

GESTION DES SITES D'ENFOUISSEMENT

**MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC**

préparé et animé par

**Donald Desaulniers, Ph.D.
Jean Lewis, ing.
Michel Marcotte, ing. M.Sc.A.
Jacek Mlynarek, ing., M.Sc.A., D.Sc.
André L. Rollin, ing. Ph.D.
Georges Simard, ing.**

Les 6 et 7 décembre 1994

**LES GÉOMEMBRANES EN POLYÉTHYLÈNE
HAUTE DENSITÉ (PEHD)**

II-5.4- Les microorganismes

La dégradation du PEHD par les bactéries, les champignons, les moisissures et les algues est impossible à cause du poids moléculaire élevé des résines utilisées. Le mécanisme de dégradation est possible seulement lorsque les bouts de chaînes peuvent être accessibles ce qui est le cas des produits utilisant des résines dont le poids moléculaire est plus faible que 1000. Les résines utilisées dans la production des géomembranes ont un poids moléculaire variant de 10 000 à 30 000.

Les conditions existantes aux sites d'enfouissement étant anaérobiques, la possibilité de mécanisme de dégradation par oxydation pour des membranes ensevelies est minime (Haxo, 1989).

II-5.5- Les contraintes

Il est raisonnable de croire qu'une membrane PEHD localement soumise à une très forte contrainte mécanique (cailloux ou objets en saillie, étirement local résultant d'un pli) deviendrait plus fragile dans le temps. Cette constatation a été rapportée par plusieurs auteurs: Hammond (1993), Levin (1990), Morrison (1984).

Il est donc important que toute membrane soit installée sur une assise adéquate.

II-6- Le vieillissement

Le vieillissement d'une géomembrane PEHD est fonction de plusieurs paramètres tels que la qualité des additifs utilisés, l'épaisseur de la feuille, le temps d'exposition et la concentration des produits en contact avec la membrane et de l'exposition aux conditions climatiques. D'une façon générale, la performance de service des gaines en polyéthylène des cables électriques et des tuyaux de drainage installées depuis plus de 40 ans et des géomembranes PEHD depuis plus de 20 ans est exceptionnelle (Kochon, 1993; Moakes, 1976; Gilroy, 1985; Knipschild, 1984; Tisinger, 1993).

Le vieillissement d'une membrane dans le temps est un phénomène asymptotique tel que schématisé à la figure-II-5. Les membranes 1 et 2 ont effectivement vieilli mais leurs propriétés résiduelles sont encore plus élevées que celles nécessaires pour assurer une bonne performance de l'ouvrage. Les propriétés que doivent conserver les membranes tout au long de leur vie de service sont les suivantes: conservation de l'imperméabilité (aucune fissuration) et conservation de l'élasticité (élongation à la rupture supérieur à 100%).

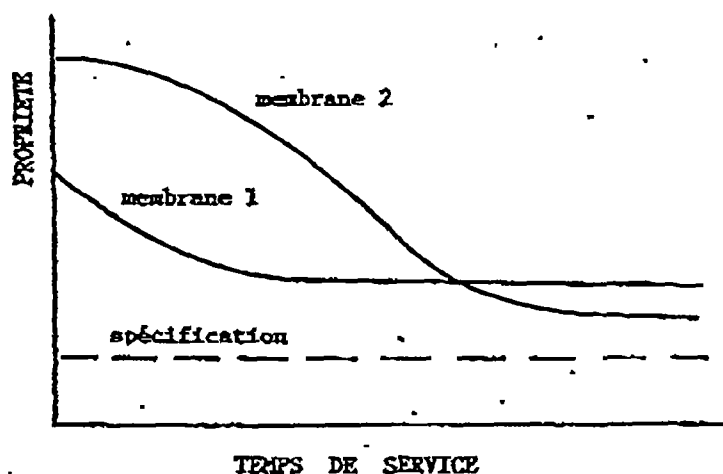


Figure-II.5: Vieillissement de membranes PEHD vs temps de service

II-6.1- L'épaisseur de la membrane

Pour amorcer les réactions de dégradation, la molécule des produits chimiques ou les radiations doivent diffuser de la surface de la feuille vers l'intérieur de la membrane.

Bien que le taux de diffusion des gaz et des liquides n'est pas influencé par l'épaisseur, les analyses d'échantillons récupérés sur les sites indiquent clairement que les géomembranes plus épaisses résistent mieux (Orem et al (1979)). Ils suggèrent que la longueur de vie d'une géomembrane est proportionnelle à son épaisseur tel que montré à la figure-II.6 pour une géomembrane en chlorure de polyvinyle. Il semble donc que la diffusion interne contrôle le procédé de migration.

Il est à prévoir aussi que le vieillissement d'une membrane dont les deux surfaces sont en contact avec un médium est plus accéléré par rapport à une membrane n'ayant qu'une seule face exposée.

Un dernier point qui supporte ce mécanisme est relié à des observations faites lors de récupération d'échantillons à l'effet que la flexibilité des joints étaient toujours plus grande que celle de la membrane (Giroud (1984a, 1984b), Tisinger (1993a)). Ce phénomène s'explique par le fait qu'au joint on y retrouve une double épaisseur de membrane.

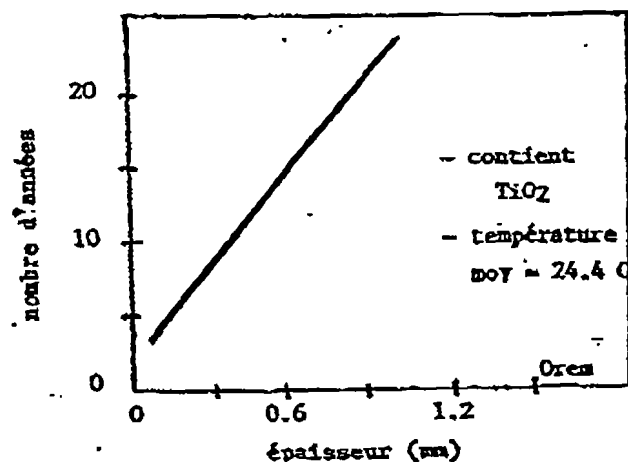


Figure-II.6: Temps de service prévu pour membrane CPV exposée (Floride)

II-6.2- La qualité des additifs

Le vieillissement d'une membrane PEHD est relié à la perte dans le temps des additifs anti-oxydants. Le comportement de la géomembrane est donc influencé par la quantité et la nature de ces produits.

Il est reconnu que plus la quantité d'additifs est élevée, plus le vieillissement est retardé (Tisinger, 1993). Cependant le pourcentage utilisé est limité par l'imperméabilité de la membrane produite. Plus la quantité est élevée, plus la distance entre les molécules polymériques est importante augmentant ainsi la perméabilité.

Le vieillissement est aussi fonction de la nature et qualité des additifs utilisés. La technologie actuelle permet d'augmenter la longueur de vie des géomembranes en utilisant des produits anti-oxydants favorisant les liens entre les molécules et une qualité de noir de carbone résistant aux attaques des radiations UV.

II-6.3- Longueur de vie espérée

"Qu'elle est la longueur de vie d'une géomembrane PEHD?". Une géomembrane PEHD installée dans une cellule d'enfouissement des déchets urbains pour imperméabiliser le fond, les parois et comme toiture étant protégée des agressions climatiques conservera ses caractéristiques pendant une très longue période.

Cette période a été évaluée par un comité de travail de l'agence américaine de la protection de l'environnement (EPA) qui a statué que les membranes PEHD " should maintain their integrity in waste disposal facility environments in terms of hundred of years" (Haxo, 1988). Cette conclusion est corroborée par les évaluations obtenues à l'aide du modèle d'Arrhenius développé par Koerner (1990).

Il est probable que les géomembranes PEHD protégeront les nappes phréatiques de toute contamination pendant des centaines d'années (Tisinger, 1993).

II-7- Le vieillissement d'une membrane installée

A la section précédente, la durabilité d'une géomembrane PEHD telle que sélectionnée a été estimée en fonction des conditions prédites dans les cellules d'enfouissement et en tenant compte des propriétés des produits disponibles.

Cependant la durabilité estimée étant basée sur les propriétés des géomembranes produites en usine et non sur celles des géomembranes installées qui peuvent être altérées par les procédures de transport, de stockage, de manipulation et d'assemblage des feuilles, le vieillissement peut être très différent d'un site à un autre.

Durant le transport et le stockage des rouleaux de géomembranes PEHD sur les sites, il suffit de s'assurer que la membrane soit protégée des radiations solaires et des impacts mécaniques pouvant altérer la feuille.

De façon similaire, les rouleaux et les feuilles doivent être manipulés délicatement afin d'éviter toute agression mécanique.

La durabilité d'une géomembrane est aussi fonction de la qualité des joints effectués durant la procédure de soudure des feuilles. Les géomembranes PEHD peuvent aisément se fragiliser à la bordure des joints sous des conditions non contrôlées de soudure (Rollin, 1993b; Peggs, 1994).

Les facteurs reliés à la procédure de soudure pouvant influencer le niveau de fragilisation des feuilles sont les suivantes: un gradient de température trop grand entre celle de la feuille et celle du médium chauffant, une température de fusion trop élevée, une vitesse de soudure trop lente (surchauffement) et une pression de soudure trop élevée (Rollin, 1991a).

Ces conditions peuvent être évitées par un contrôle très serré des paramètres lors de la procédure de soudure à l'aide d'appareils des plus performants et correctement calibrés (Struve, 1993). Les appareils nouvellement développés incorporent un équipement électronique permettant de mesurer et d'ajuster en continue la température des feuilles, la température des éléments chauffants, la pression appliquée et la vitesse de soudure.

Aussi, il est reconnu qu'un préchauffage des feuilles est désiré lorsque la température des feuilles à souder est inférieure à une dizaine de degré Celsius. Cette mesure est nécessaire afin d'éviter tout choc thermique pouvant fragiliser la bordure de la soudure puisque la température nécessaire pour obtenir la fusion du polymère est approximativement de 400°C.

De plus, il est possible d'incorporer au programme de contrôle de la qualité des essais afin de s'assurer que le niveau de fragilisation des joints produits est acceptable (Peggs, 1994):

La durabilité des géomembranes PEHD installées pouvant être grandement affectée durant les procédures d'assemblage, il est essentiel de s'assurer que le produit installé est le même que celui produit en usine, condition que l'on peut atteindre aisément avec une surveillance planifiée, des équipements calibrés et des opérateurs compétents.

II-8- Le programme de contrôle de la qualité

Un programme de contrôle de la qualité des géomembranes PEHD est essentiel afin de s'assurer de la qualité des produits fournis et du travail accompli sur le site. Il devra comprendre plusieurs étapes: a) la qualité de la résine et des additifs utilisés; b) les propriétés des feuilles produites en usine; c) les conditions de l'assise; d) les conditions de pose et d'assemblage des feuilles; et e) les propriétés des membranes installées et des joints effectués ("Quality Assurance and Quality Control for Waste Containment Facilities", EPA/600/R-93/182, septembre 1993). L'organigramme de la gestion d'un programme de contrôle de la qualité tel que préconisé par l'agence EPA (1993) est présenté à la figure-II.7. Pour fin de compréhension de l'organigramme de la page suivante, les abréviations suivantes sont définies: MQA (manufacturing quality assurance), CQA (construction quality assurance), MQC (manufacturing quality control) et CQC (construction quality control).

- Gourc, J.P. (1992), "Le stockage de surface des déchets", pp 1-48, conférence Solscope 92, "Géotechnique et environnement", Poitiers, avril 1992 et notes de cours "Les géosynthétiques", Service de l'éducation permanente, École Polytechnique, avril 1993
- Gilroy, H.M. (1985), "Polyolefin Longevity for Telephone Service", ANTEC, pp 258-264, 1985
- Giroud, J.P. (1984a), "Ageing of PVC GEomembranes in Uranium Mine Tailing Ponds", comptes rendus Int. Conf. on Geomembranes, vol 2, pp 311-316, Denver, 1984
- Giroud, J.P. (1984b), "Geotextiles and Geomembranes. Definitions, Properties and Design", IFAI, 325 pages, 1984.
- Giroud, J.P. (1992), "Geosynthetics in dams: two decades of experience", pp 22-28, Geotechnical Fabrics Report, septembre 1992
- Gosset, J.P., Breul, B., Ganier, P. et Nosko, V. (1993), "Décharge pour déchets spéciaux avec double géomembrane et contrôle électrique de l'intégrité", pp 479-488, comptes rendus Rencontres 93, Tours, France, octobre 1993
- Halse, H.Y., Lord, A.E. et Koerner, R.M. (1990), "Methods to Evaluate the Stress Crack Resistance of High Density Polyethylene FML Sheets and Seams", comptes rendus 16th Annual Research Symposium of the USEPA, Cincinnati, avril 1990
- Hammond, M., Hsuan, G., Mackey R.E. et Levin, S.B. (1993), "The Reexamination of a Nini-Year-Old PVC Geomembrane Used in Top Cap Application", comptes rendus 31^e Annual SWANA Conf., San Jose, pp 365-380
- Haxo, H.E. et Haxo, P.D. (1988), "Consensus Report of the Ad Hoc Meeting on the Service Life in Landfill Environments of flexible Membrane Liners and other Synthetic Polymeric Materials of Construction", Matrecon Report # M86-155, Californie, mai 1988
- Haxo, H.E. et Haxo, P.D. (1989), "Environmental Conditions Encountered by Geosynthetics in Containment Facilities", "Durability and Aging of Geosynthetics", édité par R.M. Koerner, Elsevier, New York, pp 28-47, 1989
- Haxo, H.E. et Haxo, P.D. (1991), "Basic Composition and Properties of Synthetic Materials in Lining Systems", pp 317-343, "Landfilling of Waste: Barriers" édité par Christensen, T.H., Cossu, R. et Stegmann, R., Chapman and Hall, 1991
- Hsuan, Y.G., Lord, A.E. et Koerner, R.M. (1991), "Effects of Outdoor Exposure on a High Density Polyethylene Geomembrane", pp 287-302, comptes rendus Geosynthetics'91, Atlanta, 1991
- Kilius, D.E. (1993), "Cold Temperature Performance of Polypropylene Geomembranes and Seams", pp 191-201, comptes rendus rencontre annuelle GRI, Drexel University, Philadelphie, décembre 1993
- Knipschild, F.W. (1984), "Guidelines for the Installation of Geomembranes for Grounwater Protection in West Germany", comptes rendus int. Conference on Geomembranes, vol 1, pp 227-231, Denver, juin 1984
- Kochon, G. (1993), "Geomembranes for Environmental Protection", pp 481-498, comptes rendus Fourth International Landfill Symposium, Sardaigne, octobre 1993

- Koemer, R.M., Lord, A.e. et Hsuan, Y.H. (1990), "Long-Term Durability and Aging of Geomembranes", publication # 26 par ASCE sur "Waste Containment Systems: Construction, Regulation and Performance", Bonaparte, R., pp 52-83 comptes rendus Symposium, San Francisco, novembre 1990
- Kolbasuk, G. et Donaldson, J. (1993), "An Introduction to Process-Control Welding", pp 30-34, Geotechnical Fabrics Report, mars 1993
- Landreth, R.E. (1991), "The Resistance of Membranes in Cover Systems to Root Penetration by Grass and Trees", pp 303-309, comptes rendus Geosynthetics'91, Atlanta, 1991
- Levin, S.B. et Hammond, M.D. (1990), "Examination of PVC in a Top Cap Application, Geosynthetic Testing for Waste Containment Applications, R.M. Koerner, Ed., ASTM STP 1081 pp 369-382, Las Vegas
- Mahuet, J.L. (1993), "Applications des plans assurance qualité géomembrane dans le domaine des ouvrages souterrains avec extension dans celui des décharges contrôlées", pp 397-406, comptes rendus Rencontres 93, Tours, France, octobre 1993
- Marcotte, M. (1994), "Géomembranes et sites de confinement", pp 1-24, notes de cours, séminaire sur "Les géomembranes", Service de l'éducation permanente, École Polytechnique, mars 1994
- McManus, E.L. (1992), "Geomembranes in Landfill Closures: Design Considerations", pp 30-36, Geotechnical Fabric Report, juillet/août 1992
- Moakes, R.C. (1976), "Long-Term Natural Ageing", Rapra Members Journal, pp 19-22, mars/avril 1976
- Morrison, W.R. et Gray, E.W. (1991), "Performance of Mount Elbert Forebay Reservoir Flexible Membrane Lining after 10 Years of Service", pp 255-272, comptes rendus Geosynthetics'91, Atlanta, 1991
- Morrison, W.R. et Starbuck, J.G. (1984), "Performance of Plastic Canal Linings", rapport no. REC-ERC-84-1, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, janvier 1984
- Ojashina, A., Jett, M.E. et Krecic, R. (1984), "An Assessment of HDPE Liner Durability: A Report on Selected Installations", comptes rendus conférence int. sur les Géomembranes, session 3C, pp 317-320, Denver, 1984
- Orem, J.H. et Sears, J.K. (1979), "Flexible Poly (Vinyl Chloride) for Long Outdoor Life", Journal of Vinyl Technology, vol 1, no. 2, pp 79-83, 1979
- Parker, R.J. et Sadler, M.A. (1991), "Geomembrane Applications in Australia", pp 77-86, comptes rendus Geosynthetics'91, Atlanta, 1991
- Peggs, I.D. (1993), "Geomembranes for Landfill Liners and Covers: Is there a Choice", pp 325-332, comptes rendus Fourth International Landfill Symposium, Sardaigne, octobre 1993
- Peggs, I. et Rollin, A.L. (1994), "Seams in HDPE Geomembranes: The Quality Target", pp 949-952, comptes rendus Fifth Intern. Conf. on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Singapore, septembre 1994