

DÉVELOPPEMENT EN FRANCE DE L'UTILISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES DE DRAINAGE DANS LES OUVRAGES SOUTERRAINS

DEVELOPMENT IN FRANCE OF THE USE OF GEOSYNTHETICS FOR THE DRAINAGE OF UNDERGROUND WORKS.

Jean-Louis MAHUET
EGIS Rail, Lyon, France

RÉSUMÉ – Cette communication donne un aperçu du développement récent en France de l'utilisation de géosynthétiques de drainage pour assurer, dans des terrains non aquifères, l'étanchéité des ouvrages souterrains. Mis en œuvre ponctuellement ou de manière surfacique, ils font l'objet de recommandations de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (A.F.T.E.S), d'Avis d'Experts et de Cahier des Charges de Pose qui apportent de plus en plus de technicité et de crédibilité à une technique d'étanchéité en pleine expansion, aussi bien pour les ouvrages neufs que pour les travaux de réhabilitation d'ouvrages en service. Cette communication présente quelques applications récentes de l'utilisation des géosynthétiques de drainage (extrados et intrados), en France et en Europe. Mots-clés : tunnels-tranchées couvertes-étanchéité-drainage-dimensionnement

ABSTRACT - This paper focuses on the recent development in France of the use of geosynthetics in drainage for the waterproofing of underground works. Whether they are used occasionally or at-grade, they are recommended by the French Association for Tunnels and Underground Works (AFTES), experts and in technical specifications for new constructions as well as for the renovation of structures in operation. This paper presents several recent applications of the use of geosynthetics in drainage (extrados or intrados), in France and in Europe.

Keywords: tunnels-Cut and Cover-waterproofing-drainage-design.

1. Étanchéité et drainage des ouvrages souterrains en France

L'étanchéité des ouvrages souterrains en France est couverte réglementairement par le fascicule 67 – titre III du Cahier des Clauses Techniques Générales, publié en 1992 et actuellement en cours de révision. Celui-ci est applicable aux marchés publics de travaux d'étanchéité. Pour les tunnels et les tranchées couvertes, la fonction étanchéité est principalement assurée par un Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane (DEG) synthétique ou bitumineuse. La fonction drainage associée parfois à une étanchéité partielle d'un ouvrage souterrain n'est pas traitée par le Fascicule 67-titre III, celle-ci n'étant mentionnée et parfois dimensionnée que pour l'ouvrage de collecte des eaux, recueillies par le DEG et située en pied de voûte dans la banquette comme l'indique la figure 1. Cet ouvrage de collecte et d'évacuation des eaux provenant du terrain encaissant faisait partie en fait du dispositif d'assainissement de l'ouvrage souterrain. Il est parfois mentionné sous le terme de dispositif d'évacuation des « eaux claires » d'un ouvrage souterrain.

La multiplication de la construction d'ouvrages souterrains en France ces vingt dernières années, et plus particulièrement dans des terrains aquifères, a conduit le concepteur à se préoccuper, dès le début des années 2000 de la fonction drainage qu'il fallait désormais associer au DEG. Cette évolution de la conception et du dimensionnement de l'étanchéité d'un ouvrage souterrain s'est concrétisée par la publication en mai 2000 des recommandations de l'AFTES relatives à « L'étanchéité et le drainage des ouvrages souterrains » (Tunnels et Ouvrages Souterrains – TOS n°159).

1.1 Association de la fonction drainage aux D-E-G des ouvrages souterrains

Les recommandations de l'AFTES (TOS. n°159) ont été à l'origine de cette association. Dans un premier temps, celle-ci a été principalement dévolue à la protection inférieure de la géomembrane d'étanchéité, exclusivement constituée par le géotextile antipoinçonnement. Ce géotextile de protection mécanique (résistance au poinçonnement statique), couvert par la norme NF EN 13256, s'est retrouvé avec une nouvelle fonction de drainage surfacique des eaux du terrain encaissant.

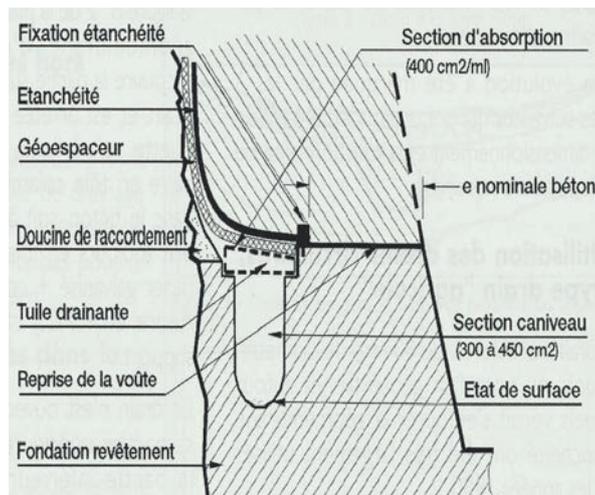


Figure 1. Exemple de dispositif de drainage intégré à la banquette d'un tunnel

1.2 Fonction drainante dévolue au géotextile de protection mécanique inférieure

D'après l'AFTES, cette nouvelle fonction, couverte cette fois-ci par la norme NF EN 13252, doit permettre au DEG de capter et drainer de faibles écoulements d'eau, tout en évitant en phase chantier les passages d'eau à travers le géotextile de protection inférieure, susceptible d'altérer la bonne réalisation de la thermosoudure des lés de géomembrane synthétique. Cette fonction drainante, désormais attribuée au géotextile de protection mécanique inférieure, a pris de plus en plus d'importance au fil des années dans la mesure où, pendant toute la durée d'exploitation de l'ouvrage souterrain (minimum 100 ans) elle doit en permanence, en cas d'étanchéité partielle d'un tunnel (étanchéité uniquement de la voûte), faciliter l'écoulement de l'eau provenant du terrain encaissant jusqu'au dispositif de drainage et d'assainissement, généralement installé en pied de piédroit ou de voûte (figure 1).

À l'issue de plusieurs essais comparatifs de mesure de capacité de débit dans le plan, réalisés selon la norme NF EN ISO 12958, sur plusieurs types de géotextiles, l'AFTES a recommandé en 2000 les valeurs hydrauliques minimales suivantes :

- débit minimal d'infiltration d'eau : 15 l/m/h,
- transmissivité minimale : $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

L'essai de mesure de capacité de débit dans le plan est réalisé avec un gradient $i=1$ en le modifiant cependant pour que l'échantillon de géotextile à tester soit positionné entre une plaque rigide et une membrane souple. La pression d'essai doit être de 150 kPa, appliqués pendant six heures (durée de bétonnage d'une voûte de tunnel).

En dérogation à l'article 7.4.2.3 du Fascicule 67 – Titre III du CCTG, l'AFTES propose les spécifications physico-mécaniques données dans le tableau 1 pour le géotextile de protection mécanique inférieure.

Tableau 1. Spécifications du géotextile de protection inférieure pour les tunnels

Normes	Spécifications minimales	Soutènement en béton projeté		Voussoirs en béton	Soutènements métalliques
		Non fibré	Fibré		
NF EN ISO 9864	Masse surfacique (g/m ²)	600	800	600	1000
NF P84-507	Poinçonnement statique cylindrique Ø 8mm (kN)	0,6	0,8	0,6	7
NF EN ISO 10319	Allongement à la force maximale (%)	70	70	70	70
NF EN ISO 10319	Résistance en traction (kN)	12	12	12	12
NF EN ISO 12958	Transmissivité sous 150 kPa (m ² /s)	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$4,6 \cdot 10^{-6}$

Pour assurer la pérennité de la fonction drainante du géotextile de protection mécanique inférieure, l'AFTES complétera prochainement les recommandations du TOS 159, par l'étude des caractéristiques de filtration, de manière à éviter son colmatage, soit par les fines du terrain encaissant, soit, et c'est plus fréquent en ouvrages souterrains, par le Carbonate de calcium (CaCO_3) provenant d'eaux à caractère fortement incrustant (Index Riznar > 6).

1.2 Géocomposites et géospaceurs de drainage associés au DEG

Pour des débits d'infiltration importants, l'AFTES recommande d'abandonner le géotextile (l'eau d'infiltration le traversant pouvant nuire à la bonne thermosoudure des lés d'étanchéité) et d'utiliser des géocomposites et des géospaceurs pouvant assurer en même temps le drainage et l'étanchéité ponctuels du D-E-G en cours de réalisation. Les aménagements proposés par l'AFTES en fonction du débit d'arrivée d'eau sont les suivants :

- **Débits d'eau ponctuellement importants** (supérieurs à 0,5 l/min) : mise en place au droit du point d'arrivée d'eau de cerces constituées de géospaceurs de largeur variable, qui draineront l'eau jusqu'au dispositif de drainage de pied de piédroit ou de voûte (figure 3). Ces cerces sont à fixer au support avant la mise en œuvre du géotextile, qui dans ce cas n'assure plus que sa fonction initiale de protection mécanique inférieure. Ils peuvent être mis, comme indiqué dans la figure 2, horizontalement et dans ce cas ils portent le nom de lisse de drainage (figure 3). Celle-ci a généralement pour fonction d'accélérer le drainage des eaux collectées par le géotextile ou par un géocomposite, en direction du dispositif de drainage du pied de voûte. Une nappe à excroissances en PeHD ou en Polyoléfine de 8 à 20 mm d'épaisseur (en fonction du débit à drainer) constitue à ce jour le géospaceur de drainage le plus couramment mis en œuvre dans les ouvrages souterrains. Il faut noter que les recommandations de l'AFTES ont désormais généralisé la mise en œuvre de cerces et de lisses de drainage, généralement à base de nappes à excroissances, sur tous les tunnels, même en cas de débits d'infiltration inférieurs à 0,5 l/m² et par mètre de longueur de tunnel.

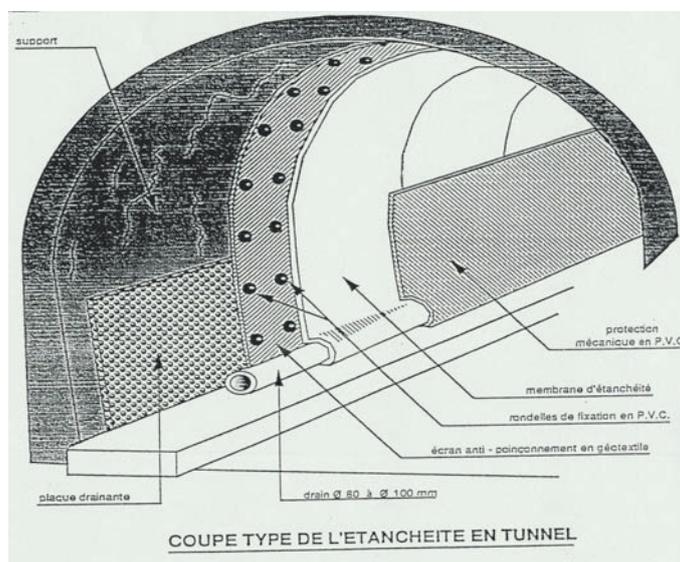


Figure 2. Schéma du drainage associé à un DEG

- **Débits d'eau surfaciques, diffus et importants** : remplacement du géotextile, sur toute la surface de support concerné, par un géocomposite de drainage, généralement constitué, côté support, d'un géotextile d'une masse surfacique pouvant aller de 600 g/m² à 1200 g/m², avec une transmissivité égale ou supérieure à $4,6 \cdot 10^{-6}$ m²/s. Côté géomembrane, ce géotextile peut être associé à un film synthétique (PVC-P, PEBD, FPO, etc.). Une géogrille en polypropylène associée à un film PVC-P constitue à ce jour l'un des géocomposites parfois utilisés dans les ouvrages souterrains.



Figure 3. Raccordement de la lisse de drainage avec le drain

Pour les tunnels, les géocomposites et géospaceurs de drainage sont classés par l'AFTES selon le tableau 2. Les diamètres indiqués dans ce tableau donnent la section théoriquement nécessaire pour évacuer les débits considérés, mais ils ne tiennent pas compte des risques de colmatage éventuellement à craindre, en fonction de la nature chimique des eaux à drainer. Le dimensionnement du drain de pied de piédroit et de voûte doit être fait en fonction de cette nature chimique des eaux et notamment de son index Riznar (agressivité calco-carbonique de l'eau). Ce drain est généralement en PEHD, qui accroche moins la calcite, avec un diamètre minimal de 100 mm.

Tableau 2. Tableau de spécifications hydrauliques des géocomposites et géospaceurs

Catégorie	Capacité de drainage	Diamètre du drain sous 2% de pente
1	0,1 l/s/m	Ø 100 mm
2	0,1 à 0,25 l/s/m	Ø 125 mm
3	0,25 à 0,5 l/s/m	Ø 150 mm

2. Le drainage des ouvrages souterrains

2.1. Drainage des tranchées couvertes

La mise en œuvre d'un procédé de drainage surfacique, dans des terrains non aquifères, en lieu et place d'un procédé d'étanchéité, n'est pas nouvelle pour les ouvrages souterrains français puisque, dès le début des années 1980, des dispositifs uniquement de drainage ont été utilisés pour assurer l'étanchéité des piédroits des tranchées couvertes (figures 4 et 5). La France a plutôt privilégié la mise en œuvre de géospaceurs à base de nappes à excroissances. Ce type de géospaceurs commençait à cette époque à être très utilisé pour assurer l'étanchéité des parties enterrées de bâtiment, certains bénéficiaient même d'un Avis Technique du CSTB pour la protection des parois enterrées. Ceux-ci sont à ce jour couverts par la norme NF EN 13252 et bénéficient, depuis 2011, d'un Avis d'Experts AFTES pour l'étanchéité et le drainage des tranchées couvertes. Ce dispositif de drainage n'est recommandé que pour l'étanchéité des parois verticales de l'ouvrage et est généralement associé à un procédé classique d'étanchéité horizontale de la dalle supérieure. La fonction drainante, proposée par l'AFTES pour les ouvrages souterrains, ne peut être spécifiée que pour des ouvrages non soumis à une pression hydraulique de service.



Figure 4. Tranchée couverte drainée



Figure 5. Drainage vertical par géospaceur

Le drainage vertical d'une tranchée couverte est généralement composé, en partant du support :

- d'une émulsion bitumineuse mise en œuvre par projection ou au rouleau sur le support ;
- d'une nappe drainante à base de PeHD, de polypropylène (PP), etc., avec des excroissances de 5 à 20 mm de hauteur, fixée mécaniquement au support ;
- d'une couche filtrante, constituée d'un géotextile non-tissé en polypropylène de 100 à 120 g/m², assemblée à la nappe drainante en usine par thermocollage ; la couche filtrante (pour les tranchées couvertes) est mise côté terrain (figures 6 et 7) ;
- d'un drain horizontal de pied de pignon, généralement en PeHD et dont la section doit être conforme au tableau 2.

Ces nappes drainantes sont généralement livrées en rouleau de deux mètres de largeur et de quinze mètres de longueur. Le poids d'un rouleau n'excède pas 18 à 19 kg, ce qui facilite leur mise en œuvre dans les ouvrages souterrains. Les rouleaux sont déroulés verticalement avec un recouvrement, en fonction du dispositif, compris entre 0,10 m et 0,20 m. La fixation principale se fait en tête de nappes de drainage avec, en fonction de la hauteur de pignon à drainer, la mise en œuvre de fixations intermédiaires par spitage. Le raccordement au drain de pied se fait généralement par recouvrement.

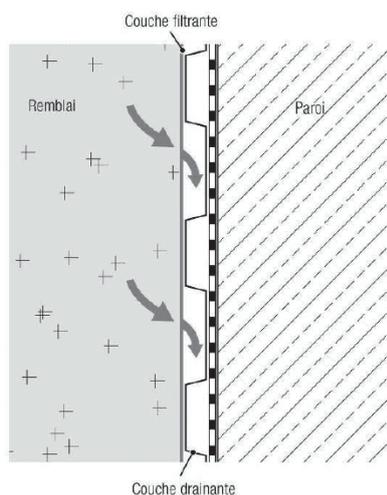


Figure 6. Schéma d'un géospaceur



Figure 7. Géospaceur avec couche filtrante

Les caractéristiques physico-mécaniques recommandées par l'AFTES pour ces géospaceurs figurent dans le tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques recommandées par l'AFTES pour les géospaceurs de drainage

Caractéristiques	Normes d'essais	Valeurs minimales
Force à la rupture en traction Sens production	NF EN 12311-2	> 800 N
Force à la rupture en traction. Sens transversal	NF EN 12311-2	> 700 N
Allongement à la rupture en traction. Sens production	NF EN 12311-2	> 40 %
Allongement à la rupture en traction. Sens transversal	NF EN 12311-2	> 35 %
Résistance à la déchirure au clou. Sens production	Annexe 1 – UEATc de juillet 2000	> 500 N
Résistance à la déchirure au clou. Sens transversal	Annexe 1 – UEATc de juillet 2000	> 450 N
Résistance à la perforation	Pr EN 12730	> 12 daN
Résistance aux micro-organismes	Méthode D de la norme ISO 846	Perte de poids < 10 %
Résistance au fluage en compression	NF EN 1897 (contrainte normale de 100 kPa – 1000 Heures de charge)	Déformation < 5 %
Capacité de débit dans le plan	NF EN ISO 12958 (gradient de 1 – température à 20°C – contrainte appliquée de 100 kPa)	> 6.10 ⁻⁴

2.2. Drainage des tunnels neufs

Le remplacement d'un DEG par un dispositif de drainage est beaucoup plus récent. Il est apparu, au début des années 1990, sur certaines parties des tunnels ferroviaires de grande profondeur du Projet ALPETRANSIT en Suisse, et au début des années 2000 en France sur le tunnel routier Maurice Lemaire (Sainte-Marie-aux-Mines) en France. Le dispositif de drainage est essentiellement composé de géogrille en Suisse (figures 8 et 9) et de géospaceurs à base de nappes alvéolées (figures 10 et 11) en France. Ces dispositifs de drainage ont été mis en complément à un DEG dans les parties de tunnel à faibles débits d'infiltration, ponctuels ou surfaciques. Cette disposition constructive participe à la prise en compte par de plus en plus de maîtres d'ouvrages et d'exploitants de la nécessité d'étancher durablement un ouvrage souterrain (durée de vie > à 100 ans), notamment en anticipant la collecte et l'évacuation d'eau d'infiltration, dont le débit ne peut qu'augmenter dans le temps. Un tunnel, même dans un terrain à faible perméabilité, risque de se comporter dans le temps comme un « drain subhorizontal » susceptible d'engendrer des infiltrations pouvant nuire notamment à la bonne exploitation de l'ouvrage. Il faut noter que, pour les tunnels, la couche filtrante d'un dispositif de drainage, contrairement aux tranchées couvertes, est toujours mise côté revêtement en béton et non côté terrain (figure 12). Cette disposition a pour objectif d'éviter le colmatage du dispositif de drainage, notamment lors du bétonnage du revêtement en béton du tunnel.

La mise en œuvre de ces dispositifs de drainage se fait de la même façon que celle du géotextile de protection inférieur d'un DEG de tunnel, par spitage (3 à 4 /m² en piedroit et 5 à 6 /m² en voûte). Le raccordement entre les nappes se fait également par recouvrement de 0,20 m à 0,30 m, de même que celui du raccordement entre le DEG et le dispositif de drainage surfacique. Comme pour les tranchées couvertes, l'étanchéité par drainage surfacique d'un ouvrage souterrain ne peut être envisagée que pour des ouvrages non soumis à une pression hydrostatique de service. Les caractéristiques physico-mécaniques à spécifier pour ce type de drainage surfacique sont identiques à celles proposées par l'AFTES dans le tableau 3. En cas de tunnels profonds, avec par exemple présence de hautes températures (40 à 60°C) au niveau du rocher ou du soutènement du tunnel, il est impératif de vérifier en plus la résistance à l'oxydation du dispositif de drainage, sous contraintes permanentes de compression (150 kPa à 200 kPa).

Ces dispositifs de drainage surfacique présentent un excellent rapport qualité/prix, notamment par rapport au coût d'un DEG classique, pour assurer l'étanchéité d'ouvrages soumis à de faibles débits prévisionnels d'infiltration, exclusivement. Celui-ci devrait inciter les maîtres d'ouvrages à les retenir de plus en plus, comme étant une alternative fiable à l'absence d'étanchéité, habituellement retenu pour ce type d'ouvrage.

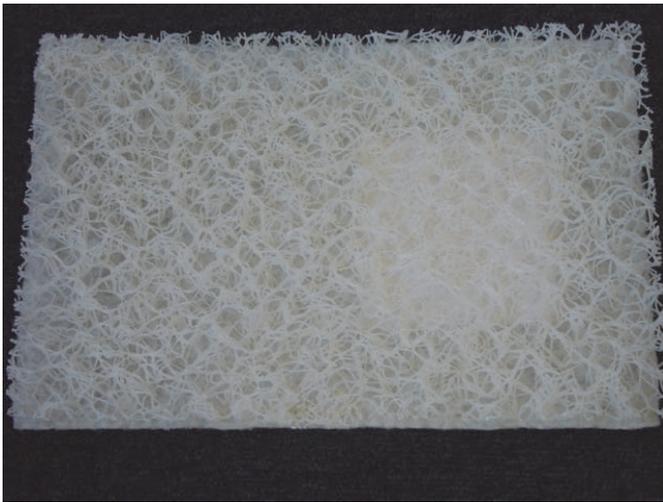


Figure 8. Détail d'une géogrille de drainage



Figure 9. Raccordement de la géogrille au drain

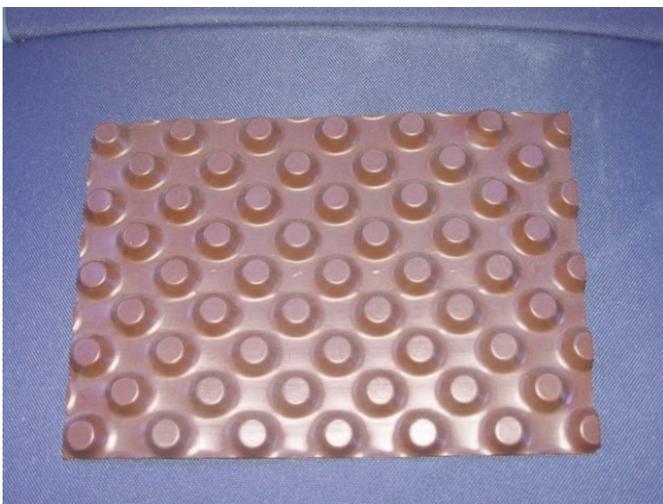


Figure 10. Détail de nappe à excroissances



Figure 11. Raccordement géospaceur/DEG

2.3. Drainage associé à une protection thermique pour la réparation d'ouvrages souterrains exposés au gel

2.3.1. Dispositifs de drainage surfacique recommandés par l'AFTES

La rénovation de l'étanchéité d'ouvrages souterrains en exploitation et souvent anciens fait appel depuis plus d'une dizaine d'années à des dispositifs de drainage surfaciques associés à une isolation thermique. Cette association permet d'éviter le gel et par conséquent l'obturation, voire la destruction des dispositifs de drainage pour les ouvrages souterrains exposés aux basses températures (tunnels ferroviaires et routiers par exemple situés en montagne). Ces dispositifs font l'objet des recommandations de l'AFTES relatives « aux arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains », publiées en juin 2006 (TOS n°194/195). Le chapitre III, plus spécialement dédié à ces techniques de drainage, fait actuellement l'objet d'une actualisation qui devrait être publiée dans le courant du 1^{er} semestre 2013. Les dispositifs de drainage actuellement recommandés par l'AFTES sont les suivants :

- **Technique B1 : drainage porté avec béton armé projeté :**

Le procédé est composé d'une coque qui reçoit sur son extradoss un complexe drainant (géospaceur de drainage – protection thermique de 20 mm à 30 mm d'épaisseur à base de mousse réticulée de polyéthylène - éventuellement une géomembrane d'étanchéité synthétique – écran de protection supérieure en géotextile).

La coque est composée d'une ossature métallique (cintres réticulés de 18 kg/m espacés tous les 1,50 m avec deux panneaux de treillis soudés) et d'un béton projeté de 15 cm à 20 cm d'épaisseur.

- **Technique B2 : drainage porté et béton armé projeté sur ossature métallique :**
Le procédé est composé d'une coque qui reçoit sur son extrados un complexe d'étanchéité drainant (géospaceur de drainage – protection thermique de 20 à 30 mm d'épaisseur à base de mousse réticulée de polyéthylène – éventuellement une géomembrane d'étanchéité synthétique – écran de protection supérieure en géotextile).
La coque est composée d'une structure métallique (plaques de métal déployé, ou de tôles inox nervurées) et d'un béton projeté de 15 cm à 20 cm d'épaisseur.
- **Technique C2 : dispositif parapluie synthétique :**
Le procédé s'apparente à une structure de drainage légère fixée rapidement au support. Sa composition, essentiellement à base de matériaux synthétiques est généralement la suivante :
 - géospaceur de drainage du type nappe à excroissances
 - couche de protection thermique en polyéthylène de 20 mm d'épaisseur

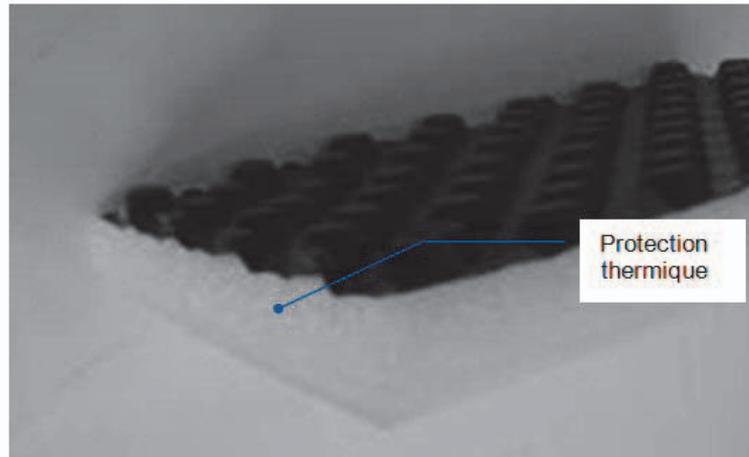


Figure 12. Complexe de drainage (face drainante)

Des variantes à la technique C2 sont apparues récemment en France et en Europe sous forme de géocomposite surfacique de drainage. Ces géocomposites de drainage, associant dans un même produit les fonctions drainage et isolation thermique, font souvent l'objet d'un brevet et ne peuvent être envisagés, dans une solution apparente sans être recouvert à l'intrados par un revêtement en béton, que pour les ouvrages souterrains d'une longueur inférieure à 300 m.

Sommairement, ces géocomposites de drainage sont constitués de trois matériaux à base de polyoléfine et d'aluminium assemblés par soudure thermique :

- face extrados cannelée assurant la fonction drainage (10 l/s/m^2) ;
- protection thermique en mousse de polyéthylène réticulé à structure cellulaire fermée laminée avec une couche de raphia ignifuge avec film intrados en aluminium.

Le procédé, dont l'épaisseur varie de 2 mm à 20 mm, est fixé au revêtement en béton existant par vis et chevilles synthétiques.

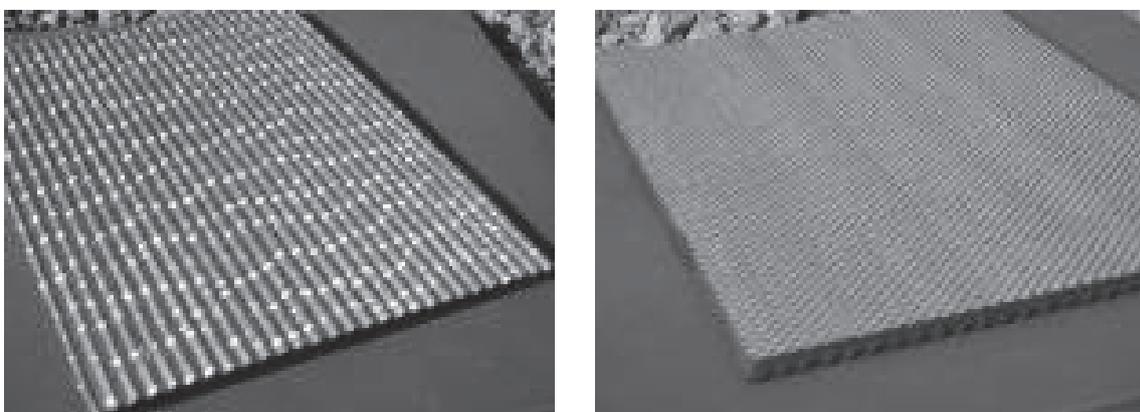


Figure 13 : Géocomposite du type CARFOAM – face drainante / face ignifugée

Le dispositif de type C2, à base de géocomposite de drainage, est surtout utilisé pour la rénovation de l'étanchéité de tunnels ferroviaires, en apparent pour les ouvrages de moins de 300 m de longueur (figure 17) et pris en sandwich entre l'ancien revêtement et le nouveau revêtement (béton projeté ou coulé) du tunnel. Les caractéristiques hydrauliques à spécifier pour ces géocomposites de drainage sont celles indiquées dans le tableau 2.



Figure 14. Pose d'un géocomposite de drainage apparent

2.3.2. Exemple de la rénovation de l'étanchéité du Tunnel Maurice Lemaire

Situé sur la RN 59 entre les Communes de Ste-Marie-aux-Mines (département du Haut-Rhin) et de Lusse (département des Vosges), le tunnel Maurice Lemaire permet le franchissement de la crête des Vosges au cœur du parc naturel des Ballons. Ce tunnel, d'une longueur de 6950 m, comporte 2 voies de circulation de 3,40 m. À l'origine ferroviaire, le tunnel a été mis en service en 1937 puis transformé en tunnel routier en 1976. Finalement, c'est en 2004 qu'ont débuté les travaux de sécurisation et de rénovation du tunnel. Cette rénovation de l'étanchéité par un dispositif de drainage, compatible avec de très basses températures (-23°C) et avec la réglementation incendie applicable pour les tunnels routiers de plus de 300 mètres, a été une première mondiale d'utilisation d'une coque autoporteuse avec dispositif de drainage à base de géosynthétiques.

Le complexe de drainage hors gel est constitué des éléments suivants :

- un géospaceur de drainage permettant de laisser circuler l'eau librement jusqu'à la base des piédroits, où elle est recueillie par des drains longitudinaux ;
- une isolation thermique protégeant le drainage du gel ;
- une coque de béton armé de 80 mm d'épaisseur protégeant le système de drainage et participant à la stabilité du complexe ;
- une protection au feu constituée d'un mortier coupe-feu projeté et armé sur 30 mm d'épaisseur.

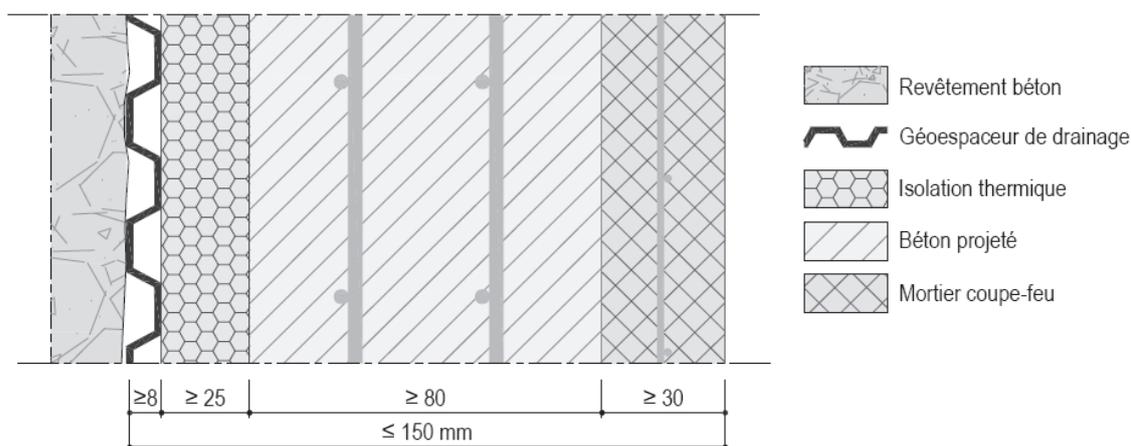


Figure 15: Composition du complexe de drainage hors gel du tunnel Maurice Lemaire

À ce dimensionnement vis-à-vis du gel s'ajoutent :

- le dimensionnement vis-à-vis d'un incendie. Il s'agit de calculs de diffusion thermique visant à déterminer les différentes températures d'interface aux instants critiques et notamment la température des aciers de la coque de béton armé à 2 heures et la température sur le matériau isolant au gel à 1 heure ;
- le dimensionnement vis-à-vis de la stabilité mécanique du complexe. Ces calculs prennent en compte les cas de charge classiques (poids propres, charges de service) mais aussi le cas incendie sous chargement HCM puisqu'il s'agit d'un critère important auquel le système doit satisfaire.

3. Conclusions

Le drainage, comme solution technique complémentaire d'étanchéité des ouvrages souterrains (situés dans des terrains non aquifères et à faibles venues d'eau), permet désormais au concepteur d'améliorer le fonctionnement et la durabilité d'une étanchéité classique, principalement à base de DEG synthétique ou bitumineux. Il permet, à un coût optimisé, d'améliorer et de garantir dans le temps l'étanchéité des ouvrages situés dans des horizons géologiques peu perméables, en anticipant une éventuelle augmentation des débits initiaux, sans avoir recours à des traitements postérieurs d'arrêts d'eau, toujours plus coûteux et plus perturbants pour l'exploitation de ces ouvrages.

Le recours aux géospaceurs et géocomposites de drainage est devenu indispensable à la rénovation durable et économique de l'étanchéité des ouvrages souterrains en exploitation. Le dimensionnement de ce drainage surfacique, réalisé à l'intrados à l'ouvrage, permet une meilleure prise en compte technique et financière du rétablissement de la fonction étanchéité, y compris avec des contraintes de températures extrêmes, mais aussi des aspects réglementaires et sécuritaires s'appliquant aux ouvrages routiers et ferroviaires français.

4. Références bibliographiques

- Fascicule 67 – Titre III du Cahier des Clauses Techniques Générales – Étanchéité des ouvrages souterrains (1992) n°92-S-TO – Direction des Journaux Officiels – 26, rue Desaix -75727 PARIS CEDEX 15
- Mahuet J-L. (2000) Recommandations de l'AFTES relatives à "L'étanchéité et le drainage des ouvrages souterrains ». Tunnels et Ouvrages Souterrains (T.O.S.) ; n°159.
- Mahuet J-L. (2006) Recommandations de l'AFTES relatives à "Arrêts d'eau dans les ouvrages souterrains ». Tunnels et Ouvrages Souterrains (T.O.S.), n°194/195.
- Mahuet J-L., Chantron L., Neukomm M., Bultel F. (2008). Drainages surfaciques en tunnel routier – Application au tunnel Maurice Lemaire (Sainte-Marie-aux-Mines), Communication présentée au Congrès International de l'AFTES à Monaco, octobre 2008.