

EFFETS DES RAYONS ULTRAVIOLETES SUR LES CONDUITES EN PVC



UNI-TR-5-03



Uni-Bell PVC Pipe Association

Préparé par

UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION

MEMBRES :

CertainTeed Corporation

Diamond Plastics Corporation

IPEX, Inc.

JM Eagle

National Pipe & Plastics, Inc.

North American Pipe Corporation

Pipelife Jet Stream, Inc.

Royal Pipe Systems

Sanderson Pipe Corporation

Pour de plus amples renseignements sur les sociétés membres, communiquez avec Uni-Bell.

Les énoncés contenus dans ce rapport technique sont ceux de Uni-Bell PVC Pipe Association; ils ne constituent pas des garanties et ne sont pas destinés à être des garanties. Les demandes de renseignements sur des produits particuliers, leurs attributs et leur usage recommandé ainsi que sur la garantie du fabricant doivent être adressées aux sociétés membres.

SOMMAIRE

Une étude a été menée pour quantifier et documenter les effets réels des rayons ultraviolets (UV) sur les propriétés mécaniques importantes des conduites en PVC. Un certain nombre de tubes en PVC ont été placés sur des râteliers d'exposition à différents endroits dans l'ensemble du continent nord-américain.

Au cours d'une période d'évaluation de deux ans, les échantillons de tube ont été périodiquement prélevés et mis à l'essai pour mesurer les changements subis par les propriétés mécaniques suivantes : (1) la résistance à la traction (2) le module d'élasticité et (3) la résistance aux chocs. De plus, au terme de la période d'essai, des essais d'aplatissement et de rigidité ont été effectués sur plusieurs tubes.

Les résultats de l'évaluation ont été résumés et analysés. L'analyse des données a révélé que la résistance à la traction et le module d'élasticité sont restés pratiquement inchangés après deux ans d'exposition au soleil et que la résistance aux chocs n'a pas chuté sous celle de la plupart des autres matériaux de tube.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	2
DÉGRADATION DUE AUX UV.....	2
ADDITIFS INHIBITEURS	3
COMPARAISON DU VIEILLISSEMENT CLIMATIQUE NATUREL ET DU VIEILLISSEMENT EN LABORATOIRE	3
DESCRIPTION DU PROJET.....	4
MÉTHODE ET FRÉQUENCE DES ÉVALUATIONS RÉSULTATS DES ESSAIS	8
ANALYSE DES DONNÉES :	
Résistance aux chocs.....	9
Résistance à la traction.....	11
Module d'élasticité	11
Rigidité et aplatissement du tube.....	11
VARIATIONS RÉGIONALES	12
SOMMAIRE ET CONCLUSIONS.....	12
REMERCIEMENTS	13
BIBLIOGRAPHIE	14
ANNEXE A	15

EFFETS DES RAYONS ULTRAVIOLETS SUR LES CONDUITES EN PVC

INTRODUCTION

Les conduites en PVC (polychlorure de vinyle) sont maintenant largement adoptées partout dans le monde pour les réseaux de distribution d'eau potable et le transport des eaux usées. Elles doivent cette popularité et ce succès opérationnel à leur résistance exceptionnelle aux environnements agressants qui limitent la durée de vie fonctionnelle des autres matériaux de tubes. Cependant, comme la plupart des polymères, le PVC peut se dégrader quand il est exposé à des rayons ultraviolets. Pour limiter les effets des UV sur les conduites en PVC, un additif inhibiteur est inclus dans la formulation de la matière.

La principale source de dommages dus aux rayons UV est le soleil. Évidemment, les conduites d'aqueduc et/ou d'égouts en plastique enfouies dans le sol sont bien protégées des rayons du soleil. Cependant, toutes les conduites de plastique peuvent être exposées dans une certaine mesure aux éléments extérieurs avant d'être enfouies dans le sol. Cette exposition peut se produire pendant l'entreposage et/ou en chantier. La durée de l'exposition varie en fonction de certains facteurs tels que la rotation des stocks et la demande pour des diamètres particuliers.

En définitive, l'adoption par les consommateurs de tout produit de tuyauterie en plastique devrait dépendre de la capacité démontrée du plastique à garder ses propriétés physiques désirables après des expositions raisonnablement longues. Pour renseigner à cet égard les utilisateurs et les consommateurs de conduites en PVC, la Uni-Bell PVC Pipe Association a réalisé une étude approfondie de deux ans pour quantifier et documenter adéquatement les effets du rayonnement UV naturel sur les conduites en PVC destinées à l'enfouissement. Les conclusions d'une épreuve d'exposition de 15 ans a été aussi résumée et jointe en annexe A.

DÉGRADATION DUE AUX UV

La dégradation UV est la façon dont la nature décompose et récupère les matières de composition organique telles que les déchets végétaux ou animaux, le bois, les plastiques, etc. Cinq pour cent à peine de la lumière du soleil qui atteint la surface de la terre a une longueur d'onde UV de 290 à 400 nanomètres.⁸

La plupart des polymères (comme le plastique) contiennent des amalgames de produits chimiques ou des additifs capables d'absorber un tel rayonnement et, par conséquent, subissent des réactions de dégradation. La dégradation peut se produire quand le niveau d'énergie du rayonnement est suffisamment élevé pour briser les liens chimiques à l'intérieur des chaînes de polymère. La dégradation ne se poursuit que sur la surface exposée de la conduite et ne pénètre pas profondément dans la paroi de celle-ci. La profondeur de pénétration pour une conduite en PVC est habituellement inférieure à 0,002 pouce. Dans la zone de réaction affectée, la structure du plastique est altérée de manière permanente. Dans le cas d'une conduite en PVC, la molécule de polychlorure de vinyle est convertie en une structure complexe typifiée par la formation de polyènes. La molécule de polyène contribue souvent à la coloration jaune pâle de la conduite en PVC.⁹

Parce que la dégradation dépend des rayonnements solaires, toute dégradation due aux UV cesse quand l'exposition aux rayons UV se termine. Par conséquent, les conduites enfouies ne continueront pas de se dégrader. En fait, tout écran de protection opaque, aussi mince qu'il soit, sera efficace pour empêcher la dégradation due aux UV. La méthode la plus communément utilisée pour protéger du soleil les conduites en PVC qui ne sont pas enfouies est de les enduire d'une peinture d'acrylique ou de latex (à base d'eau). La préparation de la surface à peindre est très importante. La conduite doit être nettoyée pour enlever l'humidité, la saleté et l'huile, puis essuyée avec un linge propre et sec. Les peintures à base de pétrole ne doivent pas être utilisées parce que la présence de pétrole empêchera la peinture de bien adhérer à la conduite. De plus, les conduites en PVC destinées à un usage extérieur (comme les conduites d'irrigation) doivent contenir des additifs spéciaux, semblables à ceux utilisés sur les revêtements de maison en PVC, qui empêchent efficacement toute dégradation significative due aux UV.

ADDITIFS INHIBITEURS

Les matériaux des conduites en plastique sont, pour la plupart, formulés pour contenir des additifs qui inhibent la dégradation due aux UV. Même les produits destinés à être enfouis devraient contenir suffisamment d'additifs inhibiteurs pour prévenir toute dégradation significative pendant les périodes d'exposition associées à l'entreposage, l'expédition, la manutention ou l'installation. Une telle exposition extérieure est inévitable.

En Amérique du Nord, l'additif inhibiteur communément utilisé pour les conduites d'aqueduc et d'égouts en PVC est le dioxyde de titane sous forme rutil qui s'est révélé très efficace pour résister au vieillissement climatique. Presque tout le rayonnement ultraviolet est absorbé par l'additif de dioxyde de titane sous forme rutil.^{1,2} Les quantités de dioxyde de titane sous forme rutil typiquement utilisées dans les conduites d'aqueduc et d'égouts en PVC varient de 0,5 à 2,0 parties par centaine en poids. C'est aussi le cas des tubes en PVC utilisés dans cette étude.

COMPARAISON DU VIEILLISSEMENT CLIMATIQUE NATUREL ET DU VIEILLISSEMENT EN LABORATOIRE

La résistance aux UV d'un tube en plastique peut être évaluée par l'une des deux méthodes suivantes : (1) des études en laboratoire rigoureusement contrôlées qui tentent de simuler un environnement extérieur ou (2) des études qui exposent le tube à des conditions climatiques réelles. Les études en laboratoire permettent d'évaluer une variété de conditions climatiques en un même endroit et les conditions peuvent être intensifiées pour accélérer l'étude. Cependant, il est difficile d'imiter parfaitement mère nature et les essais de vieillissement artificiel n'ont pas été à la hauteur des résultats obtenus par le vieillissement naturel.¹⁰ Par conséquent, il a été décidé d'exposer des échantillons de tube à des conditions climatiques réelles dans le cadre de cette étude pour éliminer tout risque d'erreur dû à la simulation de conditions climatiques.

DESCRIPTION DU PROJET

En 1977, les sociétés membres de la Uni-Bell PVC Pipe Association ont accepté de participer à une étude d'évaluation approfondie d'une durée de deux ans. Chaque société membre a recueilli un minimum de 12 longueurs séquentielles de tubes en PVC produits par une passe d'extrusion normale. Plusieurs sociétés ont également recueilli des échantillons de plusieurs de leurs usines pour alimenter davantage la base de données. Ceci a donné lieu à un total de 13 lots d'essai, chacun composé de 12 longueurs de tube.

Tous les tubes étaient des tuyaux SDR 35 fabriqués conformément à la norme ASTM D 3034, d'un diamètre nominal de six pouces. La composition réelle du PVC a été déterminée, vérifiée, et consignée pour chaque lot de tubes mis à l'essai.

Une longueur de tube de chaque lot d'essai a été immédiatement testée sans exposition aux rayons de soleil afin d'établir des valeurs de référence pour les propriétés mécaniques. Une autre longueur de tube de chaque lot d'essai a été placée dans un lieu d'entreposage entièrement protégé des rayons UV, de la lumière du soleil et de la chaleur excessive. Ces conduites ont ensuite été testées à titre d'échantillons de contrôle pour fournir des données sur les conduites en PVC vieilles de deux ans sans exposition aux rayons UV.

Les derniers 10 échantillons de tube de chaque lot d'essai ont été montés horizontalement sur des râteliers d'exposition surélevés spécialement conçus et placés à l'extérieur dans des endroits sans ombre. Dans la plupart des cas, des toits plats ont offert une exposition maximale et l'assurance d'aucune perturbation tout au long de la période d'essai. Chaque râtelier d'exposition a été spécialement conçu pour fournir un espace parallèle entre les tubes afin de réduire le plus possible l'ombre que ceux-ci pourraient produire les uns sur les autres. Les figures 1 et 2 montrent des râteliers d'exposition typiques. Tous les sites d'exposition au nord ont utilisé des râteliers surélevés pour empêcher ou réduire au minimum la neige qui pourrait les couvrir durant les mois d'hiver.

La figure 3 montre les emplacements de 12 sites où l'exposition aux UV de 130 longueurs de tube en PVC a eu lieu. 10 longueurs de tube ont été entreposées à chaque emplacement, sauf à Denver au Colorado, où 20 tubes ont vieilli. Les emplacements des essais ont permis d'exposition les échantillons à une large gamme de conditions climatiques variant de chaud et sec à froid et humide. Tous les échantillons ont été placés sur les râteliers d'exposition en orientant le côté imprimé vers le bas, soit le côté portant les marques d'identification du tube. Ainsi, le côté du tube opposé au côté imprimé pouvait facilement être identifié comme celui qui avait reçu l'exposition maximale aux UV après qu'on ait retiré le tube du râtelier.

L'exposition des longueurs de tube n'a pas toujours commencé à la même date. Le début de l'exposition aux UV s'est échelonné de septembre 1977 à février 1978. L'exposition était entièrement terminée en mars 1980.

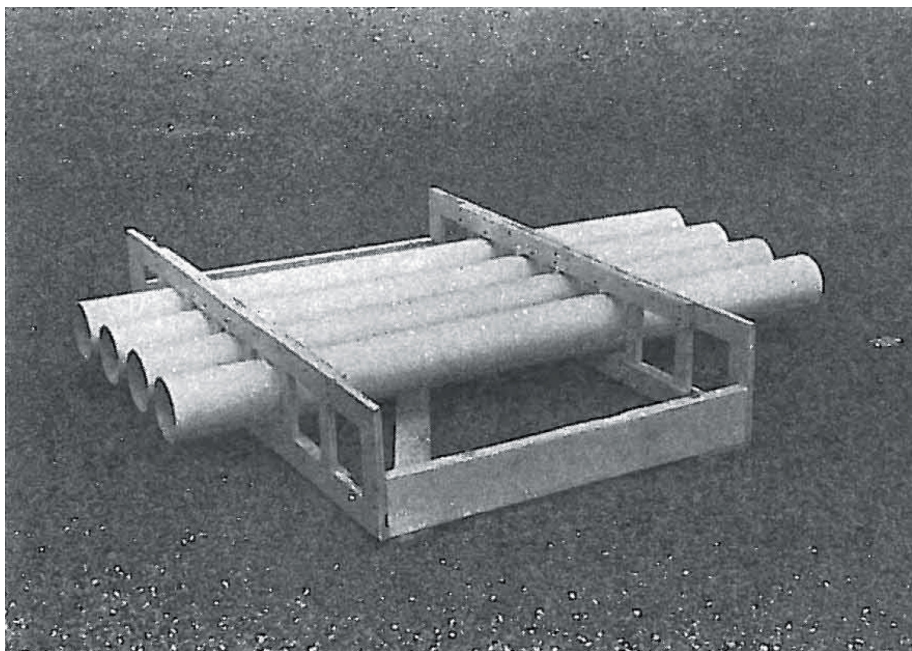


FIGURE 1
AIRE D'EXPOSITION SUR UN TOIT SANS OMBRE

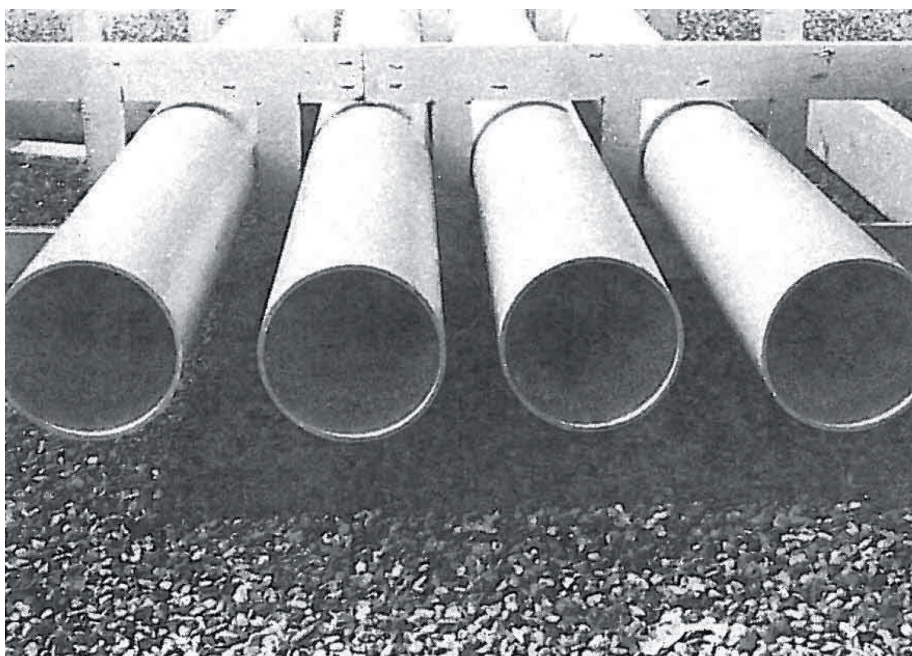


FIGURE 2
TUBES ESPACÉS DANS UN RÂTELIER D'ENTREPOSAGE
POUR MAXIMISER L'EXPOSITION AUX RAYONS DU SOLEIL

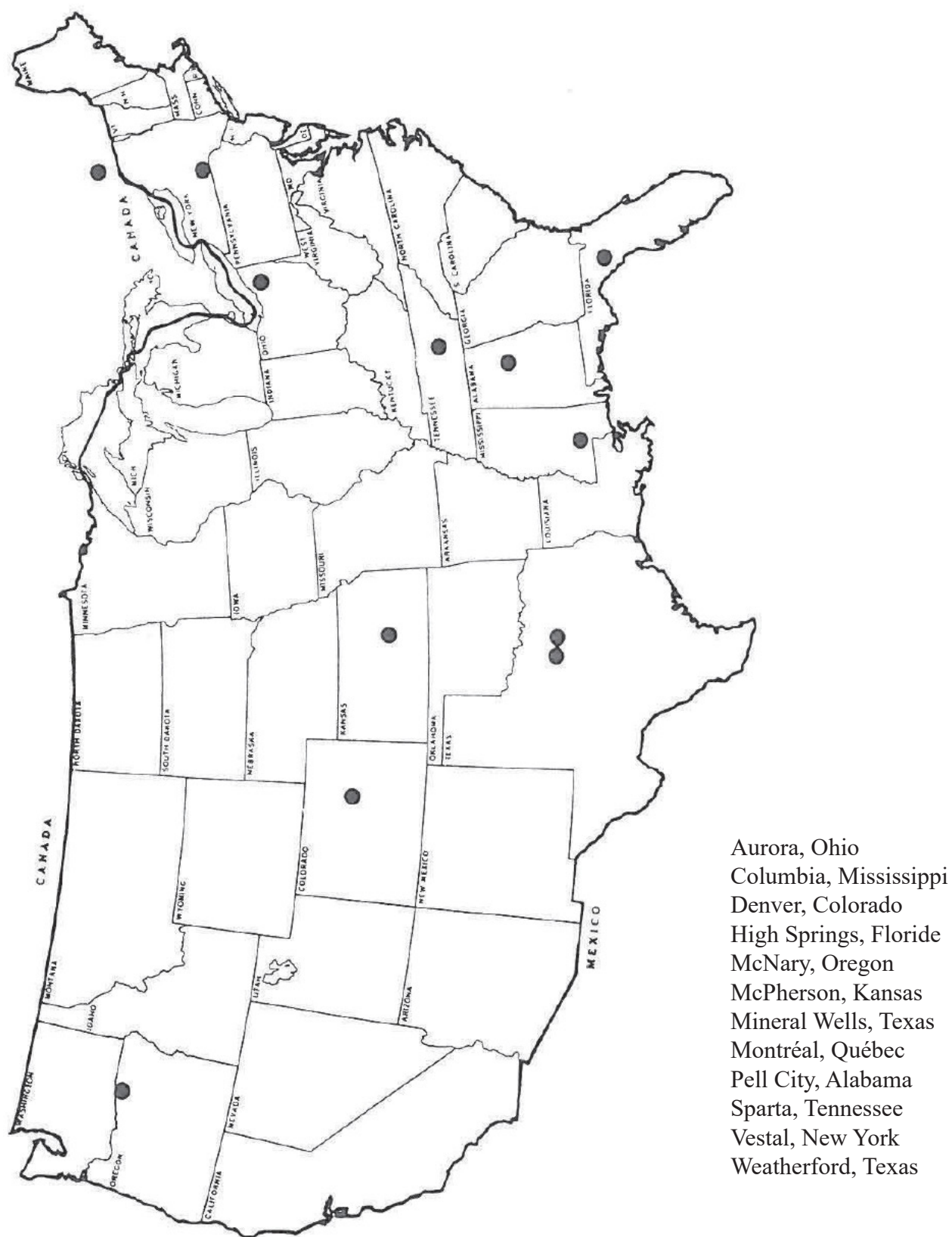


FIGURE 3
EMPLACEMENT DES 12 SITES DE VIEILLISSEMENT PAR RAYONS UV

MÉTHODES ET FRÉQUENCE DES ÉVALUATIONS

Au cours de la période d'évaluation de deux ans, des échantillons de tube ont été prélevés sur des râteliers d'exposition à intervalles réguliers, programmés pour déterminer et quantifier les variations des propriétés mécaniques importantes suivantes :

- Résistance aux chocs
- Résistance à la traction
- Module d'élasticité

En outre, des essais de rigidité et d'aplatissement ont été réalisés sur plusieurs des plus vieux échantillons de tube après les deux années d'exposition.

Durant la première période de 12 mois, un échantillon de tube de PVC a été prélevé de chaque lot d'essai à intervalle de 2 mois et mis à l'essai. Tout au long de la seconde année, des essais ont été réalisés tous les trois mois.

Les valeurs de résistance aux chocs de tous les échantillons de tube ont été établies conformément à la procédure définie dans la norme ASTM D 2444 70⁶ intitulée « Standard Test Method for Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a Tup (Falling Weight) ». Aux fins de cette évaluation, le protocole d'essai faisait appel à l'utilisation d'un marteau de 20 livres et d'un porte-plaque plat de type B (voir la norme ASTM Method D 2444 70). La longueur du spécimen utilisé pour l'essai de résistance aux chocs était de 6 pouces. Chaque spécimen a été frappé sur la portion du tube qui avait été exposée à la lumière directe du soleil (soit le côté opposé des marques imprimées sur le tube). Les valeurs moyennes de résistance aux chocs ont été calculées conformément à la section 11 de la norme ASTM Method D 2444 70.

Les essais de résistance à la traction et de module d'élasticité ont été réalisés conformément à la norme ASTM D 638 77⁷ intitulée « Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics » sur les sections aplaties, découpées dans la paroi exposée du tube de PVC (la paroi opposée aux marques imprimées sur le tube).

L'essai de résistance à la traction a été réalisé sur trois spécimens découpés dans chacun des tubes mis à l'essai à l'aide d'un extensiomètre. Chaque spécimen a été préparé à l'aide de cales étalons ou d'une lame gabarit standard. Un extensiomètre de deux pouces a été utilisé pour réaliser l'essai de module d'élasticité. Le sens de traction pour l'essai de module d'élasticité était dans l'axe longitudinal. Toutes les valeurs de module d'élasticité ont été calculées à partir de la superficie de la section transversale du spécimen d'essai.

Les essais de rigidité et d'aplatissement du tube réalisés à la fin de la période d'essai de deux ans ont été faits conformément à la norme ASTM D 2412 77⁵ intitulée « Standard Test Method for External Loading Properties of Plastic Pipe by Parallel-Plate Loading ». La rigidité moyenne a été déterminée par la mise à l'essai de trois spécimens de six pouces de longueur chacun, à un taux de fléchissement de cinq pour cent.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Les essais ont été réalisés par neuf laboratoires distincts et dans neuf emplacements différents. Cette façon de faire a permis de réduire au minimum les problèmes qui auraient été associés à la subjectivité si les essais avaient été réalisés par un seul laboratoire. Cependant, le recours à plusieurs laboratoires a présenté quelques problèmes. Plusieurs laboratoires d'essai n'étaient pas en mesure de réaliser des essais de résistance aux chocs au-delà de la limite de 220 pi lb⁴ prescrite par la norme ASTM Standard D 3034. Ceci a causé un écart standard supérieur à la normale dans les valeurs de résistance aux chocs moyenne initiale et une valeur de résistance aux chocs moyenne médiane inférieure à la valeur réelle pour les tubes mis à l'essai pendant la plus majeure partie de la première année. Ce problème ne s'est quasiment pas manifesté durant la seconde année des essais à cause de la diminution de la résistance aux chocs moyenne réelle.

Le dédoublement des résultats pour les essais réalisés par deux laboratoires ou plus constituait un autre problème à résoudre. Comme les essais avaient été réalisés par plusieurs laboratoires différents, la variation relative des résultats obtenus par chaque laboratoire a été jugée des plus significatives. Tenir compte de cette variation répondait à l'objectif de l'évaluation et a permis d'écarter les divergences entre les laboratoires. Par conséquent, les valeurs indiquées dans le tableau 1 ont été calculées en calculant d'abord les pourcentages d'écart des valeurs d'essai par rapport aux propriétés initiales de référence, et ce pour chaque laboratoire. Chacun de ces écarts a ensuite été consigné et un pourcentage d'écart médian a été calculé pour chaque période de temps.

De petites augmentations dans la résistance aux chocs moyenne ont été enregistrées pour certains échantillons de tube. Cependant, pour être conservateur et pour tenir compte de l'exactitude de l'essai de résistance aux chocs, on a interprété toutes les augmentations nettes de la résistance aux chocs comme un changement zéro sans leur attribuer une valeur positive. Les augmentations mesurées de la résistance aux chocs et du module d'élasticité ont été consignées et prises en compte sans modification pour établir les valeurs figurant dans le tableau 1.

La figure 4 est une représentation graphique des données présentées dans le tableau 1.

ANALYSE DES DONNÉES – RÉSISTANCE AUX CHOCS

Les variations les plus évidentes résultant d'une exposition prolongée aux rayons UV ont été observées dans les valeurs de résistance aux chocs. Une diminution graduelle de la résistance aux chocs a été observée durant la période d'essai de deux ans. L'importance d'une telle diminution pour les utilisateurs de conduites en PVC ne peut pas être convenablement interprétée sans que l'on examine également les valeurs de résistance déclarées.

TABLEAU 1
TABLEAU DES POURCENTAGES D'ÉCART MÉDIAN
PAR RAPPORT AUX VALEURS INITIALES

Période de vieillissement (mois)	Résistance aux chocs moyenne (%)	Module d'élasticité (%)	Résistance à la traction (%)
2	-3,7	+3,2	-1,3
4	-7,0	-0,8	0,0
6	-7,6	-4,3	0,0
8	-7,9	-2,2	+1,0
10	-9,7	-1,4	+2,0
12	-14,7	-3,1	-0,3
15	-16,7	-0,3	-1,5
18	-13,5	-2,7	-2,3
21	-12,8	-4,2	-1,5
24	-20,3	-3,9	-0,8
Contrôle	-4,4	+1,0	-1,3

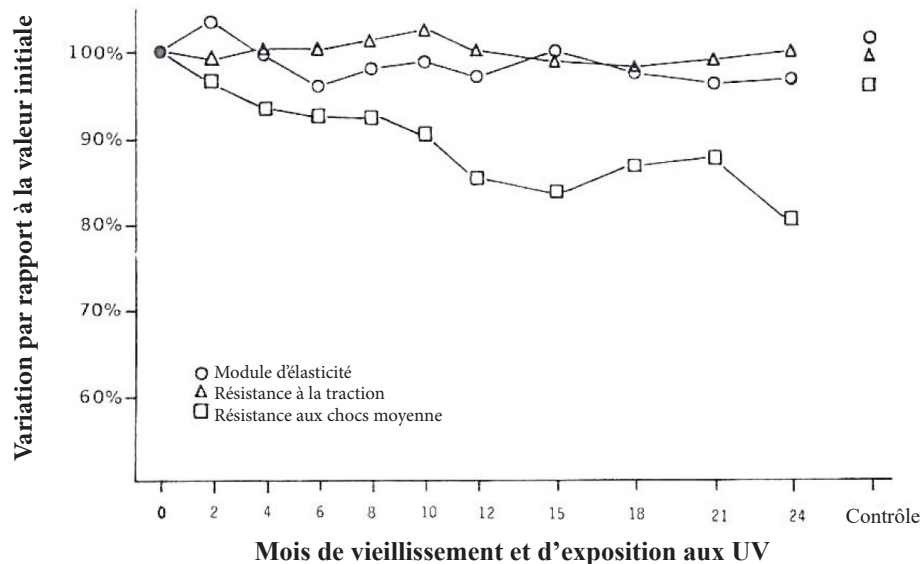


FIGURE 4
REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES VARIATIONS
DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES SUR UNE PÉRIODE D'ÉVALUATION DE 24 MOIS

Après des périodes d'exposition de deux, quatre, six et huit mois, les résistances aux chocs médianes calculées à partir des résultats moyens aux essais étaient constamment supérieures à 260 pi-lbf. De telles valeurs médianes de résistance aux chocs dépassaient de près de 25 pour cent l'exigence de contrôle de la qualité initiale du fabricant de 210 pi-lbf stipulée dans la norme ASTM D 3034 pour une conduite d'un diamètre nominal de 6 pouces.⁴ La plus faible valeur moyenne de résistance aux chocs enregistrée après 8 mois d'exposition aux UV était de 203 pi-lbf, soit 96 pour cent de l'exigence initiale de la norme ASTM.

Après une année complète d'exposition aux rayons UV naturels et à une vaste gamme de conditions climatiques difficiles, la résistance aux chocs médiane calculée pour tous les échantillons mis à l'essai dépassait de 29 pi-lbf la valeur nominale initiale de 210 pi-lbf recommandée par la norme ASTM (p. ex., la moyenne à 12 mois était de 239 pi-lbf). La plus basse valeur moyenne enregistrée a été de 168 pi-lbf, soit 80 pour cent de la valeur initiale stipulée par la norme ASTM. L'écart standard déclaré, calculé conformément à la section 11 de la norme ASTM Method D 2444 70 pour la valeur moyenne de 168 pi-lbf était de $\pm 7,67$ pi-lbf.

Un vieillissement climatique de deux ans et une exposition directe au soleil a donné lieu à une résistance aux chocs médiane globale de 228 pi-lbf, soit 108 pour cent de la valeur initiale stipulée par la norme ASTM. La plus basse résistance aux chocs moyenne après deux années d'exposition a été de 158 pi-lbf. Cependant, la plus basse résistance aux chocs moyenne signalée pour l'ensemble de la période d'évaluation a été de 139 pi-lbf après 15 mois d'exposition. La valeur de 139 pi-lbf représente 66 pour cent de la valeur initiale stipulée par la norme ASTM. L'écart standard consigné pour la valeur moyenne de 139 pi-lbf était $\pm 4,4$ pi-lbf.

Les autres produits communément utilisés pour les conduites d'égouts ont des résistances aux chocs moyennes habituellement inférieures à 100 pi-lbf et sont considérablement plus lourds par pied que les conduites d'égouts en PVC, ce qui les rend plus susceptibles aux dommages dus aux chocs. Par conséquent, même les résistances aux chocs les plus basses consignées pendant cette évaluation de deux ans ne devraient pas inquiéter les consommateurs de conduites d'égouts ni nuire à la performance de ces conduites.

RÉSISTANCE À LA TRACTION

La résistance à la traction est directement liée à la capacité de tubes de résister à des pressions internes. La cote ou classification de pression de tubes dépend de l'épaisseur de la paroi et de la résistance à la traction du matériau dont il est fait.

Les écarts moyens de résistance à la traction présentée au tableau 1 indiquent que deux années de vieillissement climatique et d'exposition aux rayons UV n'ont aucun effet sur la résistance à la traction d'une conduite en PVC. Les petits écarts qui ont été enregistrés se situent dans la plage de répétabilité normale de l'essai de résistance à la traction. La plus importante réduction moyenne pour un même échantillon enregistrée n'était que de huit pour cent.

MODULE D'ÉLASTICITÉ

La rigidité d'un tube est fonction de son diamètre, de l'épaisseur de sa paroi et du module d'élasticité du matériau dont il est fait. Compte tenu de l'exactitude et de la répétabilité de l'essai de module d'élasticité, les petits écarts moyens présentés au tableau 1 montrent que le module d'élasticité n'est pas altéré de manière significative par deux années d'exposition aux UV. La plus faible valeur moyenne de module d'élasticité enregistrée était de 387 000 psi, ce qui représente 97 pour cent de la valeur stipulée par la norme ASTM D 1784 78.³

RIGIDITÉ ET APLATISSEMENT DU TUBE

Des essais de rigidité et d'aplatissement ont été réalisés sur plusieurs des échantillons de tube après une exposition de deux ans aux rayons UV. Aucune comparaison ne peut être faite avec les valeurs initiales parce que de tels essais n'ont pas été réalisés sur les tubes quand ils étaient neufs. Par conséquent, ces données ont dû être évaluées par rapport aux exigences de la norme ASTM pour les tubes neufs. Une rigidité minimale de 46 psi à 5 pour cent de flexion et la capacité de s'aplatir jusqu'à 60 pour cent de flexion sans indication de fissuration, fendillement ni cassure sont requis initialement pour les tuyaux en PVC SDR 35 en vertu de la norme ASTM D 3034.4

Après deux ans d'exposition, tous les tubes mis à l'essai avaient des résultats encore supérieurs à ces exigences minimales.

VARIATIONS RÉGIONALES

Une comparaison entre les essais réalisés dans des sites d'exposition plus au sud, comme en Floride, en Alabama, au Mississippi et au Texas, et ceux réalisés plus au nord comme au Québec, dans l'état de New York, en Ohio et en Oregon, n'a pas été concluante. La diminution de la résistance aux chocs n'était pas nécessairement supérieure dans les emplacements plus au sud. Cependant, la comparaison entre les résultats obtenus dans les sites d'exposition plus à l'ouest (Colorado, Kansas, Oregon et Texas) et ceux obtenus plus à l'est (état de New York, Ohio, Alabama, Tennessee et Québec) ont révélé une réduction de la résistance aux chocs légèrement supérieure dans l'ouest. On présume théoriquement que le climat semi-aride des sites plus à l'ouest a procuré moins de protection nuageuse que les sites plus humides à l'est du fleuve Mississippi. Par conséquent, la durée et l'intensité générale des rayons UV était probablement plus grande dans l'ouest.

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Après deux ans d'exposition à certaines des pires conditions de rayonnement que l'on puisse trouver en Amérique du Nord, les résultats des essais indiquent que le module d'élasticité et la résistance à la traction des conduites en PVC n'ont, à toute fin pratique, pas changé. Ceci est particulièrement vrai lorsque l'on considère l'exactitude et la répétabilité des différents essais réalisés et le fait que tous les essais ont porté sur le côté exposé du tube. De surcroît, une analyse de référence de 15 années d'exposition a été réalisée et est résumée à l'annexe A.

Le fait que la résistance à la traction n'ait pas été touchée signifie que la classification de pression des conduites en PVC est demeurée constante. De plus, les données sur le module d'élasticité prouvent que la capacité des conduites en PVC de résister au trafic et à des charges dues au sol n'a pas été diminuée par deux ans d'exposition directe à la lumière du soleil. Les résultats des essais d'aplatissement et de rigidité du tube réalisés à la fin de la période de deux ans appuient ces conclusions.

Une étude antérieure de 24 mois sur les effets du vieillissement climatique a révélé que la performance des conduites en PVC est tout aussi impressionnante. Aucun changement significatif de la limite d'élasticité apparente n'a été observée.¹¹

Une réduction de la résistance aux chocs des tubes été apparente après deux ans d'exposition au vieillissement climatique et aux rayons ultraviolets. Cependant, si on tient compte de la forte résistance aux chocs initiale des conduites en PVC, ces réductions ne sont pas assez significatives pour que l'on s'en inquiète. Même les plus faibles valeurs moyennes de résistance aux chocs qui ont été enregistrées dépassent celles de bon nombre d'autres matériaux utilisés pour les tuyaux enfouis. Les bris de conduite dus à la charge dynamique observés durant la manutention et l'installation normale ne constituent pas un problème pour les conduites en PVC.

Les propriétés mécaniques souhaitées de conduites en PVC conçus pour l'enfouissement n'ont pas été négativement touchées dans une mesure significative par deux années complètes de vieillissement climatique extérieur et d'exposition directe à la lumière du soleil.

REMERCIEMENTS

Le travail pour l'établissement de ce rapport a été effectué par les sociétés membres de l'Uni-Bell PVC Pipe Association. Un programme d'essai aussi complet que celui-ci a nécessité la participation de nombreuses personnes dont la contribution a été cruciale à la réussite du projet. À tous ses employés, techniciens de laboratoire et ingénieurs de projet qui ont accordé leur temps, leurs efforts et leur intérêt à cette entreprise, l'Association tient à exprimer ses très sincères remerciements.

Un remerciement très spécial va au comité technique d'Uni-Bell qui a développé le protocole d'essai pour l'évaluation et coordonné cet effort dans son ensemble.

BIBLIOGRAPHIE

1. Hendricks, J. G ., « Weathering Properties of Vinyl Plastics, » *Plastics Technology*, mars 1955, p. 81.
2. Hendricks, J. G. and E. L. White, « Weathering Characteristics of Polyvinyl Chloride Type Plastics », *Wire and Wire Products*, octobre 1952.
3. « Standard Specification for Rigid PVC Compounds and Chlorinated PVC Compounds - ASTM D 1784-78 », *Annual Book of ASIM Standards*, Part 34, Philadelphie, PA, 1980.
4. « Standard Specification for Type PSM Polyvinyl Chloride Sewer Pipe and Fittings - ASTM D 3034-78 », *Annual Book of ASIM Standards*, Part 34, Philadelphie, PA, 1980.
5. « Standard Test Method for External Loading Properties of Plastic Pipe by Parallel-Plate Loading - ASTM D 2412-77 », *Annual Book of ASIM Standards*, Part 34, Philadelphie, PA, 1980.
6. « Standard Test Method for Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a Tup (Falling Weight) - ASTM D 2444-70 », *Annual Book of ASIM Standards*, Part 34, Philadelphie, PA, 1980.
7. « Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics - ASTM D 638-77 », *Annual Book of ASIM Standards*, Part 35, Philadelphie, PA, 1980.
8. Swasey, Chester C., « An Updated Guide for UV Stabilization », *Plastics Engineering*, août 1980, p. 33.
9. *Handbook of PVC Pipe: Design and Construction*, Uni-Bell PVC Pipe Association, Dallas, TX, 1980, p. 52.
10. Weisfeld, L. B., G. A. Thacker and L. I. Nass, « Photodegradation of Rigid Polyvinyl Chloride – Part I. Statistical Correlation of Outdoor Weathering with Indoor Artificial Source Photodegradation Phenomena », *SPE Journal*, Vol. 21, No. 7, juillet 1965, p. 649.
11. Wolter, Fritz, « Effect of Outdoor Weathering on the Performance of Some Selected Plastic Piping Materials », rapport présenté au A.G.A. Fifth Plastic Pipe Symposium, Houston, TX, 15 novembre 1974.

ANNEXE A

ESSAIS SUR UN TUYAU EN PVC APRÈS 15 ANS D'EXPOSITION AUX UV

Le tableau suivant résume les essais réalisés sur un tuyau sous pression en PVC de 15 ans qui a été continuellement exposé au soleil. Le tuyau a été retourné à son usine d'origine pour les essais et l'évaluation.

TABLE AI
DÉTAILS RELATIFS AU TUYAU ET À L'EXPOSITION AUX UV

Précisions sur le tuyau sous pression en PVC	350 mm (14 po), DR18, sous pression de 235 psi
	Certifié en vertu de la norme CSA B137.3
	Fabrique le 23 mai 1986
	Le tuyau s'est gravement décoloré à une profondeur maximale de 0,002 pouce sur environ 180 degrés de sa surface extérieure.
Lieu d'entreposage	À l'extérieur Cours du service des travaux publics de la Ville de Saskatoon 330 Ontario Avenue Saskatoon, Saskatchewan
Climat	Saskatoon enregistre en moyenne 2 380 heures d'ensoleillement par année

RÉSULTATS DES ESSAIS – 12 OCTOBRE 2001

Essai	Exigence selon la norme	Résultat réel
Rupture rapide	755 psi (CSA)	Le tuyau s'est rompu à 980 psi
Résistance aux chocs	175 pi-lb à 0 degré Celsius	5 sur 5 ont réussi l'essai à 175 pi-lb
		5 sur 5 ont réussi l'essai à 330 pi-lb
Aplatissement	Échantillon de 2 po à 95 % du diamètre extérieur (CSA)	3 sur 3 ont réussi l'essai
	Échantillon de 6 po à 60 % de diamètre extérieur (AWWA)	3 sur 3 ont réussi l'essai
Dimensions	Épaisseur de la paroi (peut varier de 21,6 mm à 24,2 mm selon la norme CSA)	Essai réussi (plage de 22,31 à 22,96 mm)
	Diamètre extérieur moyen (peut varier entre 388,25 mm et 389 mm selon la norme CSA)	Essai réussi (388,59 mm)
Qualité de l'extrusion	Immersion dans l'acétone (CSA)	Essai réussi (20 minutes, sans dégradation)

Même si le tuyau en PVC a subi des conditions extrêmes d'exposition aux ultraviolets pendant 15 ans d'ensoleillement diurne, le tuyau n'a présenté aucune perte de résistance physique et devrait être jugé très convenable pour un usage courant.



FIGURE A1
CE TUYAU SOUS PRESSION DE GRAND DIAMÈTRE A ÉTÉ ENTREPOSÉ
À L'EXTÉRIEUR ET SANS PROTECTION PENDANT 15 ANS



UNI-BELL PVC PIPE ASSOCIATION

2711LBJ Freeway, Suite 1000 Dallas, TX 75 234

Téléphone : 972.243.3902 Télécopieur : 972.243.3907

www.uni-bell.org

