

ÉTAT DE LA GÉOMEMBRANE EN EPDM DE LA RETENUE D'EL GOLFO DANS L'ÎLE D'EL HIERRO (ÎLES CANARIES)

STATE OF THE EPDM POLYMERIC GEOSYNTHETIC BARRIER IN THE "EL GOLFO" WATER RESERVOIR AT THE ISLAND OF EL HIERRO (CANARY ISLANDS)

Manuel BLANCO¹, Escolástico AGUIAR², Florencio GARCIA¹, Tatiana VARA², Jesús SORIANO¹ et Francisca CASTILLO¹

¹ CEDEX (Laboratoire central des structures et des matériaux), Madrid, Espagne

² BALTEN (Retenues de Ténériffe), Ténériffe, Espagne

RÉSUMÉ – En 1995, la retenue d'El Golfo fut construite dans l'île d'El Hierro (Espagne), imperméabilisée à l'aide d'une géomembrane en caoutchouc synthétique Ethylène-Propylène-Diène terpolymère (EPDM). Le laboratoire central des structures et des matériaux CEDEX a déterminé les caractéristiques initiales de la géomembrane qui ont servi de base pour évaluer son évolution dans le temps. Périodiquement, des échantillons ont été prélevés et soumis aux essais suivants : résistance à la traction, allongement à la rupture, contrainte à 300 % d'élongation, dureté Shore-A, résistance au poinçonnement statique et dynamique, pliage à basse température, résistance des joints en cisaillement et pelage, microscopie optique de réflexion et microscopie électronique à balayage.

Mots-clés : géomembrane, EPDM, durabilité, retenue

ABSTRACT - In 1995 the water reservoir named "El Golfo" (Spain) was built and waterproofed with a synthetic rubber geomembrane of Ethylene-Propylene-Diene terpolymer (EPDM). The Central Laboratory of Structures and Materials CEDEX has tested the initial properties of the geomembrane that served as a basis to evaluate the membrane's durability. Periodically, samples were taken and tested as follows: tensile strength, elongation at break, tensile strength at 300% of elongation, Shore-A hardness, static and dynamic puncture resistance, foldability at low temperature, shear and peel resistance of seams, optical and electron microscopy.

Keywords: geomembrane, EPDM, durability, water reservoir

1. Introduction

Les 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) (Cea et al., 2002 ; Cea et al., 2003) 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'Ethylène-Propylène-Diène terpolymère (EPDM) qui, pour certaines propriétés telles que la résistance à l'ozone, offrent de meilleures prestations (Davis, 1998 ; Navarro, 1989).

Le CEDEX est en train de réaliser un large travail d'investigation pour la Direction Générale de l'Eau du Ministère 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 ; Blanco, 1998). Des géomembranes en EPDM sont en cours de contrôle en Castille-Leon, Estrémadure, Murcie, Communauté de Valence 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 (Blanco, 2008 ; 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.

2. La retenue

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. En 1995 a été construite la retenue d'El Golfo (figure 1), dont les caractéristiques sont les suivantes :

- capacité 145000 m³
- hauteur 13,0 m
- pente des talus :
 - intérieur 1/2
 - extérieur 1/1,5
- type de géomembrane EPDM
- épaisseur 1,52 mm
- surface de membrane posée 20000 m²
- géotextile utilisé (dessous) PP de 600 g/m²
- géomembrane non recouverte



Figure 1. Vue générale de la retenue d'El Golfo.

3. Retour d'expérience

3.1. Caractéristiques initiales

Le tableau 1 présente les caractéristiques déterminées initialement sur la barrière géosynthétique polymérique installée dans la retenue d'El Golfo (figure 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).

Tableau 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"> • Résistance au poinçonnement <ul style="list-style-type: none"> ○ Face externe ○ Face interne • Enfoncement du poinçon avant perforation <ul style="list-style-type: none"> ○ Face externe ○ Face interne 	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"> • Traction cisaillement • Traction pelage 	EN 12317-2 EN 12316-2	475 N/50 mm 46 N/50 mm

(*) – Hauteur de chute du poinçon

3.2. Évolution dans le temps

La figure 3 présente l'évolution des caractéristiques de traction en fonction du temps. 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.

La figure 4 montre la variation de la dureté Shore-A au cours des douze années. On observe une légère augmentation compte tenu de la plus grande rigidité du matériau macromoléculaire.

Les figures 5 et 6 illustrent le comportement de la résistance au poinçonnement statique. La première reprend les valeurs de charge. La deuxième présente la distance parcourue par le poinçon avant perforation. Il est à noter la valeur élevée que présente cet élastomère en ce qui concerne cette dernière caractéristique. Evidemment, avec le temps, la distance parcourue par le poinçon diminue.

À la différence du comportement de certains thermoplastiques, et spécialement du polychlorure de vinyle plastifié pour lequel l'orientation géographique du matériau influence notablement la dégradation de la géomembrane (Soriano et al., 2010), avec ce type de matériau, cette influence est pratiquement inexistante comme le montre le tableau 2, avec des valeurs obtenues onze années après l'installation de la barrière géosynthétique (figure 7).

La stabilité face aux aléas climatiques avancée ci-dessus est également confirmée par les essais de microscopie (Soriano et al., 2005 ; Soriano et al., 2006). La figure 9 montre le bon état de la géomembrane après onze années d'exposition ; l'observation a été réalisée par microscopie optique de réflexion avec grossissement 60 fois sur la face externe ; il n'existe pas de différence appréciable selon l'orientation géographique du talus. La figure 11 présente les mêmes échantillons observés par microscopie électronique à balayage ou « scanner » avec grossissement 90 fois ; dans ce cas, on observe un matériau homogène et uniforme avec de petites microfissures et certains cratères isolés.



Figure 2. Aspect de la géomembrane en EPDM

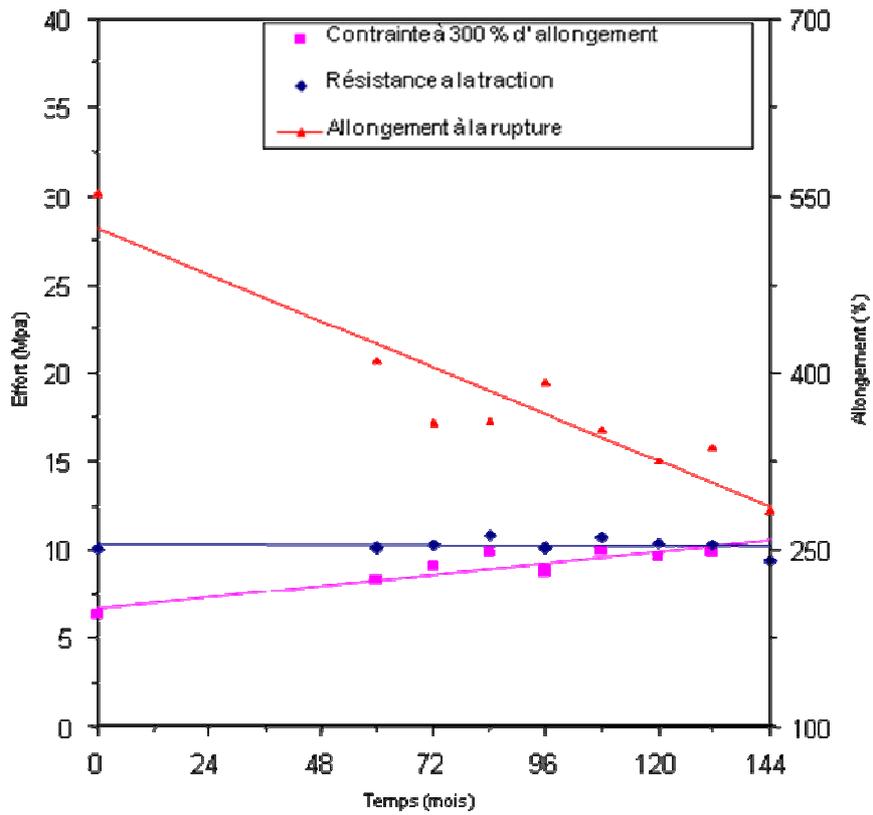


Figure 3. Evolution de la résistance à la traction, de la contrainte à 300 % d'allongement et de l'allongement à la rupture, en fonction du temps

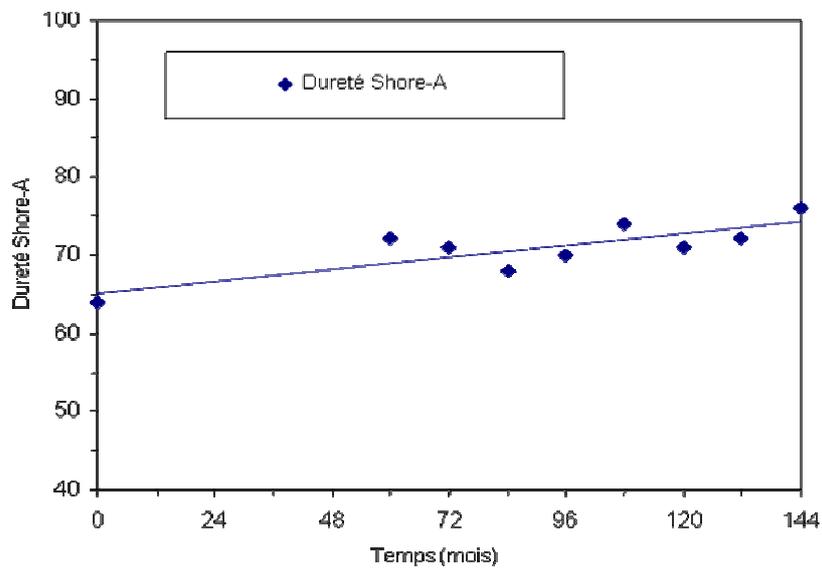


Figure 4. Variation de la dureté Shore-A en fonction du temps

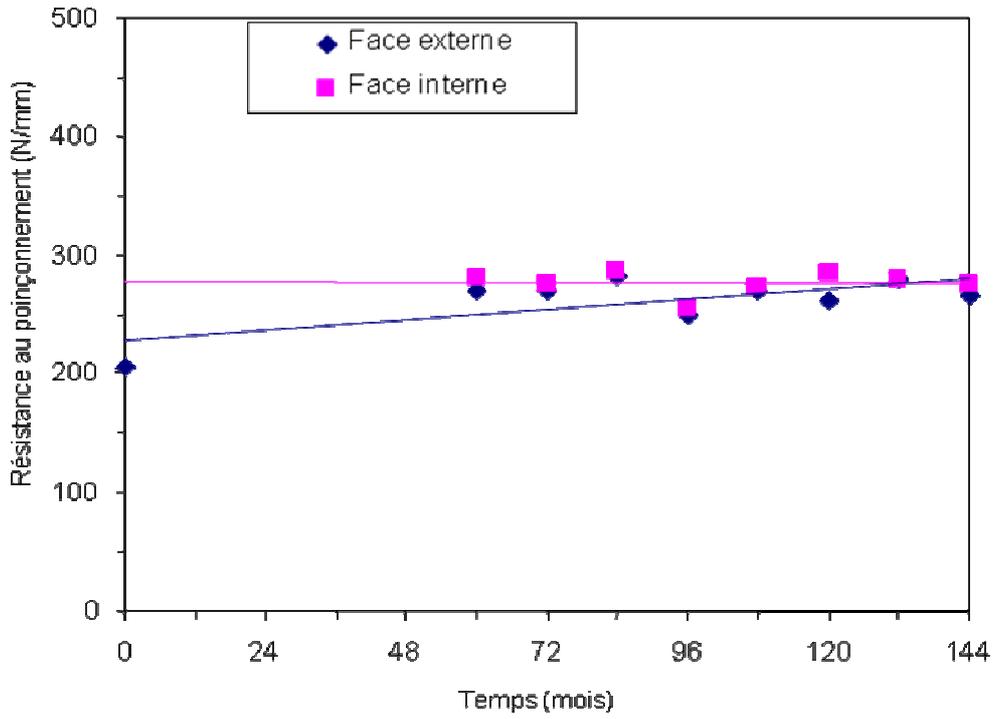


Figure 5. Evolution de la résistance au poinçonnement statique en fonction du temps

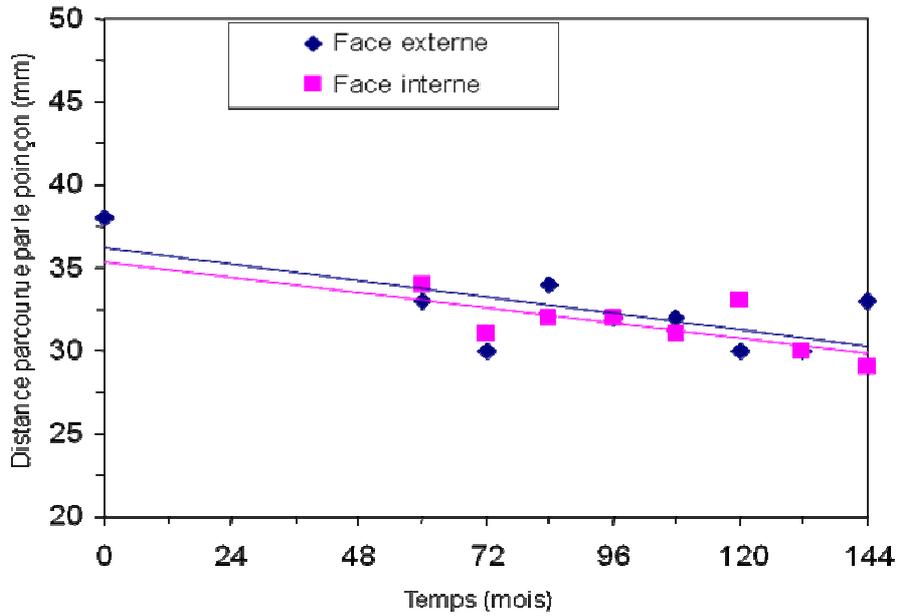


Figure 6. Evolution de l'enfoncement du poinçon avant perforation en fonction du temps

Tableau 2. Caractéristiques de la géomembrane en fonction de l'orientation géographique

Caractéristiques	Normes	Orientation géographique des talus			
		Nord	Sud	Est	Ouest
Dureté Shore-A	ISO 7619	74	72	74	71
Pliabilité à -55 °C	EN 495-5	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Résistance au poinçonnement dynamique	EN 12691	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Résistance à la traction (MPa)	ISO 527	10,7	10,3	10,6	10,4
Contrainte à 300 % d'allongement (MPa)	ISO 527	9,9	9,8	9,6	9,6
Allongement à la rupture (%)	ISO 527	352	337	359	325
Résistance au poinçonnement (N/mm)	EN ISO 12236				
• Face externe		270	279	281	263
• Face interne	UNE 104 307	274	279	288	285
Enfoncement du poinçon avant perforation, mm					
• Face externe		32	30	32	30
• Face interne		31	30	32	33
Résistance des joints par traction cisaillement (N/50 mm)	EN 12317-2	311	381	502	252



Figure 7. Retenue d'El Golfo, à Frontera (île d'El Hierro)

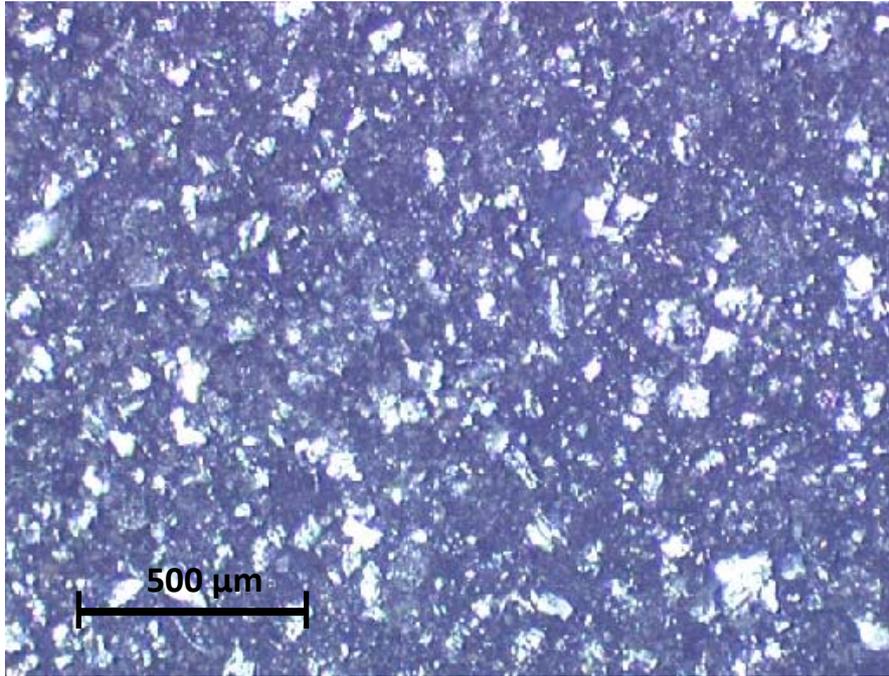
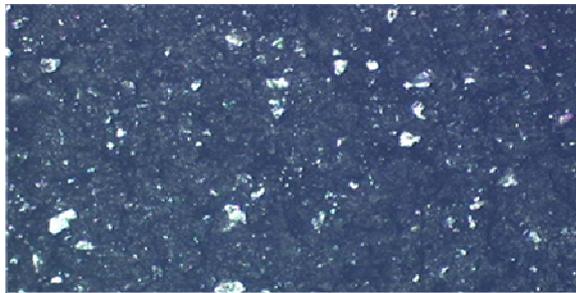
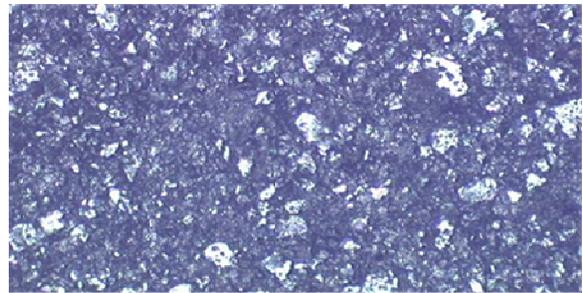


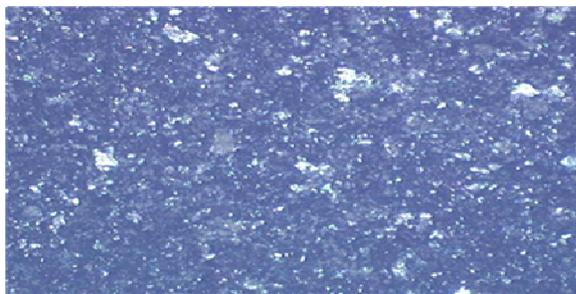
Figure 8. Microphotographie (x60) de la face externe d'une géomembrane en EPDM neuve par microscopie optique de réflexion



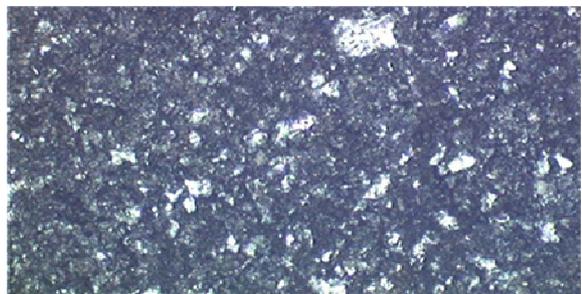
a) Nord



c) Est



b) Sud



d) Ouest

Figure 9. Microphotographies (x60) de la face externe des géomembranes en EPDM à leur onzième année d'installation par microscopie optique de réflexion

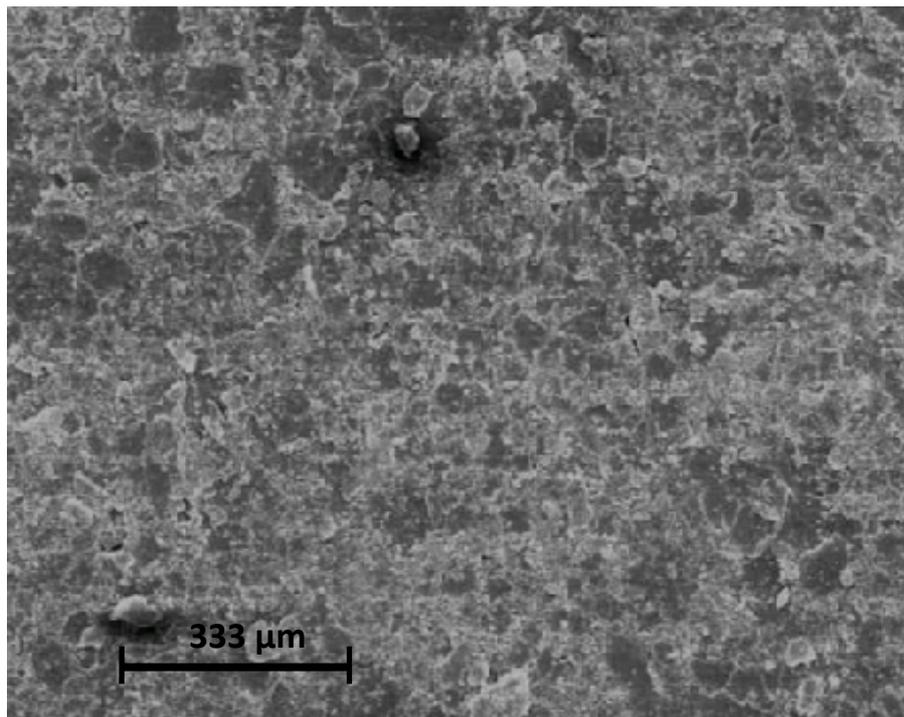
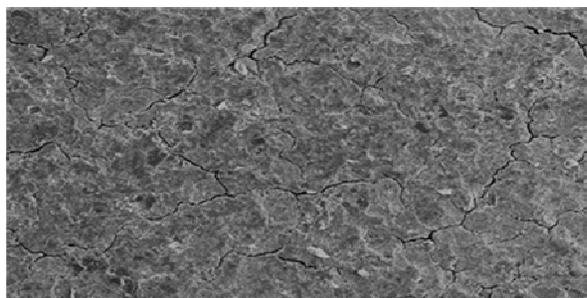
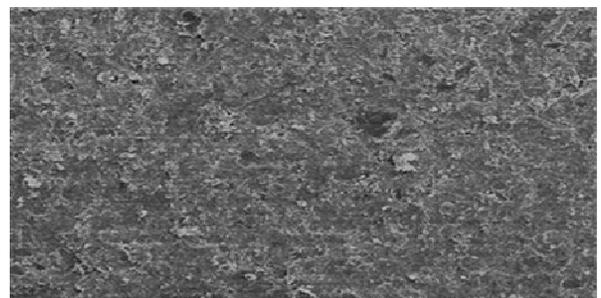


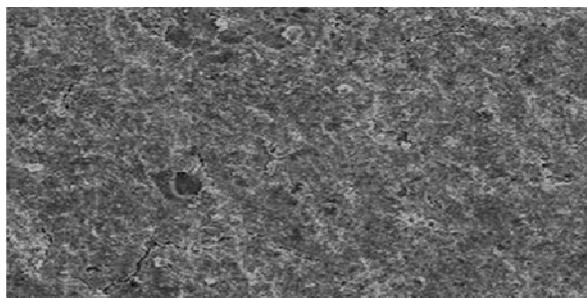
Figure 10. Microphotographie (x90) de la face externe d'une géomembrane en EPDM neuve par microscopie électronique à balayage



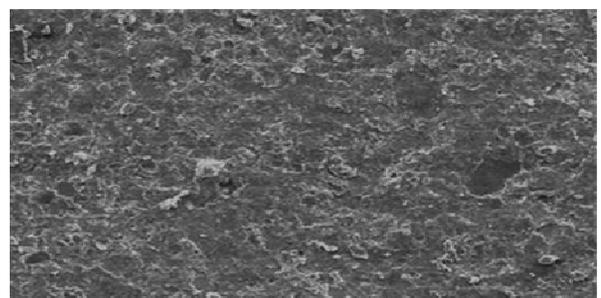
a) Nord



c) Est



b) Sud



d) Ouest

Figure 11. Microphotographies (x90) de la face externe des géomembranes en EPDM à leur onzième année d'installation par microscopie électronique à balayage

4. Conclusions

Tous les essais préliminaires 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.

La résistance à la traction n'a pas varié de manière significative au cours des douze années suivant l'installation de la géomembrane, alors que la contrainte à 300 % d'élongation a connu une légère augmentation. Le plus marquant est la diminution de l'allongement à la rupture, phénomène caractéristique de ce type de matériau macromoléculaire.

Les échantillons de géomembrane prélevés au cours de ces douze années suivant son installation, ont obtenu de bons résultats au test de pliage à basse température (-55 °C), étant donné qu'il n'a pas été observé de ruptures, fissures ou tout autre symptôme de détérioration dans la zone de flexion.

L'essai de résistance mécanique au poinçonnement dynamique, a été réussi par les échantillons vu qu'après avoir laissé tomber un percuteur de 0,5 kg dont l'extrémité est en forme de demi-sphère de 12,7 mm de diamètre d'une hauteur de 300 mm, la géomembrane n'a pas accusé de perforation dans la zone d'impact, selon vérification ultérieure par test d'étanchéité (UNE 104 308). Il a été observé que cette propriété s'améliore au cours du temps, étant donné qu'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.

La résistance au poinçonnement ou impact statique présente des valeurs relativement élevées par rapport au minimum exigé par l'ancienne norme UNE 104 308 pour les caoutchoucs. Mais ce qui détermine le bon état du matériau, c'est le parcours du poinçon avant perforation qui, dans le cas de ce matériau, présente un comportement excellent.

La microscopie optique de réflexion montre le bon état de conservation de la géomembrane non recouverte tout au long des douze années suivant son installation ; il est observé, sur les deux faces, une superficie homogène et uniforme, données confirmées par la microscopie électronique de balayage qui détecte, néanmoins, quelques microfissures et cratères isolés.

Compte tenu du fait que l'EPDM est un matériau thermostable, les influences potentielles de l'orientation géographique du matériau sont pratiquement nulles.

5. Références bibliographiques

- Blanco M. (1998). *Las Geomembranas sintéticas en la impermeabilización de embalses I. Materiales*. Curso de Técnicas y Utilidades de Aplicación de los Plásticos en el Sector Agropecuario. Santa Cruz de la Sierra (Bolivia).
- Blanco M., Garcia F., Soriano J. Aguiar E, Vara T. (2005). *Comportamiento de geomembranas sintéticas a base de PVC-P, PEAD y EPDM utilizadas en la impermeabilización de embalses*. Ing. Civil 138, pp. 39-45.
- Blanco M. (2005). *Geomembranas*. Jornadas sobre geomembranas y geotextiles y aplicación a balsas de materiales sueltos para riego. Universidad Politécnica de Valencia.
- Blanco M. (2005). *Geomembranas*. I. Simposio nacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas. Seville.
- Blanco M., Leiro A., Segura J. (2008). *Geosintéticos empleados en la impermeabilización de las balsas de Acanabre y Montaña de Tesoro*. Aislamiento e impermeabilización, 48, pp. 30-36.
- Blanco M. *Geomembranas* (2008). *Barreras geosintéticas poliméricas (GBR-P)*. Jornada Técnica sobre Aplicación de Geosintéticos en Obras Hidráulicas. Santa Cruz de Tenerife.
- Blanco M., Leiro A., Segura J. (2008). *Características de las balsas canarias de Acanabre y Montaña de Tesoro*. Proc. 2º Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación y Obra Pública y 2º Congreso Internacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas, pp. 261-266 Palma de Mallorca.
- Blanco M. (2009). *Seguimiento de barreras geosintéticas poliméricas (GBR-P)*. Jornada Técnica sobre aplicación de geotextiles de Obras Lineales. Sevilla.
- 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*. Proc. X international Congress of the International Waterproofing Association, pp. 263-274. Copenhagen (Dinamarca)
- de Cea J.C., Asanza E., Blanco M. (2002). *Algunas ideas relativas a la protección e impermeabilización de paramentos de presas de hormigón* in Llanos ans col. (Eds.), *Dam Maintenance & Rehabilitation*, Editorial Balkema pp. 777-782 Rotterdam (Holanda).
- de Cea, J.C., Asanza E., Blanco M. (2003). *Face protection: geomembranes Lining vs. paint coating*. Proc. 21 Congreso Internacional de Grandes Presas. Montreal (Canada).I
- International Commission on Large Dams (1991). *Watertight geomembranes for dams state of the art*. Bulletin ICOLD N° 78 Paris.
- Leiro A., Blanco M., Zaragoza G. (2002). *Performance of synthetic geomembranes used in waterproofing of Spanish reservoirs*. Geosynthetics 7th ICG, pp. 979-982. Delmas, Gourc & Girard eds. Editorial Balkema pp. 979-982. Rotterdam (Holanda).
- Leiro A., Blanco M. (2009). *Estudio de geosintéticos utilizados en tres sistemas de impermeabilización de embalses expuestos a medios básicos*. X Congreso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción. Valparaíso (Chile).
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2010). *Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas*. Madrid (Espagne).
- Navarro A., Blanco M., Rico G. (1989). *Materiales opticos orgánicos*. Ed. AAEEO, Madrid.
- Soriano J., Blanco M., Burgos J., Aguiar E., Zaragoza G., García M. A. (2005). *Las microscopias óptica de reflexión y electrónica de barrido como técnicas avanzadas en el conocimiento del estado de las geomembranas sintéticas.- I Simposio nacional sobre proyecto, construcción e impermeabilización de balsas*. Sevilla, octubre-noviembre.
- Soriano J., Blanco M., Aguiar E., de Cea J.C. (2006). *Las técnicas de microscopia óptica de reflexión y electrónica de barrido en el conocimiento del estado de las geomembranas sintéticas* Ing. Civil, 143, pp. 17-22.
- Soriano J., Blanco M., Aguiar E., Burgos J. (2010). *La microscopia como método de análisis en el estudio de geomembranas sintéticas de PVC-P*. 3° Congreso Nacional de Impermeabilización: Edificación, Obra civil y Balsas, pp. 411-422.

