

ÉTUDE SUR LA DURABILITÉ DES GÉOMEMBRANES EN BITUME ÉLASTOMÈRE EXPOSÉES SUR SITE DEPUIS 6 À 30 ANS

DURABILITY OF ELASTOMERIC BITUMINOUS GEOMEMBRANE EXPOSED ON SITE SINCE 6 TO 30 YEARS

Renaud BENCHET¹, Claude HERISSON¹, Florent GERBAUD¹, Didier CROISSANT², Stéphane GRIVAUD¹

¹ SIPLAST-ICOPAL, Antony, France

² IRSTEA, Antony, France

RÉSUMÉ - Les géomembranes en bitume élastomère sont utilisées en France depuis la fin des années 1970, et bénéficient de ce fait d'un vaste retour d'expérience. L'objet de cet article est d'apprécier l'évolution des performances mécaniques, physico-chimiques, et hydrauliques des géomembranes en bitume élastomère exposées et âgées de 6 à 30 ans, *via* des échantillons prélevés dans des ouvrages en cours d'exploitation. Dans un premier temps, la constitution, la fabrication et la caractérisation des géomembranes bitumineuse seront abordées, afin de mieux appréhender cette famille de produit. Dans un deuxième temps, les analyses réalisées sur les échantillons prélevés sur site seront détaillées et commentées.

Mots-clés : Durabilité, géomembrane, bitume élastomère, conditions climatiques, ouvrages en service

ABSTRACT - Elastomeric bituminous geomembrane are using in France since the end of the 70's and benefit of a huge feedback experience. The target of this article is to characterize (observe) the evolution of the hydraulic, mechanical, and physical chemistry performances of elastomeric bituminous geomembrane exposed and aged of 6 to 30 years, by analysing samples from pounds in use. In the first time, composition, manufacturing and characterisation of the performances will be explained, In a second time, the tests realized on those samples will be detailed and analysed.

Keywords : Durability, geomembrane, elastomeric bitumen, climactic constraint, pounds in use

1. Introduction

Les dispositifs d'étanchéité par géomembranes (DEG) sont utilisés depuis les années 1950. D'abord timidement utilisés dans certains ouvrages hydrauliques et de protection de l'environnement, ces derniers sont aujourd'hui employés de manière croissante et quasi systématique dans quantité d'ouvrages de génie civil.

À l'époque, l'intérêt porté à l'utilisation de ces dispositifs et particulièrement aux géomembranes, éléments clés du système, étaient multiples comparativement aux solutions traditionnelles préexistantes (argiles, béton de ciment, etc.) :

- elles offrent un niveau d'étanchéité bien supérieur ;
- leur mise en œuvre est facile, rapide et ne nécessite pas de matériel lourd ;
- elles permettent d'étancher efficacement les parties d'ouvrages difficilement accessibles (voiles verticaux, intrados de voûte en tunnels) ;
- ce sont des produits techniquement fiables, qui sont contrôlés à la sortie de la chaîne de fabrication ;
- elles possèdent des performances mécaniques leur permettant de résister dans la mesure de leurs limites aux sollicitations mécaniques liées à la mise en œuvre et à l'exploitation de l'ouvrage ;
- elles possèdent une durabilité fonctionnelle éprouvée ;
- leur mise en œuvre peut également être contrôlée sur site, ce qui accroît d'autant la fiabilité de ces systèmes d'étanchéité.

À ce jour, il existe différentes familles chimiques de géomembranes utilisées dans le monde, dont les géomembranes bitumineuses qui furent conçues et fabriquées dans le but d'étancher les ouvrages de génie civil dans le courant des années 1970.

Ces dernières bénéficient aujourd'hui d'un retour d'expérience important et sont encore grandement utilisées pour leurs avantages reconnus :

- souplesse ;
- rusticité à la mise en œuvre et en entretien ;
- facilité de raccordement aux éléments béton, bitumineux et métalliques ;
- faible sensibilité au vent ;
- faible coefficient de dilatation linéaire ;
- résistance au poinçonnement statique ;
- angle de frottement élevé ;
- résistance et déformation en traction unidirectionnelle.

Ces nombreux atouts font de ce type de géomembrane la plus polyvalente des solutions d'étanchéité dédiées aux ouvrages de génie civil et parfois la seule, parmi les familles chimiques de géomembranes, capable de répondre aux contraintes d'ouvrages bien spécifiques.

2. Généralités concernant les géomembranes bitumineuses

On retrouve les géomembranes bitumineuses dans nombre d'ouvrages de génie civil ayant pour but de contenir et canaliser des fluides ou des solides, et où le choix du type de géomembrane dépendra de nombreux facteurs dont ses performances propres, sa nature, son épaisseur ainsi que les éléments entrant en interaction avec cette dernière dans le cadre de l'ouvrage considéré.

Ces ouvrages peuvent être :

- les bassins routiers, autoroutiers, agricoles, d'agrément, etc. ;
- les couvertures de centre de stockage de déchets, les confinements in situ de sols issus de friches industrielles polluées, les terrils miniers, déchets faiblement et moyennement radioactifs... ;
- les canaux d'irrigation, à grand gabarit, etc. ;
- les barrages ;
- les fossés routiers, etc.

Les géomembranes bitumineuses peuvent également être utilisées afin de protéger certaines infrastructures (plateformes routières et ferroviaires, ouvrages d'art et ouvrages enterrés) contre les infiltrations d'eau éventuellement chargées de pollution.

Dans certains cadres d'utilisation, elles répondent à des critères performantiels précis définis par des organismes tels que le SETRA (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements), le CETu (Centre d'Études des Tunnels), la SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer Français) ou l'AFTES (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain).

La famille des géomembranes bitumineuses est constituée de deux sous-familles chimiques différentes, dont les performances mécaniques et de durabilité sont extrêmement dissemblables :

- les géomembranes en bitume oxydé ;
- les géomembranes en bitume polymère.

D'abord à base de bitume oxydé, les performances des géomembranes bitumineuses ont, à la fin des années 1970, été améliorées en France avec l'invention de la modification des bitumes par des polymères SBS (styrène-butadiène-styrène).

En effet, l'utilisation du bitume élastomère à base de SBS a permis d'améliorer, comparativement au bitume oxydé, les caractéristiques suivantes des géomembranes bitumineuses :

- le comportement à basse température ;
- le comportement à haute température ;
- l'élasticité du liant bitumineux ;
- la durabilité aux conditions climatiques, de façon très significative, ce qui sera développé spécifiquement dans cet article.

Afin d'appréhender les mécanismes de vieillissement des géomembranes bitumineuses, il est nécessaire de faire un point sur la chimie et la fabrication de ces produits.

3. Composition et fabrication des géomembranes bitumineuses : explication théorique

Les géomembranes bitumineuses sont des produits multicomposants, associant un liant bitumineux étanche, un renfort dénommé armature ainsi qu'un traitement des faces du produit fini (sablage, film, géotextile,...).

Le bitume est un matériau issu d'une double distillation (une distillation atmosphérique suivie d'une distillation sous vide) d'un pétrole brut lourd. Suite à ces deux opérations, il résulte un matériau appelé bitume de distillation directe, constitué de deux principales fractions distinctes lorsque l'on disperse ce bitume dans un n-alcane :

- la fraction huileuse : les maltènes ;
- la fraction qui précipite : les asphaltènes.

Ce bitume distillé est inutilisable en l'état pour produire des géomembranes, car il est trop sensible à la température. En effet, son intervalle de température utile (intervalle compris entre la température de fusion et de transition vitreuse) n'est que de quelques dizaines de degrés (écoulement sous son propre poids dès 40°C et fragilité à froid).

Il est donc nécessaire de réduire cette sensibilité à la température en transformant cette matière de base soit :

- en l'oxydant par soufflage d'air chaud (entre 260°C et 320°C), ce qui permet de produire des asphaltènes par consommation d'une partie des maltènes. Cette opération génère du **bitume oxydé** qui, mélangé à du filler, forme une masse étanche dont la température de fluage est d'environ + 80°C, la température de fragilité à basse température de 0°C, la rémanence de 0% et l'allongement de quelques pourcents.

À ce jour, les membranes et géomembranes à base de bitume oxydé ne sont presque plus utilisées et sont proscrites en étanchéité de bâtiments et d'ouvrages enterrés. Les membranes et géomembranes en bitume élastomère ont peu à peu remplacé cette vieille technologie du fait de leur meilleures performances ;

- En y ajoutant des élastomères de type SBS (styrène-butadiène-styrène), on obtient du **bitume élastomère** qui, mélangé à du filler, forme une masse étanche dont la température de fluage est d'environ + 120°C à + 130°C, la température de fragilité à basse température est comprise entre -20°C et -30°C, la rémanence inférieure à 10% et l'allongement à la rupture supérieur à 1500%.

Ces modes de transformation permettent d'avoir une « masse » étanche considérée comme un semi-produit, mais qui, n'ayant aucune tenue, ne peut être utilisé tel quel pour assurer l'étanchéité d'ouvrage. Néanmoins, cette « masse » étanche, associée à un renfort, va être utilisée pour produire des géomembranes bitumineuses.

Les renforts des géomembranes bitumineuses peuvent être de trois types :

- les voiles de verre ;
- les intissés de polyester ;
- les composites (polyester associé à un voile de verre).

Le rôle des renforts est de reprendre les contraintes mécaniques qui seront imposées à la géomembrane lors de la mise en œuvre ou lors de l'exploitation de l'ouvrage. Ces armatures donneront à la géomembrane ses performances propres :

- en traction ;
- au poinçonnement statique ;
- au poinçonnement dynamique ;
- à la déchirure.

Ces armatures subissent généralement deux traitements afin d'aboutir à la production de géomembrane bitumineuse :

- la première est l'imprégnation de l'armature utilisée par un liant bitumineux oxydé ou élastomère ;
- la deuxième est l'enduction de cette dernière par un liant bitumineux oxydé ou élastomère.

L'imprégnation consiste à saturer à cœur l'armature, afin d'en combler les vides, d'en chasser l'air et d'évacuer l'humidité résiduelle.

L'enduction consiste à rajouter de la masse bitumineuse en sous-face et/ou en surface, afin de donner de l'épaisseur au produit fini. Cette épaisseur permet d'assurer un liaisonnement au niveau du recouvrement des lés.

Outre les possibilités de fabrication et les performances mécaniques qu'elle apporte au produit, l'armature permet, lorsque le traitement des faces est réalisé, le stockage, la manipulation et la mise en œuvre du produit fini.

Le traitement des faces par grésage ou par l'association de film permet non seulement d'éviter le collage des spires d'un rouleau sur elles-mêmes, mais permet aussi de pouvoir assurer des fonctions spécifiques avec la mise en place par exemple d'un géotextile, il s'agira alors d'une géomembrane composée où le géotextile joue le rôle d'antipoinçonnant de surface et s'associe à l'armature pour améliorer les performances mécaniques du produit.

4. Caractérisation des géomembranes bitumineuses

À la sortie de la chaîne de fabrication, les géomembranes sont soumises à un plan de contrôle tenant compte des diverses contraintes réglementaires et/ou de certification telles que le marquage CE et/ou la certification ASQUAL.

Ce plan de contrôle vise à valider la mise en place du produit dans les circuits de distribution après vérification de sa conformité.

La géométrie d'ensemble du produit est ainsi caractérisée entre autres *via* des mesures d'épaisseur (NF EN 1849-1), de masse surfacique (NF EN 1849-1), de largeur et de longueur (NF EN 1848-1).

Les caractéristiques mécaniques sont également contrôlées, *via* des mesures, de traction unidirectionnelle (NF EN 12311-1), de souplesse à basse température (EN 1109), de fluage à température élevée (NF EN 1110), de poinçonnement statique européen (NF EN 12236) ou français (NF P 84-507).

Néanmoins certains essais, à cause de leur temps de réalisation relativement long ou de l'appareillage particulier qu'ils requièrent, sont effectués à une fréquence plus faible. C'est le cas notamment des essais de mesure de flux (NF EN 14150), des essais de perméabilité au gaz selon l'ASTM D 1434, mais également les essais de durabilité *via* l'oxydation (NF EN 14575) ou le vieillissement climatique (NF EN 12224). Cette dernière norme impose, dans le cadre du marquage CE, les conditions opératoires pour simuler la durabilité du produit sur une durée d'un an.

Un an ? Justifier d'une telle durabilité est évidemment insuffisant pour une géomembrane exposée sur un ouvrage soumis aux contraintes climatiques et dont la durée de vie exigée par la maîtrise d'ouvrage en exploitation doit être bien supérieure à ce délai.

Il revient donc aux producteurs de géomembranes d'estimer la durabilité de leur produit en s'appuyant soit sur la littérature existante des composés chimiques constituant les géomembranes, soit sur des extrapolations suite à un essai de vieillissement accéléré de leur produit, etc.

Ces extrapolations sont évidemment intéressantes, mais ont l'inconvénient de ne pas tenir compte de divers facteurs liés aux contraintes mécaniques imposées en exploitation à la géomembrane, aux effets dus aux cycles saisonniers (gel), à l'altitude, etc.

Aussi, il est préférable de disposer de réels retours d'expériences sur la durabilité aux conditions climatiques des géomembranes exposées, et ce, *via* des prélèvements réalisés *in situ* sur des ouvrages âgés de quelques années à quelques décennies.

Concernant les géomembranes bitumineuses, il existe des retours d'expérience de 30 ans sur la famille chimique des bitumes oxydés, notamment au sujet de leurs performances hydrauliques lorsque ces dernières sont exposées (Touze-Foltz et al., 2011). Cette étude montre les limites des géomembranes en bitume oxydé, qui doivent être protégées des rayonnements UV, afin de pérenniser leurs performances.

Cependant, il existe peu de données issues des retours d'expérience concernant les effets dans le temps de la photo-oxydation et de la thermo-oxydation sur les géomembranes en bitume élastomère (SBS), hormis une modélisation des liants bitumineux élastomères soumis à ces phénomènes dans le cadre de l'étanchéité des toits.

Aussi, afin d'appréhender pleinement ces effets et de mettre en évidence le gain apporté par le SBS quant à la pérennité des caractéristiques mécaniques et hydrauliques de ces géomembranes lorsqu'elles sont exposées, nous avons réalisé des prélèvements sur quatre bassins contenant des effluents industriels, âgés respectivement de 6, 10, 15 et 30 ans. Cette étude nous a également permis de mettre en évidence la tenue dans le temps du SBS dans cette technologie.

5. Les géomembranes en bitume élastomère : étude de durabilité

Dans le cadre de cette étude de durabilité aux conditions climatiques des géomembranes en bitume élastomère, des prélèvements situés au-dessus des zones de marnage ont été réalisés sur deux sites et sur un total de quatre bassins.

5.1 Descriptif des ouvrages et des conditions climatiques locales

Le premier site, totalisant à lui seul trois bassins, appartient à la société CRISTAL-UNION (figures 1 et 2). Il s'agit d'une sucrerie située dans la Marne dont des bassins 5, 6 et 7 recueillent les eaux de process liées à la fabrication du sucre. Les géomembranes utilisés dans ces ouvrages sont respectivement âgés de 15 (1997), 6 (2006) et 10 (2002) ans. Les prélèvements ont été effectués en têtes de talus (au dessus de la zone de marnage) exposés plein sud, sauf pour ce qui est du bassin n°7 dont les prélèvements ont été réalisés, pour des raisons d'accessibilité, sur le talus exposé plein ouest.

Le support de ces bassins est constitué de craie compactée stabilisée ou non à l'aide de liant hydraulique. La géomembrane est protégée du support par des géotextiles d'environ 300 g/m².

Les bassins ont une capacité de stockage d'effluent d'environ 70 000 m³, les talus ont une pente de 45 degrés et sont hauts d'une dizaine de mètres, sauf pour le bassin n°5 dont les talus ont une hauteur de 5 m. Ces bassins sont généralement en pleine charge à partir du mois de novembre jusqu'au courant des mois d'avril et août suivant le bassin considéré. Le nettoyage des boues générées par les eaux de process s'effectue par jet d'eau sur la partie basse des talus et à la pelle mécanique en fond d'ouvrage, cette partie étant protégée par une couche de béton bitumineux.

Dans les vingt dernières années, les pics de températures régionales ont fluctué en moyenne autour de -13°C pour les mois les plus froids et + 39°C pour les plus chauds, avec une température moyenne annuelle située entre + 6,1°C et + 15,1°C. Depuis dix ans le taux d'ensoleillement moyen annuel dans cette région varie entre 1274 heures et 2026 heures.



Figures 1 et 2. Bassins de la sucrerie de Bazancourt

Le deuxième site se trouve dans le département du Bas-Rhin à Obernai, sur le site industriel de la société Kronenbourg (figures 3 et 4) dont l'activité est le brassage de la bière. Le bassin ayant fait l'objet de prélèvement sert à récolter les eaux pluviales mais également les rejets issus du processus de brassage, le pH de ces effluents peut varier entre 7 et 2.

La géomembrane utilisée dans cet ouvrage est âgée de 30 ans (date de réalisation 1981). Les prélèvements ont été effectués en tête de talus et dans la zone de marnage exposée plein sud. Le support de ces bassins est constitué de roulé 0/20, la géomembrane bitumineuse reposant directement sur ce support. Ce bassin possède un volume de stockage de 55 000m³ dont 10% sont régulièrement utilisés, avec des pics allant jusqu'à 35%. Les talus ont une pente de 27 degrés et sont hauts de 7 m.

Dans les vingt dernières années, les pics de températures ont fluctué en moyenne autour de - 15°C pour les mois les plus froids et + 38°C pour les plus chauds, avec une température moyenne annuelle située entre + 6,6°C et + 15,3°C. Depuis dix ans, le taux d'ensoleillement moyen annuel dans cette région varie entre 1456 heures et 2 198 heures. Pour comparaison, le taux moyen d'ensoleillement à Albi est de 2 113 heures sur les dix dernières années.



Figures 3 et 4. Bassin de l'usine Kronenbourg

5.2 Protocole de caractérisation des échantillons prélevés in-situ

Sur les deux sites et sur les quatre bassins, il s'agit de géomembranes en bitume modifié par des élastomères SBS, de 4 mm d'épaisseur et de 4 m de largeur, ayant la même référence commerciale. La surface des prélèvements réalisés sur ces bassins était d'environ 0,25 m².

L'état de surface des géomembranes vieilles présente une surface faïencée visible à l'œil nu. Ce faïencage superficiel des géomembranes bitume élastomère est naturel et est caractéristique du vieillissement de ce type de produit.

Afin d'évaluer les évolutions dans le temps de cette géomembrane, les échantillons ont été caractérisés selon quatre axes au sein du laboratoire contrôle et du laboratoire recherche et développement de l'usine SIPLAST-ICOPAL, situés à Mondoubleau, lieu de fabrication des géomembranes dont sont issus les prélèvements.

- la caractérisation de leurs propriétés dimensionnelles basées sur les essais normalisés d'épaisseur et de masse surfacique permettra d'évaluer la perte de matière due au vieillissement ;
- la caractérisation de leurs propriétés mécaniques *via* des essais normalisés de poinçonnement statique et de traction unidirectionnelle, permettra de déterminer l'évolution des performances mécaniques et donc si l'armature est impactée par les conditions climatiques ;
- la caractérisation des propriétés physico-chimiques des liants *via* des essais de souplesse à basse température et des mesures de masses molaires du copolymère SBS comparatives, réalisées par chromatographie de perméation sur gel (GPC pour Gel Permeation Chromatography), entre les liants en sous-face et surface de chaque échantillon vieilli donnera des indications quant à l'évolution du liant au cours du temps ;
- la caractérisation hydraulique, réalisée par l'Irstea, de l'échantillon de géomembrane bitumineuse âgé de 30 ans et prélevé sur le site de l'usine Kronenbourg nous indiquera le niveau de perméabilité de ces géomembranes après trois décennies d'exposition aux conditions climatiques.

5.2.1. Caractérisation des propriétés dimensionnelles

Les mesures d'épaisseurs sont effectuées conformément à la norme NF EN 1849-1 sur trois éprouvettes pour chaque échantillon.

Tableau 1. Valeurs d'épaisseur en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle	Valeur maximale actuelle
Épaisseur moyenne en mm	4,08	3,79	4,35	4,71	3,9	4,1	4,5

Les mesures de masse surfacique sont effectuées conformément à la norme NF EN 1849-1 sur trois éprouvettes pour chaque échantillon.

Tableau 2. Valeurs de masse surfacique en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle	Valeur maximale actuelle
Masse surfacique moyenne en g/m ²	4653	4642	4704	4627	4490	4850	5163

Les valeurs d'épaisseur (tableau 1) et de masse surfacique (tableau 2) mesurées sur les échantillons prélevés montrent que les propriétés dimensionnelles n'ont pas ou peu évolué et restent conformes aux spécifications actuelles du produit (tolérance imposée par l'ASQUAL).

5.2.2. Caractérisation de leurs propriétés mécaniques

Les mesures de traction unidirectionnelle sont effectuées conformément à la norme NF EN 12311-1 sur trois éprouvettes pour chaque échantillon.

Tableau 3. Valeurs de résistance en traction en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle
Type d'armature	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 180 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 180 g/m ²	PY* 180 g/m ²
Résistance moyenne en traction sens production en N/5 cm	1406	1340	1412	875	1100	1300	740	850

Les mesures de poinçonnement statique sont effectuées conformément à la norme NF EN 12236 sur trois éprouvettes pour chaque échantillon.

Tableau 4. Valeurs de résistance au poinçonnement en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle
Type d'armature	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 180 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 235 g/m ² + VV** 50 g/m ²	PY* 180 g/m ²	PY* 180 g/m ²
Résistance moyenne au poinçonnement statique en N	3776	3806	3478	2289	3320	3400	2460	2500

Les valeurs mesurées (tableau 3 et 4) montrent, pour les échantillons de 6, 10 et 15 ans, que le produit n'a pas ou peu évolué et qu'il reste conforme aux spécifications actuelles. La plus faible valeur mesurée sur l'échantillon de 30 ans ne montre pas en réalité une dégradation du renfort, cette valeur s'explique par la nature différente du renfort (utilisation d'un polyester 180 g/m² au lieu d'un 235 g/m² + voile de verre 50 g), qui reste conforme à nos spécifications actuelles et de l'époque sur ce type d'armature. Ces mesures démontrent que les géomembranes de cette gamme soumises à une exposition aux conditions climatiques durant 30 ans dans les conditions citées ci-dessus restent intactes sur le plan des performances mécaniques.

5.2.3. Caractérisation de leurs propriétés physico-chimiques

L'analyse par spectrométrie infra-rouge (Butadiène 910 et 966 cm^{-1} ; styrène 699 cm^{-1}) a permis de montrer que les échantillons de géomembranes prélevés sont bien issus de géomembrane en bitume modifié par ajout de SBS (styrène-butadiène-styrène).

L'analyse par perméation de gel (GPC) réalisée sur les liants sur et sous armature permet d'appréhender une dégradation comparée du SBS structurant le bitume. En effet, cette analyse donne la distribution en masse moléculaire du polymère qui, au cours du temps, se dépolymérise par thermo oxydation. Une comparaison directe entre ces deux essais (sur et sous armature pour les échantillons du neuf au vieilli) nous permet d'établir les constatations présentées dans le tableau 5. Avant d'être analysés, les échantillons ont été préalablement nettoyés (eau savonneuse).

Tableau 5. État de la dégradation du polymère SBS en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	Valeur à l'état neuf	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans
État de la dégradation du polymère de sous face	aucune	Très faible	Très faible	faible	moyen
État de la dégradation du polymère de surface	aucune	Très faible	faible	fort	fort
Taux de dégradation du polymère SBS en surface et en %	0	7	15	Non quantifiable	Non quantifiable

Les mesures de souplesse à basse température sont effectuées (les liants des sous-faces visibles) conformément à la norme NF EN 1109 sur trois éprouvettes pour chaque échantillon.

Tableau 6. Valeurs de souplesse à basse température en fonction de l'âge de l'échantillon

Âge de l'échantillon	6 ans	10 ans	15 ans	30 ans	Valeur minimale actuelle	Valeur nominale actuelle
Souplesse à basse température en °C	-20	-20	-20	-15	-15	-20

L'analyse GPC (tableau 5) révèle que le polymère SBS constitutif du liant de cette gamme de géomembrane subit en surface un phénomène de photo-oxydation et de thermo-oxydation, avec pour conséquence une rupture des chaînes SBS engendrant le phénomène de faïençage superficiel de surface.

Néanmoins, ce phénomène de micro-faïençage, quel que soit l'âge de l'échantillon considéré, n'impacte que le liant de surface et n'atteint pas l'armature du produit. En effet, cette dernière sous le liant de surface n'a pas après 30 ans perdu ses performances mécaniques.

Au fil du temps, on note une évolution de surface (du micro-faïençage vers le macro-faïençage). Cette manifestation n'est pas due aux seuls phénomènes de thermooxydation et photooxydation mais à d'autres facteurs notamment mécaniques.

Par ailleurs, lors des prélèvements sur les différents sites nous avons pu sans problème réaliser les réparations inhérentes à l'échantillonnage, indiquant de fait que même après 30 ans d'exposition le liant reste suffisamment fusible pour permettre cette opération.

Il est également à noter que le liant de sous-face non directement exposé aux sollicitations subit lui aussi une dégradation plus lente des polymères SBS par thermo-oxydation. Ce phénomène se confirme par le niveau de souplesse à basse température (tableau 6) pour l'échantillon de 30 ans.

Néanmoins, tous les échantillons analysés sont conformes à nos spécifications actuelles relatives à la souplesse à basse température.

5.2.4. Caractérisation de leurs propriétés hydrauliques

Sur les dix dernières années, le site ayant connu le plus important taux d'ensoleillement (en moyenne) est celui de la société Konenbourg dont est issue la géomembrane la plus âgée avec une exposition de trente ans.

Aussi, nous avons réalisé une seule mesure de flux sur l'échantillon prélevé sur cette géomembrane, afin de déterminer le niveau d'étanchéité du produit.

Après réalisation, par l'Irstea, de l'essai selon la norme NF EN 14150, il s'avère que l'échantillon âgé de 30 ans possède toujours une perméabilité inférieure à 0,1 l/j/m².

6. Conclusion

L'étude de durabilité réalisée sur la gamme des géomembranes en bitume élastomère TERANAP 431 TP montre que ces dernières présentent une très bonne tenue aux conditions climatiques après 30 ans d'exposition dans les conditions de service.

Cette étude indique qu'après cette période, les performances, notamment hydrauliques et mécaniques, sont quasi similaires à celles d'un produit à l'état neuf.

Ces constatations nous permettent d'estimer la durabilité aux ultra-violets de cette gamme de géomembrane entre 35 et 40 ans dans des conditions climatiques semblables.

Dans ces conditions, la durabilité des géomembranes en bitume élastomère dépend quasi exclusivement du processus industriel utilisé, c'est-à-dire du choix qualitatif et quantitatif des composés utilisés ainsi que de leur association. Aussi cette étude ne peut pas être transposée à d'autres familles de géomembranes bitumineuses que celle indiquée ci-dessus.

En parallèle de cette étude, l'Irstea et l'Ifsttar réalisent, en collaboration et en toute indépendance, des caractérisations de ces mêmes échantillons, afin de corroborer ou non la validité technique de notre étude.

7. Remerciements

Nous souhaitons remercier au travers de cet article Monsieur Christian LEDAIN (société Cristal Union) et Monsieur Freddy Hetzel (Société Kronenbourg) pour leur disponibilité, leur accueil et leur participation à cette étude.

8. Références bibliographiques

- AFNOR (1982). Standard test method for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting / Note: Approved 2003, 1998, *ASTM D 1434*.
- AFNOR (1996). Essais des géomembranes - Détermination de la résistance au poinçonnement statique des géomembranes et des dispositifs d'étanchéité par géomembranes - Cas du poinçon cylindrique sans support. *NF P 84-507*.
- AFNOR (1999a) Feuilles souples d'étanchéité - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination des propriétés en traction, *NF EN 12311-1*.
- AFNOR (1999b) Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de l'épaisseur et de la masse surfacique - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, *NF EN 1849-1*.
- AFNOR (1999c) Feuilles souples d'étanchéité - Détermination de la longueur, de la largeur et de la rectitude - Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, *NF EN 1848-1*.
- AFNOR (1999d) Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses - Détermination de la souplesse à basse température, *NF EN 1109*.
- AFNOR (2002) Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques, *NF EN 12224*.
- AFNOR (2005) Géomembranes - Méthode d'essai sélective pour la détermination de la résistance à l'oxydation, *NF EN 14575*.
- AFNOR (2006a) Géomembranes – Détermination de la perméabilité aux liquides, *NF EN 14150*.
- AFNOR (2006b) Géosynthétiques - Essai de poinçonnement statique (essai CBR), *NF EN 12236*
- AFNOR (2011) Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles d'étanchéité de toitures bitumineuses - Détermination de la résistance au fluage à température élevée, *NF EN 1110*.
- Touze-Foltz et Al. (2011) Performance hydraulique à long terme des géomembranes en bitume oxydé exposées et recouvertes, *Actes Rencontres géosynthétiques*, pp. 349-356.