

# Comportement à long terme des géotextiles et des géomembranes

André L. Rollin

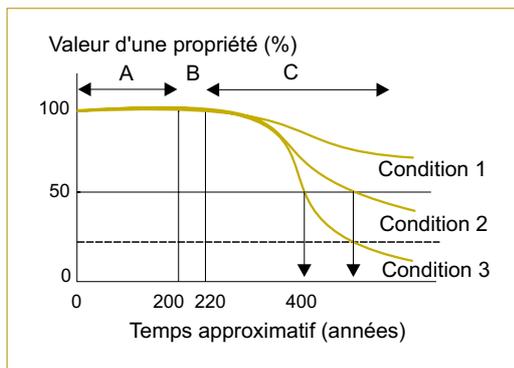
La présente communication s'appuie pour l'essentiel sur l'expérience principalement nord-américaine du Professeur André L. Rollin. Elle se réfère le plus souvent aux centres de confinement mais la plupart des éléments développés s'appliquent aux diverses utilisations des géosynthétiques. Le terme "centre de confinement" est utilisé de plus en plus fréquemment en Amérique du Nord pour souligner la notion de permanence de ce mode de gestion des déchets. Dans le cas des géomembranes, sur la base de cette expérience, le sujet traité ici porte essentiellement sur le cas du polyéthylène haute densité (PEHD).

Le terme "durabilité" est relié à des variations de propriétés d'un géosynthétique sélectionné pour accomplir une ou plusieurs fonctions. Le terme "durabilité" ne doit pas être confondu avec le "vieillessement" d'un matériau, la durabilité étant reliée à une durée de vie fonctionnelle. En effet tous les matériaux incluant les produits synthétiques vieillissent dans le temps. Le vieillissement des résines utilisées résulte de mécanismes physiques (ex. : variation de la cristallinité) ou chimiques (ex. : rupture de liaisons covalentes).

La durabilité est reliée à la conservation dans le temps d'une ou de plusieurs propriétés du géosynthétique installé, propriétés ayant été établies lors de la fabrication de celui-ci. Ainsi on peut observer sur la figure 1 que la propriété d'un géosynthétique soumis à la condition I s'est dégradée significativement sans affecter la fonction recherchée au delà de la limite d'acceptabilité. D'autre part cette propriété s'est dégradée bien au delà de cette limite pour la condition II. Il faut donc établir pour chacune des propriétés désirées le niveau des dommages causés par des sollicitations initiées par une conception donnée et de s'assurer que cette durée de vie est plus longue que celle de l'ouvrage

**Professeur  
André L. Rollin**  
1435 bd Perrot  
Notre Dame de  
l'Île Perrot  
Québec  
Canada J7V7P2

Figure 1. – Le comportement d'une géomembrane polymérique au vieillissement chimique. ▼



considéré. Cependant la durée de vie fonctionnelle des ouvrages dépend de la résistance des matériaux utilisés (nature, état et dimensions des fibres et des membranes, homogénéité de la structure), de la nature des liquides drainés ou entreposés et de la qualité des opérations lors de la mise en œuvre des matériaux.

### Les principaux mécanismes de dégradation

Les mécanismes responsables de la dégradation des polymères peuvent être une scission moléculaire, une rupture de liaisons, une réticulation ou bien l'extraction d'additifs tels les anti-oxydants. Les changements de structure moléculaire peuvent être initiés lors de la fabrication des fibres et des membranes résultant de conditions indésirables telles qu'un niveau trop élevé de chaleur et de cisaillement, un contact avec des métaux, l'utilisation de polymère recyclé, la présence de résidus de catalyseur et de chromophores dans le polymère, et la réaction avec des pigments ou autres contaminants. Les changements de structure moléculaire se produisent normalement à une vitesse très lente à moins que les matériaux ne soient soumis à des sollicitations extrêmement agressives telles que par exemple une température élevée ou un contact avec des solvants.

D'autre part, un géosynthétique peut être endommagé à l'échelle macroscopique par différentes sollicitations mécaniques agressives telles qu'un contact avec du matériau granulaire à

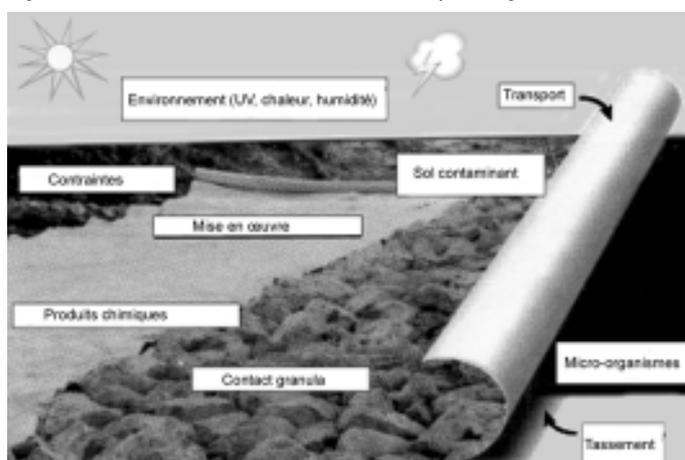
arêtes vives, une action abrasive cyclique, un poinçonnement par des engins ou des conditions extrêmes de fluage.

### Les géotextiles

Pour un géotextile, le terme "durabilité" est relié à des variations de propriétés du produit sélectionné pour accomplir une ou plusieurs des fonctions suivantes : renforcement, séparation, filtration, drainage et protection de géomembranes. Pour estimer la durée de vie d'un géotextile, il faut donc examiner les propriétés des fibres et aussi l'état des dommages à la structure du textile. Une méthodologie doit être mise au point pour observer les dommages causés par différentes sollicitations telles que celles présentées à la figure 2. L'influence de certaines de ces sollicitations, la température et le rayonnement UV, sur la structure moléculaire des polymères utilisés dans la fabrication des textiles est très connue et les essais normalisés permettent de prédire une durée de vie fonctionnelle. Pour d'autres et pour les effets combinés, il n'est pas aisé de déterminer avec certitude la limite acceptable.

Il est donc préconisé de sélectionner les géotextiles en fonction de la nature des liquides à filtrer ou drainer et des sollicitations mécaniques et hydrauliques de l'ouvrage. Chaque type de géotextile possède des caractéristiques influençant ses limites d'application face aux agressions du milieu et sa durée de vie fonctionnelle.

Figure 2. – Les différentes sollicitations subies par un géotextile. ▼



### ■ Les sollicitations sur les géotextiles

Les géotextiles installés dans des ouvrages de géotechnique (les bassins de retenue des effluents, les canaux, les systèmes de drainage, et autres) ou de protection de l'environnement (les casiers de confinement et les bassins de retenue des lixiviats par exemple) sont sujets à différentes sollicitations telles que schématisées à la figure 2. Ces agressions résultent des sollicitations liées à la conception, au mouvement de l'eau, à la mise en œuvre, aux conditions des sols, aux conditions climatiques et à la nature des effluents stockés. Les sollicitations peuvent être divisées en deux grandes catégories : agressions au niveau de la chaîne moléculaire et agressions au niveau de la structure fibreuse.

### *Au niveau des chaînes moléculaires des fibres*

Les dommages aux chaînes moléculaires d'un polymère constituant les fibres d'un géotextile peuvent être dues à l'un ou plusieurs des sollicitations ou mécanismes suivants : le rayonnement ultra-violet, la radio-activité, la chaleur ou le froid, l'oxydation, l'hydrolyse, les produits chimiques et les micro-organismes.

– **Le rayonnement ultraviolet** : le rayonnement ultraviolet dans la région de 400 à 280 nm est une cause importante de la dégradation des géotextiles. Le mécanisme de photo-oxydation résulte de l'action de photons de la lumière qui brisent des liaisons chimiques des polymères (liaisons C-C ou C-H). Pour chaque type de polymère, il existe une valeur de rayonnement initiateur de la réaction au dessous de laquelle des ruptures de chaîne moléculaire se produiront. Cette valeur est respectivement pour les filaments polyéthylène (PE), polyester (PET) et polypropylène (PP) de 300 nm, 325 nm et 370 nm. Afin de préserver pendant un certain temps les fibres des attaques des rayons UV, des agents stabilisants sont incorporés dans le mélange polymérique avant la production des fils. Le plus connu est certainement le noir de carbone. Ainsi protégé, les géotextiles peuvent résister plus longtemps : quelques semaines pour le PET et plus pour le PE et PP. ARTIERES et al (1998) ont démontré que la résistance de géotextiles non-tissés en polypropylène installés en couverture sur 4 sites de confinement de déchets pendant une période de 12 mois pouvait être diminuée de 55% sans pour autant affecter la fonction de protection de la géomembrane. Une photographie au microscope de fibres situées en surface d'une structure géotextile dégradée par les rayons ultraviolets est montrée à la figure 3.

– **La radioactivité** : peu de données sont disponibles sur la résistance des géotextiles au rayonnement des produits radioactifs. Le niveau de rayonnement des déchets enfouis dans les centres de confinement des déchets faiblement radioactifs (vêtements d'hôpitaux, outils et vêtements provenant des centres nucléaires) semblerait insuffisant pour endommager à long terme les structures géotextiles. Cependant il faut prévoir que les déchets à haute teneur radioactive (barres de combustible provenant des



▲ Figure 3. – Fibres synthétiques dégradées par rayonnement ultraviolet.

réacteurs nucléaires et autres) pourraient aisément détériorer les géotextiles installés près de la source.

– **La chaleur et le froid** : des températures élevées ont pour résultat d'augmenter le taux de dégradation des fibres textiles et d'influencer l'expansion thermique des produits installés. La température de fusion des différents produits utilisés est respectivement pour le PE, PP et PET de 120 à 130 °C, 160 à 170 °C et 150 à 290 °C. Les basses températures rendent les fibres plus fragiles. En pratique les mélanges polymériques des produits disponibles peuvent résister à des températures jusqu'à -40 à -50 °C. Normalement les géotextiles sont enfouis dans un sol de telle sorte qu'ils ne sont pas soumis à des températures aussi faibles. Cependant les structures textiles peuvent être endommagées mécaniquement si elles sont soumises à des grands écarts de température. Pour contourner ce problème, une conception adéquate doit prévoir l'installation des nappes en tenant compte du coefficient de dilatation thermique du matériau utilisé : 5 à 9, 10 à 16 et 15 à 25  $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  respectivement pour le PET, le PE et le PP.

– **L'oxydation** : parmi les trois types de produits utilisés, les géotextiles utilisant des fibres en PE et en PP sont les plus susceptibles à une dégradation par oxydation. L'oxygène peut amorcer un mécanisme de dégradation lorsque des radicaux libres sont présents sur un atome de carbone. L'oxygène se combine alors avec le

radical pour produire un peroxyde qui éventuellement réagit (des atomes d'hydrogène sont soustraits de la chaîne de carbone) pour produire d'autres radicaux libres qui causent des ruptures de chaîne altérant les propriétés physiques des fibres. Le polypropylène est plus vulnérable que le polyéthylène à cause de la présence d'atomes tertiaires C dans sa structure. Cependant la technologie actuelle permet d'améliorer significativement la résistance à l'oxydation des géotextiles par l'ajout d'adjuvants pouvant décomposer les peroxydes et pouvant stabiliser les radicaux libres.

– **L'hydrolyse** : les géotextiles en PET sont plus susceptibles d'être détériorés par le mécanisme d'hydrolyse à cause de la présence des groupes COOH dans les chaînes moléculaires. Cependant des géotextiles utilisant des résines ayant un poids moléculaire très élevé (>25000), une concentration en groupe carboxyle d'extrémité de chaîne plus faible que 30 et des agents stabilisants peuvent résister convenablement. En pratique une réaction d'hydrolyse est à prévoir lorsque des géotextiles seront en contact avec des effluents très alcalins (pH voisin de 10). COWLAND et al (1998) ont récemment souligné que des échantillons d'un géotextile tissé en polyester (multi-filaments) recueillis après 14 ans de service dans un remblai construit dans un environnement tropical (HONG KONG), ont perdu 15% de leur résistance en traction tandis que des échantillons d'un géotextile tissé en bandelettes de polypropylène ont conservé leurs propriétés originales.

– **Les produits chimiques** : le contact prolongé avec certains produits chimiques en concentration élevée peut affecter la durée de vie des géotextiles. La liste des produits chimiques les plus susceptibles de détériorer les matériaux a été établie par les producteurs de résines et les manufacturiers de géotextiles. Le problème de la résistance chimique des géotextiles installés en fond de casiers de confinement des déchets ménagers en contact avec des eaux de lixiviation agressives a été plus spécialement étudié en laboratoire. Il est reconnu qu'ils résistent aux agressions de certains lixiviats bien qu'il soit préférable de s'en assurer pour chacun des cas particuliers.

– **Les micro-organismes** : les fibres synthétiques utilisées dans la fabrication des géotextiles sont résistantes généralement à l'action des micro-organismes. Plusieurs auteurs, (ONESCU et al, 1982, LEFLAIVE, 1988 et GIROUD, 1996) qui ont prélevé des échantillons installés dans des ouvrages et dans des cultures en laboratoire durant des périodes de temps variant jusqu'à 17 ans concluent dans ce sens.

#### *Au niveau de la structure fibreuse*

– **Les agressions mécaniques statiques et dynamiques** : la performance à court terme d'un géotextile est fonction des agressions résultant du transport et de la manutention des rouleaux, de la conception de l'ouvrage, de la qualité du programme de contrôle lors de la fabrication des produits et de l'application d'une procédure rigoureuse de mise en œuvre. Le choix judicieux des matériaux granulaires ou synthétiques des couches support et de protection, une procédure de pose rigoureuse et un contrôle des charges durant la construction de l'ouvrage doivent prévenir tout poinçonnement des géotextiles. Seules des conditions de fabrication sévères utilisant des matériaux de qualité et une installation suivant les règles de l'art sous surveillance peuvent garantir à court terme l'intégrité des géotextiles. A plus long terme il faudra éviter toute situation pouvant augmenter le niveau de contrainte résiduelle et de fluage pouvant favoriser une dégradation physique ou chimique des géotextiles. **les agressions mécaniques cycliques** : pour certaines applications telles que les routes, les voies ferrées et la protection contre l'érosion des berges et des côtes, l'action des véhicules et celle des vagues peuvent affecter grandement la durée de vie d'un géotextile soumis à des actions abrasives excessives.

– **Le colmatage minéral et bactériologique** : la durée de vie fonctionnelle d'un géotextile peut être écourtée par un colmatage de sa structure par des particules de sol ayant migré sous l'influence d'un débit liquide (ROLLIN, 1988 et GIROUD, 1996) ou par l'action de micro-organismes présents dans les sols ou les effluents filtrés et drainés (ROLLIN, 1996 ; ROWE, 1998 et GIROUD, 1996).

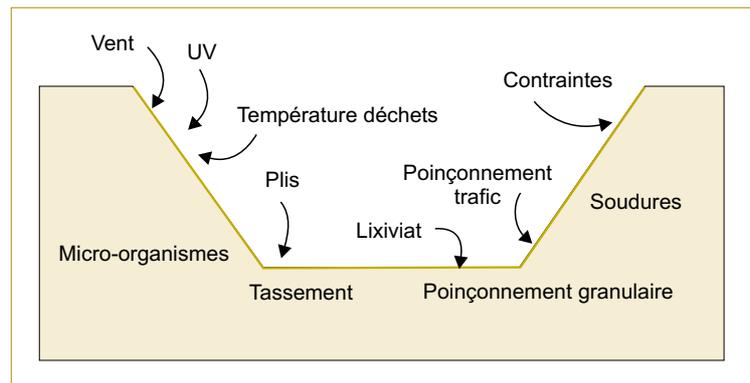
### Les géomembranes

Le maintien de l'étanchéité permet le contrôle de la migration des liquides et de la diffusion d'éléments toxiques vers les nappes souterraines situées près des ouvrages de confinement. Cependant la durée de vie fonctionnelle de ces ouvrages dépend en grande partie de la nature des effluents entreposés ou confinés et de la résistance des matériaux utilisés. Le stockage des effluents liquides dans des bassins et canaux a un caractère temporaire tandis que la durée du confinement des sols contaminés et des déchets solides industriels revêt un caractère beaucoup plus permanent. Le confinement des déchets ménagers dans des alvéoles représente une problématique spécifique à cause de la très grande quantité de déchets à confiner et de la production évolutive de lixiviats et de biogaz. Cependant, sous des conditions de confinement appropriées, tout porte à croire que les déchets peuvent devenir inertes après une période de temps plus courte que la durée de vie fonctionnelle des systèmes d'étanchéité utilisés. A cette fin, les réglementations prescrivent l'utilisation de certaines géomembranes synthétiques en association avec des sols très peu perméables pour assurer l'étanchéité des casiers. Deux approches sont préconisées pour étancher le fond des casiers : un système comprenant une double étanchéité synthétique incluant un système de captage et évacuation des lixiviats (Amérique du Nord), et un système mixte (France) comportant une géomembrane (étanchéité active) associée à une couche d'argile naturelle ou compactée (étanchéité passive).

Les géomembranes en polyéthylène haute densité (PEHD) sont les plus couramment utilisées en fond et sur les talus des alvéoles de stockage des déchets solides tandis que plusieurs types de matériaux sont utilisés pour étancher la couverture des alvéoles. Les géomembranes d'étanchéité des bassins de retenue sont sélectionnées en fonction de la nature des effluents à entreposer. Ainsi, chaque type de géomembrane possède des caractéristiques influençant ses limites d'application face aux agressions du milieu et sa durée de vie fonctionnelle.

### ■ Les sollicitations sur les géomembranes

La majorité des sollicitations décrites pour les géotextiles s'appliquent pour les géomembranes en tenant compte que la gamme de matériaux est plus grande et complexe : les polyéthylènes de basse et haute densité, le chlorure de polyvinyle, le polypropylène souple, l'éthylène-polypropylène-diène, les bitumineuses oxydées et modifiées, ... Deux applications considérées comme sévères concernent l'installation de géomembranes dans les alvéoles de stockage de déchets et les bassins de retenue des lixiviats tel que schématisé à la figure 4. Ces agressions résultent des contraintes liées à la conception, au mouvement des liquides, à la mise en œuvre, aux conditions du sol, aux conditions climatiques et à la nature des déchets stockés.



▲ Figure 4. – Les agressions subies par une membrane d'étanchéité.

La performance à court terme d'une géomembrane est fonction des agressions résultant de la conception de l'ouvrage, de la qualité du programme de contrôle lors de la fabrication des membranes et de l'application d'une procédure rigoureuse d'installation y compris les joints entre les lés. Le choix judicieux des matériaux granulaires ou synthétiques des couches support et de protection, une procédure de mise en œuvre rigoureuse et un contrôle des charges durant la construction de l'ouvrage doivent prévenir la modification de la structure moléculaire et tout poinçonnement des géomembranes.

Seules des conditions de fabrication sévères utilisant des matériaux de qualité et une installation suivant les règles de l'art sous surveillance peuvent garantir à court terme l'intégrité des

géomembranes. Malgré ces précautions, il a été démontré qu'une prospection géoélectrique est souhaitable dans le cadre d'un programme sérieux de contrôle de la qualité pour localiser des fuites aux soudures et dans les feuilles (ROLLIN, 1999 et DARILEK, 1998). Récemment, en Amérique du Nord, l'attribution d'un permis d'opération a été soumise à un suivi de la quantité de liquide pompé du système de collecte du lixiviat (installé sous la géomembrane active) durant une période de 30 jours suivant l'installation des géomembranes et de la couche de protection (BEECH, 1998).

A plus long terme, il faudra éviter toute situation pouvant augmenter le niveau de contrainte résiduelle susceptible de favoriser une dégradation physique (fragilité) ou chimique des membranes. Ainsi, une procédure de pose minimisant l'existence d'ondulations de la géomembrane et un contrôle des charges durant la construction de l'ouvrage préviendront la formation de plis favorisant un vieillissement accéléré. SOONG et KOERNER (1998) et KOERNER et al (1997) ont démontré que la présence de plis a une influence considérable sur le développement de contraintes dans les géomembranes installées.

## Le vieillissement des géosynthétiques

### ■ *Le phénomène*

Le vieillissement d'un polymère résulte d'une variation dans sa cristallinité ou dans sa teneur en additifs (vieillissement physique) et/ou la rupture de liaisons covalentes (vieillissement chimique). Le vieillissement physique s'accompagne d'une variation de la cristallinité du matériau sans rupture des liaisons covalentes tandis que le vieillissement chimique s'accompagne de ruptures de ces liaisons résultant en une diminution des propriétés mécaniques des matériaux.

La période de vieillissement peut être reliée pour certains matériaux directement à la perte ou consommation de l'agent antioxydant, du plastifiant ou de ruptures de liaisons d'un des composants. KOERNER et al (1990, 1992) décomposent pour la géomembrane PEHD le mécanisme physico-chimique en 3 étapes telles que

présentées graphiquement à la figure 1 :  $t_A$  = le temps de consommation et de perte de l'antioxydant,  $t_B$  = le temps de perte de protection et  $t_C$  = le temps de la dégradation du polymère.

En fond de casiers, les conditions prévalant sur les géosynthétiques en contact avec le lixiviat (étanchéité active) sont anaérobiques, à l'exception des premières années, tandis qu'il faut prévoir la présence d'oxygène dans le système de collecte du lixiviat pour les systèmes à double étanchéité. De plus, la présence de métaux de transition (Co, Mn, Cu, Pd et Fe) dans le lixiviat favorise la consommation de l'agent antioxydant (HSUAN et KOERNER, 1998).

HSUAN et al (1998) recommandent d'utiliser en fond de casier une géomembrane PEHD résistante durant 200 heures à l'essai ASTM D5397 (single point notched constant load test), possédant un temps d'induction à l'oxydation supérieur à 100 minutes (essai D3895) ou 400 minutes à pression élevée (essai D5885). Enfin la géomembrane devra conserver 55% de la valeur du temps d'induction après un conditionnement sous étuve à 85°C pendant 90 jours.

Pour les autres types de géomembranes utilisés, la période de vieillissement est reliée à la perte ou consommation du plastifiant pour les géomembranes en chlorure de polyvinyle (PVC), de la fraction élastomère pour les géomembranes élastomères, modification de la fraction asphaltène pour les géomembranes bitumineuses et de la substitution des ions sodium pour les géocomposites bentonitiques. Dans tous les cas, il faudra évaluer les temps de consommation ou de modification de ces éléments en tenant compte des agressions chimiques, mécaniques et thermiques. Pour une géomembrane ou un géotextile non-protégé, normalement installé sur les talus des bassins de retenue des eaux ou effluents, le vieillissement est accéléré par l'action des conditions climatiques et des attaques des rayons UV.

### ■ *Prélèvement sur site de géotextiles*

Plus particulièrement, l'utilisation de géotextiles comme filtres dans les ouvrages géotechniques remonte aux années "60". Depuis, plusieurs prélèvements d'échantillons sur des ouvrages géotechniques en opération ont été réalisés

pour estimer leur durée de vie fonctionnelle. Parmi ceux-ci, citons : DELMAS (1988), LEFLAIVE (1988), MLYNAREK (1994), ROLLIN (1996) et ROWE (1998). Ces études ont démontré que les géotextiles en place depuis plus d'une trentaine d'années assuraient toujours les fonctions désirées. Cependant il semble qu'aucune étude sur le prélèvement d'échantillons de géotextiles utilisés dans les casiers de stockage de déchets n'a été effectuée à ce jour.

### ■ *Prélèvements sur site de géomembranes*

L'utilisation de géomembranes en polyéthylène haute densité (PEHD) pour étancher des ouvrages géotechniques remonte aux années "60" pour les applications hydrauliques et aux années "80" pour le confinement des déchets. Depuis, plusieurs prélèvements de géomembranes sur des sites en opération ont été réalisés pour estimer la durée de vie de l'étanchéité des cellules de stockage des déchets. Parmi ceux-ci, citons : HAXO (1988), HSUAN (1991), DULLMANN (1993), BRADY (1994), ROLLIN (1994) et ROWE (1998).

HSUAN et al (1991) ont échantillonné un bassin de retenue d'eaux de lixiviation en service pour une période de 7 ans. Aucune modification macroscopique n'a été décelée au cours de l'analyse des échantillons PEHD recueillis à plusieurs endroits du bassin. Seules quelques modifications mineures dans les propriétés microscopiques ont été décelées et aucune variation du niveau de "stress cracking" a été observée dans les échantillons de la géomembrane exposée.

DULLMANN et al (1993) n'ont pas observé de modification mécanique et chimique dans les échantillons prélevés dans des casiers en service durant des périodes de 8 à 10 ans. BRADY et al (1994) ont prélevé des échantillons dans plusieurs cellules. Aucune modification importante a été observée pour la densité et l'adsorption d'eau sur les échantillons recueillis comparativement à des échantillons non utilisés. Une réduction de 50% de la résistance au test d'impact a été observé pour les échantillons de 30 ans et aucune variation pour des échantillons de 15,5 ans. Ils ont aussi observé une rigidification et une diminution de la déforma-

tion.

ROLLIN et al (1994) ont analysé des échantillons de PEHD prélevés au fond, sur les talus et en couverture d'un casier de confinement de sols contaminés en service durant 7 ans. Une faible augmentation des contraintes au seuil d'écoulement, une diminution des contraintes à la rupture et une diminution de la déformation ont été observées. Le vieillissement des échantillons prélevés au fond du casier était plus marqué que ceux provenant des talus et de la couverture.

Récemment, ROWE et al (1998) ont recueilli des échantillons dans un bassin de lixiviat en opération durant 14 ans. Ils ont observé une diminution des contraintes à la rupture, une diminution du "stress cracking" et une diminution du temps d'induction d'oxydation pour les échantillons prélevés dans la section où la géomembrane n'était pas protégée. Aucune variation du temps d'induction à l'oxydation n'a été observée pour les échantillons provenant de la section de la membrane sous le niveau liquide.

Les résultats obtenus ont permis de mesurer une variation faible des propriétés mécaniques des géomembranes utilisées pendant plusieurs années. Ces modifications ont été sans conséquence pour assurer la fonction désirée et supporter le mécanisme de vieillissement concerné.

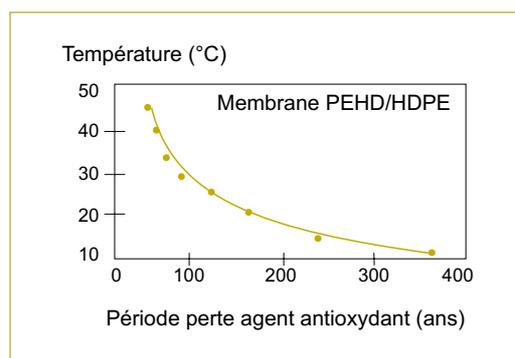
### ■ *Prédiction de la durée de vie fonctionnelle*

Plusieurs auteurs ont estimé la durée de vie fonctionnelle de géomembranes en PEHD installées dans des cellules de stockage des déchets ménagers à plusieurs centaines d'années : HAXO (1988), KOCH (1988), LORD et HALSE (1989), GRAY (1990), TINSINGER et GIROUD (1993), ROLLIN (1994), HSUAN et GUAN (1998) et ROWE (1998).

Deux exemples d'estimation de la durée de vie fonctionnelle d'une géomembrane en PEHD, qui prennent en compte un seul mécanisme de vieillissement (par perte d'antioxydant), sont donnés par les travaux récents de HSUAN et GUAN (1998) d'une part et de ROWE (1998) d'autre part ; ceux-ci ont estimé cette durée en utilisant des résultats de laboratoire et en assu-

mant une période de 25 ans pour atteindre 50% de dégradation d'une propriété (période  $t_c$ ). Tel que montré à la figure 5, le temps de la consommation et perte de l'agent oxydant est fonction de la température de la géomembrane. Pour une température de 25°C, le temps nécessaire pour atteindre le seuil de la quantité minimale de protection a été estimé à 113 ans. Si on ajoute à cette période un temps de 12 ans pour atteindre le seuil de non protection et une période de 25 ans de perte de la propriété, la période de vie fonctionnelle d'une géomembrane PEHD installée en fond de casier est fixée à 150 ans. La température de la géomembrane utilisée comme étanchéité passive dans un système à double étanchéité (en contact avec le sol) étant normalement plus faible, on peut estimer que son vieillissement sera plus lent.

Figure 5. – La période de perte de l'agent antioxydant en fonction de la température.



## Conclusion

### ■ Pour les géotextiles

L'évaluation de la durée de vie des géotextiles installés dans des ouvrages géotechniques ou de protection de l'environnement est une question légitime des utilisateurs ; la grande diversité des produits proposés sur le marché permet généralement d'apporter une réponse appropriée pour une utilisation donnée. Cette durée de vie fonctionnelle dépend d'un seuil limite d'acceptabilité pour maintenir la fonction désirée. Cette valeur doit normalement être déterminée pour la ou les propriétés assurant cette fonction, en prenant en compte la quantité et la qualité des antioxydants et des adjuvants utilisés et le type des géotextiles retenus.

L'évaluation du vieillissement doit également prendre en compte les différentes sollicitations (mécaniques, climatiques,...) auxquelles ceux-ci sont soumis dans les ouvrages.

### ■ Pour les géomembranes

L'évaluation, à partir des connaissances actuelles, de la durée de vie fonctionnelle des géomembranes en PEHD installées dans les casiers de stockage des déchets permet d'observer qu'elles ont un comportement convenable dans le temps lorsqu'elles ont été correctement sélectionnées et mises en œuvre. Cette durée de vie fonctionnelle est fonction d'un seuil limite d'acceptabilité pour maintenir une étanchéité au lixiviat et au contrôle de la diffusion acceptable. Cette valeur doit normalement être déterminée pour la ou les propriétés assurant cette fonction. Cette valeur limite doit, en particulier, être déterminée en fonction de la quantité et qualité des antioxydants et des adjuvants utilisés et en fonction des géomembranes produites par différents procédés de fabrication et manufacturiers (Maisonneuve 1998). De plus, le vieillissement des géomembranes doit également prendre en compte les sollicitations auxquelles elles sont soumises dans les ouvrages.

La durée de vie fonctionnelle des autres principaux types de géomembranes (BITUME, EPR-PP, PVC, PPS, ...) a également fait l'objet d'études en laboratoire et par prélèvements sur sites, parmi lesquelles peuvent être citées celles de DURIN (1999), DUQUENNOI et al (1995), GIROUD et al (1993), et PIERSON (1999). Des conclusions similaires ont été obtenues pour des conditions adéquates d'utilisation des géomembranes disponibles sur le marché.

Néanmoins, la durabilité des géotextiles et des géomembranes reste un thème de recherche important afin de poursuivre l'amélioration des connaissances dans ce domaine en vue de prévoir au mieux la durabilité fonctionnelle de ces matériaux ; des essais accélérés en laboratoire, corrélés à des mesures sur prélèvements vieilliss in situ demeurent nécessaires sur ces matériaux somme toute relativement récents compte tenu de la durée de vie escomptée de la plupart des ouvrages. ■

### Résumé

Les géotextiles installés dans un ouvrage de géotechnique ou de protection de l'environnement doivent être performants à court terme pour retenir les sols en place, pour filtrer et évacuer des liquides, pour séparer des couches de sols, pour protéger des géomembranes contre le poinçonnement et pour accomplir plusieurs autres fonctions. Ces matériaux doivent être également performants durant une longue période de temps.

L'étanchéité des alvéoles de stockage des déchets, des canaux d'irrigation et de navigation, des bassins de retenue d'effluents industriels et des réservoirs d'eau peut être assurée par un système composite de couches très peu perméables incluant des géomembranes. Cette étanchéité doit être performante à court terme pour retenir les effluents liquides entreposés et retenir les eaux de lixiviation extraites des déchets confinés. De plus dans le cas des alvéoles de stockage de déchets, l'étanchéité doit être performante durant une période de temps plus longue que celle nécessaire à la décomposition des déchets stockés.

Quelle durée de vie fonctionnelle peut-on espérer d'un géotextile ou d'une géomembrane en fonction des conceptions utilisées, des programmes de contrôle de la qualité mis en œuvre durant la fabrication, la construction et l'installation de ces matériaux, des conditions atmosphériques, de la nature des sols et des produits en contact ?

### Abstract

Geotextiles installed in many geotechnical and environmental works must have a short term performance in retaining soil particles, filtering liquids, be a separator between soils, protect geomembrane against puncture and to accomplish many other functions.

Geomembranes are specified as impermeable liners to install in landfill cells to retain leachates and in lagoons to store industrial liquids. Their short term performance, survivalability, is related to the engineering design of the work and to the CQA manufacture and installation. It is also expected that they will have a service life, durability, exceeding the waste degradation period.

How long will a geotextile or a geomembrane last, expected service life, when installed in a earth structure and in contact with climatic conditions and chemical products ?

### Bibliographie

#### Géotextiles

ARTIÈRES O., GAUMET S. ET BLOQUET C. (1998), "*Prediction of the UV Ageing of Polypropylene Geotextiles – Landfills case*", comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 1, pp 393-398

ASTM D 5819 (1998), "*Standard Guide for Selecting Test Methods for Experimental Evaluation of Geosynthetic Durability*"

CEN (1998), "*Guide to Durability*", Geotextiles and Geotextile-Related Products, CEN report, Brussels, sous presse

CONLAW J.W., YEO K.C. ET GREENWOOD J.H. (1998), "*Durability of Polyester and Polypropylene Geotextiles Buried in a Tropical Environment for 14 Years*", comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 2, pp 669-674

COOKE T.F. ET REBENFELD L. (1988), "*Effect of Chemical Composition and Physical Structure of Geotextiles on Their Durability*", Geotextiles and Geomembranes, vol 7, pp 7-22

DELMAS PH., FAURE Y., FARKOUH B. ET NANCY A. (1994), "*Long Term Behavior of a Geotextile as a Filter in a 24 year Old Earth Dam : Valcros*", comptes rendus 5ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, Singapore, pp 1199-1202

- FAY J.J. ET KING R.E. (1994), "*Antioxidants for Geosynthetic resins and applications*", comptes rendus conférence GRI, pp 74-91
- GIROUD J.P. (1996), "*Granular Filters and Geotextile Filters*", comptes rendus Geofilters'96, Montreal, pp 565-680
- GREENWOOD J.H. (1998), "*The Assurance of Durability*", comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 2, pp 657-662
- KOERNER R.M., LORD A.E. ET HSUAN Y.G. [1988], "*Long-Term Durability and Ageing of Geotextiles*", Geotextiles and Geomembranes, vol 7, pp 147-158
- KOERNER R.M., LORD A.E. ET HSUAN Y.G. [1992], "*Arrhenius Modeling to Predict Geosynthetic Degradation*", Geotextiles and Geomembranes, vol 11, pp 151-183
- IONESCU A. ET AL (1982), "*Methods Used for Testing the Bio-Colmatation and Degradation of Geotextiles Manufactured in Romania*", comptes rendus 2ième conf. int'l Geotextiles, IFAI, St-Paul, pp 547-552
- LEFLAIVE E. (1988), "*Durability of Geotextiles : the French Experience*", Geotextiles and Geomembranes, vol 7, pp 23-31
- LORD A.E. ET HALSE Y.H. [1989], "*Polymer Durability – the Material Aspect*", in Durability and Ageing of Geosynthetics, Koerner R.M., Elsevier Science Publisher Inc.
- MLYNAREK J., BONNELL R.B., BROUGHTON R. ET ROLLIN A.L. (1994), "*Long Term Effectiveness of Geotextiles on Subsurface Agricultural Drainage Systems*", comptes rendus 5ième conf. Int'l Geotextiles, IGS, Singapore, pp 949-952
- ROLLIN A.L. ET LOMBARD G. (1988), "*Mechanisms Affecting Long-Term Filtration Behaviour of Geotextiles*", Geotextiles and Geomembranes, vol 7, pp 119-145
- ROLLIN A.L. (1996), "*Bacterial Clogging of Geotextiles*", comptes rendus Geofilters'96, Montréal, pp 125-134
- ROWE, R.K. (1998), "*Geosynthetics and the Minimization of Contaminant Migration through Barrier Systems Beneath Solid Waste*", comptes rendus Sixth Int. Conf. on Geosynthetics, IGS, Atlanta, Keynote lecture, pp 27-102
- SALMAN A., ELIAS V. ET DIMILLIO A. (1998), "*The Effect of Oxygen Pressure, Temperature and Manufacturing Processes on Laboratory Degradation of Polypropylene Geosynthetics*", comptes rendus 6ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, mars, vol 2, pp 683-90
- SEGRESTIN P. ET JAILLOUX J.M. (1988), "*Temperature in Soils and its Effects on the Ageing of Synthetic Materials*", Geotextiles and Geomembranes, vol 7, pp 51-69
- WATTS G.R.A. ET BRADY K.C. (1990), "*Site Damage Trials on Geotextiles*", comptes rendus 4ième conf. int'l, Geosynthetics, IGS, La Haye, pp 603-607

#### **Géomembranes**

- BEECH J.F., CARGILL K.W. ET HUFF W.J. (1998), "*Evaluation of Liner System Performance Using Liquids Management Data*", comptes rendus 6e Conf. Int. Geosynthetics, IGS, Atlanta, pp 269-272
- BRADY K.C., MCMAHON W. ET LAMMING G. (1994), "*Thirty Year Ageing of Plastics*", Transport Research Laboratory, rapport 11, E472A/BG, ISSN 0968-4093
- DARILEK G.T. ET MILLER L.V. (1998), "*Comparison of Dye Testing and Electrical Leak Location Testing of a Solid Waste Liner System*", comptes rendus 6e Conf. Int. on Geosynthetics, IGS, Atlanta, pp 273-278
- DULLMANN O. ET BRUNO E. (1993), "*The Analysis of Various Landfill Liners after 10 years Exposure to Leachate*", Geofine'93, Montpellier, volume I

- DUQUENNOI C., BERNHARDT C. ET GAUMET S. (1995), "Laboratory aging of geomembranes in landfill leachates", 5<sup>TH</sup> Int. Landfill Symposium, Sardinia 95, Cagliari, pp. 397-404
- DURIN L. (1999), "Transfert d'eau et de contaminants organiques dans les structures d'étanchéité synthétiques et minérales des centres de stockage de déchets ménagers", Thèse Doctorat, Université Paris XI, Cemagref Antony, DEAN, 290 p.
- GIROUD, J.P. ET TISINGER, L.G. (1993), "The Influence of Plasticizers on the Performance of PVC Geomembranes", comptes rendus 7<sup>th</sup> GRI seminar, pp 163-190, Philadelphie.
- GRAY R.L. (1990), "Accelerated Testing Methods for Evaluating Polyolefin Stability", ASTM STP 1081, Philadelphie
- HAXO, H.E., WHITE, R.M., HAXO, P.D. ET FONG, M.A. (1985), "Liner Materials Exposed to Municipal Solid Waste Leachate", Waste Management and Research, vol. 3, pp 41-54
- HSUAN Y.G., LORD A.E. ET KOERNER R.M. (1991), "Effects of Outdoor Exposure on a High Density Polyethylene Geomembrane", comptes rendus Geosynthetics'91, IFAI, Atlanta, pp 287-302
- HSUAN Y.G. ET GUAN Z. (1998), "Antioxidant Depletion During Thermal Oxidation of High Density Polyethylene Geomembranes", comptes rendus Sixth Int. Conf. on Geosynthetics, IGS, Atlanta, pp 375-380
- KOCH R., GAUBE E., HESSEL J., GONDRO C. ET HEIL H. (1988), "Langzeitfestigkeit von Deponiedichtungsbahnen aus Polyethylene", Mull und Abfall, vol 8, pp 348-361
- KOERNER G.R., EITH A.W. ET TANESE (1997), "Properties of Exhumed HDPE Field Waves and Selected Aspects of Waste Management", comptes rendus 11e conf. GRI, Philadelphie, pp 152-161
- KOERNER R.M., LORD A.E. ET HSUAN Y.H. (1990), "Long-Term Durability and Aging of Geomembranes", publication # 26 par ASCE, "Waste Containment Systems: Construction, Regulation and Performance", éditeur Bonaparte, R., comptes rendus Symposium, San Francisco, novembre, pp 52-83
- KOERNER R.M., LORD A.E. ET HSUAN Y.G. (1992), "Arrhenius Modeling to Predict Geosynthetic Degradation", Geotextiles and Geomembranes, vol 11, pp 151-183
- KOERNER G.R., EITH A.W. ET TANESE (1997), "Properties of Exhumed HDPE Field Waves and Selected Aspects of Waste Management", comptes rendus GRI Conf., no 11, Field Installation of Geosynthetics, pp 152-161
- LORD A.E. ET HALSE Y.H. (1989), "Polymer Durability – the Material Aspect", in Durability and Ageing of Geosynthetics, Koerner R.M., Elsevier Science Publisher Inc.
- MAISONNEUVE C. (1998), "Durabilité des géomembranes", LIRIGM, Université Joseph Fourier, Grenoble
- PIERSON P. (1999), "La durabilité des géomembranes utilisées dans les centres de stockage de déchets", Rencontres Géosynthétiques 99, Comité Français des Géosynthétiques (CFG), Bordeaux, 12-13 octobre 1999, pp. 299-302.
- ROLLIN A.L., MLYNAREK J., LAFLEUR J. ET ZANESCU A. (1994), "Performance Changes in Aged In-Situ HDPE Geomembranes", Landfilling of Wastes : Barriers, éditeurs Christensen, Cossu et Stegmann, E & FN Spon, pp 431-443
- ROLLIN A.L., MARCOTTE M., JACQUELINT T. ET CHAPUT L. (1999), "Leak Location in Exposed Geomembrane Liners Using an Electrical Leak Detection Technique", comptes rendus Geosynthetics'99, NAGS, Boston
- ROWE, R.K. (1998), "Geosynthetics and the Minimization of Contaminant Migration through Barrier Systems Beneath Solid Waste", comptes rendus Sixth Int. Conf. on Geosynthetics, IGS, Atlanta, Keynote lecture, pp 27-102
- SOONG T.Y. ET KOERNER R.M. (1998), "Laboratory Study of High Density Polyethylene Geomembrane Waves", comptes rendus Sixth Int. Conf. on Geosynthetics, IGS, Atlanta, pp 301-306
- TISINGER L.G. ET GIROUD J.P. (1993), "The Durability of HDPE Geomembranes", Geotechnical Fabrics Report, IFAI, septembre, pp 4-8

photo X. Coquineau

