

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun – TIARET



Faculté des Sciences de la Matière  
Département de Physique

Mémoire

présenté par :

Mr : Saadi Yassine

Pour obtenir le diplôme de

**Master**

Filière : Physique

Spécialité: Nanophysique

**Etude du vieillissement des matériaux polymères**

Soutenu le : 1 juillet 2018

Devant le jury:

■	Mr BENRABAH B	Pr	Président
■	M <sup>r</sup> LARABI A	MCB	Examineur
■	Mr DJAKHDENE K	MCB	Encadreur
■	M <sup>me</sup> C. BENHAOUA	MCB	Co-Encadreur

Année universitaire 2017/2018

# Dédicace

*Je tiens à dédier ce modeste travail à:*

*Mes très chers PARENTS.*

*Mes SŒURS et mes FRÈRES*

*qui m'ont encouragé.*

*A tous mes amis*

*Mes collègues de Ma petite promotion*

*à ( Aek ZAOUI (R-ALLAH), M.TOUATI,*

*k.BOUDJENANE).*

# Remerciements

*Premièrement, je remercie Allah le tout puissant de m'avoir accordé la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.*

*Cette thèse a été réalisée au sein du Laboratoire de Génie Physique, Faculté des Sciences de la Matière - Université Ibn khaldoun -Tiaret.*

*Je remercie le Docteur DJAKHDANE. K et Le Docteur BENHAOUA .C qui m'ont aidé pour mener à bien ce travail de master, tous les conseils fournis pendant toute la durée de ce mémoire. Je les remercie également pour la grande confiance l'enthousiasme, le dynamisme et leurs investissements quotidien.*

*Je remercie : le Professeur BENRABH.B d'avoir accepter la présidence du jury de ce travail.*

*Je remercie, également le Docteur LARABI. A d'examiner ce mémoire de Master.*

*Je remercie le Professeur BOUAZA.A, Directeur du Laboratoire de Génie Physique(LGP) pour son soutien moral.*

*Je remercie le Docteur BENHAOUA. C, Chef de Département de Physique.*

*J'exprime mes profonds remerciements à mes parents*

*J'adresse mes remerciements à tous les enseignants de FSM université Ibn khaldoun*

*A tous les ingénieurs de l'université Ibn khaldoun –Tiaret (F.SM et SA).*

*A tout le groupe pédagogique du Département de Physique*

*A tout le groupe administratif de la Faculté des Sciences de la Matière*

*A tous un grand merci*

**SAADI Yacine**

# Table de matière

<b>I - Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
---------------------------------------	----------

## Chapitre I

<b>I.1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>p4</b>
<b>I.2</b>	<b>Définition du polymère .....</b>	<b>p4</b>
<b>I.3</b>	<b>Exemples des polymères .....</b>	<b>p4</b>
<b>I.4</b>	<b>Différents types de polymères .....</b>	<b>p6</b>
<b>I.4.1</b>	<b>Les homopolymères .....</b>	<b>p7</b>
<b>I.4.2</b>	<b>Les copolymères .....</b>	<b>p7</b>
<b>I.5</b>	<b>Classification selon le comportement avec la température .....</b>	<b>p8</b>
<b>I.5.1</b>	<b>Polymères thermoplastiques .....</b>	<b>p8</b>
<b>I.5.2</b>	<b>Polymères thermodurcissables .....</b>	<b>p8</b>
<b>I.5.3</b>	<b>Élastomères .....</b>	<b>p8</b>
<b>I.6</b>	<b>Classification selon l'origine .....</b>	<b>p9</b>
<b>I-6.1</b>	<b>Polymères naturels .....</b>	<b>p9</b>
<b>I-6.2</b>	<b>Polymères artificiels .....</b>	<b>p9</b>
<b>I-6.3</b>	<b>Polymères synthétiques .....</b>	<b>p9</b>
<b>I.7</b>	<b>Structure Du Polymère .....</b>	<b>p9</b>
<b>I-7.1</b>	<b>Structure primaire .....</b>	<b>p9</b>
<b>I-7.2</b>	<b>Structure secondaire .....</b>	<b>p10</b>
<b>I-7.3</b>	<b>Structure tertiaire.....</b>	<b>p10</b>
<b>I.8</b>	<b>Les propriétés des polymères .....</b>	<b>p10</b>
<b>I-8.1</b>	<b>Propriétés thermiques .....</b>	<b>p11</b>
<b>I-8.2</b>	<b>Propriétés mécaniques .....</b>	<b>p11</b>
<b>I-8.3</b>	<b>Les propriétés électriques et électro-optiques .....</b>	<b>p11</b>

I-8.4 Propriétés physique et chimique .....	p11
I.9 Dégradation des polymères .....	p12
I.9.1 Définition de vieillissement .....	p12
I.9.2 Principaux types de vieillissement.....	p12
I.9.3 Vieillessement physique .....	p12
I.9.4 Vieillessement chimique .....	p13
I.9.5 Dégradation thermique .....	p13
I.10 Vieillessement naturel.....	p13
I.11 Conclusion .....	p16

## Chapitre II

II. INTRODUCTION .....	P18
II. 1.Le matériau étudié .....	P18
II.2. protocoles expérimentaux.....	P18
II.3. le principe de traction .....	P18
II.3.1. Nos objectifs .....	P19
II.3.2. Mode opératoire de la traction mécanique .....	P19
II.3.3. Éprouvettes de traction.....	P20
II.4. PRINCIPE DE LA METHODE DE CREEP .....	P21
II.4.1. mode opératoire du fluage mécanique .....	P21
II.5. SPECTROPHOTOMETRIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER...	
.....	P 22
II.5.1 LE DOMAINE DE L'INFRAROUGE .....	P 23
I.5.2. Le principe de mesure .....	P 23
II.6. CONCLUSION .....	P 23

## Chapitre III

III INTRODUCTION .....	P 25
III-1 LES RESULTATS DE LA TRACTION MECANIQUE .....	p25
III.2. LE CALCULE DU MODULE D' YOUNG DE (PEBD) VIEILLIE .....	P 28

<b>III.3. LES RÉSULTATS DE LA TRACTION MÉCANIQUE PAR LA MÉTHODE DE CREEP .....</b>	<b>P 29</b>
<b>III.4. SPECTROPHOTOMÉTRIE INFRAROUGE À TRANSFORMÉE DE FOURIER .....</b>	<b>P 32</b>
<b>III.5 conclusion .....</b>	<b>p35</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>p37</b>

# Liste des figures et tableaux

## Liste des figures

<b>Figure 1 : Le domaine d'application des plastiques</b>	<b>P1</b>
<b>Figure I.1 a chaîne polyéthylène</b>	<b>p4</b>
<b>Figure I.2 la chaîne polypropylène</b>	<b>p5</b>
<b>Figure I.3 La Chaîne polychlorure de vinyle</b>	<b>p6</b>
<b>Figure I.4 La Chaîne polystyrène</b>	<b>p6</b>
<b>Figure I.5 Les différentes familles des homopolymères</b>	<b>p7</b>
<b>Figure I.6 Les différentes familles des copolymères</b>	<b>p7</b>
<b>Figure I.7 La structure secondaire</b>	<b>p10</b>
<b>Figure I.8 La structure tertiaire</b>	<b>p10</b>
<b>Figure I.9 Sollicitations climatiques</b>	<b>p14</b>
<b>Figures II.1 : Préparation des échantillons</b>	<b>p19</b>
<b>Figures II.2 : La plaque de refroidissement</b>	<b>p19</b>
<b>Figures II.3 Appareil de contrainte</b>	<b>p20</b>
<b>Figure II.4. Eprouvette normalisée</b>	<b>p20</b>
<b>Figure II .5 : Le fluage manuelle</b>	<b>p21</b>
<b>Figure II. 6 : Le principe des mesures de transmission infrarouge</b>	<b>p22</b>
<b>Figure III.1 Evolutions de la déformation du film Agro-film vieillie durant un mois.</b>	<b>P25</b>
<b>Figure III.2. Evolutions de la déformation du film Agro-film vieillie durant 45 jours..</b>	<b>p25</b>
<b>Figure III.3. Évolutions de la déformation du film Agro-film vieillie durant deux mois</b>	<b>p26</b>
<b>Figure III.4 : L'allure globale d'une courbe contrainte-déformation pour un essai de traction d'un polymère</b>	<b>P27</b>
<b>Figure III.5 : Les Variations de la déformation en fonction du temps (30j)</b>	<b>p30</b>
<b>Figure III.6 : Les Variations de la déformation en fonction du temps (45j)</b>	<b>p30</b>

**Figure III.7 : Les Variations de la déformation en fonction du temps (60j) .....p31**

**Figure III.8 : La courbe de fluage .....p31**

**Figure III.9 : Spectre IR à différentes T pendant 30 jours ..... p32**

**Figure III.10 : Spectre IR à différentes T pendant 45 jours..... ...p33**

**Figure III.11 : Spectre IR à différentes T pendant 60 jours ..... p33**

**Figure III.12 : Le spectre du PE vierge avec les différentes bandes de vibrations .....p34**

**Liste des tableaux**

**Tableau. I-1 Principaux agents climatiques influençant le vieillissement naturel.....p15**

**Tableau III.1..... p28**

**Tableau III.2..... p29**

**Tableau III.3 .....p29**

# Introduction

---

## I - Introduction générale

La consommation des matières plastiques n'a cessé d'évoluer depuis leur apparition sur le marché mondial. Ces matériaux ont aujourd'hui un rôle majeur dans notre quotidien et sont utilisés dans de nombreux domaines comme le textile les bouteilles, le bâtiment ou encore le secteur de l'emballage qui est le premier débouché (44% de la demande en matières plastiques en 2011)<sup>1</sup>. (Figure 1)



**Figure 1** : *Le domaine d'application des plastiques*

Un tel degré d'intégration démontre de lui-même les propriétés versatiles des polymères. Les plastiques peuvent être classés selon trois familles : les élastomères, les thermodurcissables (polymères tridimensionnels) et les thermoplastiques (polymères linéaires ou ramifiés), principalement utilisés dans l'emballage. Ses propriétés mécaniques (ténacité, résistance au choc...) leur permettent d'être utilisés dans de nombreuses applications, avec un caractère adaptable aux besoins sans subir d'endommagements.

Leur coût, en considérant les polymères de commodité tels que les polyoléfinés (PE, PP), plus abordable que le bois ou le métal, est également un véritable avantage qui a sans aucun doute accéléré son important développement. Enfin, sa facilité de mise en œuvre comme par exemple par injection, extrusion soufflage, ou encore thermoformage lui a permis de devenir un matériau incontournable dans l'industrie.

Cependant, la plupart des plastiques et des polymères synthétiques actuels sont issus de ressources pétrochimiques. Ces ressources ne cessent de diminuer et leur prix est fluctuant car

---

<sup>1</sup>M. Loubry, "Plastics Europe : la production de matières plastiques en France et en Europe, 2012

## Introduction

---

très dépendant des cours du pétrole. Leur durée de vie, qui peut être un avantage pour certaines applications à durée d'utilisation longue, peut aussi être un inconvénient dans le domaine de l'emballage. En effet, la courte durée d'utilisation des emballages entraîne une quantité importante de déchets. De plus, l'élimination de ces déchets en fin de vie est souvent difficile.<sup>2</sup>

Les travaux de cette thèse portent donc sur l'étude du vieillissement des polymères. Dans le but de découpler les phénomènes de dégradation, différents milieux sont considérés comme l'eau naturelle, l'eau de filtrée et l'eau distillée. La température est utilisée pour accélérer le vieillissement. Il s'agit de contribuer à la compréhension des mécanismes de dégradation de ces polymères.

Le premier chapitre consiste en une étude bibliographique. Il rappellera dans un premier temps les différents types des polymères, quelques définitions ainsi que les différentes propriétés de ces polymères. Les mécanismes physico-chimiques associés à la dégradation.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des matériaux utilisés. Les techniques de caractérisation physico-chimique seront présentées. Les différentes conditions de vieillissement.

Le troisième chapitre, est consacré à la présentation et discussion des résultats expérimentaux.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale où seront résumés les informations tirés de cette étude. Quelques perspectives seront également présentées.

---

<sup>2</sup>C. Duval, *Matières plastiques et environnement: recyclage, valorisation, biodégradabilité, écoconception*. Dunod, 2004.

# *Chapitre I*

## *Rappel bibliographique*

## I.1 INTRODUCTION

Les plastiques (polymères) inventés au XX<sup>ième</sup> siècle ont remplacé les matériaux traditionnels comme le bois ou le métal<sup>3</sup>. Les recherches menées pour améliorer et diversifier leurs propriétés les destinent à de nombreuses utilisations. Les matières plastiques sont légères, hygiéniques, durables et faites sur mesure. C'est grâce à toutes leurs qualités qu'elles sont devenues irremplaçables et omniprésentes dans les objets de notre vie quotidienne.<sup>4</sup>

## I.2 DEFINITION DU POLYMERE :

Un polymère est une macromolécule formée de l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs monomères (qui sont également appelés motifs) et préparée à partir de molécules appelées monomère.

## I.3 EXEMPLES DES POLYMERES :

### Le Polyéthylène

Il dérive de la polymérisation de l'éthène :  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ , monomère du polyéthylène. On écrit plus simplement le PE :  $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$  avec n un entier. L'unité de répétition est  $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)$ .

Il s'agit d'une paraffine, la plus utilisée, c'est le matériau d'emballage par excellence (sac plastique, sac poubelle, bouteille de produit d'entretien)

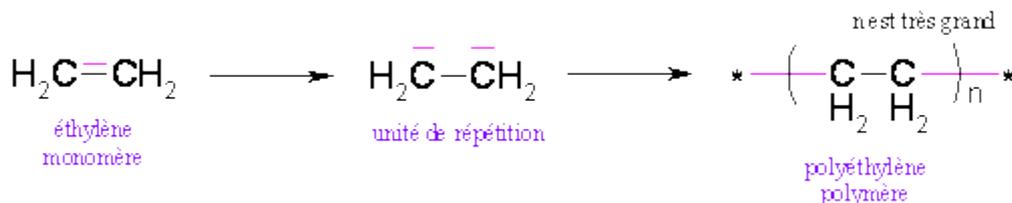


FIGURE I-1: la chaîne polyéthylène

Les caractéristiques du polyéthylène :

La densité ( $\text{g cm}^{-3}$ ) : 0.92

La résistivité de surface ( $\Omega / \text{m}$ ) : 1013

La résistance diélectrique ( $\text{KV mm}^{-1}$ ) : 27

La résistivité volumique ( $\Omega / \text{m}^2$ ) : 1015- 1018

<sup>3</sup>[http://www.atomer.fr/1/1\\_abreviations\\_des\\_polymeres.html](http://www.atomer.fr/1/1_abreviations_des_polymeres.html)

<sup>44</sup>Krawczak P, Villoutreix G, Agassant JF, Binetruy C, Lacrampe MF. - Plastiques et composites, *Techniques de l'Ingénieur*, AM15, 2003. 4 p

Il en existe de nombreux types mais ceux-ci sont généralement classés dans deux grandes familles qui se définissent en fonction de leur masse volumique<sup>5</sup> :

- polyéthylènes basse densité ou PE-BD :  $0,92 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,94 \text{ g/cm}^3$ . (On appelle cela polyéthylène ramifié)

- polyéthylènes haute densité ou PE-HD :  $0,92 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,97 \text{ g/cm}^3$ . On appelle cela polyéthylène non ramifié)

Le polyéthylène est produit par polymérisation radicalaire de l'éthylène, sous des pressions de 100 à 350 MPa et à des températures de 150 à 350°C (dans ces conditions, la masse volumique de l'éthylène est de 400 à 600kg/m<sup>3</sup> et sa concentration de 13 à 21 mole/l.

### Le polypropylène (PP)

Le terme de polypropylène (PP) ou de (polypropène) renvoie à un polymère thermoplastique semi-cristallin synthétisé pour la première fois au milieu des années 1950. Il est issu de la polymérisation de monomères propylène un hydrocarbure simple de la classe des alcènes ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ ) et la seconde molécule de la pétrochimie — en présence de catalyseurs.

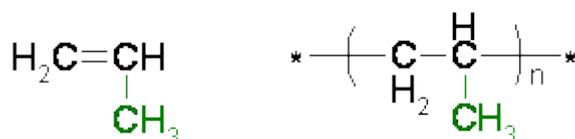


FIGURE I-2: la chaîne polypropylène

Le polypropylène sert à fabriquer des textiles, essentiellement industriels ou de ménage (combinaisons de peinture, masques chirurgicaux, etc.).

Ainsi, on trouve des pièces en polypropylène dans nos voitures : pare-chocs, tableaux de bord, etc.

<sup>5</sup>THESE DE DOCTORAT, Ludovic DOUMINGE, 2010, Spécialité Sciences des Matériaux

Le polychlorure de vinyle (PVC).

Le polychlorure de vinyle dont l'abréviation internationale est PVC de formule générale :

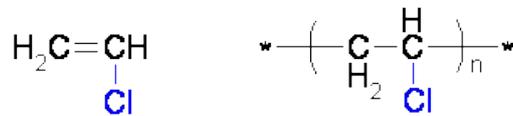


FIGURE I-3: *La Chaîne polychlorure de vinyle*

est une matière thermoplastique de synthèse obtenue par polymérisation du chlorure de vinyle(CVM) ou monochloréthylène, On l'utilise pour la fabrication des chaussures synthétiques et des disques.

Le polystyrène (PS) :

Le polystyrène est un plastique dur, cassant et transparent. C'est un produit industriel courant largement diffusé, offrant de très nombreux usages. On le reconnaît facilement à un blanchissement sur les zones de contraintes avant la rupture ou à sa fumée noire et à son odeur caractéristique lors de sa combustion. On l'utilise pour fabriquer du mobilier, des emballages, des grilles de ventilation, des jouets, des verres plastiques.

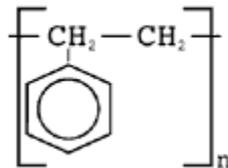


FIGURE I-4: *La Chaîne polystyrène*

**I.4 DIFFERENTS TYPES DE POLYMERES.**

Nous pouvons classer les polymères selon le comportement avec la température, selon leurs unités ou leur origine.

Classification selon leur unité, il existe deux types : les homopolymères et les copolymères<sup>6</sup>

<sup>6</sup>Nomenclature, classification et formules chimiques des polymères Cécile-Anne NAUDIN Ingénieur de l'École Supérieure de Chimie Industrielle de Lyon Responsable de traités aux Techniques de l'Ingénieur.

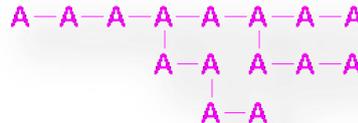
**I.4.1 Les homopolymères :**

Les homopolymères sont des polymères qui ne possèdent qu'une seule unité. Exemple le polyéthylène.<sup>6</sup>

Il existe, au sein des homopolymères, différentes familles, nous trouvons :

- les homopolymères linéaires :A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A

- les homopolymères branchés :



- Les homopolymères étoilés :

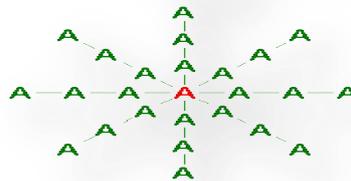


FIGURE I-5: Les différentes familles des homopolymères

**I.4.2 Les copolymères :**

Les copolymères sont des polymères qui possèdent plusieurs unités. Ils sont classés dans différentes familles<sup>7</sup>. Nous trouvons :

- Le mode statistique : A-A-B-A-B-B-B-B-A-A-B-A

- Le mode alterné : A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B

- Le mode séquencé : A-A-A-A-A-A- B-B-B-B-B-B

- Le mode greffé :

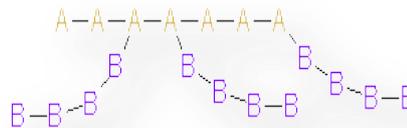


FIGURE I-6: Les différentes familles des comopolymères

<sup>7</sup>P. Combette et I. Ernout, physique des polymères tome I : STRUCTURE, FABRICATION ET EMPLOI. Hermann éditeurs (2005).

Les polymères, qu'ils soient homo ou copolymères, peuvent être réticulés.

Un polymère réticulé est un polymère dont certaines de ses chaînes sont reliées entre elles par des ponts chimiques covalents. La plupart des polymères doivent être réticulés avant leur utilisation. En effet, un polymère est un liquide et pour le maintenir en place, il faut le réticuler.

## **I.5 CLASSIFICATION SELON LE COMPORTEMENT AVEC LA**

### **TEMPERATURE:**

#### **I.5.1 Polymères thermoplastiques**

Ils sont constitués de chaînes indépendantes : la cohésion entre macromolécules est assurée uniquement par les liaisons faibles, qui se dissocient au passage de la température de transition vitreuse, permettant un mouvement relatif des chaînes et un comportement visqueux à chaud. Les thermoplastiques sont le plus souvent obtenus par polyaddition<sup>8</sup>.

Parmi les principaux thermoplastiques, on cite le polyéthylène PE, le polypropylène PP, le polystyrène PS, le polychlorure de vinyle PVC, les polyamides PA.

#### **I.5.2 Polymères thermodurcissables**

Leurs chaînes sont fortement réticulées par des liaisons covalentes dans les trois directions de l'espace : ces liaisons résistent à l'agitation thermique jusqu'à la température de pyrolyse ou de combustion. Ces polymères ne présentent donc ni transition vitreuse marquée, ni fusion<sup>7</sup>.

#### **I.5.3 Élastomères**

Les élastomères constituent une famille particulière de « hauts polymères » et se distinguent des plastiques (quelquefois appelés *plastomères*) par des comportements différents du point de vue, en particulier, de leur rigidité, de leur déformabilité et de leur résilience. Contrairement aux plastiques, les élastomères ont une température de transition vitreuse inférieure à la température ambiante<sup>6</sup>. Exemples : Caoutchouc naturel, polybutadiène, polyisoprène.

---

<sup>8</sup>Aide-mémoire science des matériaux livre écrit par Michel Dupeux

**I.6 CLASSIFICATION SELON L'ORIGINE****I-6.1 Polymères naturels**

Sont obtenus à partir de sources végétales ou animales. A cette catégorie, appartiennent toutes les familles de polysaccharides (cellulose, amidon, etc.), des protéines (laine, soie, etc.), le caoutchouc naturel, etc<sup>9</sup>.

**I-6.2 Polymères artificiels**

Bien que le constituant de base soit d'origine naturelle, ils résultent d'une transformation chimique des fonctions portées par les unités monomères. Par exemple, les dérivés cellulosiques dont la molécule de base est la cellulose<sup>9</sup>.

**I-6.3 Polymères synthétiques**

Les molécules monomères qui permettent de les obtenir n'existent pas dans la nature. Cependant, on peut remarquer que les structures réalisées par la synthèse sont souvent proches de celles des polymères naturels<sup>9</sup>.

**I.7 STRUCTURE DU POLYMERE : PLUSIEURS NIVEAUX DE POLYMERES**

Le polymère peut avoir des structures que l'on peut détailler en plusieurs niveaux :

**I-7.1 Structure primaire**

La structure primaire est l'enchaînement covalent des motifs monomères. Ainsi du point de vue stéréoisomérique, le motif  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Ph})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Ph})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Ph})-$  va avoir plusieurs formes.<sup>10</sup>

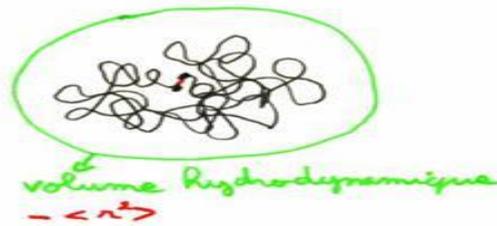
**I-7.2 Structure secondaire**

C'est la conformation d'une chaîne isolée ainsi, en solution, la chaîne se met en pelote statistique<sup>10</sup> :

---

<sup>9</sup>Thèse de Magister en physique, **Bouزيد Latifa, 2012.**

<sup>10</sup>, <http://chimie.sup.pagesperso-orange.fr/polymeres/GENERALITESPOLYMERES.html>.

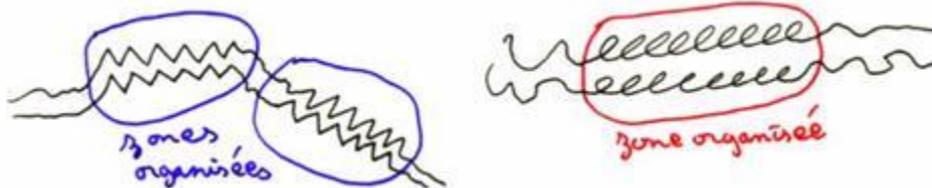
FIGURE I-7: *La structure secondaire*

La pelote statistique est sans arrêt en train de bouger mais elle occupe un volume hydrodynamique à peu près constant, la distance entre les deux extrémités étant  $\langle r^2 \rangle$ .

### I-7.3 Structure tertiaire

Cette structure touche à l'organisation des chaînes au sein du matériau. Certains polymères, à l'état solide, gardent leur forme pelote. On va donc avoir un matériau constitué de pelotes statistiques enchevêtrées. Un matériau amorphe est un verre et l'on dit alors que le polymère est à l'état vitreux.

Si le polymère est constitué d'hélices ou de zigzags, il y a des possibilités de réorganisation de ces hélices. On a alors organisation des hélices ou des zigzags du matériau à l'échelle supérieure.<sup>10</sup>

FIGURE I-8: *La structure tertiaire*

Les zones organisées baignent dans des zones amorphes

Ces structures sont parfaitement analysables par analyse thermique. Cette analyse va nous dire si le polymère a une structure amorphe.

## I.8 LES PROPRIETES DES POLYMERES

Lorsqu'on parle de propriété d'un matériau, on se réfère à la façon dont il réagit à une sollicitation. On pourrait aussi la nommer une sensibilité à cette stimulation, ou bien son inverse, la stabilité et la résistance.

Ainsi, les propriétés thermiques décrivent le comportement du matériau vis-à-vis de la chaleur. Les propriétés mécaniques quant à elles décrivent le comportement vis-à-vis de la pression, le choc ....les propriétés physique et chimique tiens compte de l'imprimabilité et la résistance<sup>11</sup>...

### **I-8.1 Les propriétés thermiques**

Certains polymères fondent lorsqu'on les chauffe, on peut les mouler dans la forme que l'on veut. Il s'agit des thermoplastiques.

D'autres durcissent quand on les chauffe. Un exemple connu est celui des colles ou des peintures. Il s'agit des thermodurcissables<sup>11</sup>

### **I-8.2 Les propriétés mécaniques**

Les propriétés mécaniques décrivent leur comportement vis à vis à des sollicitations mécaniques telles que pressions, étirements, torsions, frottements, chocs et sous l'effet de la pesanteur. Certains polymères seront appréciés pour leur bonne stabilité dimensionnelle (par exemple les polyesters aromatiques). D'autres, les élastomères, seront recherchés pour leur élasticité qui leur confère une excellente capacité d'absorption des chocs. On les emploie dans les pneus, les semelles de chaussures, les matelas, les fibres textiles élasthane (polyuréthane)<sup>11</sup>.

### **I-8.3 Les propriétés électriques et électro-optiques**

Les polymères sont largement utilisés comme isolants électriques, en particulier dans les circuits électroniques et les gaines de câbles électriques. Il existe aussi des polymères conducteurs, soit à l'état intrinsèque, soit parce qu'ils sont chargés de particules de carbone conductrices<sup>11</sup>.

### **I-8.4 Propriétés physique et chimique**

Ces propriétés englobent des caractéristiques diverses: Imperméabilité aux liquides et aux gaz, résistance chimique aux solvants, résistance aux rayons ultraviolets.

---

<sup>11</sup><http://www.spirit-science.fr/Matiere/polymeres.html>

Les polymères sont employés pour la fabrication d'imperméables, d'emballages, de boîtes de conservation, de flacons pour les laboratoires, de citernes, de gaines de câbles, pour l'enduction de tissus, etc...<sup>11</sup>

## **I.9 DEGRADATION DES POLYMERES**

Au cours du temps et selon les modes d'utilisation des matières plastiques, on observe souvent une altération des propriétés des polymères, altération qui peut entraîner la mise hors service de ces produits.<sup>12</sup>

7 se manifeste par une dégradation, souvent lente mais toujours irréversible de leurs propriétés. Des effets de cette dégradation découle la notion de « durée de vie » du matériau c'est à dire le temps nécessaire pour qu'une propriété (physique, chimique, ou électrique) atteigne un seuil au – dessous duquel le matériau devient inutilisable.

### **I.9.1 Définition de vieillissement**

Le terme de vieillissement définit l'ensemble des processus chimiques et physiques irréversibles se produisant, au cours du temps, dans un matériau. Pour des conditions extérieures comme (température, agents chimiques, radiations UV ...).

Le polymère subit ces contraintes, au cours de la mise en forme et à l'usage

### **I.9.2 Principaux types de vieillissement**

#### **I.9.3 Vieillissement physique**

Le terme vieillissement physique englobe tous les processus conduisant à une altération irréversible des propriétés d'utilisation du matériau sans qu'il y ait modification chimique de la structure des macromolécules constituant le matériau<sup>12</sup>

Le vieillissement physique peut résulter de :

- Modifications de la configuration spatiale des macromolécules (cristallisation)
- Phénomène de surface (fissuration milieu tensioactif).
- Phénomène de transport (pénétration de solvants, migration d'adjuvants).

---

<sup>12</sup><https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/proprietes-generales-des-plastiques-42152210/vieillissement-physique-des-materiaux-polymeres-am3150/>

### I.9.4 Vieillissement chimique<sup>13</sup>

On appelle vieillissement chimique tout phénomène impliquant une modification chimique du matériau (polymère ou ses adjuvants) sous l'influence de l'environnement. En pratique, le vieillissement chimique se superpose souvent à un vieillissement physique et les deux phénomènes interférents. Les principaux types généraux de réaction intervenant lors du vieillissement chimique sont les suivants:

- *Coupure de chaînes statistiques.*
- *Dépolymérisation.*
- *Réticulation.*
- *Oxydation.*

### I.9.5 Dégradation thermique

Une élévation de température, que ce soit pendant l'utilisation du matériau ou pendant sa mise en œuvre entraîne une dégradation thermique des matières plastiques conduisant la modification de la structure des chaînes macromoléculaires. Cette dégradation thermique peut provoquer soit une rupture des chaînes (cas du polyéthylène PE), soit une dépolymérisation (cas du polyméthylméthacrylate PMMA), soit une réaction sur les groupes latéraux (formation d'HCl au cours de la pyrolyse du chlorure de polyvinyle PVC). A la limite, la dégradation thermique peut provoquer une combustion, réaction fortement exothermique.<sup>12</sup>

## I.10 VIEILLISSEMENT NATUREL

On parle de sollicitations thermiques lorsque le matériau est exposé à différentes températures. La température peut alors rester constante sur une longue période de temps ou fluctuer en permanence. La température a une influence complètement différente en fonction des propriétés et de la composition du matériau. C'est pourquoi différents matériaux assemblés vieillissent à un rythme différent<sup>14</sup>.

Cependant, les températures élevées sont la cause la plus fréquente d'un vieillissement du matériau. Cela s'explique par le fait que la hausse de température entraîne généralement une accélération des réactions chimiques. En principe, des réactions chimiques se produisent entre le matériau et les atomes d'oxygène ou d'hydrogène de l'air et sont inévitables.

---

<sup>13</sup>[www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/proprietes-generales-des-plastiques-42152210/vieillissement-chimique-des-polymeres-am3152/](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/proprietes-generales-des-plastiques-42152210/vieillissement-chimique-des-polymeres-am3152/)

<sup>14</sup>Jan F. Rabek, *Polymer Photodegradation—Mechanisms and Experimental Methods*. Chapman & Hall, New York, 1995: p. 269-278.

Les sollicitations climatiques désignent une interaction entre la température et l'humidité de l'air. Dans ce contexte, l'humidité de l'air dépend de la température actuelle. En cas de températures élevées, une quantité d'eau supérieure peut être absorbée dans le mélange gazeux de l'air<sup>15</sup>.

L'humidité relative de l'air indique la proportion d'eau absorbée par rapport à la proportion maximale à une température donnée. De ce fait, si la température baisse et qu'il n'y a aucune évacuation d'eau, l'humidité relative de l'air augmente.

Cette interaction entre la température et l'humidité de l'air doit être prise en compte pour le vieillissement des matériaux. Dans ce cadre, l'humidité de l'air est un facteur d'accélération des réactions chimiques, au même titre que la température. L'humidité de l'air accélère donc le vieillissement d'un matériau tout comme la température.



**Figure I.9 : Sollicitations climatiques**

-Le vieillissement naturel est le résultat de l'exposition du matériau aux différents agents climatiques (Tableau I-1).

---

<sup>15</sup>Yassine Malajati, Sandrine Therias, Jean-Luc Gardette, *Influence of water on the photooxidation of KHJ phenoxy resins, 1. Mechanisms*. Polymer Degradation and Stability, 2011. **96**: p. 144-150.

Tableau. I-1 *Principaux agents climatiques influençant le vieillissement naturel*

Agent	phénomène
Rayonnement solaire	Photo dégradation
Température	Thermo-oxydation, (migration d'adjuvants)
Oxygène et ozone	Oxydation
Humidité et pluie	Hydrolyse, lavage, gonflement différentiel
Neige, grêle et sable	Contraintes mécaniques, microfissurations, Chocs
Vent	Contrainte mécanique, stress dynamique

## **I.11 CONCLUSION**

Dans La première partie les données bibliographiques présentent la dégradation des matériaux polymères tels que les polyéthylènes. Cet axe a connu un développement prodigieux suite à des recherches accélérées au cours de ces dernières années.

Le champ d'utilisation des polyéthylènes est devenu de plus en plus vaste. Ceci, est dû aux diverses propriétés acquises par ce polymère et surtout à ses excellentes propriétés : dureté, souplesse, résistance du film à l'usure et aux fluides, stabilité chimique et sa bonne résistance aux rayonnements ultraviolets, à la température et à l'humidité.

Parmi les différents domaines qui nécessitent cette utilisation, on trouve le domaine de l'industrie agriculture surtout pour la couverture de serre, et pour la protection. Mais dans un souci de durabilité des propriétés du polyéthylène dans les conditions rudes de l'environnement, il est nécessaire de connaître au préalable le comportement à long terme de ce genre de produit. C'est pourquoi, nous cherchons dans cette présente étude, à relier l'influence des conditions (l'eau et température) sur la structure et le comportement des polyéthylènes basse densité et de remonter par la suite au comportement à long terme de ce type de polymère.

# *Chapitre II*

## *Partie Expérimentale*

## **II. INTRODUCTION**

Les polymères sont devenus l'élément essentiel d'un nombre très important d'objets de la vie courante, dans lesquels ils ont souvent remplacé les substances naturelles. Ils sont présents dans de nombreux domaines industriels. Suivant la température, les propriétés mécaniques des polymères varient. De plus, comme ils sont métastables, il y a donc une évolution de leur comportement en fonction du temps. Cette évolution peut être suivie par des méthodes artificielles, nous nous sommes alors intéressés à l'étude du vieillissement d'un polymère qui est le polyéthylène.

Donc ce chapitre rassemble les techniques expérimentales employées pour mener à bien l'étude. Ces techniques consistent en une caractérisation physico chimique (Infra rouge, la traction mécanique et mécanique de fluage par la méthode de « creep » constitue une étude préliminaire à la caractérisation du fluage : il conduit à la définition d'un domaine d'expérimentation.

L'influence de deux paramètres expérimentaux (contrainte appliquée et différents températures avec l'eau) est considérée. 0°C ,25°C+eau, 34°C+eau et 50°C+eau, pendant une durée de temps 02mois (60 j).

### **II. 1.LE MATÉRIAU ÉTUDIÉ**

Le matériau choisit pour la réalisation de nos travaux est le polyéthylène basse densité, Cefilmest composée de trois couches de polyéthylène(PE), formé d'une épaisseur de 180µm et fourni par la société AGROFILM à l'industrie de Sétif.L'étude s'est effectuée le 19février2018 (figure II.1)

### **II.2. Protocoles expérimentaux**

Des essais de traction et de fluage mécanique seront réalisés sur nos échantillons à base de polymère PE, l'étude du vieillissement artificiel est effectuée à des températures différentes dans de l'eau afin d'identifier les mécanismes de vieillissement propres à ces deux types de sollicitation.

### **II.3. LE PRINCIPE DE TRACTION**

L'essai de traction est la méthode expérimentale qui est utilisée couramment pour la détermination des comportements mécaniques des matériaux. Ces comportements sont décrits par un ensemble de relations entre les contraintes, les déformations et leur évolution au cours du temps. Dans cet essai, on exerce une force de traction sur des éprouvettes de longueur  $L_0 = 100$  mm, qu'on a déterminé, Car les résultats d'essai sont influencés par la précision de mesure des dimensions de l'éprouvette, Jusqu'à sa rupture. En enregistrant la force  $F$  appliquée à l'éprouvette par la machine de traction et son allongement progressif, on remarque que l'effort fourni augmente avec l'allongement puis atteint un maximum et commence à décroître.

### II.3.1. Nos objectifs

-Réalisation d'un essai de traction statique sur éprouvette du polyéthylène (PEBD) et tracé la courbe contrainte/ Déformation.

-Détermination du module d'Young (dédit de la courbe de traction, il est proportionnel à la pente de la droite dans la zone élastique).

### II.3.2. Mode opératoire de la traction mécanique

Les films polymère de la taille (200x100x0.180) mm sont exposés dans un bain à eau à différentes températures allant de 0°C 25°C, 34°C et 50°C. Les prélèvements ont été effectués pendant 15, 30, 45 et 60 jours. Figures II.1.

Comme nous avons exposé des films de polymère à une température de 0C° pendant des durées 15, 30, 45 et 60 jours en utilisant le dispositif présentée dans la figure II 2 qui est une plaque de refroidissement ( figure II.1).



Figures II.1 : Préparation des échantillons



Figures II.2 : La plaque de refroidissement

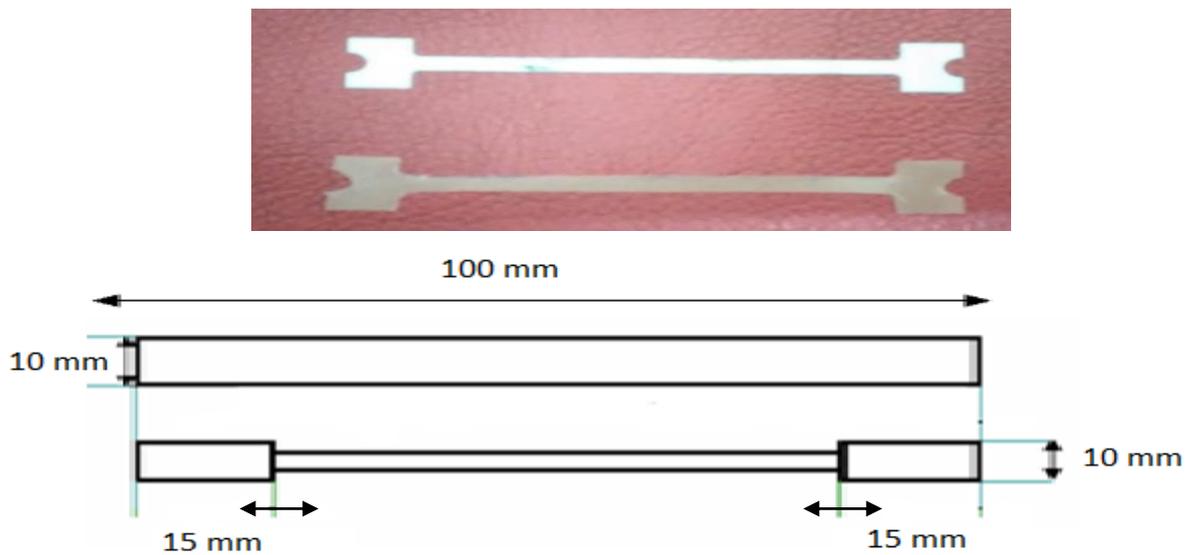
Nos séries d'essais de traction ont été effectuées avec des machines STRESS STRAIN APPARATUS équipée et fonctionnant à base d'un logiciel (au niveau du laboratoire de graduation Physique), La figure II.2 montre la machine utilisée.



*Figures II.3 Appareil de contrainte*

**II.3.3. Eprouvettes de traction**

Nous avons utilisé des éprouvettes en forme plate (éprouvette du type 1 de la norme ISO/R 527) ayant une longueur  $L=100\text{ mm}$  et une largeur de  $10\text{ mm}$ . La figure II.3 illustre la géométrie de ces éprouvettes utilisées.



*Figure II.4. Eprouvette normalisée*

Les essais de traction sont réalisés sur des éprouvettes découpées directement à partir des films à l'aide d'une machine porte-pièce de dimensions normalisées. Après la découpe, les éprouvettes provenant de film polyéthylène vierge sont mises au vieillissement physique pendant 60 jours aux conditions de contact des conditions. Une série d'éprouvette est conditionnée à 0°C, 25°C avec l'eau, 34°C avec l'eau, et une autre 50°C avec l'eau.

#### II.4. PRINCIPE DE LA METHODE DE CREEP

Le fluage correspond à une déformation générée par la combinaison de trois éléments agissant de manière concomitante sur le matériau : la température, le temps et la contrainte. Le fluage provoque des dommages irréversibles dans le matériau. Le matériau est sollicité dans des conditions où le fluage opère : une déformation, sous contrainte constante qui peut conduire à la rupture.<sup>16</sup>

##### II.4.1. MODE OPERATOIRE DU FLUAGE MECANIQUE

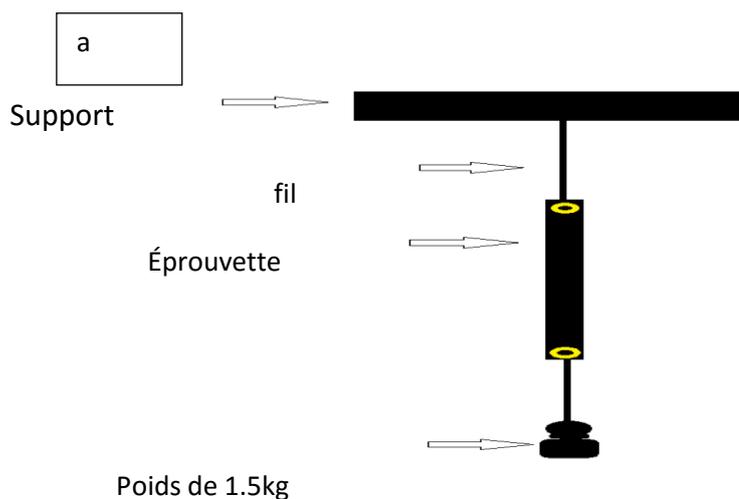


Figure II .5 : Le fluage manuelle

<sup>16</sup>F.R. Larson, J. Miller, « A time-temperature relationship for rupture and creep stresses », Transactions of the ASME 174 (1954) 765-775

Les essais de fluage sont réalisés sur des éprouvettes de longueur de  $(100 \times 10)0.18$  mm sous une contrainte constante de 1.5 Kg de sable, qui seront attaché à un support fixe comme le montre la figure II.5. Les prélèvements d'éprouvettes conditionnées à  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$  avec l'eau,  $34^{\circ}\text{C}$  avec l'eau, et une autre  $50^{\circ}\text{C}$  avec l'eau seront exposés à l'essai de fluage.

## II.5. SPECTROPHOTOMETRIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER

La spectroscopie infrarouge (IR) est une classe de spectroscopie qui traite de la région infrarouge du spectre électromagnétique. Elle est employée pour l'identification des composés (les bande de valence, déformation dans le plan et hors plan). Les tables de corrélation de spectroscopie infrarouge sont largement présentes dans la littérature scientifique.

### II.5.1 Le domaine de l'infrarouge est divisé en:

- Infrarouge proche (NIR), longueur d'ondes de  $0.8$  à  $2.5 \mu\text{m}$
- Infrarouge moyen (MIR), longueur d'ondes de  $2.5$  à  $25 \mu\text{m}$
- Infrarouge lointain (FIR), longueur d'ondes de  $25$  à  $1000 \mu\text{m}$

### II.5.2. Le principe de mesure

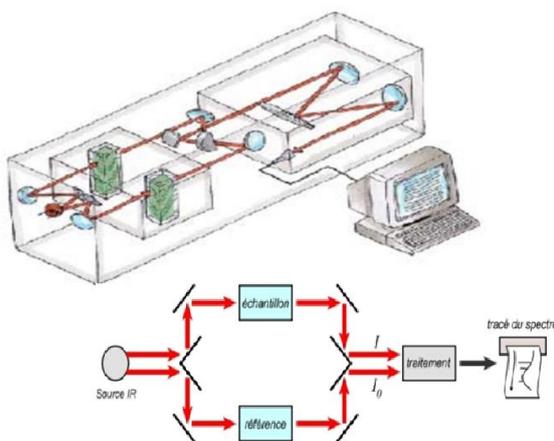


Figure II. 6 : Le principe des mesures de transmission infrarouge

**II.6. CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons étudié les propriétés physicochimique du polyéthylène basse densité et les différents types vieillissements (artificiel), on conclut que on peut dire quel le polyéthylène basse densité est un matériau adapté pour le serre agricole et les différents vieillissements crée une dégradation sur le film utilisé comme couverture de serre agricole.

# *Chapitre III*

## *Résultats et discussions*

### III.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats de l'étude de traction mécanique sur notre polymère choisi qui est le polyéthylène a basse densité. Il faut noter que la traction mécanique est suivie par la méthode de creep

### III.1. LES RESULTATS DE LA TRACTION MECANIQUE

Les résultats des quatre essais aux différentes températures ou le domaine a été choisi compris entre 0°C, 25°C+Eau, 34°C+eau et 50°C+eau sont reportés aux figures( III-1 ,III-2 , III-3) ou nous montrons les variations de la contrainte en fonction de la déformation.

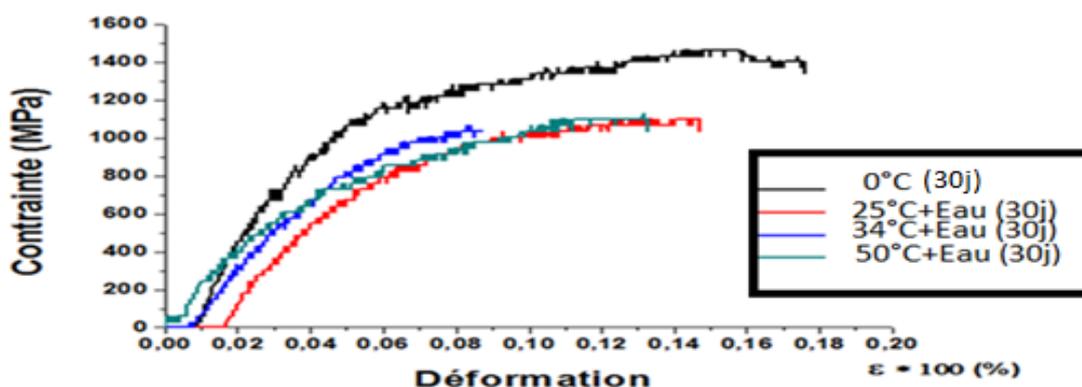


Figure III.1 Evolutions de la déformation du film Agro-film vieillie durant un mois.

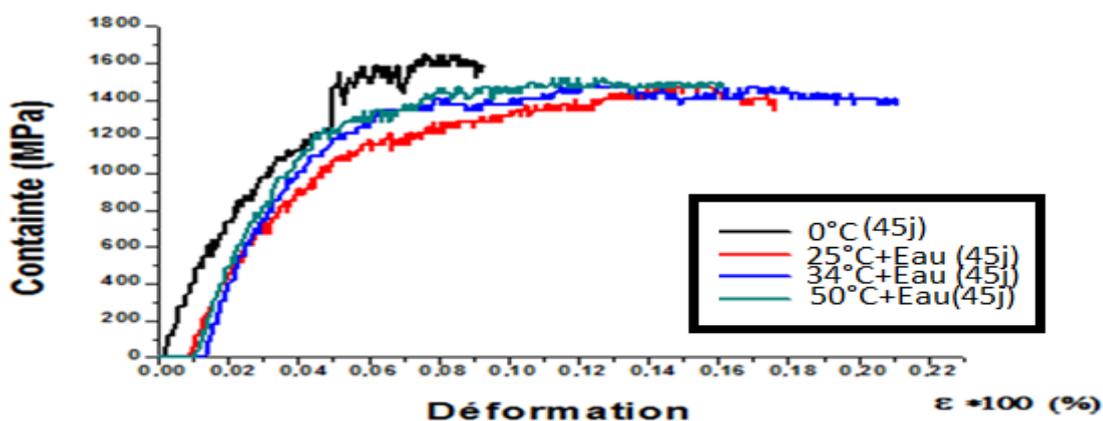


Figure III.2. Evolutions de la déformation du film Agro-film vieillie durant 45 jours

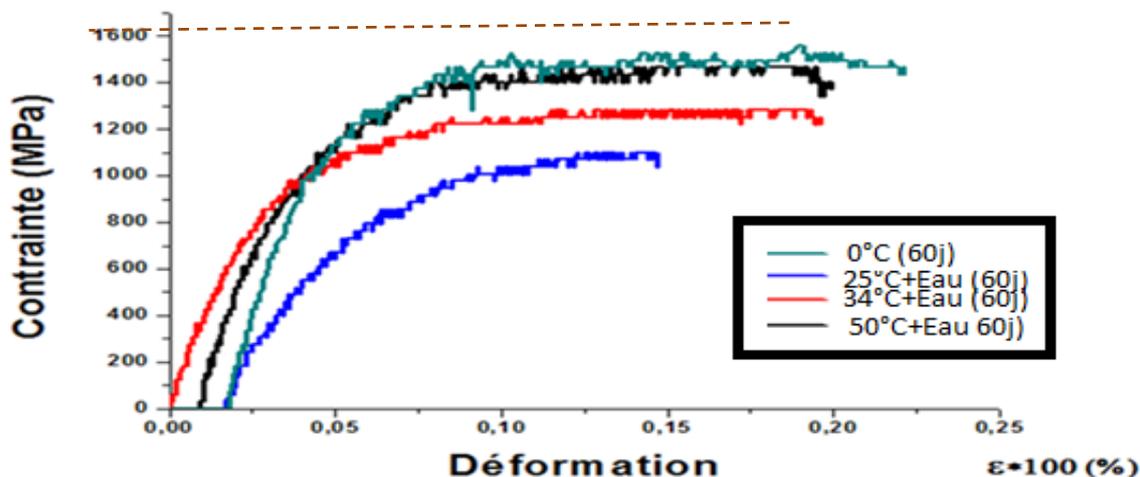


Figure III.3.Évolutions de la déformation du film Agro-film vieilli durant deux mois.

Nous observons sur les figures III.1 et III.2 et figures III. 3 que :

Les essais sont relativement reproductibles. Le comportement est relativement linéaire jusqu'à 1300 MPa à 1500MPa.

On atteint un pic de contrainte à environ 4% de déformation puis le niveau de contrainte atteint un plateau viscoplastique où le niveau de contrainte reste relativement stable.

A partir de 15% de déformation, la rupture finale de l'éprouvette va s'initier (c'est le cas de l'échantillon exposé à T= 25°C) .

Pour les autres échantillons à partir de 20% (un peu plus) de déformation, la rupture finale de l'éprouvette va s'initier

De manière générale l'allure globale d'une courbe contrainte-déformation pour un essai de traction d'un polymère est représentée dans la figure III.4.

L'allure globale d'une courbe contrainte-déformation pour un essai de traction d'un polymère.

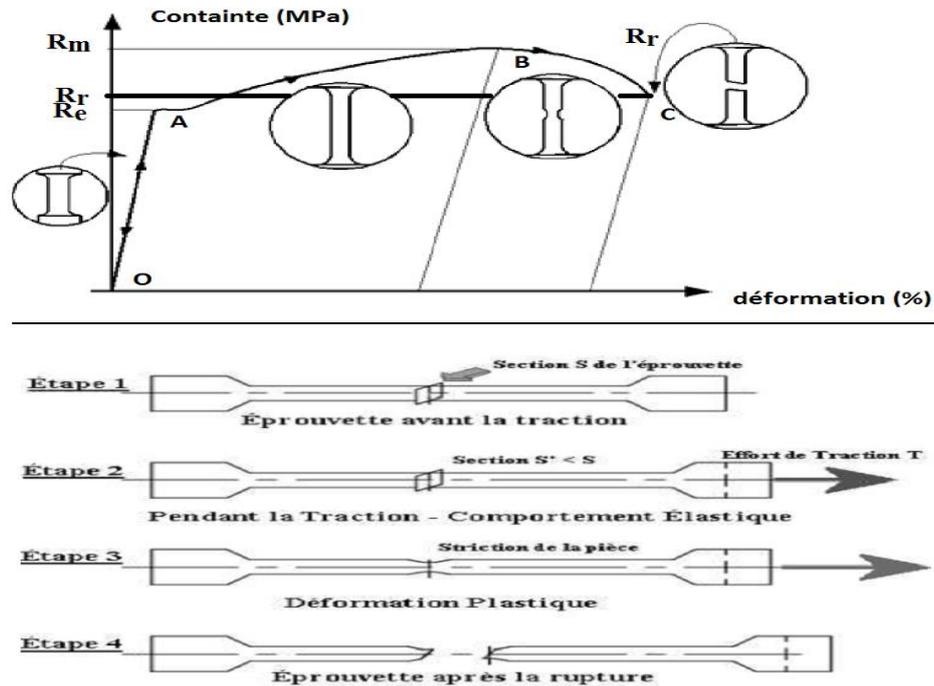


Figure III.4 :L'allure globale d'une courbe contrainte-déformation pour un essai de traction d'un polymère.

L'analyse de la courbe géométrique globale se fait par des divisions des domaines :

- La droite "OA" correspond à la déformation élastique totalement réversible: quand les forces sont appliquée sur le corps, celui-ci change sa forme, mais retour a sa forme initiale quand le retire la force appliquée. Le matériau a un comportement hookeen, Il est possible de calculer le module d'Young selon la formule  $E = \sigma / \epsilon$ .
- De A à B : la contrainte diminue, car on ne tient pas compte de la diminution de la section de l'éprouvette lors de la traction. Dans ce domaine, la section de l'éprouvette n'est plus homogène. La section s'amincit sans rupture, la partie amincie augmente de longueur.
- Au point C : la rupture de l'éprouvette, (n'est pas effectuée sous l'influence de la température pour échantillon). Le point C représente la résistance à la rupture  $R_p$ .

Nous constatons d’après les 3 figures (III.1, III.2 et III.3) par comparaison à l’allure globale que le même phénomène est observé donc nous pouvons dire que le film Agrofilm se dégrade le long de vieillissement, qui se traduit par coupure des chaînes.

**III.2.Le calcul du module d’ Young de (PEbd) vieillie**

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Module d’Young du matériau en MPa

$E = \sigma / \epsilon$

$$E_{0^{\circ}\text{C}(30\text{j})} = \frac{\text{contrainte}}{\text{deformation}} = \frac{305 - 213.63}{(0.02 - 0.016) \cdot 100} = 228.8875 \text{ (Mpa)} = 0,22875 \text{ (GPa)}$$

Tableau III.1.

E (GPa)	30 jours
<u>0,2288875</u>	<u>0°C</u>
0,19074	25°C+eau
0,200123333	34°C+eau
0,203456667	50°C+eau

Tableau III.2.

E (GPa)	(45j)
<u>0,438835714</u>	<u>0°C</u>
0,352136923	25C°+eau
0,392380714	34C°+eau
0.423867778	50C°+eau

Tableau III.3

E (GPa)	°(60j)
<u>0,47165</u>	<u>0C</u>
0,388417273	25C°+eau
0,406913333	34C°+eau
0,457778	50C°+eau

Selon les valeurs calculées du module de **Young** :

Les valeurs expérimentales de module d'Young E augmentent pour une élévation de la température T (tableaux III) entre 25°C, 34°C et 50°C. (Allant de 30, 45 à 60jours)

Comme nous observons qu'à la température de 0°C, le module de Young augmente (allant de 30, 45 à 60jours).

### III.3. LES RESULTATS DE LA TRACTION MECANIQUE PAR LA METHODE DE CREEP

Les résultats des essais aux différentes températures ou le domaine a été choisi compris entre 0°C, 25°C+eau, 34°C+eau et 50°C+eau sont reportes aux figures III-4 , III.5 et III.6 ou nous montrons les variations de la déformation en fonction du temps.

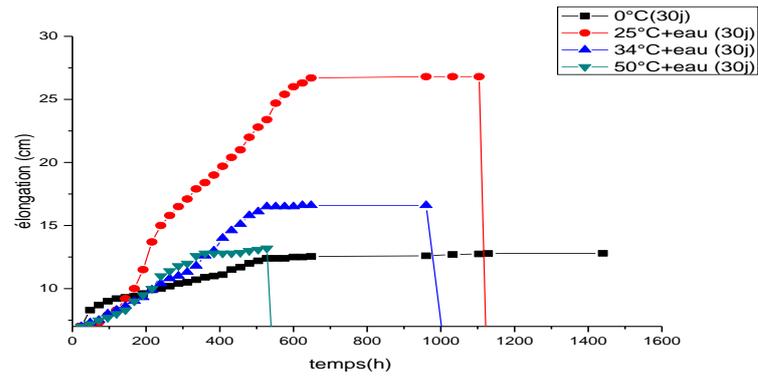


Figure III.5 : Les Variations de la déformation en fonction du temps (30j)

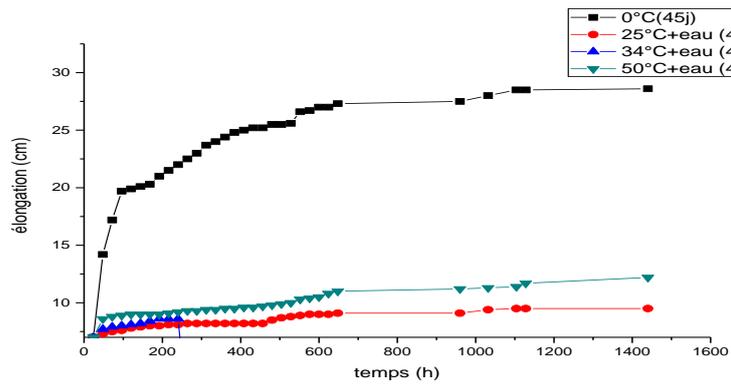


Figure III.6 : Les Variations de la déformation en fonction du temps (45j)

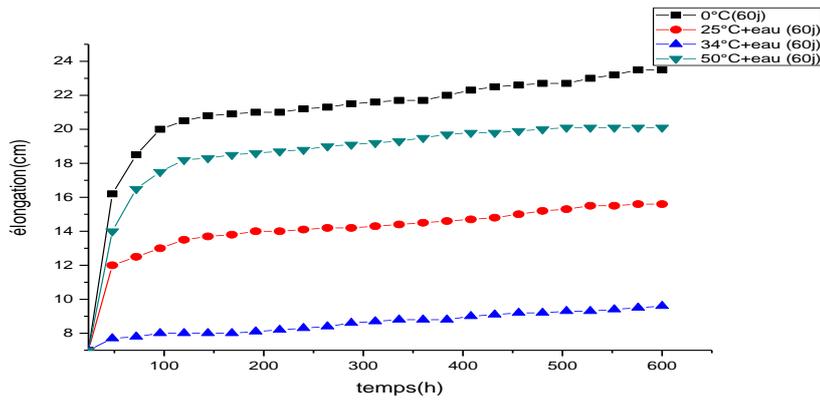


Figure III.7 : Les déformation en fonction du temps (60j)

De manière générale la courbe de fluage permet généralement de différencier trois stades de fluage avant la rupture. Il s’agit d’une courbe de déformation représentée en fonction du temps, à contrainte et température constantes du milieu. La pente de la courbe représente la vitesse de fluage et son point final représente l’instant de la rupture.

Comme l’indique la figure III.7 le fluage d’un matériau peut être décomposé en trois étapes :

- fluage primaire, endommagement rapide ;
- fluage secondaire, le mieux connu, permettant le dimensionnement de pièces mécaniques ;
- fluage tertiaire, endommagement final de l’éprouvette, rupture<sup>17</sup>.

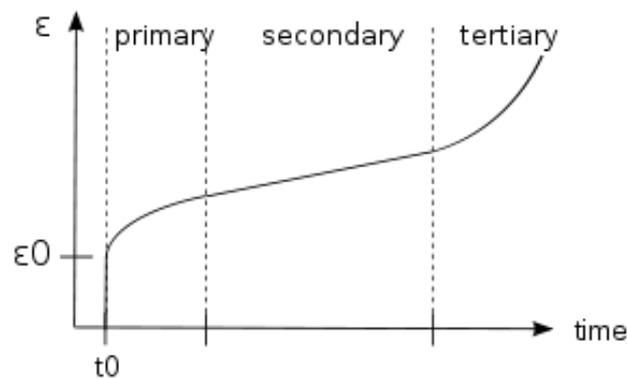


Figure III.8 : La courbe de fluage

<sup>17</sup> J. W. Glen, « The creep of polycrystalline ice », Proceedings of the Royal Society, série A, vol. 228, no 1175, 1955, p. 519-38

Les courbes déformation temps  $[\varepsilon f(t)]$  de toutes les éprouvettes exposées à différentes températures ont globalement la même allure. (Figure III.4 III.5 et III.6). L'observation permet de constater que dès les premières secondes du sectionnement, une déformation s'ensuit immédiatement qui est très rapide, mais devient de plus en plus lente (décélération) avec le temps.

#### III.4. SPECTROPHOTOMETRIE INFRAROUGE A TRANSFORMEE DE FOURIER

Les spectres infrarouges, du film tri-couches du polyéthylène basse densité, dans les différents spectres (30jours, 45jours, et 60 jours), sont présentés sur les figures III. 8, 9 et 10.

Les analyses spectrophotométriques infrarouge nous permet de prédire les changements provoqués sur notre polymère.

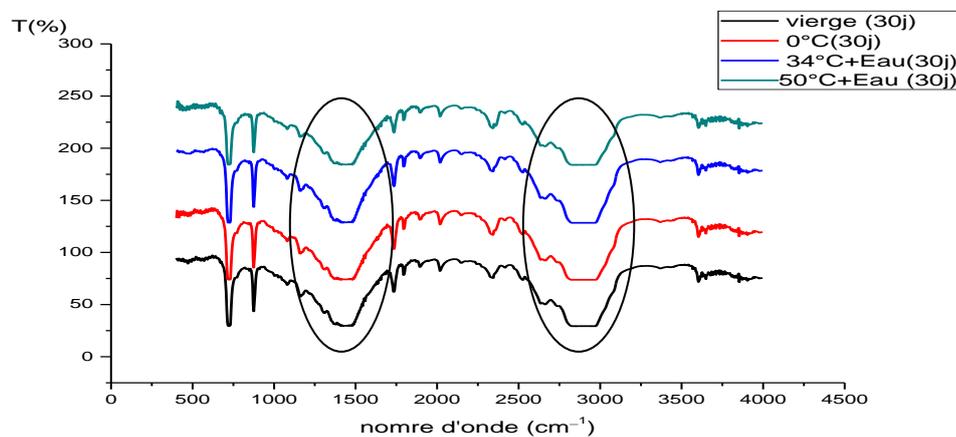


Figure III.9 : Spectre IR à différentes T pendant 30 jours

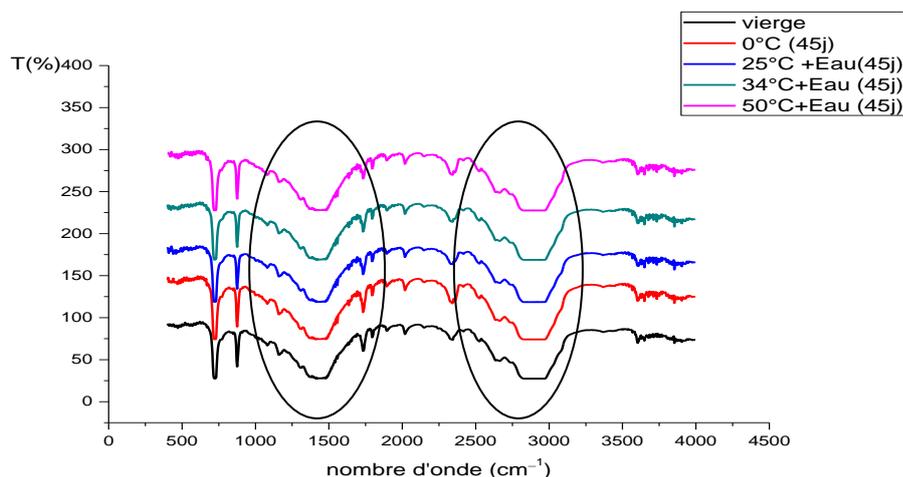


Figure III.10 : Spectre IR à différentes T pendant 45 jours

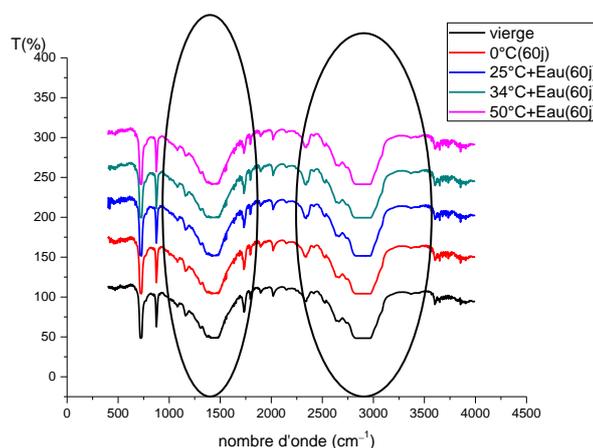


Figure III.11 : Spectre IR à différentes T pendant 60 jours

Tous les résultats des spectres IR montrent une légère modification structurale dans la région des bandes de valences  $C=C-H$  entre  $2800 - 3100 \text{ cm}^{-1}$  ainsi que la région entre  $1415-1470 \text{ cm}^{-1}$  comme indiqué dans les différents spectres IR.

L'épaule large observé à  $2800-3100$  commence à diminuer lors de l'exposition de nos échantillons à différentes température dans le milieu humide.

-Les pic à  $1415-1470 \text{ cm}^{-1}$  correspondant toujours aux bandes  $C-H$ , enregistre une légère modification après exposition à la température.

Les modifications seront plus significatives si les échantillons seront exposés à un temps de plus de 4 et ou 5 mois.<sup>18</sup>

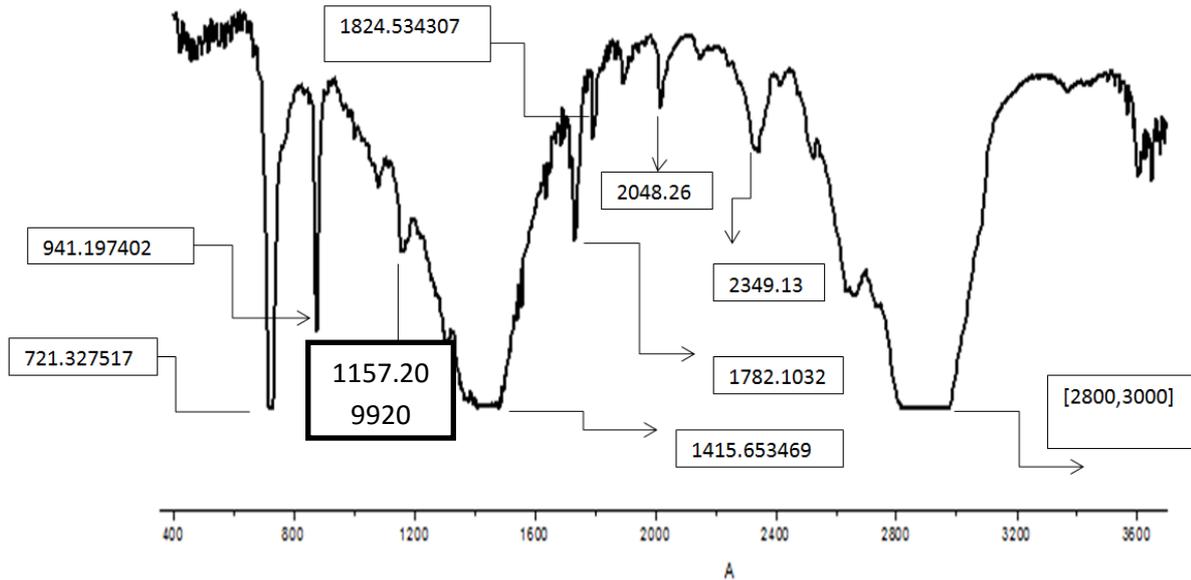


Figure III.12 : Le spectre du PE vierge avec les différentes bandes de vibrations

<sup>18</sup> LOUNAS A., HADJADJ M., Vieillessement Naturel des Films en Polyéthylène Utilisés Comme Couverture de Serres Agricoles dans la Région de Ouargla, Annales des Sciences et Technologie Vol. 4, N° 2, Novembre 2012

### III.5. CONCLUSION

Le comportement mécanique du PE dépend de la température et de l'humidité du milieu. En effet une augmentation de la température entraîne une **augmentation du module d'Young**.

Les effets du temps et de la température sont très saillants, spécialement pour le PE, et les écarts évoluent pour s'inverser à un certain temps.

L'influence de la température sur la déformation a bien été remarquable. Une augmentation de la Température (34 °C et 50°C) pendant une période de 2 mois provoque une déformation comparable à celle enregistrée avec une température plus basse (T=0°C).

Les courbes de déformation en fonction du temps sont caractéristiques d'un comportement de fluage elles ont une allure semblable à celle obtenue pour les courbes typiques de *fluage*  $\varepsilon = [f(t)]$  des polymères rencontrés dans la littérature.<sup>19</sup>

Les analyses infra-rouge sont peu significatives car le temps d'exposition reste minimum mais on enregistre comme même une légère modification de la structure.

---

<sup>19</sup> Findley W.N., "26 Year creep and recovery of poly (VinylChloride) and Polyethylene", *Polymer Eng. & Science*, Vol. 27, 1987.

# Conclusion Générale

## **CONCLUSION GENERALE**

Le but de notre travail est l'étude du comportement des films de polymère PEbd , fabriqué à la société AGROFILM à l'industrie de Sétif.

Ce comportement est étudié lors de plusieurs essais de traction et de fluage à différentes températures dans un milieu humide.

Pour aboutir à notre résultat de traction, nous avons utilisé un appareil de traction. Il s'agit de l'appareil STRESS STRAIN APPARATUS de mesure avec un système d'acquisition assisté par un ordinateur.

Les résultats obtenus sur la traction ont montré : qu'à partir de 15% de déformation, la rupture finale de l'éprouvette va s'initier (c'est le cas de l'échantillon exposé à  $T= 25^{\circ}\text{C}$ ).

Pour les autres échantillons à partir de 20% (un peu plus) de déformation, la rupture finale de l'éprouvette va s'initier.

Nous constatons alors que la température a un effet sur la déformation du film.

Les résultats de la fluassion mécanique sur nos échantillons permet de constater que dès les premières secondes du sectionnement, une déformation s'ensuit immédiatement qui est très rapide, mais devient de plus en plus lente (décélération) avec le temps.

Tous les résultats des spectres IR sur nos échantillons montrent une légère modification structurale dans la région des bandes de valences entre 2800 – 3100  $\text{cm}^{-1}$  et les régions 1415-1470  $\text{cm}^{-1}$  correspondant aux bandes C-H ou les pics larges commencent à diminuer légèrement.

Les modifications seront plus significatives si les échantillons seront exposés à un temps plus important (4 et ou 5 mois).

## **Résumé**

Le présent travail a pour objectif l'étude du comportement d'un polymère : le polyéthylène à basse densité.

Pour ce faire, nous avons préparé nos échantillons dans un milieu humide à différentes températures 0°C, 25, 34 et 50°C. L'étude des tractions mécaniques est réalisée à l'aide d'une machine assistée par un ordinateur. La deuxième méthode mécanique est le fluage appliquée sur nos films plastiques par une méthode manuelle. Pour compléter notre travail nous avons caractérisé nos échantillons par l'analyse IR.

Mots clés : Fluage, Traction, PEbd, Polymère, Dégradation.