



Vieillessement Thermique de Tubes en PVC Rigide pour le Transport de l'Eau

Z. HADJ AMAR , S. CHABIRA, M. SEBAA

Laboratoire de mécanique (lme), Université Amar Télidji, Laghouat 03000

Corresponding author: zinebhadjamar@gmail.com

Résumé : Ce travail porte sur le vieillissement thermique de tube en PVC rigide stabilisé au sulfate de plomb destiné au transport de l'eau sous pression. Des éprouvettes prélevées sur les tubes ont été exposées à différentes températures en présence d'air dans des étuves thermorégulées durant 3 mois. La perte de masse, la coloration et les propriétés mécaniques (essai de traction.....) ont été mesurés à différentes étapes du protocole de vieillissement.

Aux températures de 50°C et 60°C ces grandeurs ne varient que légèrement. Par contre pour des températures supérieures (T=80°C ,100 et 120°C) elles évoluent plus franchement avec la durée de vieillissement ce qui indique que le matériau subit des modifications structurales plus importantes.

Mots-clés : PVC, tube, coloration, vieillissement thermique, perte de masse, propriété mécanique.

Abstract : This work deals with the thermal ageing of rigid PVC tube stabilized with lead sulfate and used for water transportation under high pressure. Samples cut from the tubes were thermally treated at different temperatures in thermostated ovens for a duration of 3 months. Sampling from the oven has been done at regular intervals. Weight loss, coloration and mechanical properties (tensile test) were measured for each ageing time.

At the temperatures 50 and 60°C, It has been found that these just mentioned greatnesses vary only slightly. While, for higher temperatures (T= 80°C, 100 and 120°C) they evolve more significantly. The weight loss increases drastically, the mechanical properties drop suddenly and the coloration indicates that the material has structurally changed.

Keywords: PVC, Tube, Coloration, Thermal ageing, Weight- loss, Mechanical properties.

I. Introduction

Le transport de l'eau en zone subsaharienne est d'une importance primordiale en raison de l'important déficit pluviométrique de ces régions. Le transport était auparavant assuré par des canalisations en matériaux traditionnels tel que le métal, le ciment, l'amiante ciment et la céramique etc.

Le remplacement de ces matériaux par des conduites en plastique devient systématique et répond à des critères et à des normes internationales. Cependant cette pratique étant relativement nouvelle dans notre pays il ne serait pas fortuit de nous poser d'ores et déjà la question de savoir l'impact de ce matériau sur la qualité de l'eau (transfert de matière vers le milieu aqueux) et de sa résistance dans notre environnement très agressif.

Pour cela nous prévoyons dans cette étude de mettre en place un protocole de vieillissement thermique permettant de mettre en évidence la longévité du matériau par rapport à certains paramètres environnementaux de son milieu d'utilisation. Des analyses mécaniques ont été réalisées pour mettre en évidence l'impact des changements physico-chimiques subit par la structure du matériau sur les propriétés mécaniques : module élastique ou module d'Young, contrainte et élongation à la rupture.

II. Procédure expérimentale

2.1. Matériel

Le matériau utilisé dans notre étude est un tube en polychlorure de vinyle non plastifié PVC-U rigide destinée au transport des fluides sous pression, fabriqué suivant la norme EN 1452, par la société PLASTUB – Ghardaïa, Algérie.

La mise en œuvre de ce dernier nécessite, au préalable, un mélangeage du polymère (PVC poudre) avec les adjuvants nécessaires à la transformation et à la stabilisation du matériau. La teneur respective des différents constituants en pourcentage massique est la suivante:

- PVC poudre: 86 % (Oxyvinyls 225; PVC-S; OxyVinyls, LP Dallas, Texas).
- Stabilisant et lubrifiant : 2% (NAFTOMIX LFD 0074 ; à base de sulfate tribasique de plomb ; Chemson- Polymer Additive AG, Austria, Autriche).
- Charges : 5% (l'OMYALITE 95T, carbonate de calcium ; Omya SAS, Paris France) .
- Noire de carbone 7%.

Le mélange cité ci-dessus est homogénéiser dans un mélangeur thermomécanique (mélangeage + chauffage à 70°C), cette opération est appelée prégélification et permet d'obtenir un mélange de poudre sèche prêt à l'emploi.

Le mélange est ensuite versé dans une trémie qui alimente une extrudeuse monovis comprenant un corps avec une vis de plastification et un fourreau chauffé et à son bout est fixé une filière qui donne la forme au tube.

La rotation de la vis de plastification assure l'homogénéisation du polymère fondu, sa progression vers la filière et la pression nécessaire à son extrusion. La filière permet la conformation souhaitée pour le produit extrudé. Un système de tirage et de refroidissement et éventuellement de coupe termine la chaîne de fabrication [1].

2.2. Echantillonnage

Les éprouvettes, de forme et de dimension normalisé (norme ISO 6259-2), sont prélevées sur un tube en PVC rigide (diamètre extérieur = 630 mm, épaisseur = 3 mm ± 0.3, Pression nominale en bars PN 10), à l'aide d'un emporte-pièce prévue à cette effet.

2.3. Vieillessement thermique des éprouvettes

Les éprouvettes ont été vieilles à différentes températures (50, 60, 80, 100 et 120 °C) à l'air dans des étuves thermo-régulées (Memmert.F.Nr :207.0509E207.0509E207.0509 ; E207.0510 ;6507.1290 ; 6507.1291 ; C511.0092.Allemagne) durant 90 jours.

2.4. Caractérisation

2.4.1 Perte de masse

La mesure de la perte de masse des éprouvettes soumises au vieillissement se fait par une pesée avant (m_0) puis après (m_t) le vieillissement. La perte de masse étant calculée par la différence entre les deux mesures (équation 1). La pesée est faite sur une balance analytique de haute précision ± 10⁵ g (KERN ALS220-4N).

Calcul de la perte de masse :

$$\Delta M = m_0 - m_t \quad (1)$$

Les masses sont mesurées en gramme

Le taux de variation de la perte de masse est exprimé par l'équation 2.

$$\tau = (m_0 - m_i) / m_0 \cdot 100 \quad (2)$$

2.4.2 Essai de traction

Les éprouvettes vierges et vieillis de PVC ont été testés à l'aide d'une machine de traction uniaxiale (Rochdale, modèle 500-50AT) les conditions opératoire sont conforme à la norme ISO 6259-2.

La vitesse de déformation est fixée à 5 mm /min. Pour vérifier la reproductibilité de l'essai et de même pour pouvoir calculer la variance nous avons procédés à 5 essais par point de mesure [3,4]. Les points de mesures permettant de tracer les courbes en fonction du temps de vieillissement sont les valeurs moyennes des 5 essais.

Les essais de traction ont permis entre autre la mesure des propriétés extrêmes du matériau que sont la contrainte à la rupture (σ_r) et l'allongement à la rupture (ϵ_r).

III. Resultats et discussion

3.1. Perte de masse

Les figures 1 et 2 représentent les taux de variation de la perte de masse en fonction du temps de vieillissement réalisé à différentes températures.

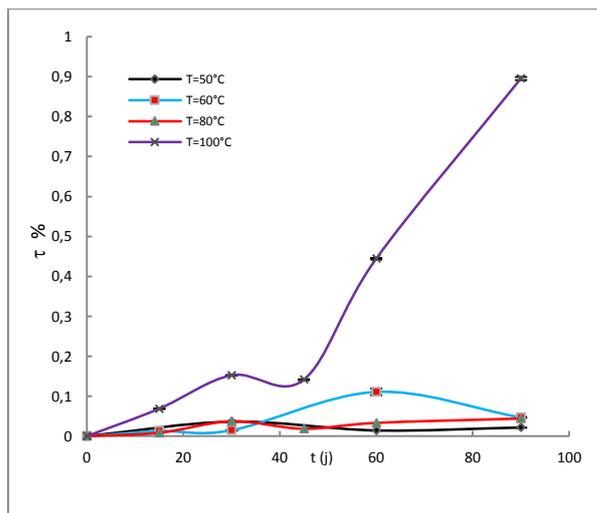


Fig.1 :Taux de variation de la perte de masse des éprouvettes vieillis a différentes températures.

On constate que la perte de masse évolue avec la durée d'exposition et augmente avec la

température, plus la température de vieillissement est élevé plus la perte de masse est importante.

Pour les températures égales ou inférieur à Tg la perte de masse est irrégulière. C'est une alternance d'augmentation et de diminution. L'augmentation peut être interprété comme un dégagement de chlore labile (sous une forme acide ex : HCl).

En plus de l'abstraction du chlore il y également celle d'un hydrogène ce qui conduit probablement à la formation de polyènes (changement de couleur du matériau,fig.3) [5]. La diminution de la perte de masse peut s'expliquer par la fixation de l'oxygène en raison d'un processus d'oxydation des chaines polymériques résultant d'un mécanisme de vieillissement thermochimique.

Pour les températures au dessus de Tg (soit, T= 100 et 120°C) la courbe de perte de poids après une courte période d'incubation s'autoaccélère et augmente de manière impressionnante [6,7].

A 120°C la perte de masse représente plus de 30% de sont poid initial aussi on en déduit qu'à une telle temepérature le matérieu se dégrade de manière importante et l'on peut parler d'une carbonation du matériau en fin de protocole.

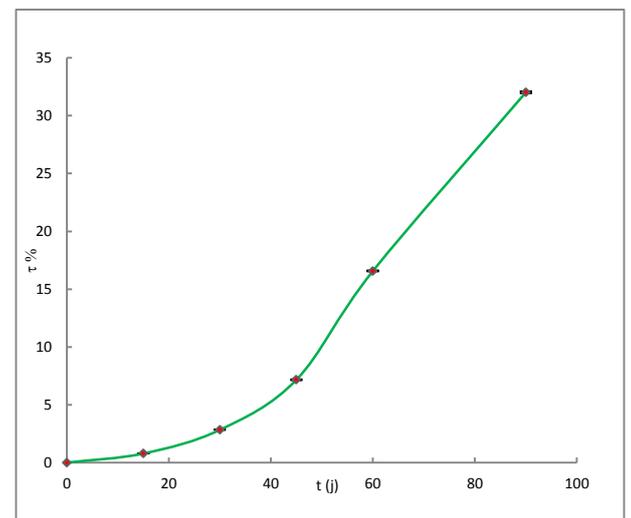


Fig.2 :Taux de variation de la perte de masse des éprouvettes vieillis a T=120°C

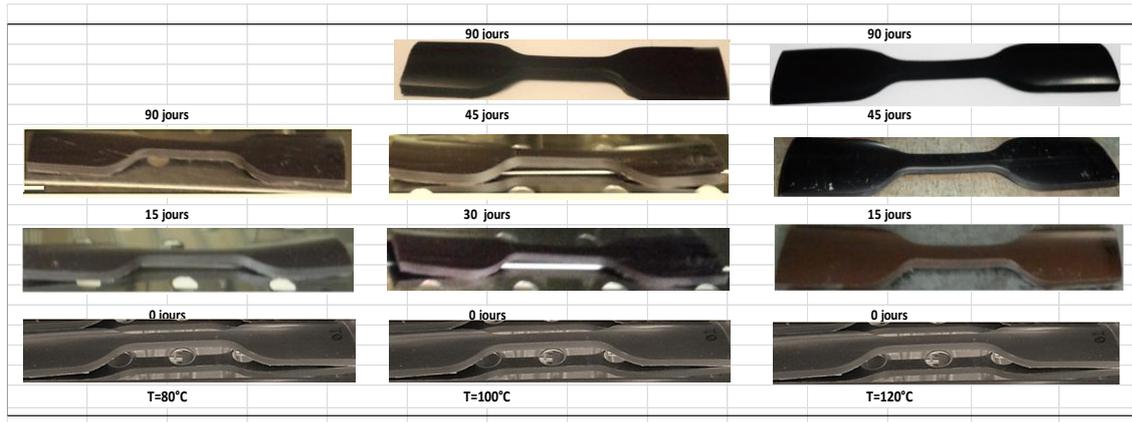


Fig.3 :Coloration des éprouvettes vieillis sous l'effet de température et de temps

3.2. Essais de traction

Sur les figures 4 et 5 sont représentées les variations de la contrainte à la rupture et de l'allongement à la rupture en fonction du temps de vieillissement.

Pour les températures inférieures ou égales à T_g la contrainte varie de manière irrégulière mais semble diminuer avec l'augmentation de la température.

Les changements structuraux tels que les coupures de chaînes sont responsables de la diminution de σ_r , par contre sont augmentation peut être relier aux réactions de réticulations. Au dessus de T_g (100 et 120°C) la diminution est plus importante et elle s'accroît avec l'augmentation de la température.

On en déduit que les réactions de coupure de chaînes à 120°C sont plus importantes et précipitent la perte des propriétés mécaniques. La représentation de l'allongement à la rupture (ϵ_r) en fonction de la durée d'exposition figure 5 montre d'avantage l'effet des changements structuraux sur le comportement mécanique.

Pour les températures égales ou supérieures à T_g la chute de ϵ_r est brutale et ce immédiatement au début du protocole de vieillissement. La variation ϵ_r est cependant beaucoup moins importante pour les températures inférieures (50 et 60°C) à T_g . On en déduit que l'élongation est une grandeur mécanique plus sensible aux changements structuraux (tels que les coupures de chaînes) que la contrainte.

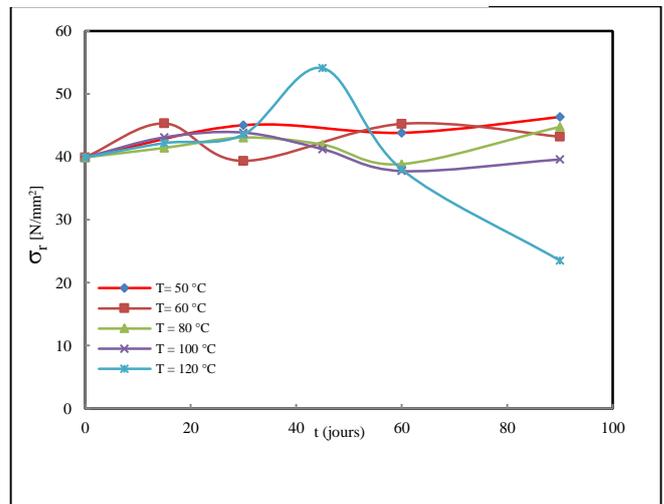


Fig.4 :Variation de la contrainte a la rupture en fonction de température de vieillissement

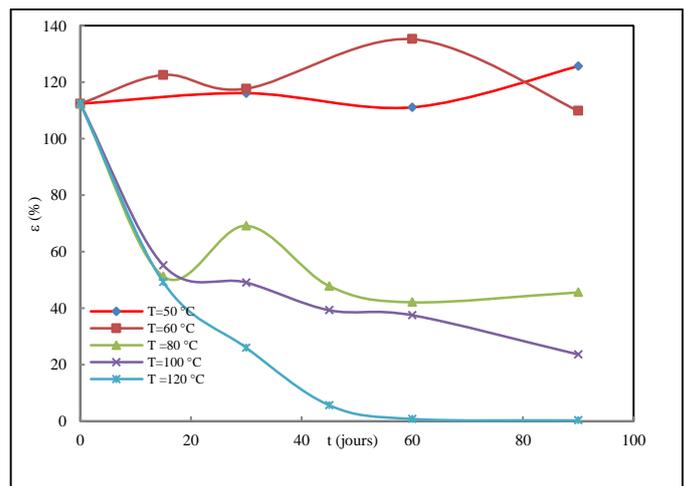


Fig.5 :Variation de la déformation a la rupture en fonction de temps de vieillissement

IV. Conclusion

Cette étude porte sur l'influence du vieillissement thermique sur les propriétés physico-mécanique de tube en PVC rigide. Les résultats obtenus mettent en évidence les phénomènes de dégradation qui se manifestent par des réactions d'oxydations (augmentation de la masse) et de déhydrochloruration (perte de masse, d'HCl + formation de polyènes) [4,8].

Les réaction de réticulation sont responsable de l'amélioration de la contrainte à la rupture.

Par contre les réactions de coupure de chaînes plus importantes sont responsable de la diminution de la contrainte à la rupture ainsi que de la chute brutale de son élongation.

Cette étude pluridisciplinaire nécessite la mise en œuvre d'autres techniques physico-chimiques de caractérisation pour pouvoir comprendre et mettre en évidence la relation qui existe entre l'évolution structurale du matériau et ses propriétés physico-mécaniques.

V. Références

- [1] J. Bost, Matières plastiques, technique et documentation -Lavoisier, Paris 1992.
- [2] D. Atek, N. Belhaneche-Bensemra, FTIR investigation of the specific of additives from rigid poly(vinyl chloride), Eur Polym J Vol 41:707-714,2005.
- [3] I. Mkacher, Vieillessement thermique des gaines PE et PVC de câbles électriques, Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, Oct 2012.
- [4] N. Gallouze, N. BELHANECHÉ-Bensemra, C. ZEDDAM, Etude de vieillissement de PVC stabilisé à l'huile de tournesol époxydée sous l'action des pollution atmosphérique, Soc.Alger.Chim, 17(1) ,51-64,2007.
- [5] K.A. Polozkov., A.E. Chalykh, V.K. Gerasimov, V.V. Matveev, et A.D. Aliev , A Study of the Thermal Degradation of Poly(Vinyl Chloride), Protection of metals, 44(5) ,537-540,2008.
- [6] C. Decker, M. Balandier, Degradation of poly(vinylChloride)by UVradiation-I Kinetics and quantum yields,,Eur Polym J Vol 18(12),1085-1091,1982.
- [7] J. L. Gardette, J. Lemaire, Acquis récents dans l'étude du photovieillessement du PVC, Caoutchoucs et plastiques Vol 672,133, 1987.
- [8] J. Bardon, C. Mendibide, C. Becker, D. Ruch, A .Riche, O. Buchheit, F. Aubriet, J. F .Muller, Etude de changement de propriétés consécutif au vieillessement par irradiation ultraviolet du polychlorure de vinyle,Revue technique luxembourgeoise(Eds),Association Luxembourgeoise des Ingénieurs, Architectes et Industriels, 1-8,2005 .