

## Cas pratique

### État de la retenue d'El Golfo dans l'île d'El Hierro (îles Canaries)

**La pérennité des matériaux géosynthétiques garantit la mise en place d'un système de protection efficace et durable pour l'environnement. Cet article présente le comportement sur douze ans d'une géomembrane en caoutchouc synthétique installée dans la retenue d'eau d'El Golfo aux îles Canaries : des résultats encourageants qui montrent un bon état de conservation de la géomembrane face aux aléas climatiques.**

# L

es barrières géosynthétiques polymériques (GBR-P) à base d'élastomères ont été les premières à être utilisées dans le domaine de l'imperméabilisation. La Commission internationale des grands barrages (ICOLD) considère que ce fût en 1959 à Holokai

(Hawaï), qu'a été installée la première géomembrane synthétique pour l'imperméabilisation à des fins hydrauliques, dans le bassin de Kualapuu ; la dite membrane était constituée de caoutchouc butyle (IIR) (International Commission of Large Dams, 1991). De même, au niveau espagnol, les matériaux élastomères sont les premiers à avoir été utilisés dans les années 1970, la retenue de Aiguamoix (Lérida) et l'Azud (barrage de faible dimension) de Matavacas (Huelva) ont été imperméabilisés avec ce type de produit thermostable. En Espagne, la région du levant (zone de Valence) fut la pionnière dans cette expérience et a abondamment utilisé le caoutchouc butyle. Au fil du temps, cet élastomère a cédé la place à d'autres membranes polymériques, comme le caoutchouc synthétique d'éthylène-propylène-diène terpolymère (EPDM) qui, pour certaines propriétés telles que la résistance à l'ozone, offrent de meilleures prestations (Davis, 1998).

Le laboratoire central des structures et des matériaux CEDEX est en train de réaliser un large travail d'investigation pour la direction générale de l'eau du ministère chargé de l'environnement, du milieu rural et marin, BALTEN et le Cabildo Insular de La Palma (unité gouvernementale de l'île). Les retenues qui sont actuellement en cours de suivi dépassent de loin la centaine. Ces investigations avec prélèvements périodiques ont permis une meilleure connaissance du comportement aux intempéries de géomembranes de différentes natures (Blanco, 2009). Des géomembranes en EPDM sont en cours de contrôle en Castille-Leon, Estrémadure, Murcie, Communauté Valencienne et dans les Canaries.

Cet article présente le comportement dans le temps d'une géomembrane en EPDM installée dans la retenue d'El Golfo (Frontera, île d'El Hierro). Dans un premier temps, les caractéristiques initiales de la géomembrane ont été vérifiées ; par la suite, ces données ont été utilisées comme éléments de comparaison. Après son installation,

la géomembrane a été périodiquement contrôlée. La méthodologie expérimentale utilisée est largement détaillée dans la bibliographie scientifique (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2010). Les essais réalisés lors du contrôle périodique mentionné ci-dessus sont les suivants :

- épaisseur ;
- dureté shore-a ;
- caractéristiques de traction ;
- pliabilité à basse température ;
- résistance mécanique au poinçonnement dynamique ;
- résistance à la perforation (poinçonnement statique) ;
- résistance du joint au cisaillement ;
- résistance du joint au pelage ;
- microscopie optique ;
- microscopie électronique à balayage.

L'île d'El Hierro peut être considérée aujourd'hui comme une « île durable » d'un point de vue énergétique. Outre l'énergie éolienne, l'eau a une importance primordiale. La retenue d'El Golfo y a été construite en 1995 (photo ❶) ; ses caractéristiques sont les suivantes :

- capacité : 145 000 m<sup>3</sup> ;
- hauteur : 13 m ;
- pente des talus : intérieur 1/2, extérieur 1/1,5 ;
- type de géomembrane : EPDM ;
- épaisseur : 1,52 mm ;
- surface de membrane posée : 20 000 m<sup>2</sup> ;
- géotextile utilisé (dessous) : PP de 600 g/m<sup>2</sup> ;
- géomembrane non recouverte.

Sur ce projet, les joints entre lés ont été réalisés par encollage à l'aide de colle butyle. Il est à noter que cette technique a été abandonnée depuis de nombreuses années au profit du système d'assemblage par bandes auto-adhésives.

#### Caractéristiques initiales

Le tableau ❶ présente les caractéristiques déterminées initialement sur la barrière géosynthétique polymérique installée dans la retenue d'El Golfo



© M. Blanco et F. Garcia

1 Vue générale de la retenue d'El Golfo.

(photo 2). On y observe que les valeurs obtenues sont supérieures aux minimas exigés par la législation en vigueur (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2010).

### Évolution dans le temps

La figure 1 présente l'évolution des caractéristiques de traction de la géomembrane EPDM durant les douze premières années suivant son installation. Le tableau 2 présente les caractéristiques générales de la barrière géosynthétique onze années suivant son installation, en fonction de l'orientation géographique des talus.

On constate que la résistance à la traction ne varie pas de manière significative et que la force à 300 % d'élongation augmente légèrement. L'allongement à la rupture diminue de manière significative, comme cela se produit habituellement avec ce type d'élastomère (continuation du procédé de vulcanisation).

La dureté Shore-A augmente légèrement au cours des douze années compte tenu de la plus grande rigidité du matériau macromoléculaire.

### 1 Caractéristiques initiales de la géomembrane en EPDM.

Caractéristiques	Normes	Valeurs
Épaisseur moyenne	EN 1849-2	1,6 mm
Dureté Shore-A	ISO 7619	64
Pliabilité à - 55 °C	EN 495-5	Sans fissures
Résistance au poinçonnement dynamique*	EN 12691	> 300 mm
Résistance à la traction	ISO 527	10,0 MPa
Contrainte à 300 % d'allongement	ISO 527	6,3 MPa
Allongement à la rupture	ISO 527	553 %
Poinçonnement statique <ul style="list-style-type: none"> <li>Résistance au poinçonnement <ul style="list-style-type: none"> <li>Face externe</li> <li>Face interne</li> </ul> </li> <li>Enfoncement du poinçon avant perforation <ul style="list-style-type: none"> <li>Face externe</li> <li>Face interne</li> </ul> </li> </ul>	EN ISO 12236  UNE 104 307	206 N/mm 280 N/mm  38 mm 34 mm
Résistance des joints <ul style="list-style-type: none"> <li>Traction cisaillement</li> <li>Traction pelage</li> </ul>	EN 12317-2 EN 12316-2	475 N/50 mm 46 N/50 mm

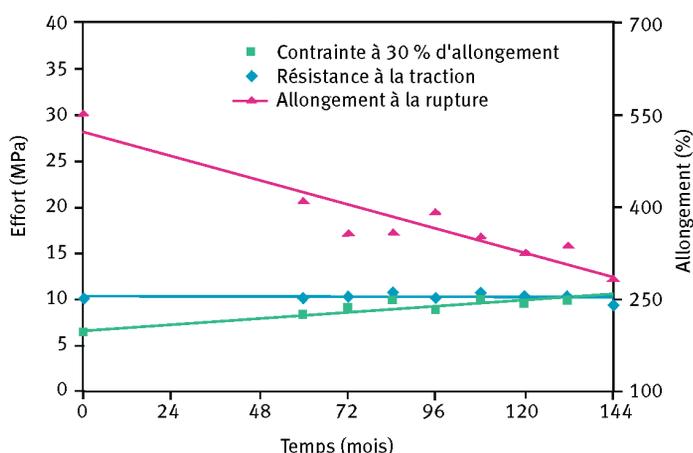
(\*) – Hauteur de chute du poinçon.

### 2 Caractéristiques de la géomembrane en fonction de l'orientation géographique onze années après son installation.

Caractéristiques	Normes	1995	2006			
			Orientation géographique des talus			
			Nord	Sud	Est	Ouest
Dureté Shore-A	ISO 7619	64	74	72	74	71
Pliabilité à - 55 °C	EN 495-5	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Résistance au poinçonnement dynamique	EN 12691	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Résistance à la traction (MPa)	ISO 527	10,0	10,7	10,3	10,6	10,4
Contrainte à 300 % d'allongement (MPa)	ISO 527	6,3	9,9	9,8	9,6	9,6
Allongement à la rupture (%)	ISO 527	553	352	337	359	325
Résistance au poinçonnement (N/mm) <ul style="list-style-type: none"> <li>Face externe</li> <li>Face interne</li> </ul>	EN ISO 12236	206 280	270 274	279 279	281 288	263 285
Enfoncement du poinçon avant perforation (mm) <ul style="list-style-type: none"> <li>Face externe</li> <li>Face interne</li> </ul>	UNE 104 307	38 34	32 31	30 30	32 32	30 33
Résistance des joints par traction cisaillement (N/50 mm)	EN 12317-2	475	311	381	502	252

## Cas pratique

### 1 Évolution de la résistance à la traction, de la contrainte à 300 % d'allongement et de l'allongement à la rupture, en fonction du temps (0 à 12 ans).



### 2 Aspect de la géomembrane en EPDM.



© M. Blanco et F. Garcia

Après douze ans d'installation, il n'a pas été observé de ruptures, fissures ou tout autre symptôme de détérioration dans la zone de flexion lors du test de pliage à basse température ( $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Les propriétés de résistance mécanique au poinçonnement dynamique se sont améliorées au cours du temps. Sur géomembrane neuve, le percuteur (0,5 kg avec extrémité en forme de demi-sphère de 12,7 mm de diamètre) pouvait être lâché d'une hauteur de 300 mm sans qu'il soit observé de perforation de la géomembrane dans la zone d'impact (vérification par test d'étanchéité selon UNE 104 308). Sur géomembrane exposée (onze ans), il a été possible de laisser tomber le percuteur jusqu'à une hauteur de 500 mm sans induire de perforation. Ceci s'explique par le procédé de vulcanisation du polymère.

Les valeurs de résistance au poinçonnement statique ont légèrement augmenté durant les douze années. Ces valeurs sont d'ailleurs relativement élevées pour un élastomère. La distance parcourue par le poinçon a diminué pendant cette même période.

Le tableau 2 montre qu'à la différence du comportement de certains thermoplastiques, et spécialement du polychlorure de vinyle plastifié (Soriano *et al.*, 2010), l'influence de l'orientation des talus sur l'évolution des caractéristiques mécaniques est pratiquement inexistante pour les géomembranes EPDM.

La stabilité face aux aléas climatiques avancée ci-dessus a été confirmée par les essais de microscopie. L'observation, réalisée par microscopie optique de réflexion avec grossissement soixante fois sur la face externe de la géomembrane après onze années d'exposition, a montré le bon état de la géomembrane et l'absence de différence appréciable selon l'orientation géographique du talus. Ces mêmes échantillons, observés par microscopie électronique à balayage ou « scanner » avec grossissement quatre-vingt-dix fois, ont montré un matériau homogène et uniforme avec de petites microfissures et certains cratères isolés.

### Conclusions

Les essais préliminaires réalisés sur la géomembrane EPDM neuve installée sur le bassin de rétention d'eau d'El Golfo, atteignent des valeurs supérieures aux exigences minimales requises par la législation en vigueur (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2010) pour les barrières géosynthétiques polymériques (GBR-P) à base de caoutchouc Ethylène-Propylène-Diène terpolymère (EPDM). Ces valeurs initiales ont servi de base à l'évaluation du comportement de la géomembrane dans le temps.

Après douze années de suivi, les faits marquants de l'évolution des caractéristiques mécaniques de la

géomembrane EPDM sont l'augmentation sensible des valeurs de résistance à la traction, de dureté shore A, de poinçonnement dynamique et de résistance au poinçonnement statique ainsi que la diminution des valeurs d'allongement à la rupture et de distance parcourue par le poinçon avant perforation. Cette évolution est tout à fait caractéristique des élastomères, elle s'explique par le phénomène de vulcanisation.

Les chaînes carbonées composant les géomembranes EPDM sont liées entre elles par vulcanisation (réticulation). Ce procédé, accéléré artificiellement en usine lors de la production (autoclave), va continuer dans le milieu naturel lorsque la géomembrane est exposée aux intempéries (hautes températures, UV...). L'augmentation de la réticulation au cours du temps va induire une augmentation des valeurs de traction et une diminution de l'élongation. Toutefois, les valeurs d'élongation résiduelles observées après douze ans d'exposition restent extrêmement élevées pour des géomembranes (allongement élastique > 300 %, enfoncement du poinçon avant rupture  $\geq$  30 mm).

Les échantillons de géomembrane neuve ou exposés pendant douze ans n'ont pas présenté de ruptures, fissures ou tout autre symptôme de détérioration dans la zone de flexion lors de la réalisation du test de pliage à basse température ( $-55$  °C).

Le bon état du matériau après onze années d'exposition a été observé quasiment indépendamment de l'orientation géographique du talus. Ceci démontre la bonne résistance des géomembranes EPDM aux intempéries.

Le bon état de conservation de la géomembrane face aux aléas climatiques a été confirmé par les essais de

microscopie optique de réflexion réalisés après douze années d'exposition. Il a été observé, sur les deux faces, une surface homogène et uniforme. La même information a été donnée par la microscopie électronique de balayage qui a détecté, néanmoins, quelques microfissures et cratères isolés qui n'ont pas d'influence sur les propriétés mécaniques de la géomembrane. ■

### Les auteurs

**Manuel BLANCO, Florencio GARCIA,  
Jesús SORIANO et Francisca CASTILLO**

CEDEX, Laboratoire central  
des structures et des matériaux  
Alfonso XII, 3, 28014 Madrid, Madrid, Espagne

✉ [Manuel.Blanco@cedex.es](mailto:Manuel.Blanco@cedex.es)

✉ [Florencio.Garcia@cedex.es](mailto:Florencio.Garcia@cedex.es)

✉ [Jesus.Soriano@cedex.es](mailto:Jesus.Soriano@cedex.es)

✉ [Francisca.Castillo@cedex.es](mailto:Francisca.Castillo@cedex.es)

**Escolástico AGUIAR et Tatiana VARA**

BALTEN (Retenues de Ténériffe)  
C/Panamá 34, Nave n° 1, Polígono Costa Sur  
38009 Santa Cruz de Tenerife, Espagne

✉ [e.aguiar@balten.es](mailto:e.aguiar@balten.es)

✉ [t.vara@balten.es](mailto:t.vara@balten.es)

## QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- BLANCO, M., 2009, *Experiencia española en el empleo de geomembranas en la impermeabilización de balsas*, III Seminário Português sobre geossintéticos, Coimbra (Portugal).
- DAVIS, J.A., HOFF, J.L., KALWARA, J.J., KANE, E.G., 1998, A review of EPDM Systems Development, in : *Proc. X International Congress : International Waterproofing Association*, p. 263-274, Copenhague (Danemark)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS, 1991, Watertight Geomembranes for Dams State of the Art, *Bulletin ICOLD*, n° 78, Paris.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO, 2010, *Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas*, Madrid (Espagne).
- SORIANO, J., BLANCO, M., AGUIAR, E., BURGOS, J., 2010, La microscopia como método de análisis en el estudio de geomembranas sintéticas de PVC-P, in : *3° Congreso Nacional de Impermeabilización : Edificación, Obra civil y Balsas*, p. 411-422.

► Consulter l'ensemble des références  
sur le site de la revue [www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)