



## Département de Génie de Procédés

### Rapport de soutenance

### En vue de l'obtention du diplôme de Licence professionnalisant en :

### Génie Chimique

### Thème :

## Etude comparative des propriétés de deux polymères (PEHD et PEBD) et de leur mélange

#### Réalisé par :

- ❖ M<sup>elle</sup> AMAZOUZ Leila

#### Devant le jury composé de :

- ❖ Pr DJIAIDJA
- ❖ M<sup>me</sup> BENHOURIA Assia
- ❖ M<sup>me</sup> DAIRI Nassima

#### Tuteur de l'entreprise :

- ❖ M<sup>me</sup> BOUAZIZ Karima

Président  
Examinatrice  
Encadreur

Chef de service technique  
A l'entreprise de SISCOPLAST

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération  
aux sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et  
j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos  
innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très  
Haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous  
déçoive. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me  
combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mon adorable sœur LYNDIA et mon petit frère HAKIM*

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je  
vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous  
protège et vous garde.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui  
m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amies,  
collègues d'étude, et sœurs de cœur, toi Katia Karima Radia, Hania.*

*A toute ma famille, et mes proches. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour  
que ce projet soit possible, je vous dis merci.*



*Leila*

## **Remerciements**

*Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **M<sup>me</sup> N.DAIRI**, je la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent à **M<sup>r</sup> MADANI** pour son aide pratique, son soutien moral et ses encouragements.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel des entreprises **SISCOPLAST** pour leur accueil et leur aide précieuse.*

*Un spécial remerciement à la Directrice Qualité **Mme BOUAZIZ** et aussi **Mme MECHRAK** et à tous les techniciens de laboratoire.*

*Et un remerciement spécial pour les responsables de l'unité de recherche de l'université de **BOUMERDES** pour leur aide immense et leur accueil chaleureux.*

*Je suis consciente de l'honneur que nous a fait **Mr DJAIDJA** en étant président du jury et **Mme BENHOURIA** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.*

*Mes profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui mon aidé et soutenu de prés ou de loin.*

*Merci* 

**Introduction générale.....2**

**Chapitre I**

***Synthèse bibliographique***

**I.1 Présentation des lieux de stage.....5**

**I.1.1 SARL MSB STILINA.....5**

A. Situation géographique.....5

B. Produits fabriqués.....5

C. Matières premières utilisées.....5

D. Equipements utilisés.....5

**I.1.2 SISCOPLAST.....6**

A. Présentation général de l'organisme d'accueil.....6

B. Création de SISCOPLAST.....6

C. Produits de SISCOPLAST et les unités de production.....6

D. Matières premières utilisées au sein de l'entreprise.....7

E. Département techniques et ses équipements.....7

**I.2 Les polymères.....8**

I.2.1 Définition.....8

I.2.2 Obtention des monomères.....8

I.2.3 Formation des polymères.....9

I.2.4 Réactions de polymérisation.....10

**I.3 Le polyéthylène.....10**

I.3.1 Définition.....10

I.3.2 Structure du polyéthylène.....11

I.3.3 Polymérisation du polyéthylène.....12

I.3.4 Types de Polyéthylène.....13

A. Polyéthylène basse densité PEBD.....13

B. Polyéthylène haut densité PEHD.....14

**I.4 Procédé de mise en forme.....16**

I.4.1 Extrusion.....16

I.4.2 Injection.....17

**Chapitre II**

***Partie expérimentale***

<b>II.1 Matériels et méthodes.....</b>	<b>20</b>
II.1.1 Matériels.....	20
II.1.2 Méthodes.....	20
a. Formulation .....	21
b. Extrusion .....	21
c. Injection .....	22
<b>II.1.3 Caractérisation.....</b>	<b>23</b>
A. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier(IRTf).....	23
B. Analyse thermogravimétrique (ATG).....	23
C. Indice de fluidité.....	24
D. Température de fusion.....	26
E. Traction.....	26

**Chapitre III**

***Résultats et discussions***

III.1 Spectroscopie Infra Rouge a Transformé de Fourier (IRTf).....	29
III.2 Analyse thermogravimétrique (ATG).....	30
III.3 Indice de fluidité.....	32
III.4 Température de fusion.....	33
III.5 Test de traction.....	33
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>37</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>39</b>

<b>Figure I. 1</b> : Représentation semi-développée de la macromoléculaire du polyéthylène.....	11
<b>Figure I. 2</b> : Schéma représentatif du motif du polyéthylène .....	12
<b>Figure I. 3</b> : Polymérisation du polyéthylène .....	12
<b>Figure I. 4</b> : Représentative de la machine d'extrusion .....	16
<b>Figure I. 5</b> : Représentation de la machine d'injection .....	17
<b>Figure II. 1</b> : Aspect des polymères utilisés .....	20
<b>Figure II. 2</b> : Vue d'ensemble de la presse d'injection .....	22
<b>Figure II. 3</b> : Moule pour éprouvette .....	22
<b>Figure II. 4</b> : Pièce moulée .....	22
<b>Figure II. 5</b> : Spectrophotomètre FITR .....	23
<b>Figure II. 6</b> : Aspect des échantillons .....	24
<b>Figure II. 7</b> : Appareil TGA Q500 .....	24
<b>Figure II. 8</b> : Vue d'ensemble du plastomère .....	25
<b>Figure II. 9</b> : Vue d'ensemble du fusiomètre .....	26
<b>Figure II. 10</b> : Vue d'ensemble de la machine de traction .....	27
<b>Figure II. 11</b> : Echantillon sous forme d'haltère .....	27
<b>Figure III. 1</b> : Spectre IR des trois matériaux .....	29
<b>Figure III. 2</b> : Histogramme de perte de masse .....	31
<b>Figure III. 3</b> : Histogramme d(ATG) .....	31
<b>Figure III. 4</b> : Epruvettes échantillons après la traction .....	33
<b>Figure III.5</b> : Contrainte à la rupture (N/mm <sup>2</sup> ) .....	34
<b>Figure III.6</b> : Module d'Young (N/mm <sup>2</sup> ) .....	34
<b>Figure III.7</b> : Allongement à la rupture .....	35

<b>Tableau I. 1:</b> Représentation de quelques polymères .....	9
<b>Tableau I. 2:</b> Comparaison entre les propriétés du PEHD et PEBD.....	15
<b>Tableau II. 1 :</b> Formulation utilisées .....	15
<b>TableauIII. 2 :</b> Vibrations IR.....	30
<b>TableauIII. 3 :</b> Paramètres thermogravimétriques.....	33
<b>TableauIII. 4 :</b> Indice d fluidité .....	34

**PEHD** : polyéthylène haute densité

**PEBD** : polyéthylènes basse densité

**PH** : La formule du 100% polyéthylène haute densité après extrusion

**PB** : La formulation du 100% polyéthylènes basse densité après extrusion

**PHB** : Mélange du PEHD et PEBD

**IF** : indice de fluidité

**IR** : infra rouge

**ATG** : Analyse thermogravimétrique

**mi** : masse dans l'air

**mf** : masse dans le fluide (l'éthanol)

**D** : densité

***Introduction***  
***Générale***

### *Introduction général*

A nos jours les pièces en matières plastiques peuplent notre vie quotidienne dans tous les domaines d'utilisation. La matière plastique remplace les autres matériaux à savoir, le métal, le carton, le bois, les verres, la céramique et autres matériaux. Qu'il s'agisse des châssis des fenêtres dans le bâtiment, des éléments de carrosserie et autres composants dans les domaines de l'automobile, de l'aéronautique et navale aussi les meubles, les appareils électroménagers, le matériel électrique, le matériel médical et les moyens de transport.

Partout l'utilisation des matériaux plastiques apportent des solutions de fabrications simples, de réalisations fiables et esthétiques suite à la diversité des procédés de mise en forme comme l'injection, l'extrusion et le thermoformage avec un prix de revient compétitif, autant d'atouts qui concurrencent les autres matériaux tels que les métaux et le bois. Produites essentiellement à partir du pétrole, les matières plastiques sont l'un des symboles du XXe siècle. Les exigences actuelles et les standards internationaux (aéronautique, espace) accélèrent le processus et l'intégration de la matière plastique.

La matière plastique est composée principalement de polymères, qui a la propriété de se mettre en forme facilement par moulage, extrusion, coulage après un chauffage modéré (100- 300 °C).

Le **polyéthylène (PE)** est l'un des plastiques les plus utilisés au monde, et concerne un nombre incalculable d'industries, de segments et d'applications. Le PE permet d'emballer les produits alimentaires de façon économique tout en prolongeant leur durée de vie, de transporter et de distribuer des produits chimiques en toute sécurité, d'acheminer l'eau potable auprès des populations, de protéger les carrosseries des voitures neuves contre les rayures, et pléthore d'autres applications utiles de la vie quotidienne.

Les polyéthylènes basse densité (**PEBD**) sont employés principalement pour l'emballage des aliments et de divers produits industriels, en câblerie, géo membranes, film d'étanchéité, et aussi sous forme de tuyaux ou pour la fabrication de mélanges maîtres.

Les polyéthylènes haute densité (**PEHD**) sont utilisés pour produire des caisses en plastique hautement résistantes, des canoës-kayaks, emballages de produits détergents, bidons

d'huile moteur, bouteilles de lait, bouteilles de shampoing, flacons de médicaments, bouchons de boissons gazeuses, les conduites et les filets de signalisation pour les conduites,

C'est dans ce cadre que nous avons effectué un stage pratique d'une durée de trois mois, qui consiste à mener une étude comparative entre le PEBD et le PEHD et par la suite le mélange des deux.

Ce rapport présente le travail que nous avons effectué lors de notre stage au sein de l'EPE SISCOPLAST de Draa-El-Mizan. Il s'est déroulé du 11 mars au 31 mai 2018 plus 2 jours de travail le 22 et le 23 avril 2018 à SARL MSB durant les quels nous avons effectué la première étape du stage qui consiste à faire passer le mélange par les procédés extrusion et injection plastique. Ceci nous a permis ensuite de passer à la deuxième étape et de réaliser les testes de caractérisations au niveau du laboratoire de contrôle de qualité (SISCOPLAST).

Pour mener à bien cette étude, ce mémoire sera subdivisé en trois chapitres :

Le **premier chapitre** fera l'objet d'une synthèse bibliographique sur la présentation des deux lieux de stages **SISCOPLAST** et **SARL MSB**, puis nous donnerons des généralités sur les polymères en se focalisant sur le polyéthylène haute densité (PEHD) et polyéthylène basse densité (PEBD).

Dans le **deuxième chapitre**, seront présentés le matériel et les méthodes utilisées pour élaborer les matériaux. Les techniques de caractérisation seront également détaillées pour déterminer les propriétés des matériaux.

Le **troisième chapitre** rassemble les résultats sur la caractérisation des matériaux élaborés ainsi que leur interprétation.

# **Chapitre I**

## ***Synthèse Bibliographique***

## **I.1 Présentation des lieux de stage**

### **I.1.1 SARL MSB STILINA**

SARL MSB créée en 2012 plus connue par sa marque STILLINA a tenu le haut pavé dans le domaine de la production d'articles scolaires de stylos à bille en particulier ; cette association est classée dans la catégorie des entreprises moyennes dont son secteur principal d'activités est fabrication des articles scolaires et bureau

#### **A. Situation géographique**

L'usine STILLINA se trouve au centre ville de la commune de FRIKAT DRAA EL MIZAN wilaya TIZI OUZOU.

#### **B. Produits fabriqués**

STILLINA en forme de polystyrène pour obtenir des produits scolaires que se soit des stylos, règles, graveuses, ardoise ...etc.

#### **C. Matières premières utilisées**

Les matières plastiques les plus utilisées au niveau de l'entreprise MSB sont les polyoléfinés sous forme de granulés, tel que le polystyrène cristallin (PS), le polypropylène (PP), le polyéthylène haute densité (PEHD), le polyéthylène basse densité (PEBD) ainsi que l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS).

#### **D. Equipements utilisés**

Pour un bon fonctionnement de SARL MSB concentre beaucoup sur les équipements utilisés dans le but d'avoir une meilleure qualité de production elle utilise **09 presses d'injection** de différentes marques et taille avec des différents moules ces derniers sont dans le but d'avoir des différentes formes de produits voulu ainsi qu'il suffit de changer le moule pour changer le fonctionnement de la presse parmi ces équipements on site :des broyeurs utilisés pour broyer les déchets d'injection ; des extrudeuses ; des remplisseuses, des compresseurs ;des machines de transfert d'image ;des machines de marquage [1].

## **I.1.2 SISCOPLAST**

### **A. Présentation générale de l'organisme d'accueil**

Entreprise publique économique SISCOPLAST ; société d'injection, extrusion plastique et article scolaire, qui est l'un des onze filiales qui regroupent le groupe ENPC (Entreprise National des Plastiques et Caoutchoucs), ce dernier est placé sous la tutelle du groupe Algeria Chemical Specialities (ACS).

SISCOPLAST est spécialisée dans la transformation des matières plastiques par les procédés injection, extrusion plastiques et soudage à haute fréquence.

La satisfaction de ses clients est en grande partie due à ses expertises, le savoir faire et la qualité de ses produits.

### **B. Création de SISCOPLAST**

L'ENPC a été créée par décret N 90.106 du 06/04/1980 et issue de la restriction de l'entreprise SONATRACH, le siège sociale de ses filiales est à : Sétif, Alger, Chlef, Medea Draa El Mizan, Rouiba et El Herrach.

La filiale SISCOPLAST, unité d'injection, extrusion plastique et articles scolaires est située sur la route nationale N 30 qui mène à Boghni ; l'entreprise d'une superficie de 30.000 m<sup>2</sup> avec un effectif de 89 salariés dont 15 femmes et 47 hommes.

### **C. Produits de SISCOPLAST et les unités de production**

Cette filiale est spécialisée dans la transformation du plastique la gamme de produits est variée ce qui explique les différents processus de production (injection extrusion, souples).

#### **C.1 Unité d'injection**

C'est un procédé de transformation en discontinu des thermoplastiques puis transportée par la matière plastique sous forme de granulés est versée dans une trémie par alimentation puis transportée par une vis sans fin logée dans un tube chauffé entre 180 à 220 °C pour être injectée à la fin dans un moule spécifique pour chaque article à fabriquer.

- **Produits du secteur d'injection** : actuellement ce secteur fabrique, bouchon MOUBYD type 16DZ en polypropylène PP, les fusettes en polyéthylène basse densité et bouchon NAFTAL en PEHD.

**C.2 Unités d'extrusion**

C'est un procédé de transformation en continue le granulé entre dans un tube chauffé muni d'un vis sans fin, la matière homogénéisée est poussée comprimée puis passé à travers une filière pour mise à la forme souhaitée, c'est une sorte de machine à chichis qui permet d'obtenir des produits long de formes divers par exemple : Les tubes d'adduction eau potable en PEHD, tubes pour domaines agriculture branchement canalisation de gaz, gaines électriques des tuyaux tiges pour balais ...etc.

- **Produits du secteur d'extrusion** : par ce procédés l'entreprise fabrique principalement les tubes en PEHD pour AEP tubes en PEBD pour l'irrigation, des gaines électriques, les mandrins pour les bandes placée et les tiges balais.

**C.3 Le secteur souple**

Se dernier secteur fabrique les protèges cahier et pochettes vignettes en PVC

**D. Matières premières utilisées au sein de l'entreprise**

- Polyéthylène (PE) sous forme de granulé
- Polychlorure de vinyle (PVC) sous forme de film
- Polypropylène (PP) sous forme de granulé

**E. Département techniques et ses équipements**

Il est chargé du contrôle d'étude, d'analyse et d'organisation pour l'amélioration de la qualité d'une part et la quantité d'autre part.

Il a comme objectif :

- L'amélioration de la qualité d'un produit donné
- L'intégration de consommation de fabrication en matières premières
- La conception ou amélioration des emballages et le contrôle des produits et matières premières.

Il ya un matériels spécial pour contrôler les produits et leur conformité par rapport aux normes en vigueur tel que NF EN 12201 et par rapport aux exigences arrêtées.

On ramène un échantillon de chaque produit chaque 2h et on vérifie si il est conforme aux normes et/ou aux exigences arrêtées ou pas.

Les testes de contrôle de qualité nécessaire s'effectue au niveau d'un laboratoire nécessite les appareils suivants : densimètre, plastomère, balances, essai de traction, DSC ....

## I.2 Polymères

### I.2.1 Définition

Les polymères, appelés communément "matières plastiques", sont inséparables de notre environnement et de notre vie pratique. Ils se sont imposés dans tous les domaines de nos activités: des objets les plus banals jusqu'à des applications techniques sophistiquées, en passant par leur utilisation dans les produits d'hygiène ou alimentaires

Le plus souvent synthétiques, quelquefois naturels, ils doivent cet essor à leurs larges gammes de caractéristiques, (durs, mous ou élastiques, transparents ou opaques, isolants et quelquefois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leur usage, toujours légers) [2].

Par définition les polymères, (du grec *pollus*, plusieurs et *meros*, parties), sont du point de vue de leur structure moléculaire un enchainement d'un même motif appelé monomère. Les monomères reliés entre eux par des liaisons de type covalent.

Il existe plusieurs types de polymères dont les structures variées leur confèrent des propriétés différentes. D'origine naturelle ou de synthèse (issues du gaz ou du pétrole) les polymères se distinguent en quatre grandes familles :

1. les thermoplastiques
2. les thermodurcissables
3. les élastomères
4. les élastomères thermoplastiques.

### I.2.2 Obtention des monomères

La matière première utilisée pour la fabrication des plastiques de synthèse est extraite dans les couches profondes de la croûte terrestre. Grace à des forages, la matière est puisée des gisements, puis acheminée vers des raffineries pétrolières par oléoduc et gazoduc.

En raffinerie, le pétrole subit une distillation atmosphérique. Il est chauffé à 370°C, les vapeurs sont dirigées vers une colonne de distillation. Les résultats obtenus par distillation sont saturés, c'est-à-dire que la taille des molécules obtenues est trop longue, il faut les fractionner par vapocraquage. Il s'agit d'un processus chimique de craquage des molécules en fragments plus courts.

Ces opérations complexes s'effectuent à une température de 800C, à une pression atmosphérique de 1bar. 250 litres à 1000litres d'eau sont nécessaires au craquage d'une tonne

d'hydrocarbure. Le mélange obtenu est de nouveau distillé, cette fois ci à une température de  $-120^{\circ}\text{C}$ .

### I.2.3 Formation des polymères

Les monomères issus du vapocraquage sont polymérisés, c'est-à-dire qu'ils subissent des réactions chimiques complexes avant d'acquies leur structure de polymère. Il existe deux grands types de réactions : la polymérisation en chaîne (polyaddition, pour créer le polyéthylène, le propylène ou le polystyrène) et la polymérisation par étapes (polycondensation, pour le polyéthylène téréphtalate par exemple) [3].

*Tableau I. 1: Représentation de quelques polymères*

Nom Sigle Synthèse	Monomères	Unité constitutive
Polyéthylène PE polymérisation	éthylène $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$
Polypropylène PP polymérisation	propylène $\text{CH}_2 = \text{CH}$   $\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2 - \text{CH}-$   $\text{CH}_3$
Poly(chlorure de vinyle) PVC polymérisation	chlorure de vinyle $\text{CH}_2 = \text{CH}$   $\text{Cl}$	$-\text{CH}_2 - \text{CH}-$   $\text{Cl}$
Polystyrène PS polymérisation	styrène $\text{CH}_2 = \text{CH}$   	$-\text{CH}_2 - \text{CH}-$   
Polyamide 6-6 PA6-6 polycondensation	acide adipique $\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$ hexaméthylène diamine $\text{H}_2\text{N} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}_2$	$-\text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}$ $-\text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} -$
Poly(téréphtalate d'éthylène) PET polycondensation	acide téréphtalique $\text{HOOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$ éthylène glycol $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	$-\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O}$ $-\text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO} -$

### **I.2.4 Réactions de polymérisation**

Chaque monomère est isolé. Il est ensuite combiné avec d'autres monomères de même nature ou de nature différente lors d'une réaction chimique appelée réaction de polymérisation. Il existe plusieurs types de réaction de polymérisation.

#### **1- La polyaddition**

(Polymérisation en chaîne) les monomères se soudent les uns aux autres de façon consécutive (un à un) sans élimination de résidus;

#### **2- La polycondensation**

Les fonctions chimiques des monomères interagissent entre elles, toutes en même temps et s'assemblent en dégageant de petites molécules. Le polymère obtenu est aussi appelé **polycondensat** [4].

## **I.3 Polyéthylène**

### **I.3.1 Définition**

C'est en 1963 que l'on réussit pour la première fois à obtenir un polyéthylène solide par polymérisation directe de l'éthylène sous haute pression. La majeure partie du polyéthylène produit industriellement est aujourd'hui encore fabriquée d'après le même procédé. On découvrit plus tard de nouveaux procédés permettant la polymérisation sous basse pression au moyen de catalyseur d'un nouveau type.

En 2008, la quantité produite de plastiques synthétiques a été de 245 millions de tonnes. Le polyéthylène à lui seul représente un quart de cette production en raison de son faible coût de fabrication et de ses bonnes propriétés physiques et mécaniques. De plus ce polymère permet une mise en forme généralement aisée telle que l'extrusion ou l'injection. Il possède également d'excellentes propriétés d'isolation électrique et de résistance aux chocs et présente une grande inertie chimique et biologique (contact alimentaire).

Le polyéthylène ou polythène est un des polymères les plus simples et les moins chers. C'est un plastique inerte, sous forme de granulés. Son nom vient du fait qu'il est le polymère obtenu par polymérisation des monomères d'éthylène gazeux. La combustion du PE ne présente pas des produits toxiques [5].

Par définition le polyéthylène est un hydrocarbure : ces molécules sont constituées par des chaînes d'atomes de carbone dont les valences libres sont saturées par des atomes d'hydrogènes

- Le procédé pression primitif fournit un polyéthylène à chaînes ramifiées.
- Le procédé basse pression fournissent des polyéthylènes à peine ramifiées, c'est – à dire a structure essentiellement linéaire.

Le tassement des molécules dépend du degré de ramification. Les chaînes ramifiées ne permettent pas d'obtenir la même capacité que les chaînes non ramifiées. Par conséquent, le polyéthylène ramifié est de densité faible ou moyenne et le polyéthylène linéaire est caractérisé par une densité élevée.

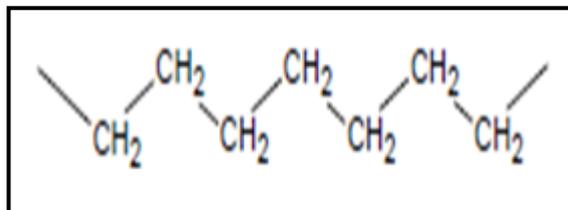
Polyéthylène est un nom générique utilisé afin de décrire les polyoléfines issues de la polymérisation de l'éthylène. Ce sont probablement les polymères les plus couramment utilisés, en effet ils sont employés pour la fabrication des sacs plastiques, des bouteilles d'emballage et de certains jouets. 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 :

- polyéthylènes basse densité ou PE-BD :  $0,92 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,94 \text{ g/cm}^3$ .

- polyéthylènes haute densité ou PE-HD :  $0,95 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,97 \text{ g/cm}^3$  [6].

### I.3.2 Structure du polyéthylène

Le polyéthylène est un matériau thermoplastique obtenu par polymérisation de l'éthylène ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) menant à des macromolécules composées par la répétition du motif  $-(\text{CH}_2)$



*Figure I. 1: Représentation semi-développée de la macromolécule du polyéthylène.*

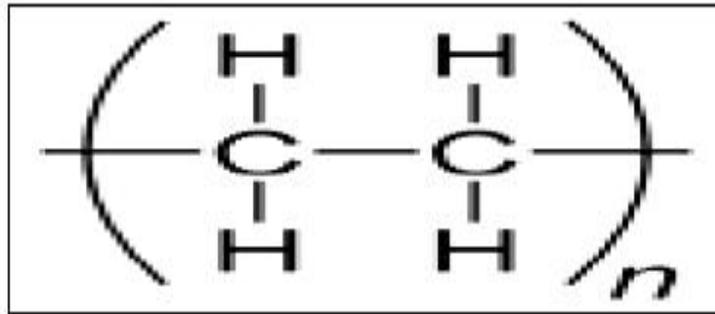


Figure I. 2 : Schéma représentatif du motif du polyéthylène.

### I.3.3 Polymérisation du polyéthylène



Figure I. 3 : Polymérisation du polyéthylène.

Mais selon les différents modes de polymérisation on obtient plusieurs natures du polyéthylène par exemple :

- A partir d'une méthode à haute pression, on obtient un polymère très ramifié appelé le polyéthylène basse-densité PEBD
- A l'inverse on utilise un procédé à basse pression pour obtenir le polyéthylène haute densité PEHD (linéaire donc plus compact que le précédent d'où son nom).

### I.3.4 Types de Polyéthylène

Il existe de nombreux types de polyéthylène et principalement trois grandes familles qui définissent en fonction de leur masse volumique :

- Polyéthylène basse densité ou PEBD.
- Polyéthylène haute densité ou PEHD.
- Polyéthylène moyenne densité ou PEMD.

- Polyéthylène à masse molaire élevée ou PE-UHPM.
- Polyéthylène réticulé ou PE-R
- Polyéthylène réticulé à haute densité ou PE-RHD.
- Polyéthylène à très basse densité ou PE-TBD [7].

### **A. Polyéthylène basse densité PEBD**

Ce polymère thermoplastique de grande consommation est obtenu par polymérisation radicalaire de l'éthylène (éthane) en opérant sous haute pression à environ 200°C [8].

Le PEBD est produits sous haute pression (82\_276MPa) et sous haute température (132\_332°C) avec un initiateur de radical libre (tel que le peroxydes et l'oxygène) et contient quelques longues et courtes branches. Dans le PEBD serait une chaine complètement ramifiée de groupement (-CH<sub>2</sub>-). Cette structure donnant ainsi une densité plus faible et une flexibilité plus grande à celle quand peut obtenir dans le cas de PEHD [9].

#### **A.1 Application du PEBD**

Emballage industriel Emballage alimentaire Emballage produits hygiéniques Isolation câbles d'énergie et de télécommunications Gainage câbles téléphoniques Articles ménagers Bouchons/Couvercles Poignées Sacs cabas Transport de l'eau Emballage du lait Revêtement de pipe-line [10].

#### **A.2 Avantages du PEBD**

- Solidité, résistances aux chocs et à l'abrasion, même à frios
- Inerte chimique, et non toxique pour usage alimentaires
- Résistance à la corrosion et à l'oxydation
- Adaptabilité
- Sécurité

#### **A.3 Inconvénients du PEBD**

- Pas résistant au feu
- Résistance à la température de l'eau limitée
- Rapide propagation de fissures
- Ne peut ni se coller ni se visser
- Les extrémités ont tendance à se fermer

## B. Polyéthylène haut densité PEHD

Le PEHD est un thermoplastique blanc, moins translucide et plus rigide que le PEBD. La molécule de PEHD est un long assemblage linéaire de 500 à 1000 molécules de l'éthylène pratiquement sans ramifications qui se cristallise pour donner un solide rigide.

Le polyéthylène haute densité (PEHD) est obtenu par la polymérisation cationique catalysée de l'éthylène. On utilise principalement les catalyseurs Ziegler-Natta et les catalyseurs à base de chrome (procédé de Philips) réduits et activés à haute température (400°C-800°C) [11].

Le PEHD, polyéthylène haute densité synthétisé sous faible pression par le procédé Ziegler (catalyse organométallique supportée base titane). Il se présente sous la forme d'une chaîne macromoléculaire linéaire régulière. Quelques irrégularités restent présentes (1% carbone) et se manifestent sous la forme de courtes ramifications. Sa masse volumique est la plus importante de tous les polyéthylènes et varie entre 0.955 et 0.970 g/cm<sup>3</sup> polyéthylènes haute densité ou PEHD :  $0,95 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,97 \text{ g/cm}^3$ .

### B.1 Application du PEHD

Bouteille de lait, bidon d'huile, flacons détergents solides et liquides, bidons produits sanitaires, bidons produits chimiques, réservoirs à essence, réservoirs casiers seaux, ménage, bouteilles...

### B.2 Avantages du PEHD

- Mise en œuvre aisée, injection, extrusion, films.
- Excellentes propriétés d'isolation électrique.
- Grande inertie chimique.
- Qualité alimentaire.
- Résistance aux chocs
- Perte du caractère perméable des PE que ce soit à l'eau, mais aussi à l'air et aux hydrocarbures.

### B.3 Inconvénients du PEHD

- Sensible en présence d'oxygène.
- Sensible à la fissuration sous contrainte.
- Mauvaise tenue à la chaleur.
- Collage important. [12].

- **Remarque :**

Le PEBD est plus ramifié que le PEHD, ce qui signifie que les chaînes ne s'assemblent pas bien entre elles. Les forces intermoléculaires de type force de Van der Waal sont donc plus faibles. Il en résulte une plus faible densité, une plus grande malléabilité et une biodégradabilité plus rapide [13].

Dans le tableau suivant une comparaison entre le PEHD et le PEBD :

*Tableau I. 2 : Comparaison entre les propriétés du PEHD et PEBD*

Dénomination des différentes propriétés	PEBD	PEHD
<b>Physiques et chimiques</b>		
Masse volumique	0.915-0.935	0.945-0.960
Taux de cristallinité	65-70%	65-80%
Masse molaire moyenne	10 000 g/mol	jusqu'à 8 million de g/mol
Indice de poly moléularité	faible	faible
<b>Mécaniques</b>		
Structure	branchée	linéaire
Caractéristiques principales	souplesse transparence soudabilité	rigidité résistance mécanique résistance chimique
Contrainte au seuil (rupture)	10-13 MPa	24-30 MPa
Module de traction	200-300 MPa	800-1200 MPa
Module de flexion	60-400 MPa	1150-1500 MPa
<b>Thermiques</b>		
Température de fusion	110-120°C	128-135°C
Transition vitreuse	environ -110°C	environ -110°C
Plage de t° de résistance	de -70 à +60°C	de -70 à +90°C
Retrait au moulage	1.5/3.5%	1.3/3%
Conductivité thermique	faible	faible
Point de Fusion	125°C	135°C
Température de transition vitreuse	110°C	110°C
Absorption d'eau	Néant	Néant
Conductivité thermique	0,48 W/m*°C	0,48 W/m*°C

## I.4 Procédé de mise en forme

La diversité des polymères se traduit par une diversité de procédés de mise en forme. Les propriétés différentes des matériaux et la diversité des résultats escomptés induisent une multitude de méthodes de mise en œuvre. Commençons par détailler la mise en forme des thermoplastiques [14].

### I.4.1 Extrusion

#### A. Définition

La matière première plastique est introduite dans un cylindre chauffé et travaillé et poussé par une tige filetée. En bout de cylindre, le plastique passe par une section profilée qui détermine sa forme finale. Cette machine permet de former des pièces de grande longueur à redécouper comme des tuyaux, gouttières, câblages etc.

#### B. Les phases d'extrusion

Dans l'extrudeuse, la matière est ajoutée dans la trémie sous forme de poudre ou de granules.

La trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant une vis rotative. La vis assure à la fois le chauffage, le malaxage, la mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion. La tête contient une filière qui donne la forme approximative de la pièce dont le polymère est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air pour prendre sa forme finale. Les dispositifs de tirage entraînent le polymère qui se refroidit, soit pour l'enrouler en bobines soit pour permettre de la couper à la longueur [15].

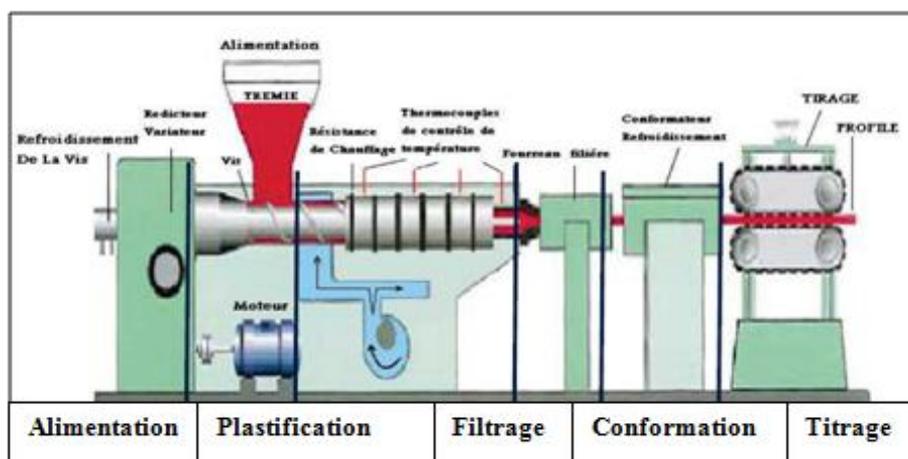


Figure I. 4 : Représentative de la machine d'extrusion.

## I.4.2 Injection

### A. Définition

L'injection, procédé discontinu, permet d'obtenir les objets les plus variés aux formes les plus simple comme les plus complexes

Le procédé est comparable à celui de l'extrusion, le plastique est chauffé et poussé dans un cylindre pourvu d'une vis qui conduit une certaine quantité de matière dans un moule en sortie de cylindre. Les pièces sont ainsi moulées en une seule opération.

### B. Les Presses d'injection plastique

Une presse d'injection des thermoplastiques est composée par les ensembles suivants :

- Ensemble d'injection et de plastification (trémie, fourreau, vis).
- Ensemble de fermeture (moule, vérin de fermeture).
- Ensemble hydraulique (système hydraulique).
- La partie commande

Une machine est caractérisée par :

- La force de fermeture qui est comprise entre 50 tonnes et 3000 tonnes
- La pression sur la matière injectée qui peut atteindre 2000 bars
- La capacité d'injection (en cm<sup>3</sup> ou en kg)

Suivant le sens d'injection on distingue :

- Les presses verticales (faible capacité)
- Les presses horizontales (machines plus fréquentes) [16].

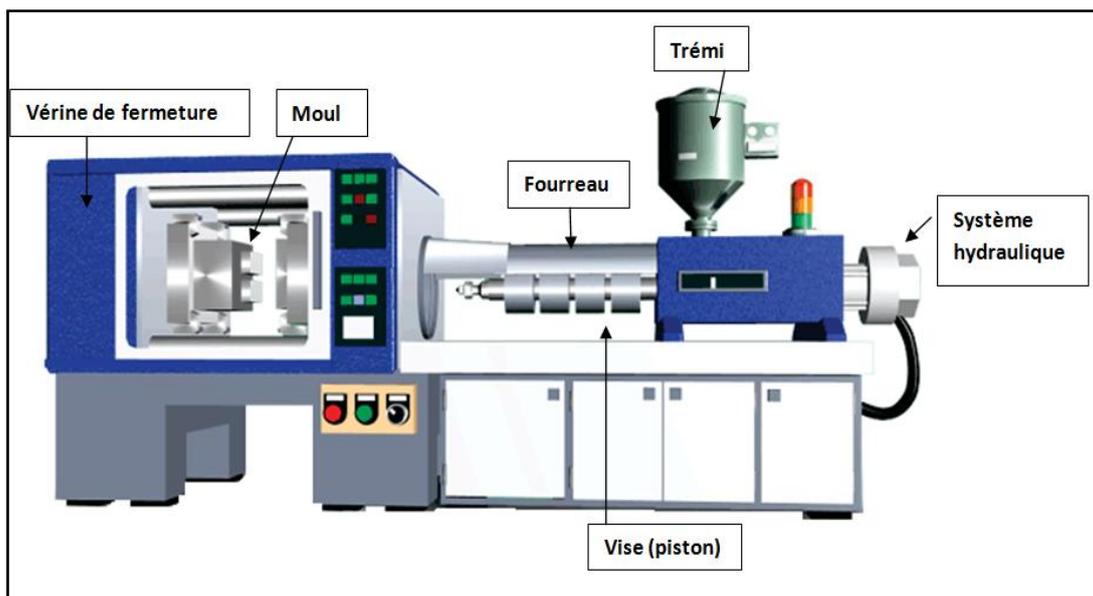


Figure I. 5 : Représentation de la machine d'injection.

**C. Les phases d'injection**

**1-Fermeture du moule** : Ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide, et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité.

**2-Verrouillage** : Si le système de sécurité n'a décelé aucune anomalie, la commande peut appliquer la force de fermeture. Selon le système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface et de la pression, ou par la mise en contrainte des colonnes.

**3-Injection** : C'est la phase de remplissage de l'empreinte avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.

**4-Refroidissement** : Il à lieu le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule.

Dans la pratique, on plastifie souvent, pendant ce temps, la matière pour le prochain cycle. De plus, si nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection' et le moule.

**5-Ouverture du moule** : Le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe [16].

**6-Démoulage (éjection)** : Le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace libre pour être éjectée.

# **Chapitre II**

## ***Partie Expérimentale***

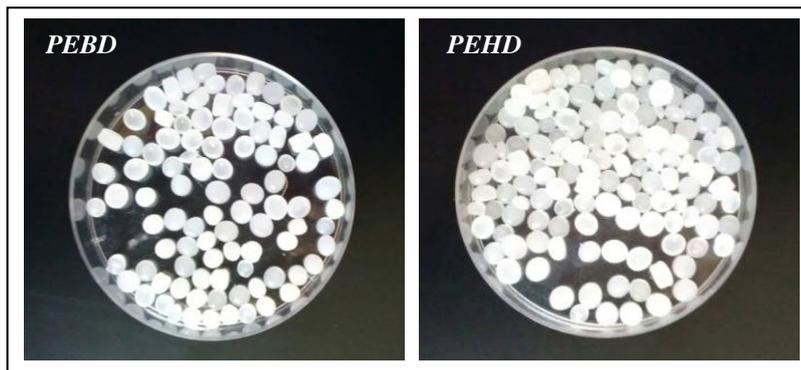
Ce présent chapitre donne un aperçu sur:

- ✓ Les matériaux utilisés dans cette étude ;
- ✓ Les méthodes employées pour l'élaboration des matériaux ainsi que les techniques de caractérisation.

## **II.1 Matériels et méthodes**

### **II.1.1 Matériels**

Les deux polymères utilisés dans les différentes formulations fournis par l'entreprise SISCOPLAST ; polyéthylène basse densité (PEBD) et polyéthylène haute densité (PEHD). Ces deux polymères se présentent comme montre la figure *II. 1* sous forme granulé blanc. Les principales caractéristiques, données par le fournisseur (SICAB) :



*Figure II. 1: Aspect des polymères utilisés.*

## II.1.2 Méthodes

### a. Formulation

Dans notre travail, on a utilisé trois formulations, La composition des différentes formulations est reportée sur ce tableau.

*Tableau II. 1 : Formulations utilisées*

Formulation Polymères	PH	PB	PHB	b. Extr usion
PEHD (%)	100	0	50	
PEBD (%)	0	100	50	

L'appareillage utilisé pour la mise en œuvre des matériaux est une extrudeuse mono-vis connectée à une presse à injection de marque *ERINKA*. En sortie de la presse à injection, on obtient des éprouvettes de traction. Les conditions de travail sont :

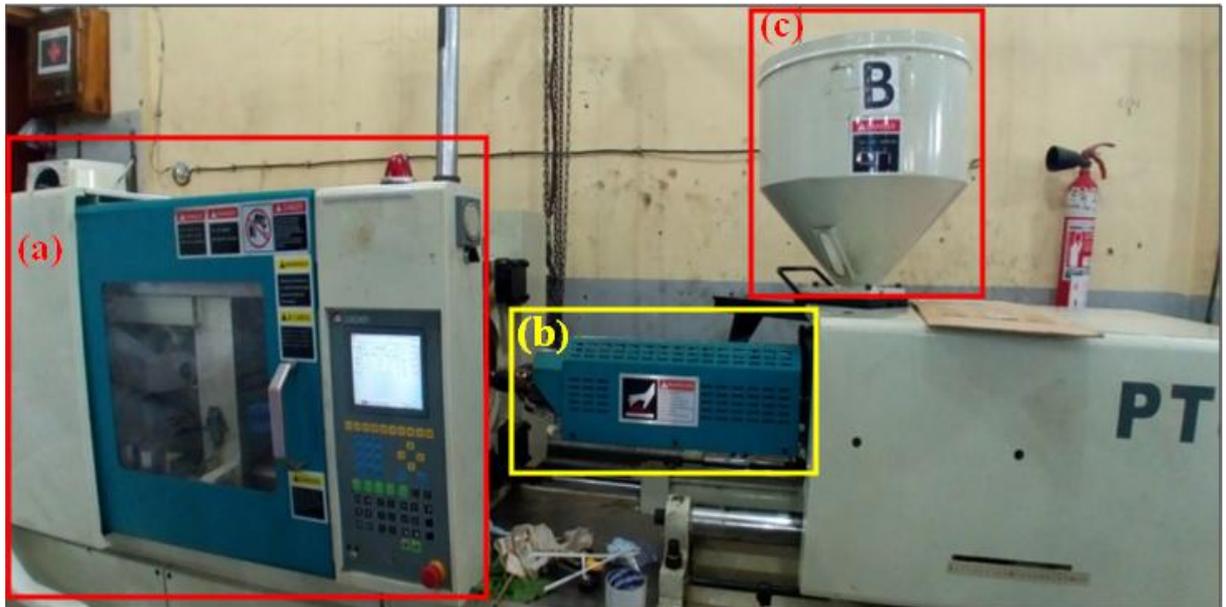
- ✓ Température : 190°C
- ✓ Pression : Pré-injection (4 bars), Injection (5 bars) et la pression de maintien (5 bars)
- ✓ Température de moule : 30°C

Le pré-mélange a été est extrudé pour assurer l'**homogénéisation** de nos polymères puis injecté dans une presse à injection modèle **L.K.POTENZA** au sein de l'entreprise SARL MSB (FRIKAT - TIZI OUZOU).

Initialement le PEHD et le PEBD (sous forme granulé) ont été mélangés en plastique puis introduits dans la trémie de la presse à injection. Le transport et le malaxage de la matière sont assurés par une vis tournante à 115 tr/min se trouvant dans un fourreau (cylindre de plastification) dans les conditions opératoires suivantes :

- Température des trois chambres : **215°C -236°C- 241°C- 281°C.**
- Temps de séjour dans les trois chambres : **3 min**
- Vitesse de la vise **30%**
- Pression d'injection **53 bar**

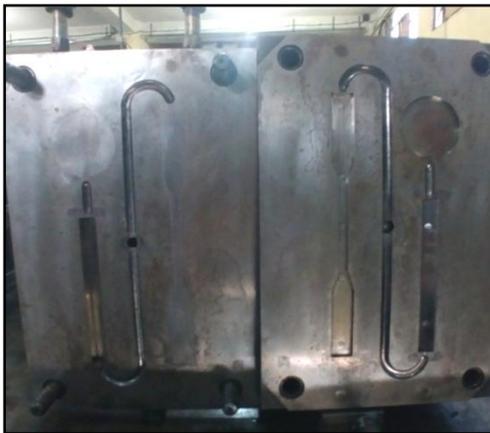
L'extrudât est conduit directement vers le **moule d'éprouvette** et injecté pour un temps d'injection de **5 sec**



*Figure II. 2 : Vue d'ensemble de la Presse d'injection  
(a) Vérine de fermeture, (b) Vice et fourreau, (c) Trémie*

### c. Injection

La deuxième étape consiste à préparer des éprouvettes en utilisant le moule présenté sur la figure ci-dessous. La température d'injection est de 281 °C.



*Figure II. 3 : Moule d'injection*



*Figure II. 4 : Pièce moulée*

### II.1.3 Caractérisation

#### A. Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie IRTF est une technique d'analyse utilisée pour l'identification des groupements fonctionnels qui apparaissent sous forme de bande d'absorption. [17].

Les spectres IRTF ont été enregistrés sur un spectrophotomètre IRTF (mode ATR) de modèle **Perkin Elmer Spectrum one**, pilotés par un ordinateur muni d'un logiciel de traitement avec une résolution de  $8\text{ cm}^{-1}$ , dans la région  $4000\text{ cm}^{-1}$  à  $400\text{ cm}^{-1}$ . Le traitement de ces spectres a été réalisé à l'aide du logiciel ORIGIN 8.



*Figure II. 5 : Spectrophotomètre IRTF*

#### B. Analyse thermogravimétrique (ATG)

La thermogravimétrie est une technique largement utilisée pour étudier la stabilité thermique de l'échantillon. Elle consiste à suivre dans le temps la perte de masse que subit l'échantillon en fonction de la température jusqu'à sa dégradation totale, sous une atmosphère inerte ou oxydante. [18].

Les analyses thermogravimétriques ont été réalisées sur un appareil TGA Q 500. Une masse de 10 à 20 mg est introduite dans un creuset en aluminium. La perte de masse est déterminée sous courant d'azote ( $\text{N}_2$ ), dans un intervalle de température de 30 à  $580\text{ }^\circ\text{C}$  avec une vitesse de chauffe de  $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ .

L'aspect de l'échantillon analysé par IR et ATG est présenté sur la figure suivante :



Figure II. 6 : Aspect des échantillons

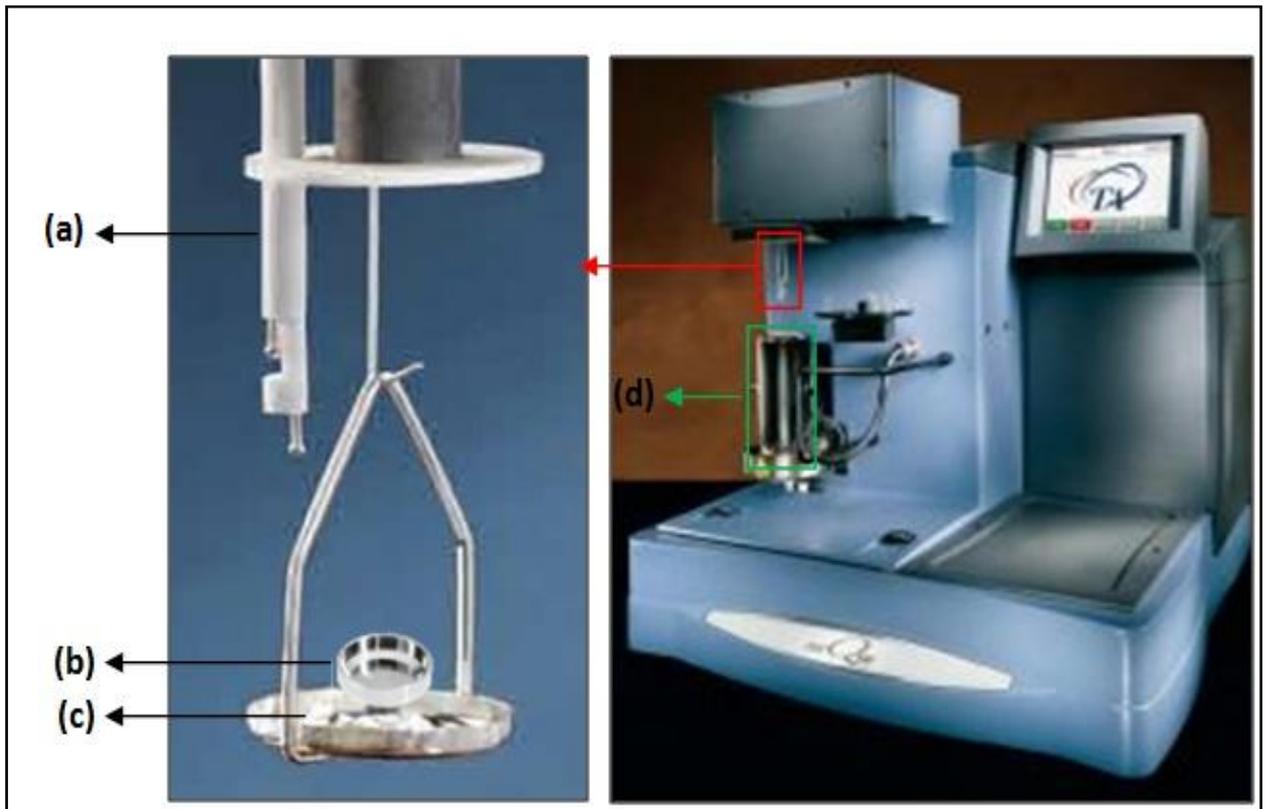


Figure II. 7 : Appareil de l'ATG ( (a) Thermocouple, (b) Creuset en Al, (c) Nacelle, (d) Four)

### C. Indice de fluidité

La connaissance de l'indice de fluidité est un moyen simple et rapide pour appréhender les différences de viscosité de plusieurs matériaux plastiques, fournissant ainsi une indication utile de leur fluidité lors de la transformation.

L'indice de fluidité (IF) a été déterminé au moyen d'un plastomère modèle **BRINGNOLE-LEGNANO** équipé d'un four chauffé à 190 °C. On introduit 4 à 6 g de matière à analyser à l'intérieur

du four, matière poussée filière à d'un de 2.16 tout en



la est vers la l'aide piston kg

respectant le trait affiché sur le bras du piston. La matière récupérée (**extrudas**) est coupée à 1 cm de longueur tout en mesurant le temps et pesée vers la fin.

**Figure II.8:** Vue d'ensemble du Plastomère ((a) Piston, (b) Four, (c) Résistance)

L'IF est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{IF (T, M) = \frac{M_{moy} \times S}{t_{moy}} \quad \mathbf{g/10min}}$$

Avec :

**T** : Température d'essai (190 °C)

**M** : Charge réelle (2.16 Kg)

**M<sub>moy</sub>** : Masse moyenne des extrudats en gramme

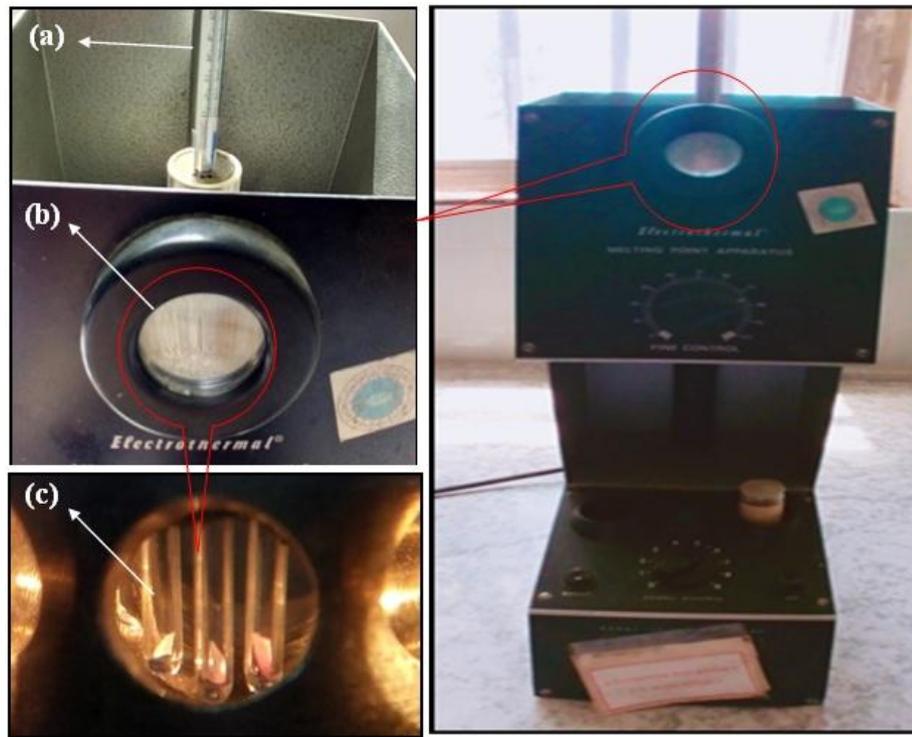
**t<sub>moy</sub>** : Intervalle de temps entre deux coup d'extrudât

**S** : Temps de référence en sec (600 sec)

#### **D. Température de fusion**

Le test de point de fusion a été effectué à l'aide d'un fusiomètre modèle COARSE CONTROL. L'essai consiste à découper de très petits échantillons de matière plastique et les mettre dans des tubes capillaires ayant un diamètre extérieur de 1mm environ et une épaisseur de 0,1 à 0,2 mm. Ces tubes sont introduits dans le fusiomètre lequel est équipé de résistances thermo-réglables et d'un thermomètre pour la mesure de la température d'essai, les tubes capillaires sont alors soumis à des températures qui augmentent progressivement de 1°C.

La température de fusion prise correspond au début de fusion de l'échantillon qui détecté à travers la loupe de l'appareil.

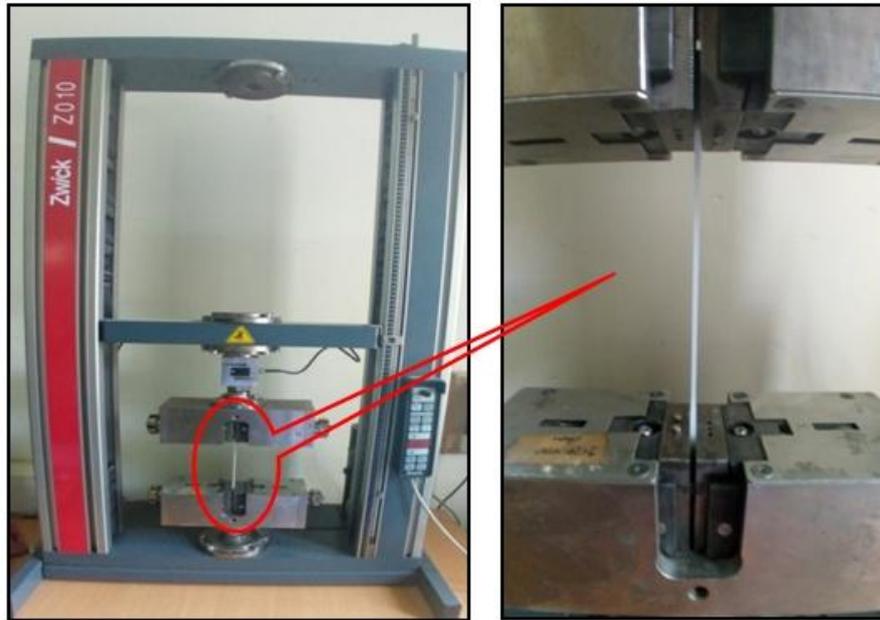


*Figure II. 9 : Vue d'ensemble du Fusiomètre ((a) Tubes capillaires, (b) Loupe, (c) Début de fusion)*

### E. Traction

Le test de traction permet de déterminer le comportement d'un matériau sous l'effet d'une contrainte qui est traduit par le module d'Young( $E$ ), l'allongement et la contrainte à la rupture. Ces essais permettent de déterminer la nature du matériau (rigide ou souple). Il consiste à soumettre cette éprouvette à un étirement, à une vitesse constante et à une température ambiante jusqu'à sa rupture, ou jusqu'à ce que la contrainte (charge) ou la déformation (allongement) ait atteint une valeur prédéterminée.

Le test de traction est réalisé sur des éprouvettes sous forme d'haltère (figure II. 2). Ces essais ont été réalisés au niveau de l'Unité de Recherche: Matériaux, Procédés et Environnement, Université Mohamed Bougera (BOUMERDES), sur une machine de traction de type *Zwick /Z010*, pilotée par un micro-ordinateur, selon la norme *ISO 527*, à la température ambiante et avec une vitesse de déplacement de 20 mm/min.



*Figure II. 10 : Vue d'ensemble de la machine de traction*



*Figure II. 11 : Echantillon sous forme d'haltère (Eprouvette)*

## **Chapitre III**

### ***Résultats et Discussions***

Ce chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des résultats de caractérisation obtenus des matériaux élaborés.

### III.1 Spectroscopie Infra Rouge a Transformé de Fourier (IRTF)

La figure suivante représente les spectres IRTF des matériaux élaborés.

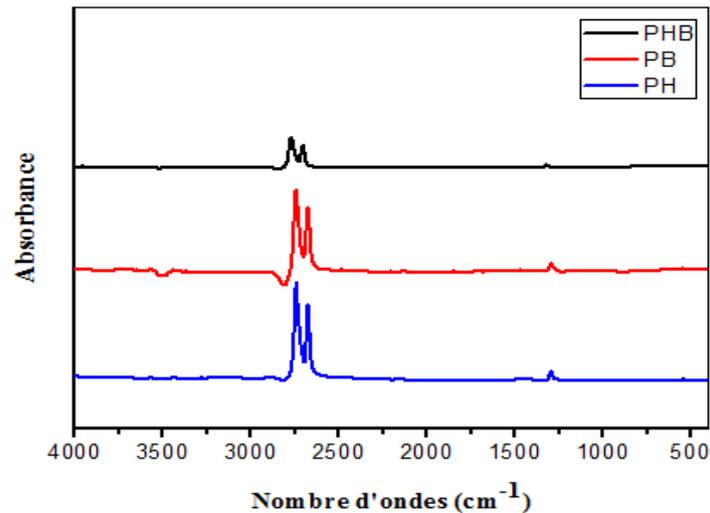


Figure III. 1 : Spectres IR des trois matériaux

L'examen de ces spectres fait apparaître principalement, en accord avec la littérature les bandes suivantes :

Tableau III. 2 : Bandes d'absorption

Matériaux	PH	PB	PHB
Nombre d'ondes (cm <sup>-1</sup> )	2740	2740	2769
	2673	2674	2703
	1293	1291	1322

Ces bandes sont attribuées dans le cas du PH à :

Les deux bandes d'absorption à 2740 cm<sup>-1</sup> et 2673 cm<sup>-1</sup> traduisant les vibrations asymétriques et symétriques des liaisons C-H du groupement CH<sub>2</sub>.

Un pic centré à  $1293\text{ cm}^{-1}$  correspondant aux vibrations de déformation du même groupement ( $\text{CH}_2$ ).

Dans le cas du PB, les mêmes bandes d'absorption ont été observées.

Dans le cas du mélange PHB, ces bandes ont été déplacées vers les longueurs d'ondes les plus élevées, ceci peut être expliqué par des interactions physiques de type de Van der waals qui se sont établies entre le PH et PB.

Cette analyse montre clairement que le PH et le PB utilisés dans cette étude sont des polymères purs.

### **III.2 Analyse thermogravimétrique (ATG)**

La stabilité thermique des matériaux est un paramètre très important pour le traitement et l'utilisation de ces matériaux.

D'après la figure précédente on remarque que les trois thermogrammes ATG ont la même allure et font apparaître une seule étape de dégradation.

Stable thermiquement. L'évolution des courbes est pratiquement constante, aussi bien pour les deux polymères vierges, que pour le mélange.

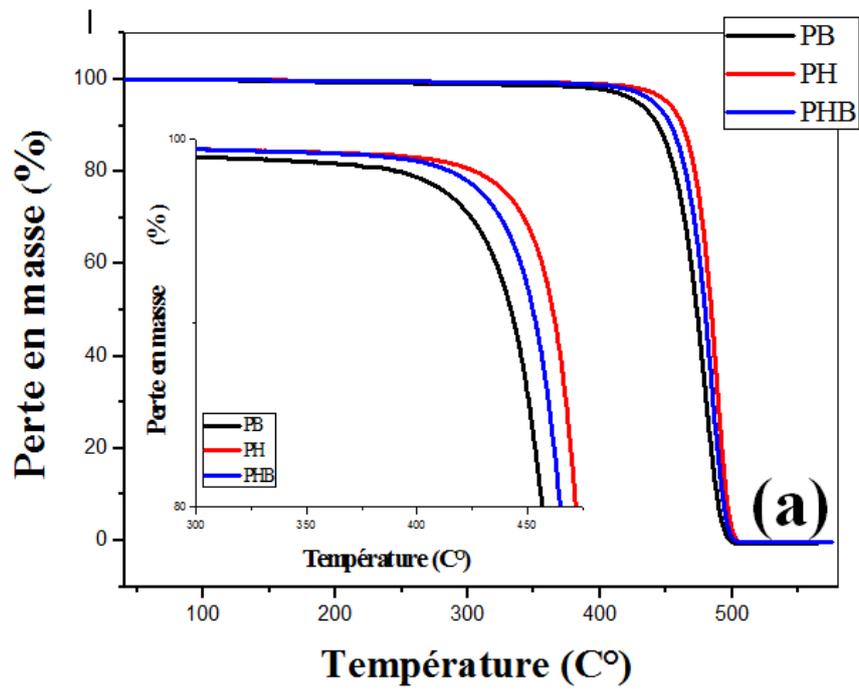


Figure III.2 : Thermogramme de perte en masse

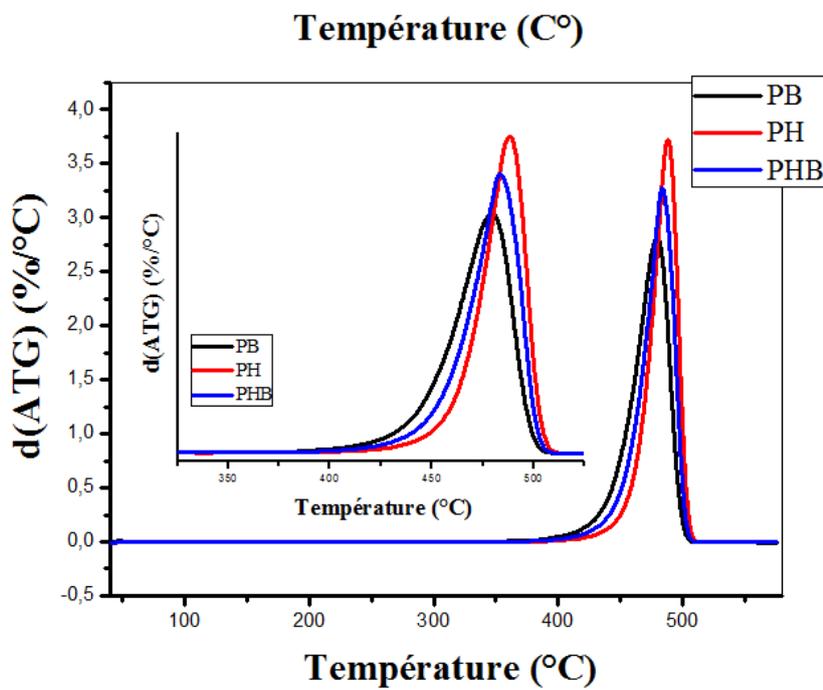


Figure III. 3 : Thermogrammes ATG (A) et  $d(ATG)$  (B) des matériaux élaborés

Tableau III.2: Paramètres thermogravimétriques

Formulation	T <sub>d</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	Résidu (%)
PH	404	488	2.63
PB	381	480	4.91
PHB	393	483	4.17

D'après les trois figures précédentes on remarque que les trois thermo-grammes de perte en masse ont la même allure et font apparaître la même étape de dégradation

D'après les résultats du tableau, la valeur de début de dégradation la plus élevée est enregistrée dans le cas du PH, qui est de 404°C, un polymère stable thermiquement. Par contre, le PB commence à se dégrader à une valeur de température inférieure à celle du PH qui est de l'ordre de 381 °C.

Par ailleurs, le mélange des deux polymères présente une température de début de décomposition comprise entre celles des deux polymères.

Le résidu calculé à T = 550°C est nettement faible, ce qui montre que les trois matériaux se soient totalement dégradés.

### III.3 Indice de fluidité

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.3 : Indice de fluidité

Matériaux	PH	PB	PHB
IF	0,899	0,143	0,234

D'après les résultats de l'indice de fluidité, nous remarquons clairement que le PH a la valeur la plus élevée qui peut s'expliquer par sa grande masse macromoléculaire, qui sont à l'origine de diminution de la viscosité du matériau. Contrairement au PB qui a une masse macromoléculaire basse qui a résulté une grande viscosité.

Le mélange montre une valeur comprise entre celles du PH et PB.

En conclusion, l'IF peut nous renseigner sur la viscosité d'un matériau [19]

### III. 4 Température de fusion

Les températures de fusion sont illustrées sur ce tableau :

*Tableau III. 1 : Températures de fusion*

Matériaux	PH	PB	PHB
T (°C)	135	124	131

Comme le résultat précédent, le PH présente la valeur la plus élevée comparée aux deux autres. Ce résultat est dû à la structure des deux polyéthylènes. Le PH est un polymère semi cristallin, qui présente un taux de cristallinité qui dépasse celui du PB. La phase cristalline est caractérisée par sa température de fusion. La rigidité et la résistance à la chaleur de la phase cristalline sont engendrées par des liaisons intermoléculaires, contrairement la phase amorphe connue par sa souplesse.

### III.5 Test de traction

Une simple observation visuelle des éprouvettes correspondant aux différents échantillons après traction permet d'estimer la fragilité du matériau. La figure ci dessous regroupe les photos des éprouvettes après essai de traction. Une différence fondamentale en termes de ténacité entre les différents matériaux est observée.



*Figure III. 4 : Echantillons après la traction*

L'image montre la souplesse et la malléabilité du PB en comparant avec leurs homologues le PH et PHB.

Le module d'Young, l'allongement et la contrainte à la rupture sont présentés par les histogrammes suivants :

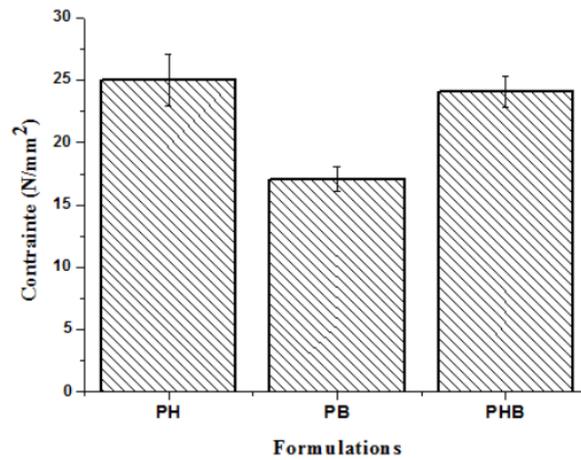


Figure III.5: Contrainte à la rupture (N/mm<sup>2</sup>)

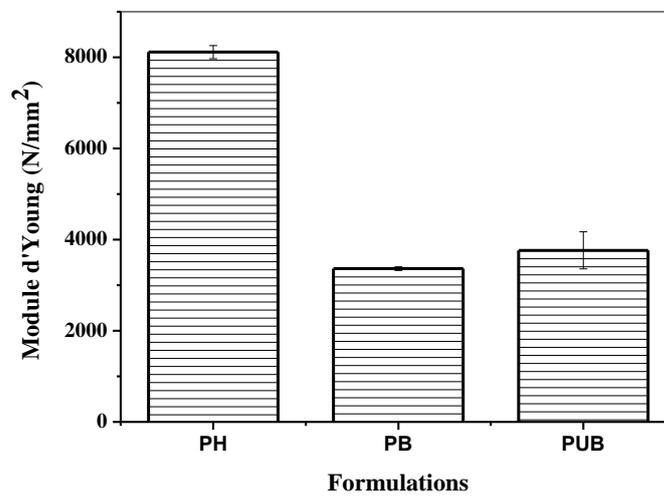
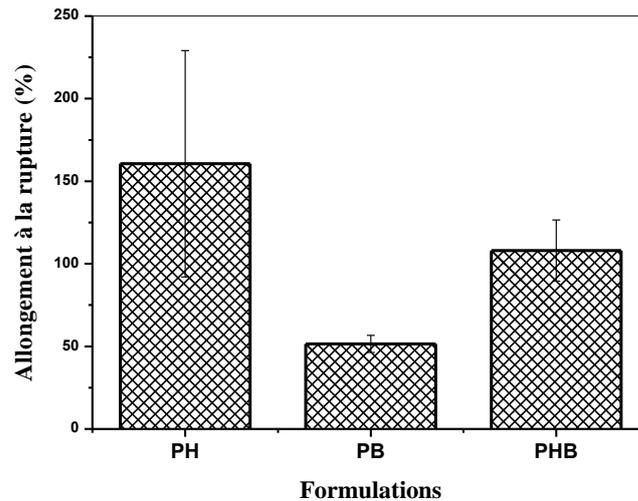


Figure III.6: Module d'Young (N/mm<sup>2</sup>)



*Figure III.7: Allongement à la rupture*

L'allongement et la contrainte à la rupture traduisent numériquement notre observation visuelle. La valeur la plus élevée de l'allongement est trouvée dans le cas du PH, ceci reflète son étirement et sa rigidité. Le PB est le matériau le plus souple, alors que le PHB rassemble ces deux propriétés (la rigidité et la souplesse) ; et cela est dû à la structure linéaire du PH qui facilite son étirement contrairement au tau de ramification élevé du PB qui a résulté un allongement très bas

# *Conclusion Générale*

## **Conclusion générale**

L'étude pratique réalisée lors de ce stage a pour objectif :

1. Elaboration par la voie Extrusion - Injection des matériaux polymériques à base du polyéthylène haut densité (PH) et polyéthylène basse densité (PB).
2. Caractérisation des matériaux élaborés par des techniques et tests afin de comparer leurs propriétés.

Les résultats obtenus de cette étude nous permet de citer ces conclusions :

- ✓ La spectroscopie IRTF révèle l'existence d'interactions entre le PEHD et le PEBD.
- ✓ Le PEHD est le plus stable thermiquement, le mélange de deux polymères se dégrade à une température comprise entre celles des deux polymères.
- ✓ L'indice de fluidité dépend des interactions du PH polyéthylène établies par les chaînes linéaires du polymère.
- ✓ Le PH a un point de fusion supérieur à celui du PB et à du PHB.
- ✓ Le PH est plus rigide et montre une résistance à la température plus élevée à celle du PB qui est le plus souple

✓

*Références*

*Bibliographiques*

- [1] **Goalad.** *Etude physico-chimique du procédés de dispersion des poudres libres et agglomérées en milieu liquide* . Toulouse : s.n., 2005.
- [2] **L.Goala.** *Etude physico-chimique du procédé de dispersion des poudres libres et agglomérées en milieu liquide*. Toulouse France , 2014. Thèse de Doctorat .
- [3] **Brydson.** *Plastique materials*. london : 7<sup>ème</sup> édition, 1999.
- [4] **Stehane Engelsman, Valerie Spalding.** *Plastique et architecture et construction*. s.l. : Edition Birkhauser , 2007.
- [5] **Dimitris, Kottas.** *Architerture et construction : Le plastique* . s.l. : Link, 1996.
- [6] **D.C.Miles et J.H.Briston.** *Technologie des polymères* . Paris : Dunod Edition , 1968.
- [7] *Connaissance de polyéthylène*. Société ELF ATCHER : s.n., 1995.
- [8] **M.Carreg.** *Matières plastiques* . france : 2<sup>ème</sup> Edition , 2007.
- [9] Comparaison entre les polyéthylènes haute et basse debsité . *www.polyéthylène haute densié*. [En ligne] [Citation : 17 4 2018.]
- [10] **J.Bost.** *Matiétre plastique* . France : 2<sup>ème</sup> Edition , 1985.
- [11] **C.Peru.** *Polyéthylène haute densité PEHD , Techniques d'Ingénieur* . Paris : s.n., 2008. AM3315.
- [12] **R.Dossogne.** *Polyéthylène haute densité , Technique d'Ingénieur*. France : s.n., 1996.
- [13] *Matières plastiques* . **M.Carrega.** Paris : s.n., 2005-2009.
- [14] **Deterre et G.Froyer.** *Introduction aux matériaux polymères*. paris : Lavoisier, 1997.
- [15] **Mouhoub, A. et Bedjaoui, K.** *Comptabilisation d'un mélange à base de PE/PEBD par extrusion réactive*. Algérie , Sétif, juin 2011. Mémoire d'Ingéniorat.
- [16] **M.Ragoubi.** *Contribution l'amélioration de la compatibilité intrefaciale fibres naturelles / matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne* . France , 2010. Thèse doctorat .
- [17] **S.Fuzessery.** *Polyéthylène basse densité , Tecnique d'Ingénieur* . France : s.n., 1996.

[18] **P.stephanie.** *Les matières plastiques à usage pharmaceutique* . France : Médicales International , 2002.

[19] Poyéthylène/ Applications . *www.fabrication polytek.fr* . [En ligne] [Citation : 29 -3 - 2018

