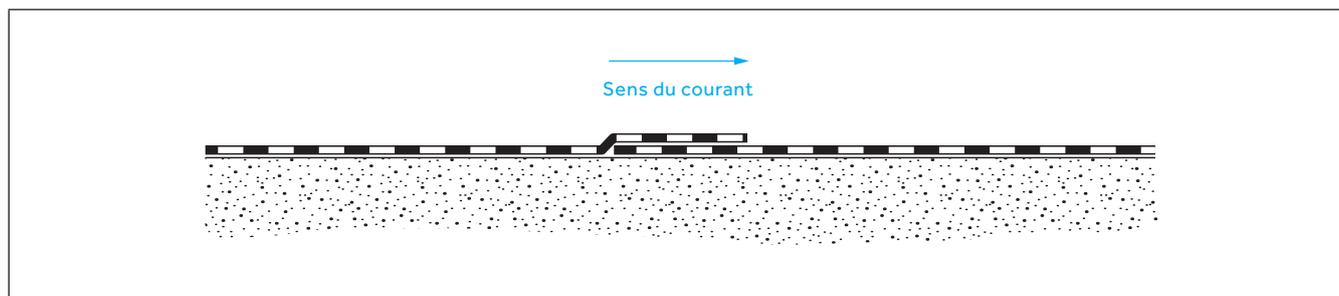
8.3.1.1 ACTION DU VENT

Dans la mesure du possible, et si la forme des ouvrages le permet, les géomembranes TERANAP® sont déroulées sur le développé de l'ouvrage en commençant la pose par la crête des talus, en recouvrant les rampes d'accès, en continuant le travail suivant la ligne de plus grande pente et en tenant compte dans la mesure du possible du sens des vents dominants.



8.3.1.2 ACTION DES COURANTS

Si le revêtement n'est pas protégé et se trouve soumis à l'action d'un courant, les joints seront orientés convenablement.



8.3.1.3 JOINTS TRANSVERSAUX SUR TALUS

L'emploi des joints horizontaux sur les talus est interdit. Ils sont uniquement tolérés pour le traitement des angles. Cependant, dans certaines configurations, un raccord horizontal peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, l'accord du maître d'œuvre et/ou de l'organisme de contrôle doit (vent) être obtenu(s) au préalable.

8.3.1.4 JOINTS TRANSVERSAUX EN FOND

Les soudures ne doivent pas être alignées sur deux lés voisins (au moins 1 m entre deux soudures longitudinales). Les points de recouvrement quadruple (points avec quatre épaisseurs de géomembrane) sont interdits. Les points de recouvrement triple sont à éviter ; une attention particulière doit leur être apportée s'ils sont inévitables. Dans ce cas, ces points de détails sont confortés à l'aide d'une pièce soudée au

chalumeau, issue de la même géomembrane que celle utilisée en partie courante.

8.3.1.5 JOINTS EN CROIX

Les joints en croix sont strictement interdits. Il faudra toujours être dans une configuration en T, en prévoyant un décalage entre les joints transversaux. Chaque joint en T devra être recouvert d'un patch.

8.3.2 RÉALISATION DES SOUDURES

Les soudures des lés de géomembranes TERANAP® sont interdites dans les conditions climatiques suivantes :

- ▶ sous la pluie,
- ▶ sous la neige,

- ▶ par vent violent > 35 km/h (pour des raisons de sécurité laissées à l'appréciation du maître d'œuvre et de l'applicateur),
- ▶ dans la boue,

Toute application dans le cas de ces conditions extrêmes doit être soumise à l'accord préalable du maître d'œuvre.

Dans le cas de température supérieure à 35 °C, des précautions particulières doivent être prises pour circuler sur la géomembrane.

8.3.3 ÉQUIPEMENT DE SOUDAGE

L'équipement nécessaire à la soudure et au marouflage des lés des géomembranes doit être constitué par les éléments cités ci-après :

Équipement pour soudage :

- ▶ bouteille de propane 13 kg ou 30 kg,
- ▶ détendeur 3 bars ou détendeur réglable de 1,5 à 3,5 bars,
- ▶ flexible conforme aux normes de sécurité (longueur à adapter suivant le chantier, 10 m mini),
- ▶ chalumeau d'étanchéité à 1 ou 2 becs, ou à bec plat,
- ▶ canne .

Équipement pour marouflage :

Le marouflage s'effectue immédiatement après la soudure avant refroidissement de celle-ci au moyen d'un chiffon humide

ou d'un rouleau humide. Il est également possible, si le support le permet, d'utiliser pour le marouflage, un rouleau de 10 kg minimum en partie horizontale.

Équipement annexe :

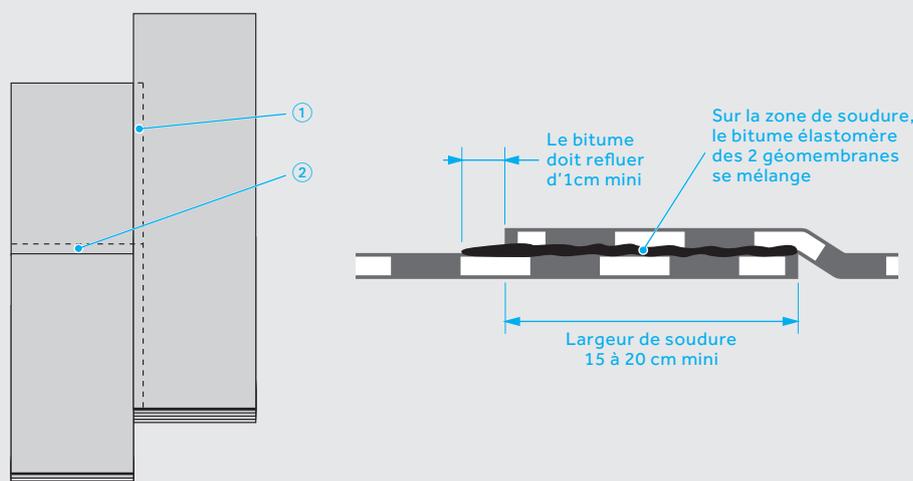
- ▶ langues de chat n°14 ou n°16 ;
- ▶ cutters à lame croche ;
- ▶ mètre, cordex ;
- ▶ gants, etc.

Nota : Il existe également dans la gamme des fabricants de chalumeaux des accessoires conçus pour faciliter le travail du soudeur, par exemple des rallonges de chalumeaux, des becs de formes spéciales. La liste de ces fabricants est disponible sur demande auprès de BMI Siplast.

8.3.4 RECOUVREMENT

La soudure à l'avancement est réalisée en faisant rouler le lé supérieur sur le lé voisin en maintenant en permanence un bourrelet de bitume le long du recouvrement. La soudure « masquée » s'effectue lorsqu'une soudure à l'avancement n'est pas possible : les deux lés à assembler sont positionnés et la soudure est réalisée en soulevant localement le lé supérieur, en chauffant ensemble les deux lés avant marouflage. Matérialiser la largeur du recouvrement sur le lé inférieur à l'aide d'un marquage au cordex par exemple.

Largeurs de recouvrement des Teranap		
Types de recouvrements	Largeur en 2 m	Largeur en 4 m
① Longitudinaux si soudure à l'avancement (déroulage)	15 cm mini	—
Longitudinaux si soudure après positionnement des lés	20 cm mini	20 cm mini
② Abouts de lés	20 cm mini	20 cm mini



8.3.5 PROTECTION DU GÉOTEXTILE CONTRE LA FLAMME

Dans le cas où un matériau sensible à la chaleur est installé sous la géomembrane (par exemple, un géotextile anti poinçonnant), des dispositions doivent être prises avant le soudage des lés pour éviter de détériorer ce matériau. Installer le long de la zone de soudure du lé inférieur, une bande de Verecran 100. Cette bande forme un écran thermique provisoire et protégera le matériau installé sous TERANAP®.

8.3.6 SOUDAGE

Les lés des géomembranes TERANAP® sont soudés entre eux à la flamme par fusion partielle du liant polymère au niveau de la zone à souder. La géomembrane doit être propre et sèche, tout particulièrement dans les zones à souder. À cet effet, enlever juste avant le soudage le papier de protection de la bande de soudure et veiller à ne pas marcher sur la bande de recouvrement après avoir enlevé la bande de protection.



Les recouvrements entre deux lés de géomembrane bitumineuse ont au minimum 20 cm de largeur et les joints sont effectués par soudure au chalumeau alimenté au gaz propane. L'assemblage se fait à l'avancement ou après le positionnement complet des lés. Il est immédiatement suivi d'un marouflage. Un chanfreinage à chaud de la lèvres du joint peut compléter cette opération.



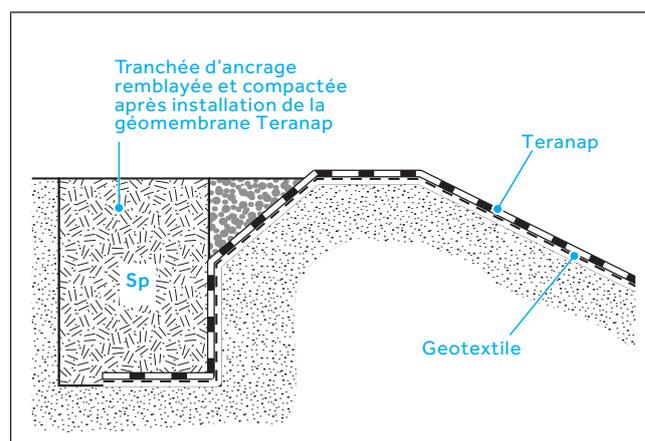
8.4 ANCRAGES ET RACCORDEMENTS

8.4.1 ANCRAGE EN TÊTES

Cet ancrage a un double rôle :

- ▶ empêcher le glissement de la géomembrane sur le talus,
- ▶ permettre à la géomembrane de résister aux efforts de soulèvement entraînés par la dépression due au vent.

La géomembrane doit être maintenue provisoirement dans la tranchée d'ancrage à l'aide de tiges métalliques (type fer à béton) avant le remblaiement de la tranchée. En pratique, l'ancrage en tête se réalise par enfouissement dans une tranchée selon le schéma ci-dessous. D'autres solutions par simple lestage sont également pratiquées, en prenant les dispositions nécessaires pour que le matériau de lestage ne s'érode pas dans le temps.



Le calcul des sections pesantes S_p et des longueurs d'ancrage doit tenir compte des conditions de frottement relatif (sol/géotextile, sol/géomembrane, géotextile/géomembrane). Le tableau indicatif ci-après donne les valeurs minimales de la section S_p de matériau pesant sur la géomembrane, calculées pour un poids volumique de 20 kN/m^3 .

Longueur du rampant en m	Sp = section d'ancrage en m ²	
	En site peu ou moyennement exposé au vent	En site très exposé au vent
< 3 m	0,04	0,06
3 à 5 m	0,09	0,16
5 à 15 m	0,16	0,25
≥ 15 m	0,25	0,36

Dans tous les cas où des mouvements importants du sol après mise en eau sont à craindre, prévoir un ancrage en tête par lestage provisoire permettant le plaquage et le placement de la géomembrane sur le support après stabilisation des mouvements. L'ancrage définitif intervient ultérieurement.

8.4.2 ANCRAGES INTERMÉDIAIRES

Les ancrages intermédiaires ne doivent être utilisés que dans les cas d'absolue nécessité et reste de la responsabilité du concepteur. Ils sont, en effet, délicats à réaliser et occasionnent généralement des dégradations de l'état de surface du talus.

Ils peuvent s'avérer nécessaires dans certains cas, par exemple :

- ▶ sur les talus, en complément ou en remplacement d'un équilibrage des pressions (drainage des gaz, événements, etc.) ;
- ▶ reprendre les efforts générés dans le DEG par la couche de protection.

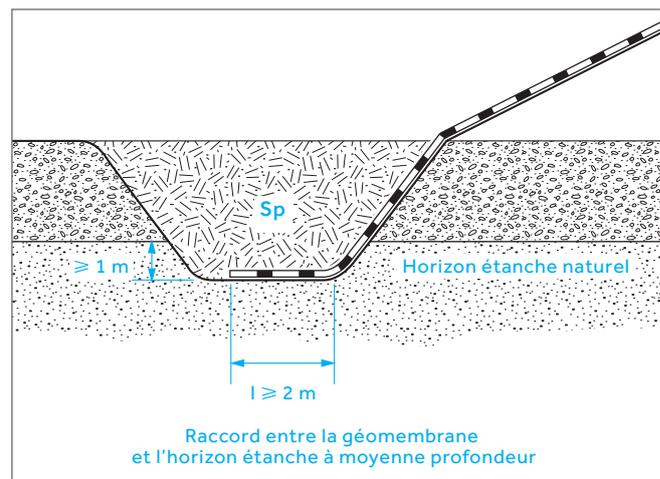
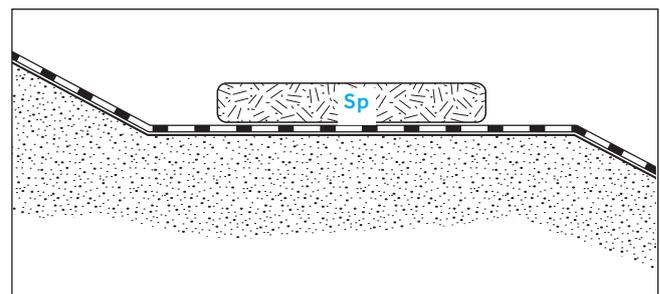
8.4.3 ANCRAGES EN PIED

Cet ancrage peut avoir deux fonctions :

- ▶ participer à la stabilité de la géomembrane sous l'action du vent ;
- ▶ assurer la continuité de l'étanchéité entre la géomembrane et l'horizon étanche.

8.4.4 LESTAGE

Ne pas négliger le lestage dès la mise en œuvre de la géomembrane. Le laps de temps entre le déroulage et l'assemblage des lés doit être le plus bref possible. La dépression due au vent appliquée pendant le chantier ou au cours d'exploitation peut créer des efforts de soulèvement de la géomembrane, proportionnels à la surface exposée, qui peuvent engendrer des tensions dans cette dernière. Le lestage doit essentiellement s'opposer au soulèvement de la géomembrane, afin d'éviter tout accident de personnel et toute détérioration de celle-ci. Les caractéristiques du lestage doivent être déterminées par le concepteur (localisation, fréquence, nature du leste, masse volumique...).



Par exemple, ce lestage peut être réalisé :

- ▶ lors de la phase de réalisation à l'aide de sacs en jute remplis de sable ou de terre, disposés régulièrement sur la géomembrane et reliés entre eux ?
- ▶ en cours d'exploitation de l'ouvrage, lors des vidanges, l'eau peut constituer un lestage.

8.4.5 RACCORDEMENT AUX OUVRAGES EN BÉTON

Les géomembranes TERANAP® sont raccordées aux ouvrages en béton suivant les solutions décrites ci-dessous. Le compactage du remblai dans les zones autour de l'ouvrage en béton doit être particulièrement soigné afin d'éviter tout tassement différentiel susceptible d'engendrer des tensions dans les géomembranes TERANAP®. Ces points singuliers sont traités selon des techniques particulières énumérées dans la suite du présent paragraphe. Le maître d'œuvre doit approuver la solution technique avant démarrage des travaux.

8.4.6 FIXATIONS MÉCANIQUES

Le choix des fixations mécaniques est déterminé par le concepteur. Ces fixations doivent absolument être protégées contre la corrosion.

Le concepteur doit définir, en fonction de l'agressivité chimique du contenu fluide ou pâteux à stocker, le mode de protection des fixations mécaniques :

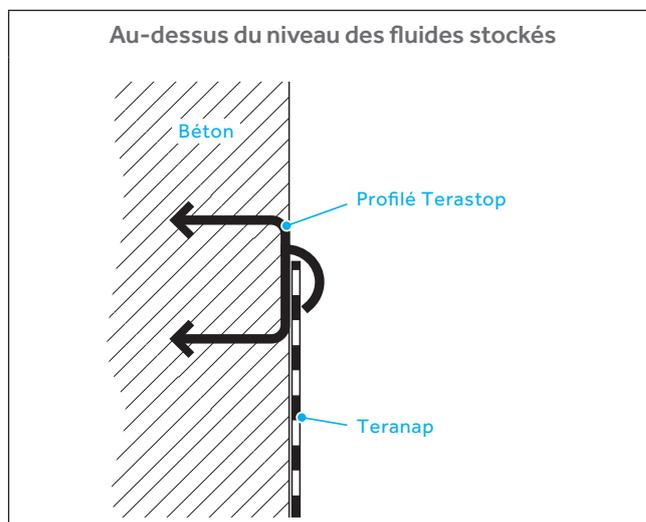
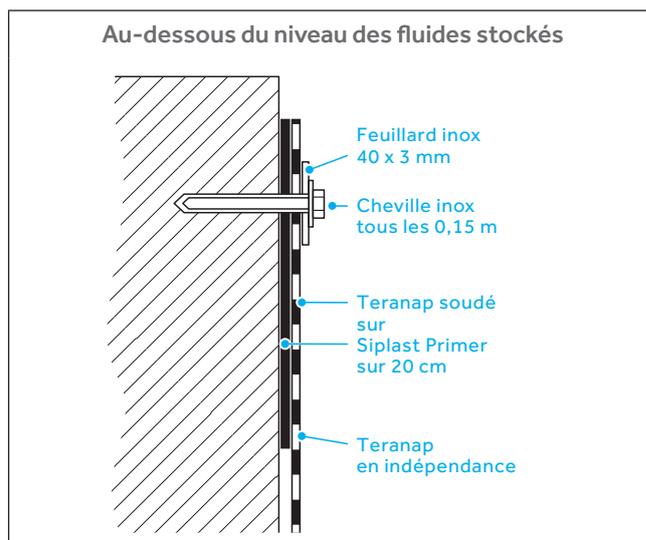
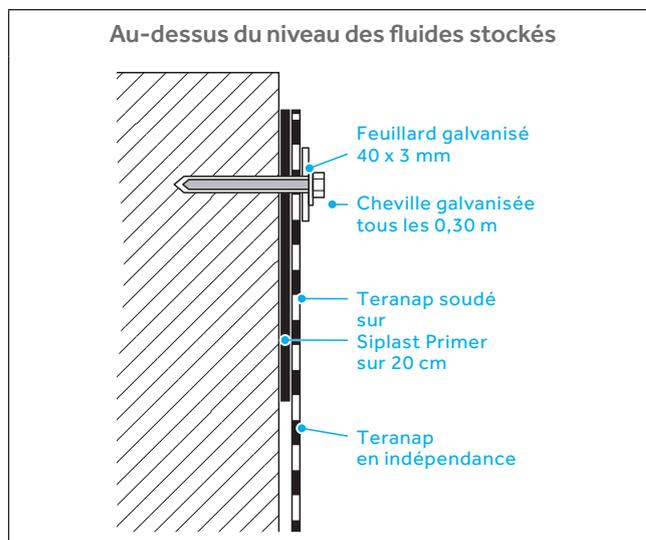
- ▶ soit par la nature du matériau les constituant (par exemple : acier inoxydable de classe adéquate),
- ▶ soit par le type de protection en fonction de la nature du matériau les constituant (par exemple : sur acier par galvanisation à chaud avec grammage adéquat).

8.4.7 FIXATION PAR SOUDURE

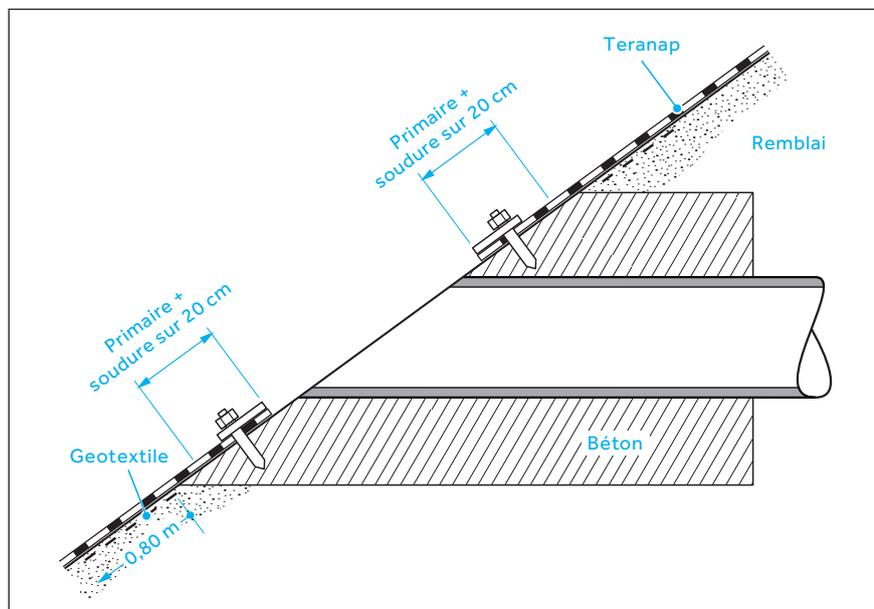
Les raccords sont réalisés sur profilés Terastop ancrés dans le béton. La membrane est soudée à la flamme sur les profilés.

8.4.8 RACCORDEMENT À UN TUYAU ET TRAVERSÉE

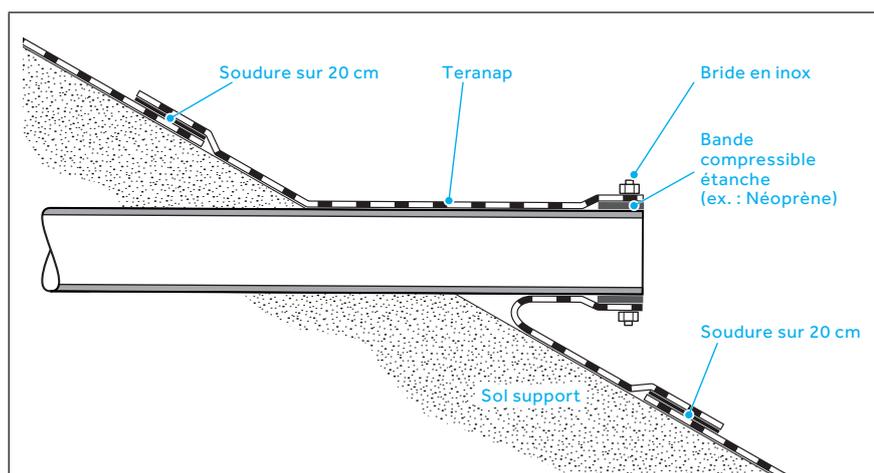
Dans la mesure du possible, l'extrémité du tuyau est enrobée dans un massif en béton sur lequel on viendra fixer l'étanchéité. L'étanchéité du tuyau est réalisée quand cela est nécessaire et/ou possible par un manchon en TERANAP® (principe décrit dans le schéma ci-dessous). Ce manchon est raccordé à l'aide d'une soudure à la flamme directement à la partie courante de l'ouvrage. La partie courante (quand cela est possible) est soudée à la flamme sur le massif béton préalablement enduit de Siplast Primer et fixée de façon mécanique au massif béton (cf. schéma précédent). Siplast Primer doit être appliqué à raison de 250 à 300 g/m² sur support béton et 150 à 200 g/m² sur support métallique, afin d'y raccorder, lorsque ce dernier est sec, les géomembranes TERANAP®.



8.4.9 RACCORDEMENT À UN TUYAU DANS LE CAS DE BASSINS CONTENANT DES EFFLUENTS NON POLLUANT POUR L'ENVIRONNEMENT



8.4.10 RACCORDEMENT À UN TUYAU (AVEC OU SANS EMPRISE) DANS LE CAS DE BASSINS CONTENANT DES EFFLUENTS NON POLLUANT OU NON POUR L'ENVIRONNEMENT



8.5 LA STRUCTURE DE PROTECTION

La structure de protection est l'ensemble des éléments placés, si nécessaire, au-dessus de la structure d'étanchéité, qui permet d'accroître sa durée de vie, en la protégeant contre les diverses sollicitations qui pourraient l'agresser tant en phase de réalisation des travaux qu'en phase de service de l'ouvrage.

Par exemple :

- ▶ la circulation d'engins ou de véhicules (interdiction sans protection),
- ▶ les rayonnements ultra-violettes : les UV constituent l'un des facteurs de vieillissement principaux des géomembranes. Le comportement des géomembranes aux rayonnements ultra-violettes est vérifié par les essais de vieillissement accéléré.
- ▶ l'action de la glace :
 - la présence de glace au contact du DEG, dans la zone de marnage, peut générer des sollicitations conduisant à des désordres tels que : poussées latérales lors de la formation de la glace,
 - contraintes lors de la variation du niveau des eaux,
 - agressions par des blocs flottants.
- ▶ l'action des vagues et du batillage : les vagues ou le batillage créé par le passage d'un bateau ou par le vent provoquent dans la zone de marnage sur la berge un ensemble de sollicitations hydrodynamiques alternées.
- ▶ l'action des corps flottants : la présence de corps flottants, y compris la glace, peut provoquer dans la zone de marnage, par chocs ou frottements, des déchirures localisées de la géomembrane.
- ▶ le vandalisme : difficilement quantifiable (déchirures volontaires, coups de fusil, piétinement de bêtes domestiques ou sauvages, chocs d'outils divers...).
- ▶ l'action du vent : lorsque l'ouvrage n'est pas destiné à être « en eau » en permanence.

La nécessité et la composition de la structure de protection sont à déterminer par le concepteur en fonction de divers paramètres liés aux conditions de réalisation du chantier, d'exploitation de l'ouvrage et des contraintes de l'environnement. L'épaisseur de la structure de protection et la composition des éléments qui la constituent sont aussi déterminées par le concepteur en fonction des différents paramètres intervenant dans le calcul de

cette épaisseur (par exemple : vitesse du vent, trafic, charges permanentes, longueur et orientation du plan d'eau, pente du talus, entretien, vandalisme, etc.).

Le concepteur ne devra jamais prévoir, au contact de la géomembrane, de matériaux pouvant la poinçonner. La plupart du temps, l'interposition d'une ou plusieurs couches de géotextile anti-poinçonnant, et/ou d'accroche-terre judicieusement choisies rempliront cet office. La structure support doit être correctement dimensionnée pour pouvoir résister aux sollicitations de l'action des vagues et du batillage. Dans le cas particulier des canaux, il est également important de prévoir une garde d'eau suffisante pour éviter que les vagues ne passent par-dessus les berges et n'engendrent un effondrement du talus par affouillement.

Afin d'éviter toute déstabilisation de la structure de protection, lors de vidange rapide du bassin, la conception de l'ouvrage doit permettre l'évacuation simultanée :

- ▶ du fluide contenu dans l'ouvrage,
- ▶ du même fluide ayant pénétré.

Le drainage de ce fluide entre la structure de protection et la géomembrane, peut, par exemple, être assuré par un produit de la gamme GEOFLOW (consulter le service technique).

8.5.1 CHOIX DE LA PROTECTION

La protection peut être constituée par des matériaux très variés tels que :

- ▶ **Matériaux naturels** : sable, gravier, tout-venant, terre végétale. Ces matériaux sont mis en œuvre en couche d'épaisseur courante entre 20 et 50 cm. La mise en œuvre de la couche de protection en matériaux granulaires doit être réalisée à des températures ambiantes inférieures à 30 °C pour éviter au maximum les plis de la géomembrane. Elle se fera par couches successives de 40 cm d'épaisseur maximum, à l'avancement, sans circulation d'engins sur les géomembranes TERANAP®. De même si des enrochements de protection sont mis en place, interposer une couche de sable ou de grave de 15 cm d'épaisseur minimale. Un géotextile de protection peut être mis à la place de la couche de sable. Notre service technique est à votre disposition pour vous aider dans le choix du géotextile.
- ▶ **Matériaux liés au liant hydraulique** : béton armé, béton maigre fibré avec joint de fractionnement (tous les 5 m) ;
- ▶ **Matériaux préfabriqués** : géosynthétiques, dalles ou dallettes béton, pavés autobloquants. Lorsque la protection est réalisée avec des matériaux liés, il est conseillé de mettre en œuvre la structure de protection lorsque les températures ambiantes sont fraîches. Pour diminuer le phénomène de

dilatation thermique, un géotextile blanc ou une couche de sable peut être mis en place à l'avancement sur les géomembranes TERANAP®.

- ▶ **Béton bitumineux** : les enrobés à chaud peuvent être directement posés sur la géomembrane TERANAP. La mise en œuvre se fait sans interposer de géotextile, sur des épaisseurs allant jusqu'à 8 cm avec des formulations spécifiques d'enrobés à chaud.

8.5.2 LOCALISATION DE LA PROTECTION

- ▶ **Sur les talus** : Les diverses protections peuvent être stabilisées par butée sur une longrine en pied ou suspendues par ancrage dans une tranchée en tête.
- ▶ **Sur les rampes d'accès** : La protection servant de couche de roulement doit être constituée de matériaux liés (béton ou enrobés) désolidarisés de l'étanchéité par un géotextile adapté à la granulométrie des matériaux de protection. Dans le cas de revêtement avec enrobés, pour éviter le choc thermique et pour faciliter le compactage, une couche de sable ou de grave de 10 cm d'épaisseur doit être obligatoirement interposée. L'étanchéité des rampes d'accès au fond des ouvrages est généralement protégée par des éléments préfabriqués.
- ▶ **Dans les zones de marnage** : Suivant l'amplitude des vagues ou du batillage, la géomembrane est recouverte par une structure de protection ou fixée localement. Un enrochement ou une protection en béton permet de réduire ces phénomènes. Une structure de protection ou tout moyen visant à réduire la présence de ces corps flottants, soit à empêcher leur contact avec la géomembrane doit être prévue. Ce risque augmente avec l'amplitude des vagues et donc avec l'étendue du plan d'eau.
- ▶ **Contre le vandalisme** : Des dispositifs de protection particuliers doivent être prévus dès la conception : clôture, structure de protection totale ou partielle, etc.

9. Contrôles & Méthodologie

Le contrôle de la mise en œuvre de l'étanchéité est réalisé selon les spécifications du marché et le P.A.Q :

On distingue trois niveaux de contrôles :

- ▶ contrôle interne,
- ▶ contrôle externe,
- ▶ contrôle extérieur.

La réalisation de ces contrôles et leur fréquence va dépendre de plusieurs paramètres tels que :

- ▶ la nature de l'ouvrage,
- ▶ la dimension,
- ▶ la destination,
- ▶ l'utilisation de produits,
- ▶ la qualification des équipes (soudeurs, chefs de chantier, etc...)

9.1 CONTRÔLES INTERNES

Les contrôles internes sont réalisés par le personnel de l'entreprise d'application qui réalise la mise en œuvre de la géomembrane et des autres géosynthétiques éventuels de l'ouvrage. Ce contrôle est réalisé par l'équipe de soudeurs (contrôle des paramètres de soudage, contrôle visuel, ...) et/ou par le chef de chantier (contrôle à réception des matériaux et contrôle des assemblages).

Ces contrôles concernent la totalité des assemblages. Il est nécessaire d'avoir en présence sur le site du matériel adapté et en parfait état de marche pour la réalisation des contrôles. Les résultats des différents contrôles réalisés seront consignés sur des fiches de contrôle. L'ensemble de ces fiches de contrôle doit être disponible sur le site pour être présenté au contrôle extérieur.

Dans le cadre de suivi et du contrôle, les échantillons et les différentes éprouvettes réalisées dans le cadre du calibrage des machines à chaque reprise de travail seront conservés à l'abri sur le chantier jusqu'à la fin de ce dernier. Ces échantillons serviront à réaliser des essais à posteriori sur ces échantillons conservatoires.

9.2 CONTRÔLES EXTERNES

Le contrôle externe est réalisé pour le compte de l'entreprise par une personne ne participant pas à la mise en œuvre du DEG (contrôle qualité de l'entreprise, prestataire externe). Il ne peut être réalisé que dans les zones déjà contrôlées en interne. Sa fréquence est définie au CCTP et concerne un minimum de 30 % des assemblages. Ce contrôle pourra comprendre des prélèvements pour la réalisation d'essais destructifs sur les

matériaux aux fins d'identification ou sur leurs assemblages. Le plan de contrôle externe sera décrit dans le plan de contrôle du chantier en s'appuyant sur les documents techniques correspondant au type d'ouvrage.

9.3 CONTRÔLES EXTÉRIEURS

Le contrôle extérieur est réalisé par le Maître d' Oeuvre ou, préférentiellement, par un prestataire externe compétent pour le compte du Maître d'Ouvrage. C'est un contrôle qui permet de valider les dispositions prises par l'entreprise pour assurer son contrôle qualité. Il ne peut donc être réalisé que si les autres phases de contrôle ont déjà été réalisées. Le plan de contrôle extérieur sera décrit dans les CCTP (travaux d'étanchéité et de contrôle extérieur) en s'appuyant sur les documents techniques correspondant au type d'ouvrage. Il concerne un minimum de 30 % des assemblages.

9.4 MÉTHODOLOGIE DE CONTRÔLE DES ASSEMBLAGES

La liste des contrôles présentés ci-après reprend de manière non exhaustive l'ensemble des contrôles qu'il est possible d'effectuer sur les soudures. Lorsqu'un plan d'assurance qualité chantier est demandé, l'entreprise le rédige en choisissant les contrôles qu'elle effectue dans la liste ci-après en fonction de l'attente du maître d'œuvre et des dispositions du CCTP.

9.4.1 CONTRÔLE DESTRUCTIFS

Les soudures sont contrôlées de manière destructive en traction/cisaillement. La fréquence de ce type de contrôle dépend des spécifications du maître d'œuvre. Les prélèvements se font, dans la mesure du possible, dans la tranchée d'ancrage ou aux extrémités des soudures pour éviter les raccords en zones sensibles.

En version EN, effectuer un prélèvement de soudure et calculer le rapport de la résistance en traction cisaillement/pelage du joint suivant la norme NFP 84 502-1 par la résistance en traction de la géomembrane en partie courante suivant la norme NFP 84-501. La rupture peut se développer de manière progressive dans l'épaisseur de la soudure. Cela n'est pas un signe de mauvaise soudure.

Épaisseur fonctionnelle	mm	$2.0 \leq x < 3.0$	$3.0 \leq x < 3.8$	$3.8 \leq x < 4.5$	$4.5 \leq x < 5.2$	$5.2 \leq x$
Résistance moyenne	kN/m	≥ 10.0	≥ 13.0	≥ 16.0	≥ 18.0	≥ 20.0
OU						
Facteur de soudure	%	≥ 80				
mode de rupture		Rupture hors joint				

Les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus, sont issues du Référentiel Technique Soudage de l'Asqual version 14, et sont obtenues en atelier lors du passage des certifications Asqual soudage. Sur chantier, les conditions de soudage sont nécessairement différentes (température, hygrométrie) et les résultats des contrôles doivent en tenir compte. Si les soudures présentent un défaut, repérer le point de fuite et réparer par une pièce assemblée par soudure à la flamme. En cas d'impossibilité de localisation du défaut, reprendre complètement la soudure.

En ASTM, la norme à suivre pour faire un essai de traction cisaillement du joint est la D7056.

9.4.2 CONTRÔLE NON DESTRUCTIFS

9.4.2.1 CONTRÔLE VISUEL

Lors du contrôle visuel, une attention particulière sera portée à l'aspect général des soudures en prenant en considération les critères suivants :

- ▶ largeur du recouvrement,
- ▶ absence de zone en tension,
- ▶ traitement des points triples,
- ▶ Présence et continuité du bourrelet de bitume,
- ▶ Continuité de la trace du chalumeau, etc...

9.4.2.2 CONTRÔLE À LA POINTE

Après l'opération de soudage des recouvrements et avant chanfreinage du joint, le soudeur vient passer systématiquement un poinçon (outil pointu par exemple) ou une langue de chat le long du bord externe du joint en exerçant une pression pour détecter la présence ou non d'une zone défailante. En cas de détection, le soudeur soulève la zone défailante et la répare. Il réalise ensuite le chanfreinage du joint. Un souffle d'air comprimé (500 kPa minimum) projeté le long de la lèvre du joint avant chanfreinage permet de détecter de manière visuelle et auditive les zones de soudure défailantes.

9.4.2.3 CONTRÔLE PAR LA CLOCHE À VIDE

Ce contrôle est utilisé pour tester les points singuliers, notamment les points triples. Le principe est d'isoler le volume au-dessus de la soudure à contrôler et d'y créer une dépression (0,2 à 0,3 bar) pendant une durée minimale de 30 secondes. Si cette dépression se maintient, la zone testée est parfaitement étanche. Pour améliorer la détection des défauts, un liquide tensioactif (eau savonneuse, liquide vaisselle...) est appliqué sur la zone testée. En cas de défaut, des bulles apparaissent immédiatement lors de la dépression, et la dépression indiquée par le manomètre diminue.

9.4.2.4 CONTRÔLE PAR ULTRASONS

Ce contrôle permet de vérifier ponctuellement la largeur de soudure effective des deux lés au niveau du recouvrement : dans le cas d'une soudure correcte et d'un mariage complet de deux lés, il n'est perçu qu'un seul écho ; dans le cas où la soudure est défailante, on perçoit deux échos qui marquent la présence d'une discontinuité dans le joint. Le contrôle par ultrasons doit être réalisé par des professionnels capables d'interpréter les résultats. Il est généralement réservé à des chantiers très sensibles. Il peut éventuellement se substituer au contrôle destructif des soudures.

9.4.2.5 CONTRÔLE PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

La thermographie IR est une technologie actuellement en cours de développement permettant de contrôler de façon non destructive la réalisation des soudures. Cette technologie permet de transcrire en image les différences de flux thermique généré entre des zones correctement soudées et d'autres présentant des défauts. La différence de flux doit être généralement provoquée par un apport de chaleur sur la soudure (par exemple par le passage d'une résistance chaude au-dessus des soudures). Ce procédé a l'avantage de permettre la localisation précise des défauts de soudure. Cependant cette technologie est exigeante et requiert des conditions climatiques adaptées à son utilisation.

9.4.3 SYSTÈME CONTROL®

Le canal de contrôle et la procédure de contrôle qualité associée sont destinés à certifier l'étanchéité de soudures réalisées dans les règles de l'art et selon les préconisations du fabricant BMI Siplast.

Ce test ne doit pas se substituer aux contrôles destructifs habituels, qui apportent des informations supplémentaires sur la résistance mécanique des soudures.

Un plan de contrôle détaillé relatif à un projet spécifique, incluant les différentes méthodes de contrôle qualité classiques ainsi que le contrôle qualité propre au canal de contrôle Teranap, pourra être rédigé par les équipes techniques BMI Siplast afin de s'accorder aux conditions particulières du projet.

PROCEDURE DE CONTROLE

1. Mise en place des lés de géomembrane TERANAP TP CONTROL comme à l'habitude, voir cahier des charges de pose (recouvrement de 20 cm, avec la bande de soudure pelable placée au-dessus des 20 cm comportant le canal de contrôle de l'autre lé, face sablée).
2. Soudure au chalumeau des recouvrements comme à l'habitude, avec marouflage et bourrelet de bitume d'un cm le long du joint, voir cahier des charges de pose pour plus de précisions.
3. Mettre en place l'équipement (kit control + appareillage + bouteille de NIDRON) dans la zone à contrôler.
4. Définir les zones d'entrée (injection) et de sortie du gaz traceur en fonction de la longueur à contrôler définie dans le plan de contrôle.
5. Faire un trait de découpe de 10 cm au cutter dans la largeur de la soudure et au milieu du recouvrement.
6. Repérer le canal de contrôle.
7. A l'aide des mâchoires de serrage, faire un trait de découpe au cutter de 5 cm de part et d'autre du canal en suivant les repères sur les mâchoires.
8. Insérer délicatement l'embout d'injection dans le canal de contrôle.
9. Placer les mâchoires de part et d'autre et les serrer à l'aide des vis fournies pour maintenir l'embout d'injection.
10. Répéter l'opération en bout de la zone à contrôler.
11. Visser le tuyau à l'embout de serrage et le connecter au manomètre de la bouteille de NIDRON.
12. Bien vérifier les différents serrages pour ne pas avoir de fuite au niveau des divers raccordements.
13. Ouvrir la bouteille de NIDRON jusqu'à 300 mbar et vérifier avec le détecteur de gaz calibré qu'il n'y a pas de fuites de gaz (> 10 ppm) entre le manomètre et le raccord d'injection.
14. Vérifier la présence de gaz (> 10 ppm) à l'extrémité de la zone à contrôler.
15. Fermer à l'aide d'un manomètre de contrôle cette extrémité. Fermer l'injection de gaz en gardant une pression de 100 mbar.

Dans le cas d'une soudure non conforme aux indications du fournisseur et aux règles de l'art, il est possible de ne pas détecter de gaz ou d'observer une baisse de pression significative au manomètre en sortie. C'est l'indication d'une fuite importante. Dans ce cas, garder un débit de gaz faible (100 mbar en entrée) et tester la soudure au renifleur comme indiqué au point 16. Si l'on ne détecte pas de fuite en surface, la fuite est en sous-face.

Il faut alors diviser le contrôle en deux sous-contrôles en procédant de la même manière.

16. Procéder au contrôle avec l'appareillage le long de la zone de soudure à contrôler en marchant à allure lente en rapprochant la cane renifleuse au plus près du joint de soudure.
17. Si l'appareil détecte une quantité > à 10 ppm, marquer la zone
18. Pulvériser une eau savonneuse afin de confirmer une éventuelle fuite.
19. Pour colmater une fuite, faire une pièce de géomembrane 20 cm de rayon mini à partir des fuites identifiées et la souder en plein sur la zone repérée.
20. Répéter l'opération sur la zone pour vérifier la réparation.
21. Lorsque toute la zone (longueur de joint) à contrôler est valide (0 défaut constaté), démonter les mâchoires et retirer l'embout, rabattre les bouts de géomembranes et fermer par une pièce de géomembrane de 20 cm de diamètre.

10. Services annexes

10.1 ASSISTANCE TECHNIQUE

La société BMI Siplast dispose de 2 espaces réservés à la formation des entreprises d'étanchéité à ses produits. Ils sont situés dans ses 2 usines à Mondoubleau (41) et à Loriol (26). BMI Siplast dispose d'un service technique se tenant à la disposition des applicateurs, des bureaux d'étude et des donneurs d'ordre, pour les renseigner entre autre sur les compatibilités chimiques des fluides ou des solides en contact avec les produits des gammes TERANAP.

BMI Siplast peut également fournir une assistance au démarrage sur chantier à la demande des applicateurs.

10.2 ASSURANCE QUALITÉ

Les niveaux de contrôle lors de la réalisation de l'ouvrage sont adaptés à la demande du maître d'ouvrage et sur spécifications du maître d'œuvre suivant le degré de sensibilité du site à protéger, le caractère polluant des produits stockés et l'importance de l'ouvrage. Pour cet aspect qualité, consulter le chapitre 5 du fascicule n°11 du Comité Français des Géosynthétiques.

10.3 ENTRETIEN DES OUVRAGES

L'entretien des ouvrages est indispensable pour maintenir la qualité et la pérennité de l'étanchéité. Il comporte :

- ▶ le contrôle périodique des fluides stockés (leur nature et composition doivent demeurer compatibles avec la géomembrane) ;
- ▶ l'enlèvement de la végétation, des corps flottants et objets divers susceptibles de nuire à l'étanchéité (bassins) ;
- ▶ la surveillance du système de drainage lorsqu'il existe (stockage de déchets) ;
- ▶ la surveillance des mouvements de sols (tassement...) ;
- ▶ la vérification de l'intégrité des géomembranes bitumineuses BMI Siplast si elles ne sont pas protégées.

Afin d'améliorer la pérennité de la géomembrane, le concepteur peut prévoir la végétalisation du DEG. Les espèces arbustives doivent être sélectionnées de façon à ce que leur système racinaire puisse se satisfaire de l'épaisseur de terre rapportée (en protection du DEG) prévue au projet, considérant par ailleurs que le réseau racinaire permet de stabiliser les matériaux sur les talus. Le concepteur doit établir un plan d'entretien du bassin dès sa conception.

10.4 SÉCURITÉ AUX ABORDS ET DANS LES OUVRAGES

Le concepteur doit prévoir plusieurs dispositions :

- ▶ mise en place d'une clôture (principalement pour les bassins) ;
- ▶ mise en place d'échelles, de cordes à nœuds pour permettre par exemple à une personne ou à un animal de sortir du plan d'eau à la suite d'une chute accidentelle.

Il doit aussi prévoir des dispositions particulières lorsque l'ouvrage est conçu pour être accessible au public.

10.5 GARANTIES

Les géomembranes Teranap sont installées dans le monde depuis plus de 50 ans. Les nombreux projets réalisés permettent de témoigner de la grande durabilité et adaptabilité des géomembranes aux différentes applications et différents climats.

Les géomembranes Teranap sont toutes dotées d'une garantie de 20 ans.

Des garanties spécifiques peuvent être établies pour les projets, permettant aussi de garantir des systèmes complets.

11. Références chantier

Product	Year	Location	Country	Destination	Surface m ²
TERANAP 431	1977	NANGIS	France	Reservoir for Total Refinery	30 000
TERANAP 431	1977	PLABENNEC	France	Drennec Dam	3 000
TERANAP 431	1977	LOCMINE	France	Dam	4 000
TERANAP 431	1977	NANGIS	France	Refinery - Water reserve pond for fire	30 000
TERANAP 431	1978	GARDEL(Guadeloupe)	France	Dam	4 500
TERANAP 431	1979	BEINE	France	Dam	9 400
TERANAP 431	1979	NEAU	France	Dolomite Canal - Geslin Factory	4 200
TERANAP 431	1980	ST Augustin Niederpleiss	Germany	Industrial waste water	43 000
TERANAP 431	1981	NAUSSAC	France	Dam	9 800
TERANAP 431	1981	MARSEILLE	France	Canal for Department of Water Resources	9 000
TERANAP 431	1982	BAZANCOURT	France	Waste liquid reservoir of sugar industry	10 000
TERANAP 431	1982	DOISSAT	France	Dam	4 000
TERANAP 431	1982	PARIS	France	Trocadéro Fountains	
TERANAP 431	1983	LANOUAILLE	France	Dam	3 500
TERANAP 431	1984	LA BRESSE	France	water storage for artificial snow production	1 750
TERANAP 431	1984	VENDOEUVRES	France	Lancosme water reservoir	3 000
TERANAP 431	1986	ROYAN	France	Ornamental Pond Golf Course	4 500
TERANAP 331	1987	LA VILLE NOUVELLE	France	Canal and Ornamental Pond	6 000
TERANAP 431	1987	BANEGON	France	Dam (Near Fayence)	4 500
TERANAP 431	1987	SETE	France	Underground carpark under a Canal	
TERANAP 431	1988	AMIENS	France	Industrial waste water	4 000
TERANAP 431	1988	LE CREUSOT	France	Industrial waste water-SEDECTO food industry	1 600
TERANAP 431	1988	CORBAS	France	waste deposit of coal mine	15 000
TERANAP 431	1988	VENISSIEUX	France	Waste water of mechanical industry	15 000
TERANAP 431	1988	DISSAY	France	Fire fighting water reservoir of commercial center	1 500
TERANAP 431	1988	SEVERAC LE CHATEAU	France	Fire fighting water reservoir of commercial center	1 600
TERANAP 331	1988	POITIERS	France	Futuroscope leisure lake	10 000
TERANAP 431	1988	MARSEILLE	France	Canal for Department of Water Resources	1 600
TERANAP 431	1988	ST QUENTIN EN YVELINES	France	Channels	1 600
TERANAP 431	1988	DISSAY	France	Fire Reserve Pond - Conforama	500
TERANAP 431	1988	SEVERAC LE CHATEAU	France	Fire Reserve Pond	1 600
TERANAP 431	1988	VERSAILLES	France	Rehabilitation of ponds and reservoirs of the Versailles Castle	

Product	Year	Location	Country	Destination	Surface m ²
TERANAP 431	1989	BESSINES/GARTEMPE	France	Liquid settling reservoir - COGEMA nuclear regeneration	20 500
TERANAP 431	1989	ST GENIS LAVAL	France	Waste liquid reservoir of electrical industry	1 100
TERANAP 431	1989	TREVOUX	France	Waste liquid reservoir of electrical industry	1 200
TERANAP 431	1989	ST JEAN LA BUSSIERE	France	Industrial waste water	1 300
TERANAP 431	1989	HACCOURT	Belgium	Industrial waste water in the Liège area	60 000
TERANAP 431	1989	VALENCE D'ALBI	France	Dam	1 500
TERANAP 431	1990	BAZANCOURT	France	Waste liquid reservoir of sugar industry	8 500
TERANAP 431	1990	VILLERS ST SEPULCRE	France	Waste liquid reservoir of a GE Plastics factory	8 000
TERANAP 331	1990	ST QUENTIN EN YVELINES	France	Pas du Lac Canal	10 000
TERANAP 431	1990	PERTUZILLO	Italy	consolidation of a river meander	5 000
TERANAP 331	1991	HAYANGE	France	Industrial waste water	15 000
TERANAP 431	1991	LONGUEVILLE S/SCIE	France	Industrial waste water	1 600
TERANAP 431	1991	NANCY	France	Waste liquid reservoir of Kimberley Paper factory	15 000
TERANAP 431	1991	POTENZA	Italy	Landfill of the city of Villa d'Agri	1 000
TERANAP 431	1991	POITIERS	France	Ponds for the Conference Hall	8 000
TERANAP 431	1991	VIGGLIANELLO	Italy	Urban landfill	3 000
TERANAP 431	1991	Marrakech	Morroco	Pond of a Golf Course	45 000
TERANAP TP	1991	Washington St	USA	Canal of Kennewick - phase 1	2 000
TERANAP 431	1992	BESSINES/GARTEMPE	France	waste deposit of uranium mineral treatment	40 000
TERANAP 431	1992	SAINTES	France	Industrial waste water-SEDECTO food industry	16 000
TERANAP 431	1992	MACON	France	Industrial waste water	3 800
TERANAP 431	1992	LIEGE	Belgium	Industrial waste water of Haccourt industrial area	60 000
TERANAP 331	1992	MEUNG SUR LOIRE	France	Stormwater Pond	12 500
TERANAP 431	1992	Wyoming	USA	Canal Casper Alcova - phase 1	69 000
TERANAP 431	1992	DINUBA	USA	Canal	5 000
TERANAP 431	1992	Washington St	USA	Canal of Kennewick - phase 2	2 000
TERANAP 431	1993	PONT A MOUSSON	France	waste deposit of fundry factory	7 500
TERANAP 431	1993	BAZANCOURT	France	Waste liquid reservoir of sugar industry	12 000
TERANAP 431	1993	BENAVENTE	Portugal	Industrial waste water of tomato can industry	23 000
TERANAP 431	1993	AMARILLO(TEXAS)	USA	Capping of radio active waste deposit	2 000
TERANAP 431	1993	BELLE ILE EN MER	France	Dam for water storage in an island	3 500
TERANAP 431	1993	Placerville	USA	Canal of Placerville - phase 1	6 000

Product	Year	Location	Country	Destination	Surface m ²
TERANAP 431	1993	Washington St	USA	Canal of Kennewick - phase 3	3 000
TERANAP 431	1994	ST BRICE COURCELLES	France	Landfill of Laimont city- step 1	8 500
TERANAP 431	1994	SAN BERNADINO	USA	Bassin	9 000
TERANAP 431	1994	Wyoming	USA	Canal Casper Alcova - phase 2	20 000
TERANAP 431	1994	Oklahoma	USA	Canal Ouest ALTUS	60 000
TERANAP 431	1994	Utah	USA	Ferron Dam	2 000
TERANAP 431	1994	PARIS	France	Fountains on the Louvre Museum Plaza	2 000
TERANAP 431	1995	LODEVE	France	Industrial waste water	5 000
TERANAP 431	1995	LIGNE TGV NORD	France	Industrial waste water	9 000
TERANAP 431	1995	LE NEUBOURG	France	Industrial waste water	200
TERANAP 431	1995	MALLEVILLE SUR LE BEC	France	Industrial waste water - step 1	8 000
TERANAP 331	1995	MULHOUSE	France	Niffer Canal	260 000
TERANAP 431	1995	NANCY	France	Water Gardens	6 000
TERANAP 331	1995	FEIGNIES	France	Unité Bertrand Faure	800
TERANAP 331	1996	LONGVIC	France	Réservoir for Total petrol storage area	2 000
TERANAP 431	1996	ORLEANS	France	Fire fighting water reservoir of commercial center	4 000
TERANAP 331	1996	FEIGNIES	France	Industrial waste water	4 800
TERANAP 431	1996	SELVET	France	Industrial waste water	6 000
TERANAP 431	1996	ST BRICE COURCELLES	France	Landfill of Laimont city- step 2	14 000
TERANAP 431	1996	MALLEVILLE SUR LE BEC	France	Industrial waste water - step 2	30 000
TERANAP GTX	1996	California	USA	Canal of Sacramento Valley- Phase 1	5 000
TERANAP 331	1996	MAUBEUGE	France	Basin Run off	21 000
TERANAP 331	1997	MONTCHANIN	France	Landfill of Laimont Torcy city	30 000
TERANAP GTX	1997	California	USA	Canal of Sacramento Valley- Phase 2	15 000
TERANAP GTX	1998	California	USA	Canal of Sacramento Valley- Phase 3	22 000
TERANAP 431	1999	HYUGA / Miyazaki County	Japan	Industrial waste deposit	25 000
TERANAP GTX	1999	California	USA	Canal of Sacramento Valley- Phase 4	30 000
TERANAP GTX	2001	California	USA	Canal of Sacramento Valley- Phase 5	25 000
TERANAP 431	2001	USMATE near MILANO	Italy	Ornamental Pond Golf Course	4 000
TERANAP 431	2002	New York City	USA	Rockefeller Plaza / Underground works	20 000
TERANAP 431	2005	Drôme	France	Water Retention Pond	100 000
TERANAP 331	2006	SALSINES	France	waste deposit of disused gold mine	110 000
TERANAP 331	2006	MARSEILLE area	France	Reservoir for agricultural purposes	105 000
TERANAP 331	2006	Salcines	France	Tailings Pond for an old gold mine	110 000
TERANAP 331	2008	Paris, France	France	Stormwater Pond	25 000
TERANAP 431	2008	A89 Motorway (5 ponds)	France	Stormwater Pond	16 000

Product	Year	Location	Country	Destination	Surface m ²
TERANAP 331	2009	A9 Motorway (3 ponds)	France	Stormwater Pond	18 500
TERANAP 331	2009	Souf Valley	Algeria	Sewage Treatment by Lagoon	300 000
TERANAP 431	2010	Nunavut	Canada	Tailings Pond of the Meadobank mine	60 000
TERANAP 331	2010	Laivankangas Gold mine	Finland	Tailing Pond for polluted wastes	40 000
TERANAP 331	2010	Ghardaia oasis	Algeria	Sewage Treatment by Lagoon	610 000
TERANAP 331	2011	Dunnville-Ontario	Canada	Sewage Treatment Lagoons	25 000
TERANAP 331	2011	Kevitsa	Finland	Tailing Pond for polluted wastes	158 000
TERANAP 431	2011	Laughtondale, NSW	Australia	Water Retention Pond	3 200
TERANAP 431	2012	Cerro Negro Gold mine	Argentina	Tailing Pond for polluted wastes	504 000
TERANAP 531	2012	Cerro Negro Gold mine	Argentina	Tailing Pond for polluted wastes	10 500
TERANAP 331	2012	Exeter New South Wales	Australia	Water Retention Pond	1 200
TERANAP 331	2009-2011	Kittilä Gold mine, Finland	Finland	Tailing Pond for polluted wastes	1 000 000
TERANAP 531	2013	Morwell Main Drain, VIC	Australia	Canal	23 000
TERANAP 331	2013	El Halassa	Morocco	Phosphate tailing	100 000
TERANAP 431	2014	Silverberry	Canada	Mining - Capping	90 000
TERANAP 431	2015	Antamina	Peru	Mininig - Tailings Pound	88 000
TERANAP 431	2016	Balama	Mozambique	Graphite mining	600 000
TERANAP 531	2016	Rosebery, Tasmania	Australia	Tailing dam	190 000
TERANAP 331	2017	Balama	Mozambique	Graphite mining	120 000
TERANAP 431	2017	Antamina	Peru	Mininig - Tailings Pound - Phase 2	88 000
TERANAP 331	2018	Karya Prima	Indonesia	Tailing dam	3 600
TERANAP 331	2018	Mantos copper	Chili	Copper mining	30 000
TERANAP 531	2018	Rainy River	Canada	Gold mining	88 000
TERANAP 331	2019	Balama	Mozambique	Graphite mining follow-up	10 800
TERANAP 431	2019	Antamina	Peru	Mininig - Tailings Pound - Phase 3	7 500
TERANAP 431	2019	Al Boqaata	Lebanon	Dam phase 1	200 000
TERANAP 631	2020	Hellyer, Tasmania	Australia	Mining - Tailing pond	28 000
TERANAP 331	2020	Chemicals Industry of Senegal	Senegal	Phosphate tailing	4 000
TERANAP 331	2020	Salares Norte	Chili	Copper mining	3 600
TERANAP 331	2020	Lé river	Ivory Coast	Water retention pond	40 000
TERANAP 431	2020	Kam Kotia	Canada	Copper and zinc mining	130 000
TERANAP 431	2021	Al Boqaata	Lebanon	Dam phase 2	200 000



Icopal SAS

23-25 avenue du Docteur Lannelongue

75014 Paris

Tél. +33 (0)1 40 84 68 00

Fax. +33 (0)1 40 84 66 59

Filiale du groupe Standard Industries, le groupe BMI est le plus grand fabricant de solutions de couverture et d'étanchéité en Europe. Avec 128 sites de production et des activités en Europe, dans certaines régions d'Asie et en Afrique du Sud, la société possède plus de 165 ans d'expérience. Plus de 9 500 employés proposent aux clients des marques bien établies comme Braas, Monier, Icopal, Bramac, Cobert, Coverland, Klöber, Monarflex, Redland, Siplast, Vedag, Villas, Wierer et Wolfin. Le siège du groupe BMI est basé au Royaume-Uni.

Pour en savoir plus : www.bmigroup.com.