

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés
Laboratoire des Génie des Polymères
Laboratoire des Matériaux Polymères Avancés

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie, Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Polymères

Présenté par

MESSAOUDI Yanis

MESSAOUDI Faouzi

Thème

Elaboration et caractérisation de matériaux à base d'une matrice polyéthylène

Soutenue le : 00/00/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
AZZOUG Moufok	MCA	Université de Béjaïa	Président
IHAMOUCHEN Chadia	MCA	Université de Béjaïa	Examineur
CHIBANI Nacera	MCA	Université de Béjaïa	Encadrant

Année Universitaire : 2021/2022

Liste des abréviations

PEBD : Polyéthylène basse densité

PEHD : Polyéthylène haute densité

PEMD : Polyéthylène moyenne densité

PE : Polyéthylène

PP : Polypropylène

PS : Polystyrène

PVC : Polychlorure de vinyle

PET : Poly téréphtalate d'éthylène

PC : Polycarbonate

PTFE : Poly tétrafluoroéthylène

IRTF : spectroscopie Infra Rouge à transformée de Fourier.

IR : spectroscopie infrarouge.

UV : Ultra/Violet.

V : Visible

E : Module d'Young (MPa)

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique homopolymères	04
Figure 2 : Représentation schématique copolymères.....	04
Figure 3 : Structure polymère amorphe.....	07
Figure 4 : Structure polymère semi-cristallisé.....	08
Figure 5 : Représentation de la machine d'injection.....	10
Figure 6 : Représentation de la machine d'extrusion.....	11
Figure 7 : Polymérisation d'éthylène.....	12
Figure 8 : Représentation semi-développée de la macromoléculaire du polyéthylène.....	12
Figure 9 : Différents type de polyéthylènes (PE)	13
Figure 10 : Structure PEBD.....	14
Figure 11 : Structure PEHD.....	16
Figure 12 : Organigramme générale de l'entreprise	20
Figure 13 : Aspect des polymères utilisés.....	23
Figure 14 : Sachet de 25 kilos de la matière première.....	23
Figure 15 : Dispositif d'une extrudeuse par gonflage	25
Figure 16 : Système aspiration.....	26
Figure 17 : Vise sans fin	27
Figure 18 : (A) Grille de contrepression et filtre, (B) Filière, (C) un anneau de refroidissement.....	27
Figure 19 : Système de réversion à plateau tournant.....	28
Figure 20 : Bobine de film multicouches.....	28
Figure 21 : Presse hydraulique à deux plateaux chauffants.....	29
Figure 22 : Panneaux de contrôle de la machine	30
Figure 23 : Spectrophotomètre IRTF.....	31
Figure 24 : Vue d'ensemble du Plastomère (A) Poids, (B) Four.....	32
Figure 25 : Vue d'ensemble de la machine de traction Vue d'ensemble de la machine de traction.....	33
Figure 26 : Vue d'ensemble de la machine de perforation	34
Figure 27 : Spectres IR du film PE-HD.....	35
Figure 28 : Spectres IR du film PE-BD.....	36
Figure 29 : Spectres IR du mélange	37
Figure 30 : Assemblage des trois spectres issus des films polyéthylène.....	37
Figure 31 : Contrainte à la rupture (MPa)	39
Figure 32 : Module d'Young (MPa)	39
Figure 33 : Allongement à la rupture (%).....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du PE-BD.....	15
Tableau 2 : Avantages et inconvénients du PE-HD.....	17
Tableau 3 : Comparaison entre les propriétés du PE-BD et PE-HD.....	18
Tableau 4 : Les différentes formulations utilisées.	24
Tableau 5 : l'indice de fluidité des formulations utilisés.	38
Tableau 6 : force de perforation pour les trois reformulations.....	41

Sommaire

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre I : Généralité sur les polymères	
I. Polymères	03
I.1. Introduction	03
I.2. Définition.....	03
I.3. Classification.....	04
I.3.1. Selon la structure.....	04
I.3.1.1. Homopolymères	04
I.3.1.2. Copolymères	04
I.3.2. Selon le domaine d'utilisation.....	04
I.3.2.1. Les polymères usuels	04
I.3.2.2. Les polymères techniques	04
I.3.2.3. Les polymères haute performances.....	05
I.3.3. Selon leurs origines.....	05
I.3.3.1. Polymères naturels.....	05
I.3.3.2. Polymères artificiels.....	05
I.3.3.3. Polymères synthétiques	05
I.3.4. Selon l'isomérisation de configuration (tacticité)	05
I.3.4.1. Polymère isotactique	05
I.3.4.2. Polymères syndiotactique.....	05
I.3.4.3. Polymère atactique.....	06
I.3.5. Selon leurs familles chimiques	06
I.3.5.1. Thermoplastiques	06
I.3.5.2. Thermodurcissables.....	06
I.3.5.3. Elastomères.....	06
I.3.6. Selon leur morphologie.....	07
I.3.6.1. Les polymères amorphes	07
I.3.6.2. Polymères semi-cristallins	07
I.3.7. Procède de fabrication des polymères.....	08
I.3.7.1. Polymérisation en chaîne.....	08
I.3.7.2. Polymérisation par étape	09
I.4. Procède de mise en forme.....	09
I.4.1. Injection.....	09
I.4.1.1. Domaine d'application.....	10
I.4.2. Extrusion	10
I.4.2.1. Domaine d'application.....	11

Chapitre II : Le polyéthylène (PE)

II.1. Polyéthylène (PE)	12
II.1.2. Définition	12
II.1.3. Structure	12
II.1.5. Différents types de Polyéthylène.....	13
II.2. Polyéthylène basse densité (PEBD)	14
II.2.1. Définition	14
II.2.2. Structure	14
II.2.3. Polymérisation du polyéthylène basse densité	14
II.2.4. Différentes applications du PEBD	15
II.2.5. Avantages et Inconvénients du PEBD	15
II.3. Polyéthylène haute densité (PEHD)	16
II.3.1. Définition.....	16
II.3.2. Structure.....	16
II.3.3. Polymérisation du polyéthylène haute densité	16
II.3.4. Différentes applications du PEHD.....	16
II.3.5. Avantages et Inconvénients du PEHD.....	17

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Lieu de stage.....	19
III.1.2. Présentation de l'entreprise.....	19
III.1.3. Produits fabriqués.....	21
III.1.4. Equipement.....	21
III.1.5. Matière première.....	21
III.2.1. Matériels et méthodes.....	23
III.2.2. Matériels.....	23
III.2.3. Méthodes.....	24
III.2.4. Formulation.....	24
III.2.5. Extrusion gonflage.....	24
III.2.5.1. Définition.....	24
III.2.5.2. Principe de fonctionnement.....	26
III.2.6. Presse hydraulique.....	29
III.3.1 Caractérisation.....	31
III.3.2. Spectroscopie Infra Rouge a Transformée de Fourier (IRTF)	31
III.3.3. Indice de fluidité.....	31
III.3.4. Traction.....	32
III.3.5. Résistance à la perforation.....	33

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Spectroscopie Infra Rouge a Transformé de Fourier (IRTF)	35
IV.2. L'indice de fluidité.....	38
IV.3. Test de traction	38
IV.4. Test résistance à la perforation.....	41
Conclusion	42

Introduction Générale

Introduction générale

Aujourd'hui, les matières plastiques imprègnent tous les aspects de la vie quotidienne dans tous les domaines d'utilisation. La matière plastique a remplacé les autres matériaux à savoir, le métal, le carton, le bois, les verres, la céramique et autres matériaux.

Les matières plastiques prennent de plus en plus d'importance dans vie grâce à leurs nombreuses applications, telles que dans le domaine de la construction, de l'automobile ou encore de l'aéronautique, l'emploi des matières plastiques est relativement récent par rapport à son utilisation quotidienne et domestique.

Les propriétés des matières plastiques sont très différentes de celles des matériaux structuraux conventionnels. Cependant, l'augmentation progressive du prix de certaines matières premières qui commencent à se raréfier renforce la nécessité de la prévention.

Le polyéthylène, sujet de notre étude présente plusieurs avantages par rapport aux autres polymères ce qui le rend plus attrayant, il touche pratiquement tous les domaines sans exception. En effet, il a une forte résistance aux chocs, une haute rigidité, ainsi qu'un faible coefficient de dilatation thermique [1].

Le polyéthylène est l'un des polymères le plus utilisés sur le marché. En 2019, la production mondiale est de 114,43 millions de tonnes par ans, à sa tête les États-Unis, le Canada et la Chine.

Il existe différents polyéthylènes classés en fonction de leur densité. Celle-ci dépend du nombre et de la longueur des ramifications présentes dans le matériau. On distingue deux familles,

Les polyéthylènes basse densité (PEBD), sont employés principalement pour l'emballage des aliments et de divers produits industriels, en câblerie, géo membranes, film, tuyaux.

Les polyéthylènes haute densité (PEHD), sont utilisés pour produire des bacs en plastique, emballages de produits détergents, bidons d'huile moteur, bouteilles de lait, bouteilles de shampoing, bouchons de boissons gazeuses.

Dans cet objectif, ce présent mémoire décrit l'élaboration et la mise en œuvre des films thermo-rétractables à base d'un polymère de polyéthylène et sa caractérisation par différentes techniques d'analyses.

Pour mener à bien cette étude, ce mémoire sera subdivisé en quatre chapitres.

Le premier chapitre fera l'objet de quelques généralités sur les polymères (définition, classification, domaine d'utilisation).

Dans le deuxième chapitre, sera focalisé sur le polyéthylène et ces différents types, polyéthylène haute densité (PEHD) et polyéthylène basse densité (PEBD).

Le troisième 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 quatrième chapitre, se termine par l'obtention des résultats des analyses de différentes techniques de caractérisations : FTIR, MFI, traction, perforation et l'interprétation de ces derniers.

En fin, nous terminons ce travail par une conclusion générale dans laquelle nous ferons allusion à quelques perceptives.

Partie théorique

CHAPITRE 1

Généralités sur les polymères

I – Polymères**I.1. Introduction**

Les polymères, parfois appelés « matériaux plastiques (polymère et adjuvants) » sont omniprésents à notre environnement et à notre vie quotidienne, ils se sont infiltrés dans tous les aspects de notre vie, du plus petit objet banal jusqu'aux applications technologique avancées.

La polyvalence des matériaux polymères est liée au fait que les propriétés physico-chimiques (durs, mous ou élastiques, transparents ou opaques, isolants et quelquefois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leur usage, toujours légers) des polymères peuvent être adaptées en ajustant minutieusement la composition et la répartition des poids moléculaires des molécules qui composent le polymère [2].

Ces dernières années, les domaines dans lesquels les matériaux polymères ont été utilisés se sont considérablement diversifiés tels que l'électroménagers, l'alimentaires, le dentaire, l'agriculture, ainsi que dans le secteur médical et sportif.

Pour mettre en œuvre correctement ces matériaux, il est important de connaître leur mécanisme de réaction avec leurs avantages et leurs inconvénients spécifiques.

I.2. Définition

Par définition, le mot polymère dérive du grec composé des mots polys, qui signifie « plusieurs » et mère, qui indique « partie », Un polymère, est défini comme étant une molécule constituée d'un enchainement de molécules similaires et répétitives, appelées monomères (du grec mono = un, unité), relie par des liaisons covalentes [3].

Un monomère est un composé constitué de molécules simple pouvant réagir avec d'autres monomères pour donner un polymère.

Les propriétés des polymères dépendent de la nature des monomères, de la masse moléculaire et de leurs liaisons chimiques dans la macromolécule.

Le terme macromolécule est souvent utilisé à la place de polymère [4].

I.3. Classification

Il existe plusieurs variétés distinctes de polymères chacun avec des structures et des propriétés différentes.

I.3.1. Selon la structure

I.3.1.1. Homopolymères

Ils sont obtenus par la répétition d'une seule unité constitutive de monomère, leurs propriétés mécaniques, écoulement à l'état fondu, optique, sont dues à la structure chimique des monomères et à la longueur des chaînes [5] (figure 2).

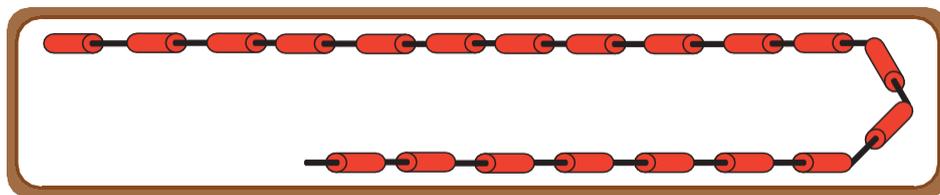


Figure 1 : Représentation schématique homopolymères.

I.3.1.2. Copolymères

Il est constitué de plusieurs types de monomères, les copolymères peuvent être classés en plusieurs familles, dont statistique, alterné, séquencé et greffé (figure 2).

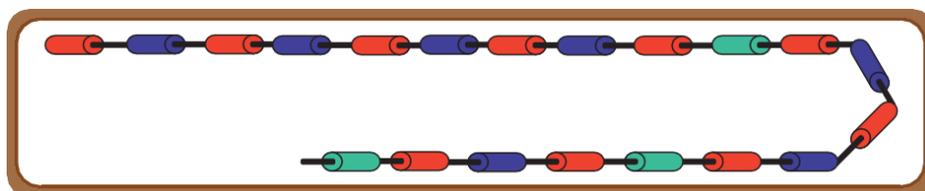


Figure 2 : Représentation schématique copolymères.

I.3.2. Selon le domaine d'utilisation

I.3.2.1. Les polymères usuels

C'est des polymères à utilisation quotidienne, ils sont de grand tonnage, et ils n'exigent pas de grandes performances mécaniques et thermiques et dont le prix est faible, exemples : PE, PVC, PP, PS.

I.3.2.2. Les polymères techniques

C'est des polymères qui nécessitent une certaine performance dans les propriétés, qui leur permettent d'être utilisés comme substitut aux matériaux traditionnels (métaux, céramiques, verres...), exemples : PET, PC, PTFE.

I.3.2.3. Les polymères hautes performances

C'est des polymères dont les propriétés thermiques et mécaniques sont très élevées, exemples : Kevlar.

I.3.3. Selon leurs origines

I.3.3.1. Polymères naturels

Que l'on trouve à l'état naturel, sont présents partout autour de nous, végétales, ou animales.

- Les fibres végétales sont : le bois, le papier, le coton, le latex ;
- Les fibres animales sont : cuir, soie et laine.

I.3.3.2. Polymères artificiels

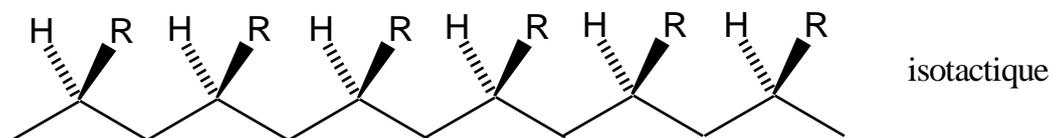
Ils résultent d'un traitement chimique de substances naturelles comme par exemple le caoutchouc vulcanisé (traité au soufre) et le celluloïd (nitrocellulose traitée au camphre).

I.3.3.3. Polymères synthétiques

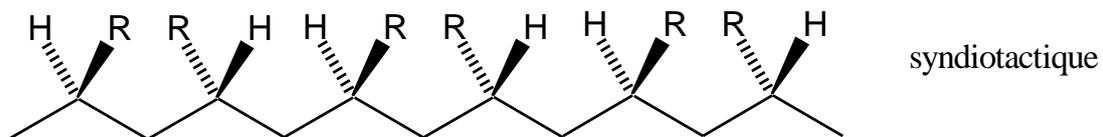
Les polymères synthétiques sont issus de la synthèse à partir du monomère d'origine pétrolière dans la plupart des cas, exemples : le polyéthylène (PE), le polychlorure de vinyle (PVC), polypropylène (PP), polystyrène (PS).

I.3.4. Selon l'isomérisie de configuration (tacticité)

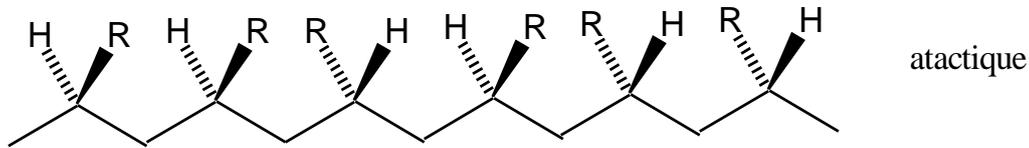
I.3.4.1. Polymère isotactique : les groupes R se placent du même côté de la chaîne.



I.3.4.2. Polymères syndiotactique : les groupes R se placent en alternance.



I.3.4.3. Polymère atactique (ou hétérotactique) : les groupes R se placent aléatoirement de part et d'autre du plan de la chaîne carbonée.



Ces différences de géométries influent grandement sur les propriétés physiques et sur la structure et la stabilité des phases cristalline des polymères [6].

I.3.5. Selon leurs familles chimiques

I.3.5.1. Thermoplastiques

Les thermoplastiques ramollissent sous l'influence de la chaleur, redeviennent moelleux, malléables et durcissent à nouveau une fois refroidis, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes, elles peuvent alors glisser les unes par rapport aux autres pour prendre une forme différente et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leurs nouvelles formes [7].

I.3.5.2. Thermodurcissables

Contrairement aux thermoplastiques, un thermodurcissable durcit au cours de la polymérisation lors de la montée en température en formant un réseau tridimensionnel de monomères liés par liaisons covalentes. La transformation est unique et donne lieu à une pièce définitive.

Les chaînes de départ sont beaucoup plus courtes et plus réactives, ces chaînes vont se lier ensemble chimiquement, cette réaction conduit à des liens chimiques rigides et met en jeu toutes les molécules présentes pour former un réseau tridimensionnel [8].

I.3.5.3. Elastomères

Ces polymères présentent les mêmes propriétés élastiques que le caoutchouc, l'élastomère est constitué de longues chaînes moléculaires empilées les unes sur les autres au repos, sous

l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes sur les autres et se déformer [9].

Un processus de vulcanisation est utilisé pour s'assurer que le matériau de base a une élasticité adéquate. Il s'agit d'un procédé de cuisson et de durcissement qui permet de réaliser un réseau tridimensionnel plus ou moins rigide sans perdre la flexibilité des chaînes moléculaires.

Les élastomères sont employés dans la fabrication des coussins, de certains isolants, des semelles de chaussures ou des pneus.

I.3.6. Selon leur morphologie [10]

I.3.6.1. Les polymères amorphes

En dessous de leur température de transition vitreuse (ramollissement) ils sont à l'état vitreux, ils sont transparents, ils ne sont généralement pas très résistants à la rupture.

Les matières hautes températures amorphes ont une structure moléculaire disposée aléatoirement, et n'ayant pas de point de fusion précis, se ramollissent progressivement à mesure que la température augmente.

Ces matières changent de viscosités lorsqu'elles sont chauffées, mais ont rarement un flux aussi aisé que les matières semi-cristallines.

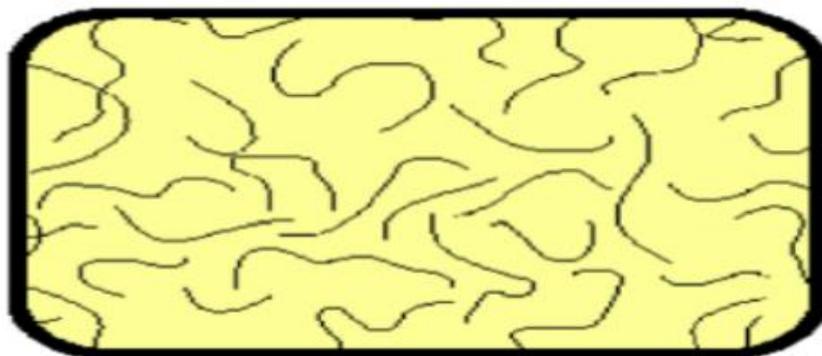


Figure 3 : Structure polymère amorphe.

I.3.6.2. Polymères semi-cristallins

Ils sont constitués de phases cristallines et de phases amorphes du même polymère.

Les matières semi- cristallines ont une structure moléculaire hautement ordonnées, avec des points de fusion très précis. Elles ne ramollissent pas à mesure que la température augmente.

Les semi -cristallines renforcées ont des propriétés haute-températures bien meilleures, et conservent des niveaux de résistances et de rigidité au-delà de leur température de transition vitreuse.

Leurs propriétés mécaniques et leurs résistances chimique sont généralement bonnes.

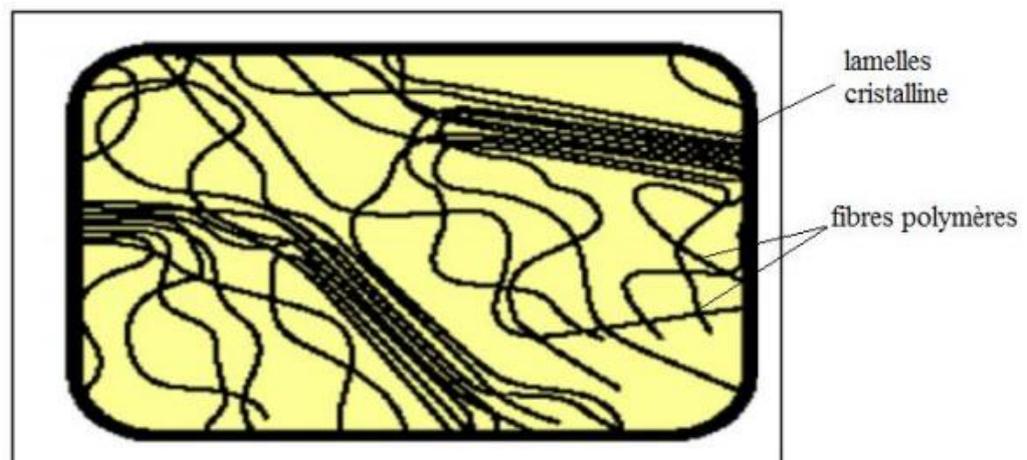


Figure 4 : Structure polymère semi-cristallisé.

I.3.7. Procède de fabrication des polymères

On passe du monomère au polymère essentiellement de trois façons, par polymérisation, polycondensation, ou polyaddition [11].

I.3.7.1. Polymérisation en chaine

C'est une transformation qui se produit rapidement et sans résidu, sous pression et température, par amorçage radicalaire ou ionique, par rayonnement, avec l'utilisation de catalyseurs appropriés, ou par l'effet combiné de plusieurs de ces facteurs.

On résultera sur un polymère sous la forme d'une macromolécule à chaine linéaire dans laquelle le motif structurel de la molécule de départ (base) est répété des milliers de fois. Si l'on opérerait à partir de monomères différents, on obtiendrait un copolymère [12].

I.3.7.2. Polymérisation par étape

Le point de départ est une réaction qui s'est produite sans amorçage entre des molécules de base différentes, elle est plus lente que précédemment et donne un résidu (généralement de l'eau).

Le produit résultant est un polycondensat qui se présente sous forme d'un réseau linéaire ou tridimensionnel dans lequel le motif structural de la molécule est répété seulement quelques centaines de fois, c'est donc une macromolécule de taille plus réduite que celle obtenue par polymérisation [13 ; 14].

I.4. Procède de mise en forme**I.4.1 Injection**

L'injection comme le montre la figure (7) est un procédé discontinu, permet l'obtention d'une large gamme d'objets sous des formes simples et complexes. La matière plastique est chauffée puis injectée dans un moule, et ensuite refroidie.

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

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

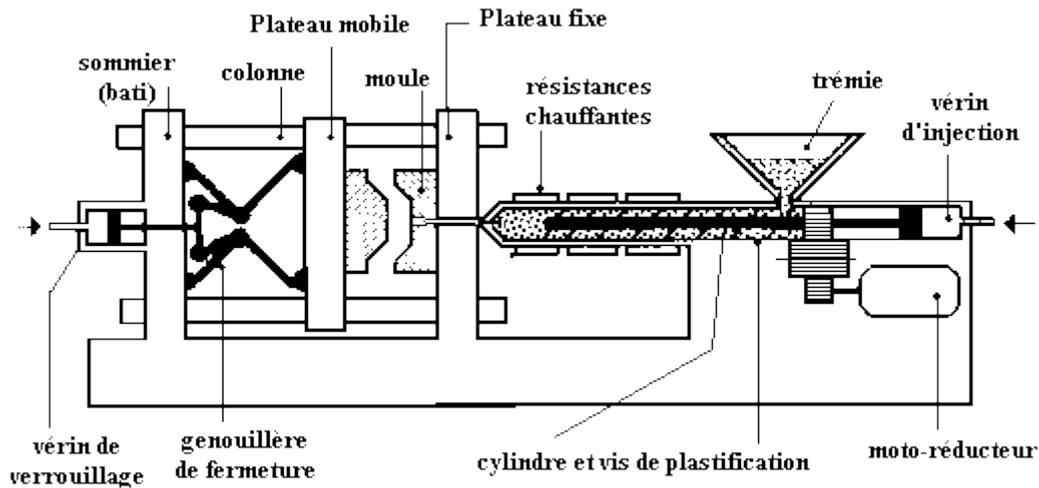


Figure 5 : Représentation de la machine d'injection.

I.4.1.1. Domaine d'application

- L'automobile : boîtiers d'airbag, ceintures de sécurité ;
- L'emballage fonctionnel dans le domaine des boissons, de l'hygiène personnelle ou des soins à domicile ;
- Les équipements médicaux : cuvettes d'analyse sanguine, les tests de grossesse ;
- L'électrique & l'électronique : les boîtiers pour outillages électroportatifs, les tuyaux d'aspirateur.

I.4.2. Extrusion

L'extrusion est un procédé de transformation en continu, le granulé entre dans un cylindre chauffé par des collies muni d'une vis sans fin. La matière homogénéisée est poussée, comprimée, puis passée à travers une filière pour être mise à la forme souhaitée.

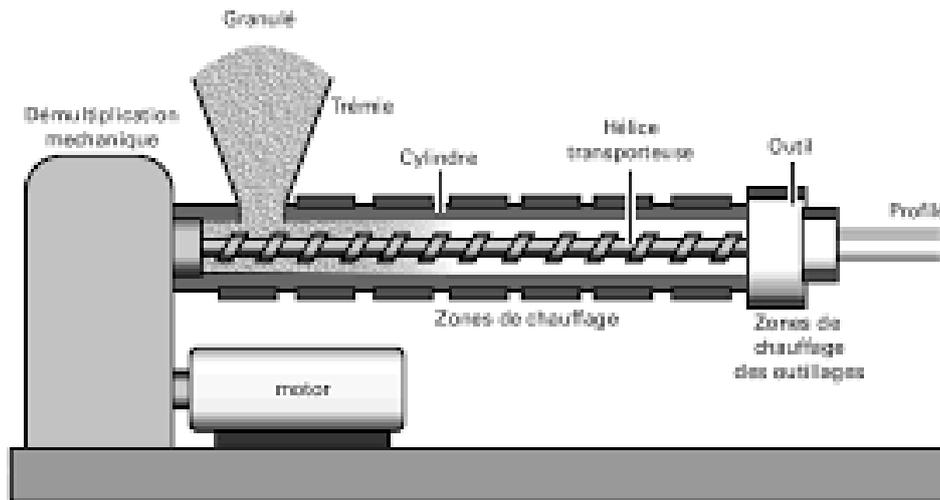


Figure 6 : Représentation de la machine d'extrusion.

I.4.2.1. Domaine d'application

- Alimentaire : emballage bouchons/Couvercles, bouteilles, pots de yaourt ;
- Bâtiment (construction) : peinture des murs, revêtement de sol, tuyauteries, les portes ;
- Industrie électrique et électronique : boîtiers, gainage de câbles téléphoniques ;
- Santé : prothèses, verres de lunettes, lentilles de contact, Poches de sang.

Chapitre II

Polyéthylène (PE)

II.1. Polyéthylène (PE)

II.1.1. Définition

Le polyéthylène ou polythène est un des polymères les plus simples et les moins chers et un matériau thermoplastique semi-cristallin, de la famille polyoléfine. C'est une paraffine ce qui signifie qu'il s'agit d'un produit inerte sous forme de granulés.

Son nom vient du fait qu'il est obtenu par polymérisation de l'éthylène comme le montre la figure (7).

- ✓ La combustion du PE ne produit aucun produit toxique [15].

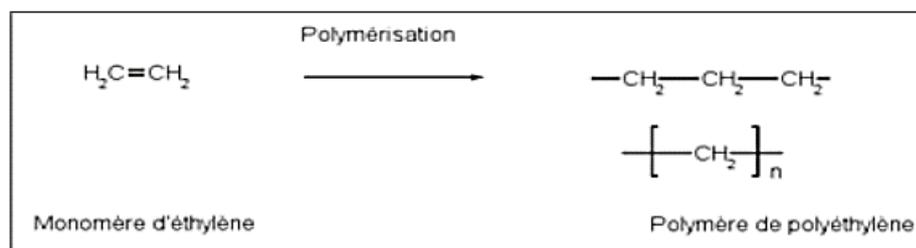


Figure 7 : Polymérisation d'éthylène [16].

II.1.2. Structure

Représentation schématique d'une molécule linéaire de polyéthylène (Figure 8). Elle est faite de la succession de motifs CH_2 .

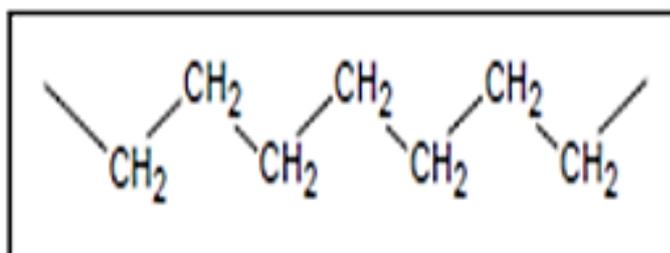


Figure 8 : Représentation semi-développée de la macromoléculaire du polyéthylène

Cependant, selon le type de polymérisation utilisé on obtient plusieurs natures du polyéthylène, exemple :

- A partir d'une méthode à haute pression, on obtient un polymère très ramifié appelé le polyéthylène basse-densité PEBD ;
- On utilise un procédé à basse pression pour obtenir le polyéthylène haute densité PEHD.

II.1.3. Différents types de Polyéthylène

Il existe principalement trois grandes familles (Figure 9) qui se distinguent par leur masse volumique :

- Polyéthylène basse densité ou PEBD. (Densité < 0,935) ;
- Polyéthylène haute densité ou PEHD. (Densité > 0,955) ;
- Polyéthylène moyenne densité ou PEMD. (Densité $0,935 < d < 0,955$) [15].

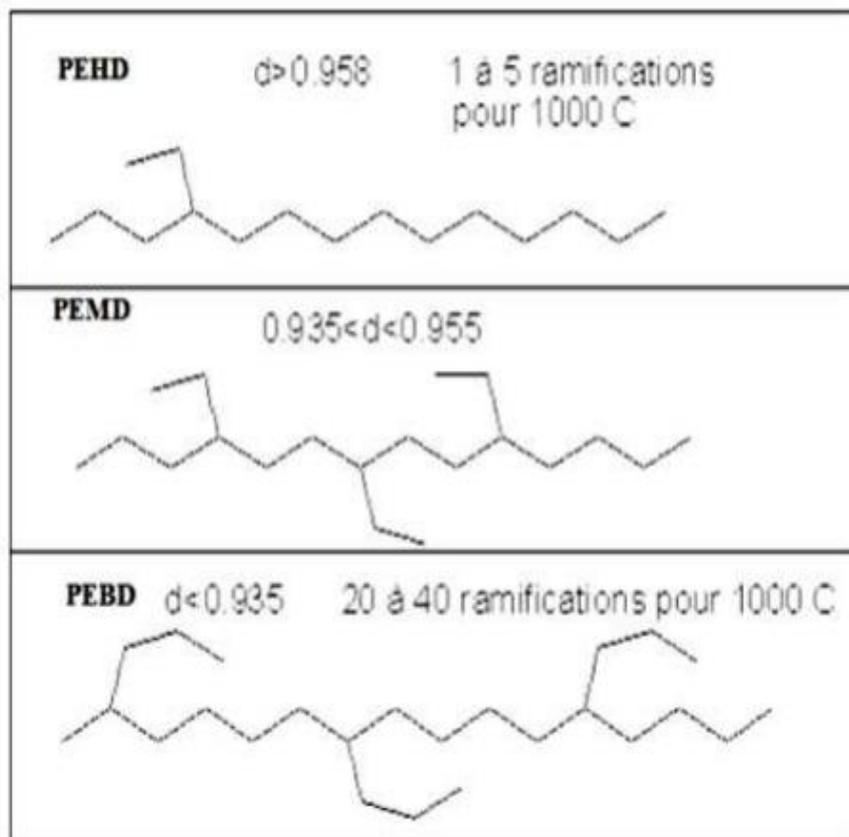


Figure 9 : Différents type de polyéthylènes (PE)

II.2. Polyéthylène basse densité (PEBD)

II.2.1. Définition

Le polyéthylène basse densité est un polymère thermoplastique commercial semi cristallin, il est obtenu par la polymérisation des monomères d'éthylène gazeux. Sa formule chimique générale est $(-CH_2-CH_2-)_n$ [16], c'est un polymère inerte, blanchâtre, semi-opaque, souple et flexible.

II.2.2. Structure

Le PEBD est très ramifié, ce qui lui donne une structure plus compliquée, cette structure donne une densité plus faible et une flexibilité plus grande à celle qu'on peut obtenir dans le cas de PEHD [17].



Figure 10 : Structure PEBD

II.2.3. Polymérisation du polyéthylène basse densité

Ce polymère à haute consommation est fabriqué en polymérisant de l'éthylène radicalaire (éthane) sous haute pression à environ 200°-300C [18].

Le PEBD est produits sous haute pression (100-300MPa) et sous haute température (150-332°C) avec initiateur par radicaux libres (ROOR) et contient quelques longues et courtes branches. Dans le PEBD serait une chaine complètement ramifiée de groupement $(-CH_2-)$. Cette structure donnant ainsi une densité plus faible et une flexibilité plus grande à celle quand peut obtenir dans le cas de PEHD [19].

- ✓ Le PEBD est sensible à la lumière et, de ce fait, pour des applications de longue durée (1 an), il doit être protégé par du noir de carbone (câblerie, films pour ensilage) ou par des adjuvants anti UV-IR (films pour couverture de serres) [20].

II.2.4. Différentes applications du PEBD

Le PEBD est utilisé pour des applications différentes :

- Films ;
- Sacs et sachets ;
- Tuyaux et tubes ;
- Câblerie ;
- Corps creux ;
- Prothèses médicales ;
- Revêtement de pipe-line [21].

II.2.5. Avantages et inconvénients du PEBD

- Le tableau 1 représente les avantages et les inconvénients du Polyéthylène basse densité PEBD.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Isolation électrique ✓ Solidité ✓ Résistances aux chocs ✓ Mise en œuvre sur une large plage de températures. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas résistant au feu ✓ Rapide propagation de fissures.

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du PE-BD.

II.3. Polyéthylène haute densité (PEHD)

II.3.1. Définition

Le polyéthylène haute densité est un polymère thermoplastique de grande diffusion. Il fait partie de la famille des polyoléfines, au même titre que les polyéthylènes basse ou moyenne densité, et le propylène.

Le PEHD est produit à partir de la synthèse du pétrole. Pour sa fabrication, le PEHD implique différentes étapes : la distillation, le vapocraquage, la polymérisation, granulation.

Après cette transformation, le produit est blanc laiteux translucide. Il est ensuite très facile à le façonner ou à le colorer.

II.3.2. Structure

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 [22].

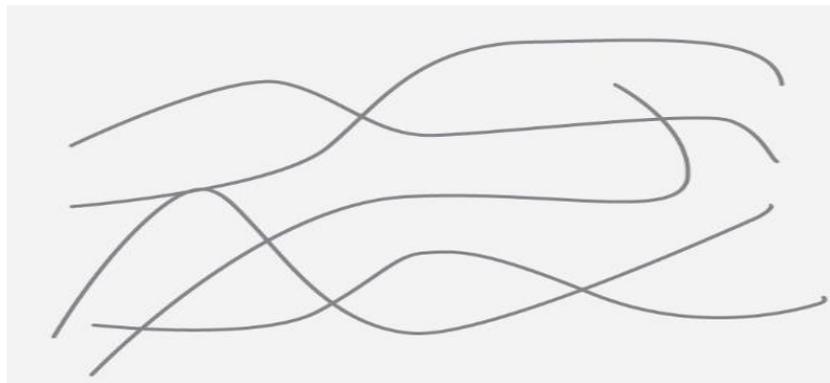


Figure 11 : Structure PEHD

II.3.3. Polymérisation du polyéthylène haute densité

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 à haute température (400°C-800°C) [23].

II.3.4. Différentes applications du PEHD

- ✓ Bouteille de lait et bidon d'huile ;
- ✓ Flacons détergents solides et liquides ;

- ✓ Bidons produits sanitaires et chimiques ;
- ✓ Accessoires de salle de bain, bac de rangement.

II.3.5. Avantages et Inconvénients du PEHD [24]

Le tableau 2 présenter les avantages et les inconvénients du Polyéthylène haute densité PEHD.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Résistance aux chocs ; ✓ Maniabilité ; ✓ Haute résistance à l'usure. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mauvaise tenue à la chaleur ; ✓ Sensibilité aux UV en présence d'oxygène. ✓ Sensible à la fissuration sous contrainte. ✓ Collage important.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients du PEHD.

Le tableau 3 représente les différentes propriétés physico-chimique, mécanique et thermiques entre le PEHD et le PEBD :

Détermination des différentes propriétés	PE-DB	PE-HD
Physiques et chimiques		
Masse volumique	0.915-0.935	0.945-0.960
Taux de cristallinité	65-70%	65-80%
Masse molaire moyenne	10 000g/mol	Jusqu'à 8million de g/mol
Mécaniques		
Caractéristique principales	Souplesse, transparence, solubilité	Rigidité, résistance mécanique, résistance chimique
Contrainte à la rupture	10-13MPa	24-30MPa
Module de traction	200-300MPa	800-1200MPa
Module de flexion	60-400MPa	1150-1500MPa
Thermiques		
Température de fusion	110-120°C	128-135°C
Transition vitreuse	Environ -110°C	Environ -110°C
Point de fusion	125°C	135°C

Tableau 3 : Comparaison entre les propriétés du PE-BD et PE-HD.

Partie Pratique

III.1.2. Présentation de l'entreprise

Sarl Meriplast (de : Meridji plastique) est spécialisée dans le développement, la fabrication et la commercialisation d'emballages flexibles : films thermo-rétractables neutres et imprimés, films complexes, films agricoles, gaines, housse, et sacherie.

En activité depuis 1987, la société offre une large gamme de produits destinés à une clientèle dans divers secteurs d'activité tels que l'agroalimentaire, les matériaux de construction, l'agriculture et le textile.

MERIPLAST est une société de droit algérien, créée le 13 décembre 1999. Elle est constituée juridiquement en SARL (société à responsabilité limitée), au capital social de 454.13000.000.00 DZD, dont les parts sociales sont détenues pour 88.8 % par Mr Abdelhakim MERIDJI, gérant de la société.

MERIPLAT dispose de deux unités de production :

Site 1 situé à l'arrière port de la commune de Bejaia wilaya de Bejaia avec une capacité de production de 2000 tonnes par mois.

Site 2 situé à proximité de la RN12 proche de la maison Renault commune Oued Ghir wilaya de Bejaia avec une capacité de production de 3500 tonnes par mois.

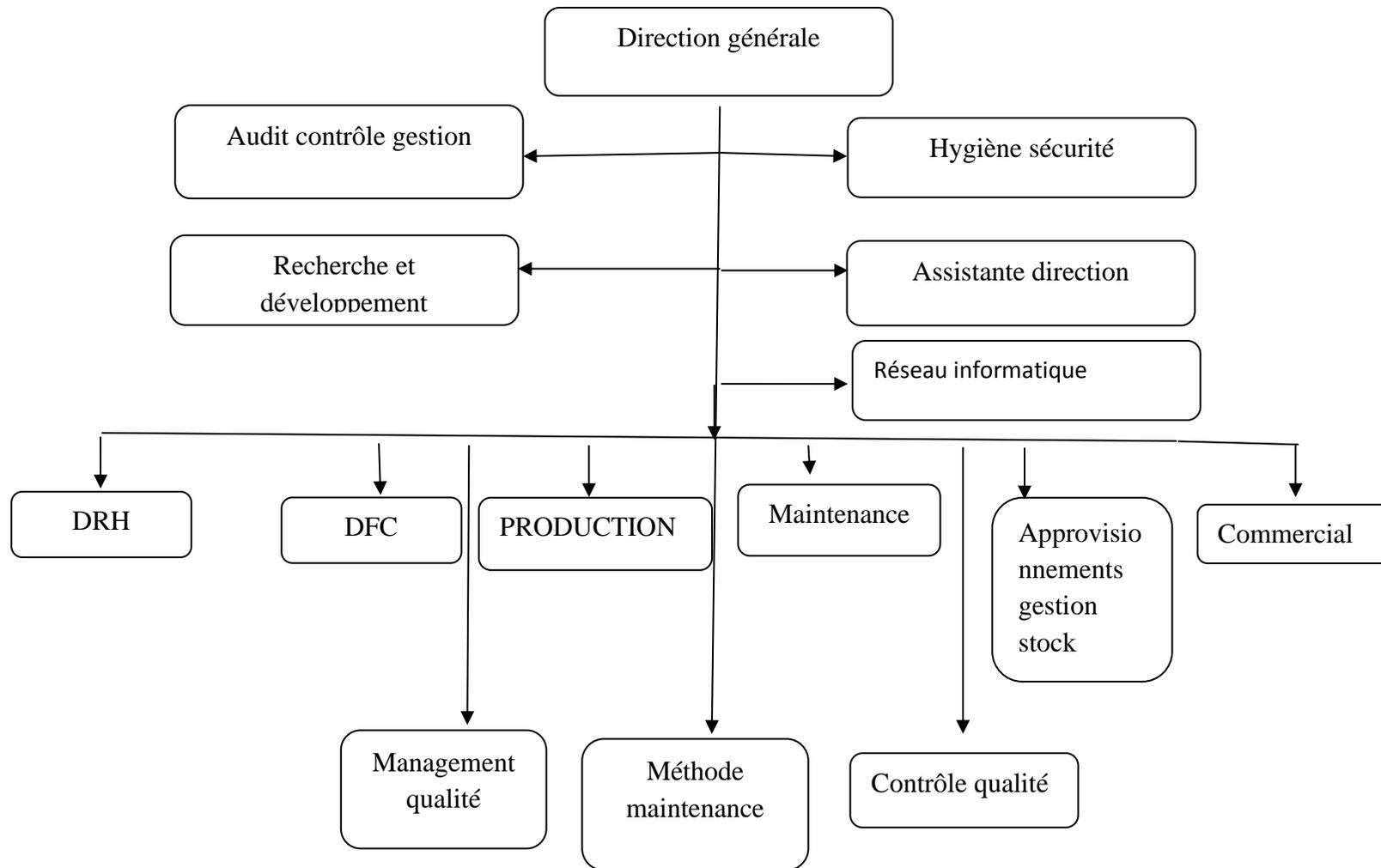


Figure 12 : Organigramme générale de l'entreprise

III.1.3. Produits fabriqués

La gamme de produits MERIPLAST

- Film thermo rétractable neutre (FTN) ;
- Film thermo rétractable imprime (FTI) ;
- Film étirable ;
- Film poly éthylène tri couches neutre et imprimé (FPETN / FPETI) ;
- Housse thermo rétractable et étirable (HN/HI) ;
- Gaine plastique ;
- Sacherie neutre, imprimé et personnalisée toutes dimensions (SN/SI) ;
- Film complexe neutre et imprime (FCN/FCI).

III.1.4. Equipement

Site 1 :

- 01 extrudeuse monocouche ;
- 01 extrudeuse tri-couche ;
- 01 extrudeuse OPTIMEX ;
- 01 imprimante flexographie avec unité hélios (08) couleurs ;
- 02 découpeuses refendeuse ;
- 01 soudeuse.

Site 2 :

- 01 extrudeuse MACCHI ;
- 01 imprimante flexographie avec unité hélios (08) couleurs ;
- 01 contre-colleuse ;
- 01 découpeuse refendeuse.

3.1.5. Matière première

La fabrication des films d'emballage se fait à base de PE polyéthylène (matrice) en forme de granulés, la matière première est importée puis transformée, les principaux fournisseurs sont SABIC, SIBUR et EXXOMOBIL.

- Les renforts : PET, PP caste, l'aluminium ;

- Les additifs : agents glissants, anti block, colorant, aide process ;
- La colle ;
- Encres et solvants.

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

III.2.1. Matériels et méthodes

III.2.2. Matériels

Les deux polymères entrant dans les différentes formulations fournis par la société MERIPLAST, polyéthylène basse densité (PEBD) de la marque SABIC d'Arabie saoudite et polyéthylène haute densité (PEHD) de la marque SIBUR de Russie. Ces deux polymères se présentent sous forme granulé blanc comme montre la figure 13.

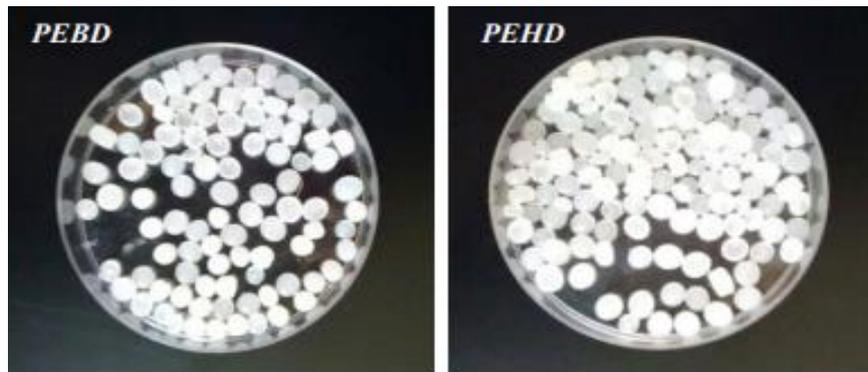


Figure 13 : Aspect des polymères utilisés.



Figure 14 : Sacle de 25 kilos de la matière première.

III.2.3. Méthodes et Formulation

III.2.3.1 Formulation

Trois formulations différentes ont été utilisées, leurs compositions respectives sont répertoriées dans ce tableau.

Le tableau 4 représente les différentes formulations utilisées

Formulation Polymères	PE-BD	PE-HD	Mélange (Tri-couche)
PE-BD	100%	0%	50%
PE-HD	0%	100%	50%

Tableau 4 : Les différentes formulations utilisées.

L'appareillage utilisé pour la mise en œuvre des matériaux est une extrudeuse gonflage mono-vis (film du PE-BD) et trois vis pour (film tri-couche), presse hydraulique a plaque chauffant (Film PE-HD).

III.2.4. Extrusion gonflage

La méthode la plus courante de production de films de polyéthylène est le gonflage, ce polymère représente 90% de la production de films soufflés, cette méthode présente un certain nombre d'avantages, notamment la possibilité de modifier facilement largeur ou l'épaisseur du film, ainsi que les propriétés mécaniques par le biais de l'orientation biaxiale.

III.2.4.1. Définition

L'extrusion gonflage est un procédé permettant la mise en œuvre de films, Il s'agit d'un procédé d'extrusion pour lequel le polymère est mis en forme dans une filière annulaire pour produire une gaine qui est ensuite étirée et gonflée pour atteindre les dimensions souhaitées pour le film.

La machine d'extrusion gonflage comme le montre la figure (15) :

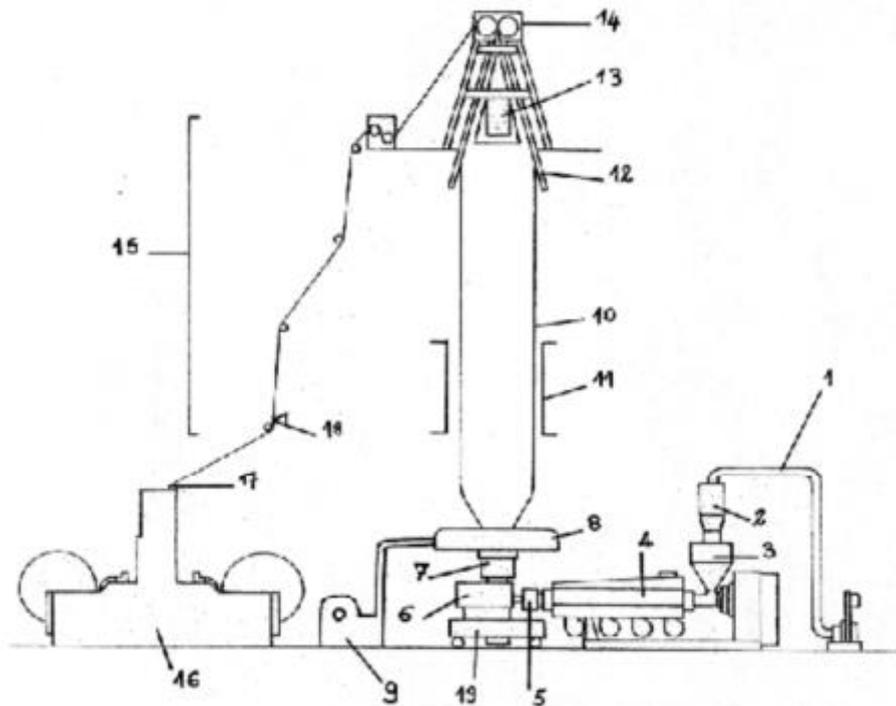


Figure 15 : Dispositif d'une extrudeuse par gonflage

Description [25]

1 Circuit d'alimentation en matière

2 Trémie aspirante

3 Trémie d'alimentation

4 Extrudeuse

5 Grille de contrepression et filtre

6 Tête de filière d'équerre

7 Filière et poinçon

8 Anneau de refroidissement

9 Turbine de refroidissement

10 Gaine

11 Guides de gaine

12 Auvents ou paraboles

13 Jeannettes ou « sabots »

14 Cylindres pinceurs de tirage

16 Banc de bobinage

17 Système de prédécoupe et de soudure

I.4.3.2. Principe de fonctionnement

On commence par mettre la matière plastique est dans la trémie initialement sous forme de granulés de la taille d'un gros grain de riz à l'aide de doseurs, ils ont des colleteurs par aspiration intégrés, ils aspirent la matière première qui se trouve dans les bacs comme le montre la figure 16.

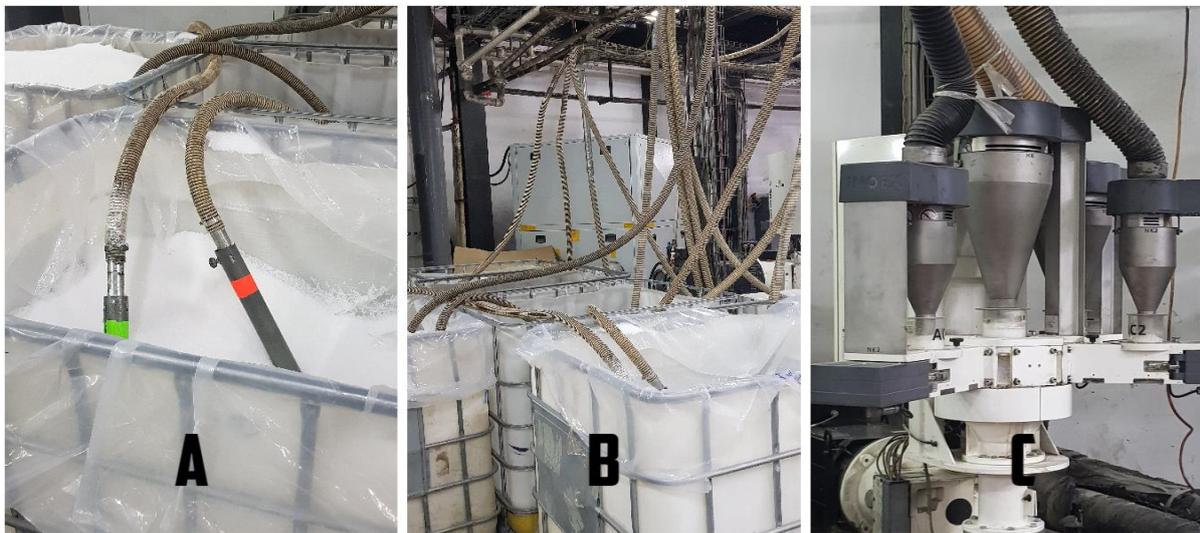


Figure 16 : Système aspiration, (A) bacs à granule, (B) tuyaux aspirant, (C) doseurs

Puis elle est acheminée vers une vis sans fin (figure 17) pour malaxer, mélanger et combiner la matière, et à la réchauffer à l'aide de collie chauffant répartis en plusieurs zones de chauffe pour qu'elle devienne maniable (matière pâteuse) pour lui permettre d'être transformée à des températures entre 170 °C à 250 °C.



Figure 17 : Vise sans fin

La matière plastique fondue est pressée à la sortie de la filière avec une pression d'environ 400 bar, une bulle est formée entre la sortie de la filière et les rouleaux sur un axe vertical grâce à de l'air soufflé à l'intérieur afin de la générer (figure 18), un anneau de refroidissement projetant de l'air permet le figeage du polymère (point de cristallisation).



Figure 18 : (A) Grille de contrepression et filtre, (B) Filière, (C) un anneau de refroidissement.

Le polymère est étiré sur un axe biaxial ce qui lui confère de bonnes propriétés mécaniques et lui donne les dimensions souhaitées, grâce à un système de réversion (plateau tourant) ont aplati le film (figure 19).

Pour contrôler, guider et vérifier l'épaisseur du film grâce à un laser et une caméra. Puis enrouler et conditionner le produit selon les prescriptions définies par le client (figure 20).



Figure 19 : Système de réversion à plateau tournant.

- Si le film est destiné à l'impression il doit être traité, il passe par le traitement corona, qui se trouve dans l'extrudeuse juste avant de l'enrouler.
- Le traitement corona : traitement de surface qui essentiel, il se fait par bombardement d'ultras violet pour créer des micros trous.
- S'il y a des déchets lors du bobinage ou que le film n'est pas conforme on peut le recycler, et le réutiliser en le mettant dans un broyeur, on obtient des granulés prêts à l'emploi.



Figure 20 : Bobine de film tri-couche.

Conditions de fabrication des films.

- Film PEBD :

Température des cinq collies : 196 °C - 185°C - 180°C - 188°C - 194°C

- Film tri-couche :

Température des cinq collies : 193 °C – 189°C - 180°C - 185°C - 197°C

- ✓ Les autres paramètres de production des films n'ont pas été divulgués pour motif secret industriel.

III.2.5. Presse hydraulique

Pour la conception du film PE-HD, on commence à disposer les granulés entre deux feuilles de téflon antiadhérentes et d'une plaque métallique (200mm x 200mm) assurant la répartition de la charge aussi bien que de la chaleur.

L'ensemble est placé dans une presse hydraulique à deux plateaux chauffants de la marque Carver (figure 21), à 190°C durant 7 minutes avec une pression de 0,5 N ce qui permet à la matière de fondre (figure 22).



Figure 21 : Presse hydraulique à deux plateaux chauffants.

Puis on augmente alors la pression appliquée sur les plaques métalliques à 10 tonnes pendant 4 minutes, De cette façon, on favorise un écoulement lent qui ne devrait engendrer que peu de coalescence.

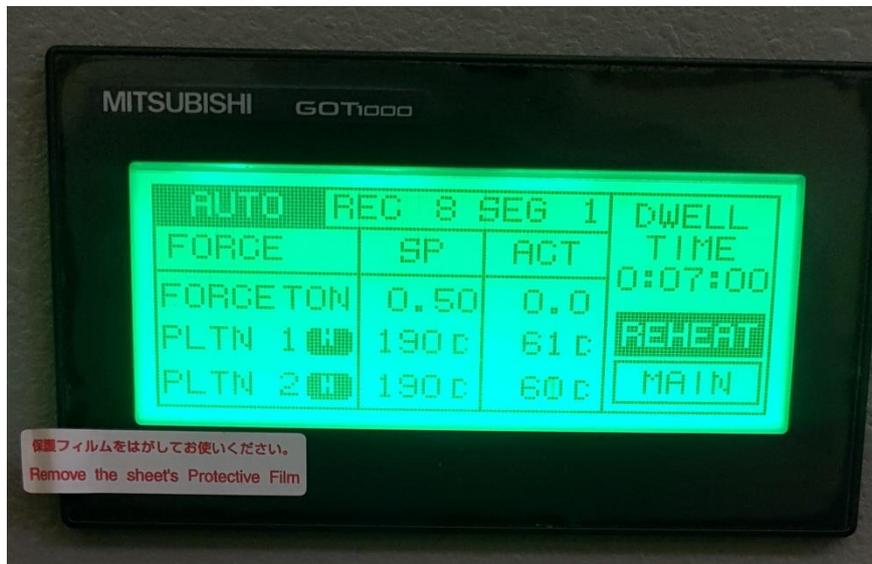


Figure 22 : Panneaux de contrôle de la machine.

Une fois le temp écoulé, on relâche la pression et on récupère les plaques métalliques hors de la presse et on laisse refroidir pendant quelques minutes et on retire notre film.

III.3.1. Caractérisation

III.3.2. Spectroscopie Infra Rouge a 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. [26].

Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau [27].

Le domaine spectral correspondant aux énergies de vibration des molécules se situant entre 2,5 et 25 μm (nombre d'onde compris entre 4000 et 400 cm^{-1}).

Le traitement de ces spectres a été réalisé à l'aide du logiciel LabSolutions IR



Figure 23 : Spectrophotomètre IRTF

III.3.3. L'indice de fluidité

L'indice d'écoulement ou « Melt Flow Index » ou « Melt Flow Rate » représenté en général par « MFI » est le taux de matière fondue coulant dans des conditions spécifiques pour chaque polymère, il est exprimé en grammes par minute.

Connaître l'indice de fluidité est un moyen simple et rapide de comprendre les différences de viscosité entre les différentes matières plastiques, en fournissant ainsi une indication utile de leur fluidité lors de la transformation et choisissant la méthode de production appropriée.

L'indice de fluidité (IF) a été déterminé au moyen d'un plastomère model 5 de la marque CONTROLAB équipé d'un four et d'un chronomètre.

Le four est en premier lieu préchauffé à 190 °C. On introduit 4 à 6 g du produit à analyser à l'aide d'un entonnoir dans le four, la matière est poussée vers la filière à l'aide d'un poids pesant 2,16 kg, ensuite elle est récupérée et coupée à une longueur de 3 cm tout en mesurant le temps et enfin elle est pesée.



Figure 24 : Vue d'ensemble du Plastomère (A) Poids, (B) Four

L'indice de fluidité à chaud (MIF) est donné par l'équation :

$$IF (T, M) = \frac{M_{moy} \times s}{t_{moy}}$$

s : temps de référence en seconde.

m : masse moyenne des extrudats obtenue en (g).

t : intervalle de temps en seconde entre deux coupe d'un extrudat.

III.3.4. 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 (ε) et la contrainte à la rupture (σ).

Ce test consiste à soumettre un échantillon homogène, de section régulière, à une déformation unidirectionnelle de vitesse constante. On enregistre alors la charge en fonction de la déformation [28].

Ces tests permettent de déterminer la nature du matériau (rigide ou souple).

Le test de traction est réalisé avec une machine de traction de type Zwick /Roell et pilotée par un micro-ordinateur, avec une vitesse de déplacement de 100 mm/min et à la température ambiante du laboratoire.

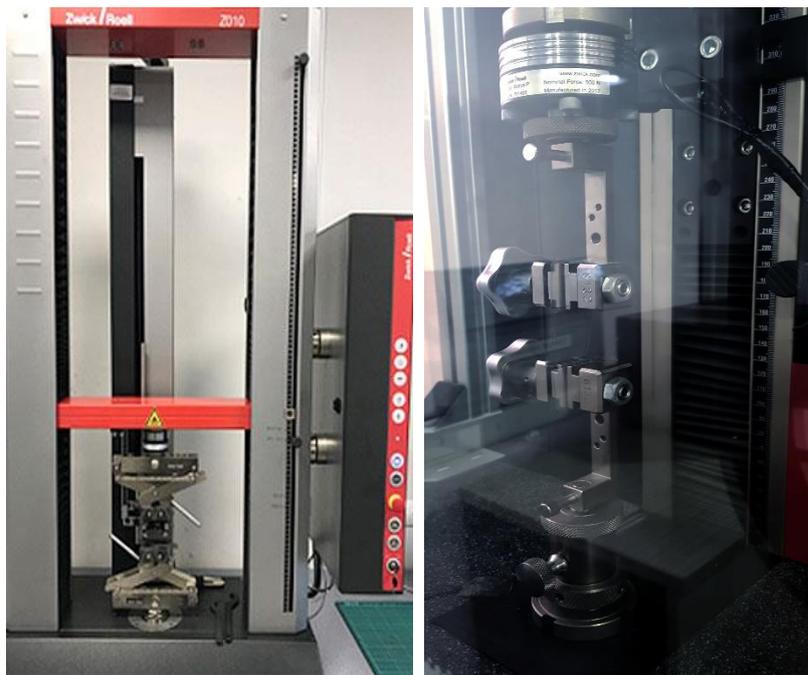


Figure 25 : Vue d'ensemble de la machine de traction

III.3.5. Résistance à la perforation

Le test de perforation est souvent utilisé pour déterminer la résistance de matériaux tels que les films, le caoutchouc ou les membranes.

Le test de résistance à la perforation détermine la résistance d'un film à la pénétration d'une sonde à une seule, constante, vitesse de test. Effectué dans des conditions standard.

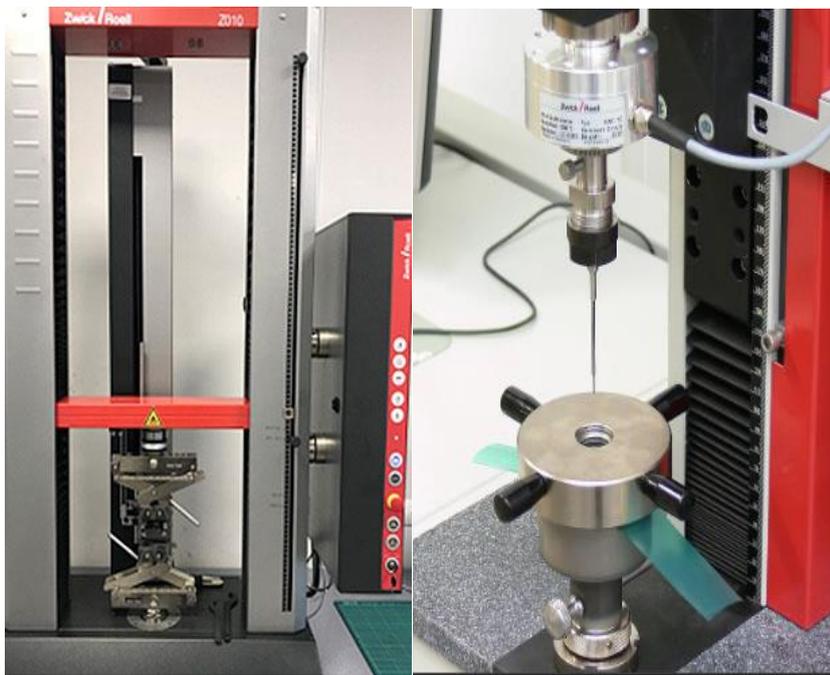


Figure 26 : Vue d'ensemble de la machine de perforation

CHAPITRE IV

Résultats et Discussions

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

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

- La figure 27 représente le spectre IRTF du PEHD.

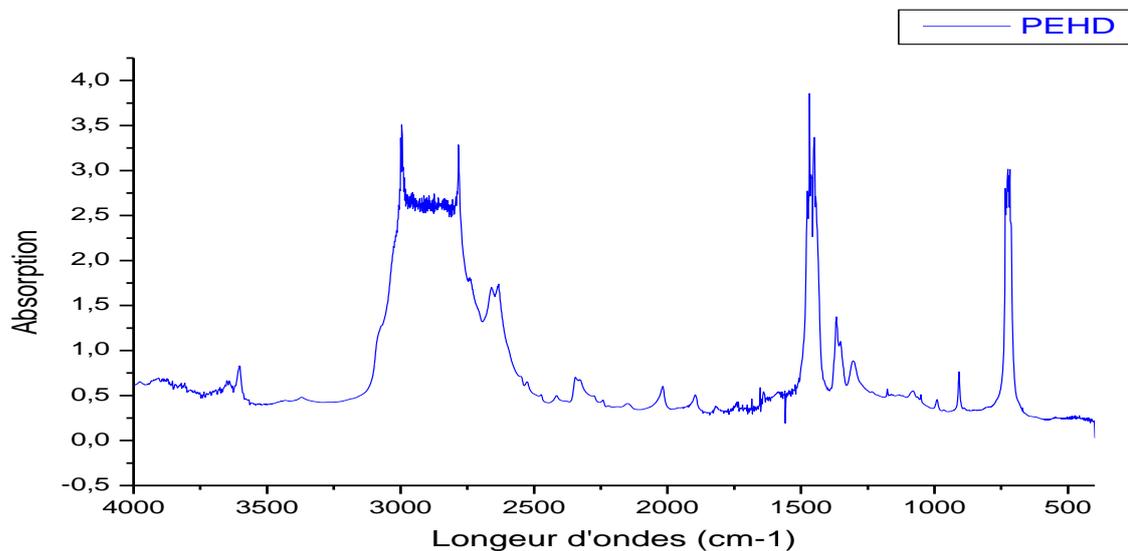


Figure 27 : Spectres IR du film PEHD.

Les polyéthylènes, sont constitués de groupements méthylène (-CH₂-), ainsi leurs spectre IR représenté par la Figure 27. On remarque des bandes d'absorptions de forte, moyenne et faible intensité des groupements (-CH₂-) dont les longueurs d'ondes correspond aux :

- Bande intense à 715 cm⁻¹ : correspond à la déformation CH₂ hors plan ;
- Bande à 720 cm⁻¹ : caractérisant la déformation CH₂ ;
- Bande à 1448 cm⁻¹ : correspond la liaison CH₂ due à déformation dans le plan ;
- Bande à 1460 cm⁻¹ : est attribué à la liaison CH₂ ;
- Bande à 2830 cm⁻¹ : bande caractérise la liaison -C-H- correspond à un étirage symétrique ;
- Bande à 2980 cm⁻¹ : caractérise l'élongation asymétrique C-H.

- La figure 28 représente le spectre IRTF du PEBD.

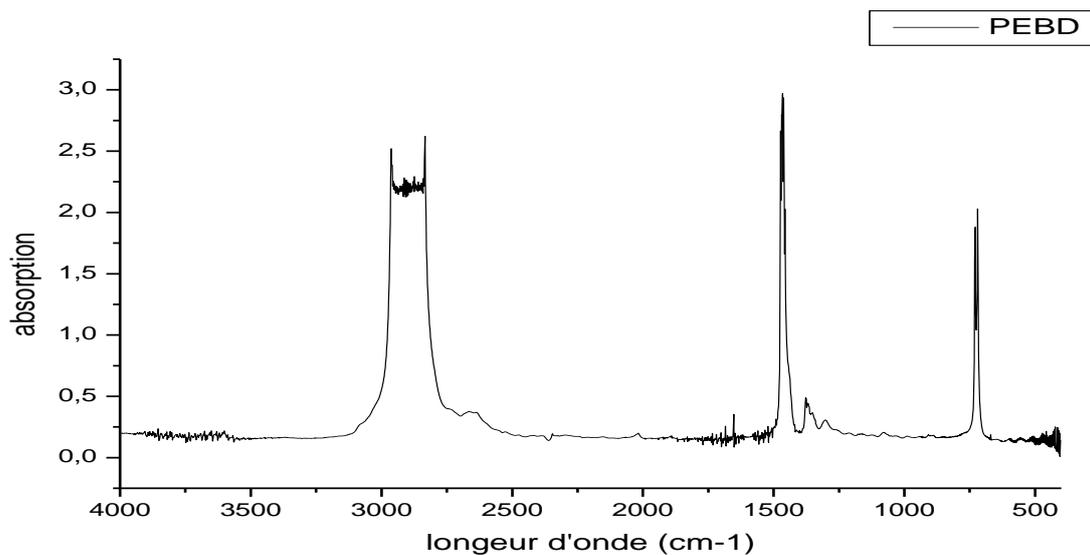


Figure 28 : Spectres IR du film PE-BD.

Le spectre IRTF du PEBD montre quatre bandes principalement à 2952, 2831, 1460, 720 cm^{-1} qui sont attribuées aux vibrations d'élongation et de déformation des liaisons C-H des groupes méthylène ($-\text{CH}_2-$).

Les deux bandes 2952 cm^{-1} et 1460 cm^{-1} sont attribuées respectivement aux vibrations d'élongation de la liaison C-H et aux vibrations de déformations du groupement CH_2 .

On constate également, l'existence d'une double bande qui apparaît vers 730 cm^{-1} – 710 cm^{-1} , celle-ci est attribuée aux vibrations de balancement de la liaison C-H dans le CH_2 .

- La figure 29 représente le spectre IRTF du mélange.

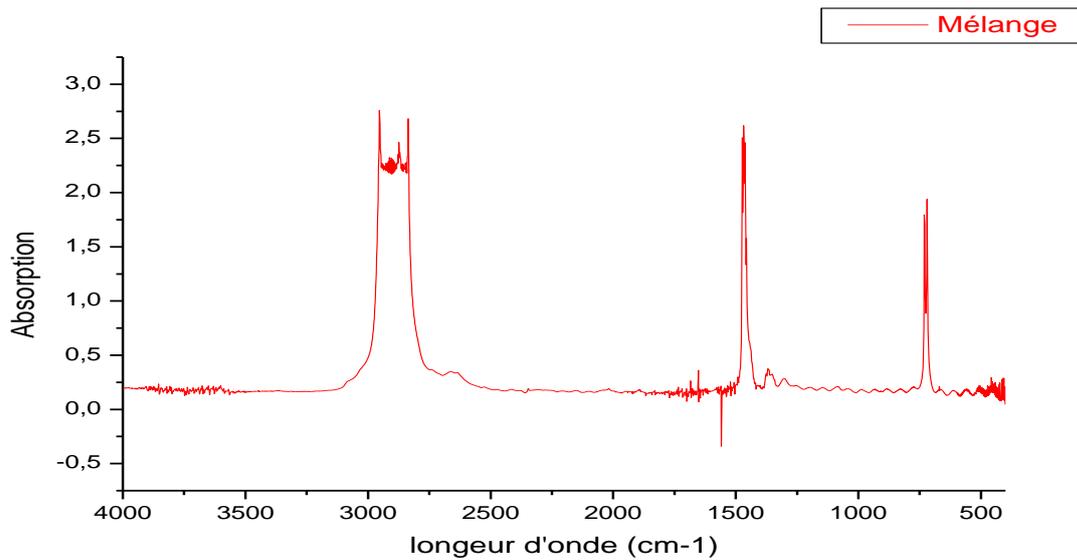


Figure 29 : Spectres IR du mélange.

On remarque que les trois spectres issus des films polyéthylène se confondent, ce qui résulte de la présence des mêmes liaisons dans les trois échantillons (figure 30), et les bandes caractéristiques résultantes de l'analyse FT-IR correspondent aux :

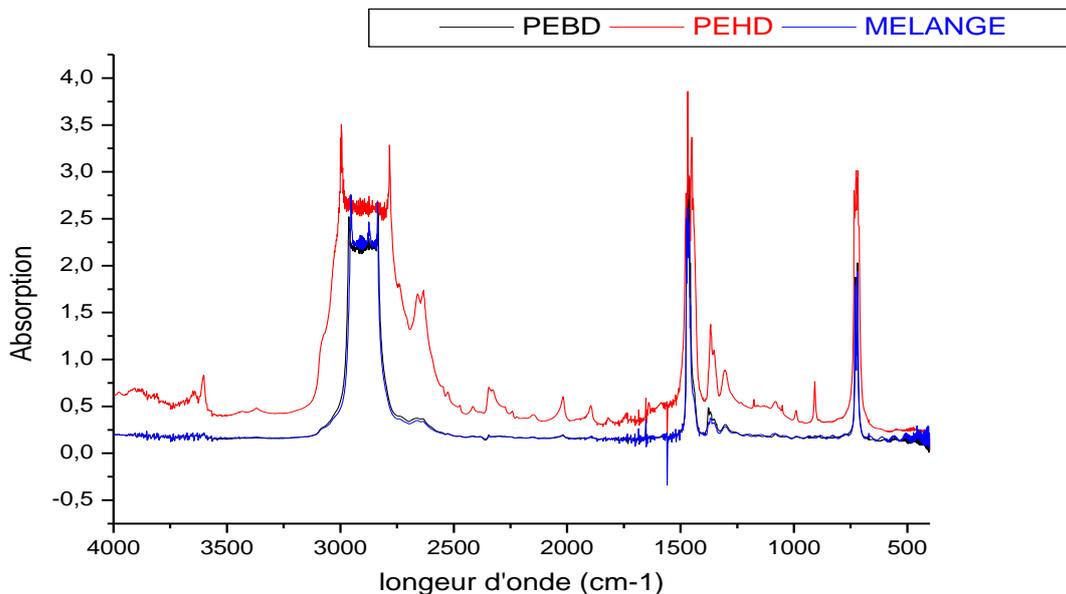


Figure 30 : Assemblage des trois spectres issus des films du polyéthylène.

- Bande intense à 745 cm^{-1} correspond à la vibration interne $-\text{CH}_2-$ de la partie cristalline [29] ;
- Bande à 1375 cm^{-1} intense correspond la liaison $-\text{CH}_3-$ due à déformation dans le plan [29] ;
- Bande à 1470 cm^{-1} caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H [29] ;
- Bande à 2875 cm^{-1} : Bande caractérise la liaison $-\text{CH}_2-$ correspond à un étirage antisymétrique [29] ;

On constate que les liaisons caractéristiques du polyéthylène sont présentes dans les trois échantillons.

IV.2. L'indice de fluidité

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 5 :

- **Tableau 5** : l'indice de fluidité des formulations utilisés.

Matières	PE-HD	PE-BD	Mélange
IF	0.39	0,53	0,78

D'après les résultats de l'indice de fluidité, nous remarquons clairement que le PE-HD a la valeur la plus faible, ce qui s'explique par le fait qu'il a une masse macromoléculaire importante. À mesure que le nombre de chaînes augmente, il freine la mobilité moléculaire ce qui augmentant la viscosité.

IV.3. Test de traction

Les figures (31-32-33) montrent que les résultats de traction pour le film de PEHD obtenus dans cette étude ne sont pas en accord avec les perspectives théoriques présentes dans la littérature [30].

Cela est dû au procédé de fabrication de notre plaque de film PEHD avec la presse hydraulique causant des impuretés et une épaisseur très élevée par rapport aux films fabriquée au sein de l'industrie, ce qui influe sur ses propriétés.

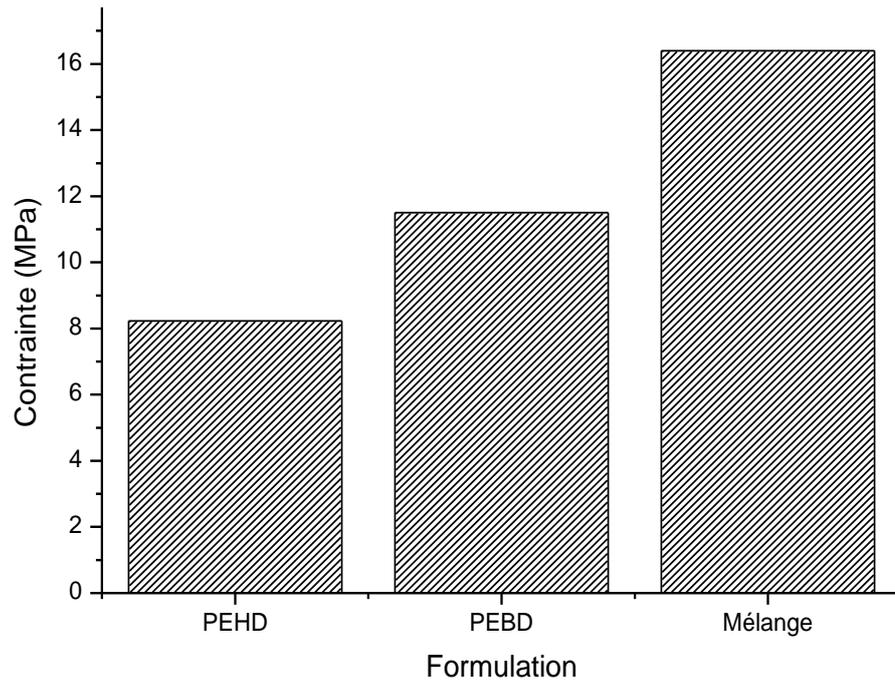


Figure 31: Evolution contrainte à la rupture en fonction des différentes formulations.

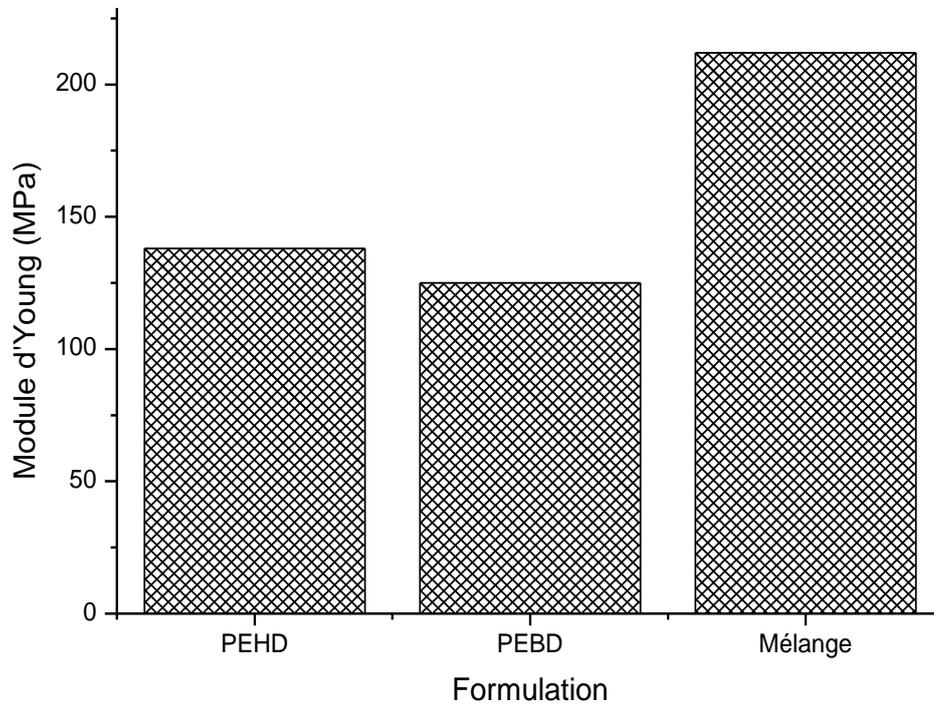


Figure 32 : Evolution du module d'Young en fonction des différentes formulations.

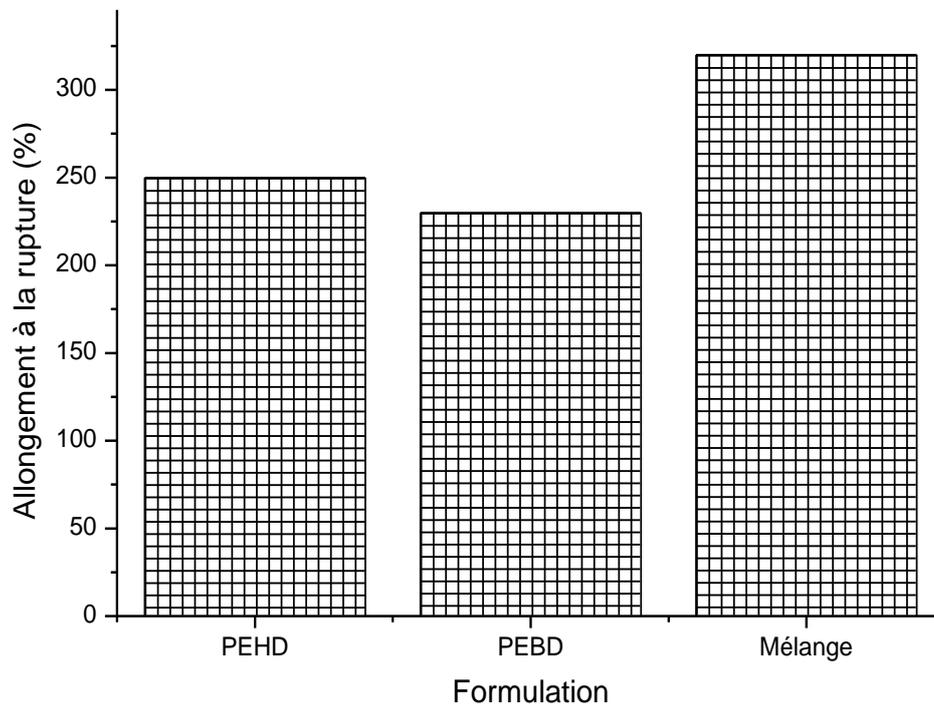


Figure 33 : Evolution de l'allongement à la rupture en fonction des différentes formulations.

- ✓ Les chaînes polymères du PEHD sont linéaires et se rapprochent les unes des autres, ce qui entraîne des forces intermoléculaires plus importantes et une structure plus cristalline. En revanche, les chaînes moléculaires du PEBD sont plus ramifiées et plus éloignées et séparées les uns des autres, ce qui entraîne un degré de cristallinité plus faible et des forces de liaison plus faibles entre les chaînes, ce qui entraîne une résistance moindre.
- ✓ Le matériau le plus dur est le PEHD, tandis que les matériaux les plus mous sont le PEBD. Ceci est attendu puisque le PEBD est plus doux et a une faible résistance à la traction par rapport au PEHD car il a une teneur en cristallinité plus faible [31]. Étant donné que de nombreux articles [31-32].
- ✓ Les propriétés finales du mélange dépendent des propriétés des matériaux individuels et de la composition du mélange [33].

- ✓ Le PEBD a un allongement très élevé avant la rupture par rapport au PEHD. Cela pourrait être attribué à la différence de cristallinité entre les deux polymères.

IV.4. Test résistance à la perforation

Dans le secteur de l'emballage, la sollicitation avec des objets durs, pointus ou tranchants est une grandeur importante.

- Les résultats sont exprimés dans le tableau 6 :

Tableau 6 : force de perforation pour les trois reformulations

Matières	PE-HD	PE-BD	Mélange
Force de perçage (N)	> 5	2,72	3,55

- ✓ Le film de PEHD nécessite une force de perçage plus importante que celle du PEBD et du mélange.

Conclusion

Conclusion

Ce travail, nous a permis d'avoir une approche sur le monde de l'industrie. Car pendant notre stage pratique au niveau de l'entreprise MERIPLAST, nous avons eu la chance de voir et de pratiquer sur les différents équipements de production et d'analyses tel que : les extrudeuses, machine de traction et de perforation, MFI. Ainsi un test spectrophotomètre IR effectués au sein du laboratoire à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa.

Le présent travail est un essai de contribution à l'élaboration et la caractérisation des films thermo rétractable à base de polyéthylène, où on a préparé deux films par extrusion gonflage de polyéthylène. Film à partir un polyéthylène basse densité (PEBD) mono couche avec extrudeuse mono vis, et un film tri-couche avec une extrudeuse trois vis à partir d'un mélange de polyéthylène basse et haute densité (PEHD-PEBD), et une plaque de film de PE-HD fabriqué à partir d'une Presse hydraulique à deux plateaux chauffants aux seins de l'université de Sétif.

Une série d'analyses techniques ont été réalisé sur les films, les résultats obtenus permet de citer ces conclusions :

- ✓ Les résultats expérimentaux obtenus en IRTF révèlent l'existence d'interactions entre le PEHD et le PEBD.
- ✓ Le film PEHD est plus rigide et montre une résistance à la traction et à la perforation plus élevé que celle du mélange et du PEBD qui sont plus souples et plus sensibles à la perforation.
- ✓ La masse moléculaire et l'indice de fluidité sont inversement proportionnels si bien qu'un échantillon de fluidité élevée sera facile à transformer mais aura une faible résistance mécanique

Références Bibliographiques

- [1] Deterre et G.Froyer. Introduction aux matériaux polymères. Paris : Lavoisier, 1997.
- [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] :J. Bost : Matières Plastiques I - Chimie-applications, Technique et documentation, Paris (1982)
- [4] Dr. Gilles Olive, chimie des matériaux, Ecole industrielle et commerciale de la ville de Namur ; 3ème édition, 07 /01/2005.
- [5] S. Jouenne, Thèse de Doctorat ; option chimie et physicochimie des polymères ; Université Pierre et Marie Curie, (2005).
- [6] R. Pantani, R.I. Coccorullo, V. Speranza, and G. Titomanlio, “Modeling of morphology evolution in the injection molding process of thermoplastic polymers” Prog. Polym. Sci., 30(12), pp. 1185- 1222, (2005).
- [7] J. Bost, Matières plastiques II, Technologie-plasturgie, Technique et documentation, Paris, 1982.
- [8] M. Reyne, Technologie des plastiques, HERMES, Paris, 1998
- [9] M. Fontanille, P. Vairon ; Polymérisation ; Techniques de l'ingénieur, Traité plastiques et composites ; (A3 040).
- [10] Techniques de l'ingénieur : -QUET (J-P)-polyéthylène linéaire. J6540 ,8P ; volume J4, traité Génie de Procédés, déc. 1992 -règlement particulier. Marque NF-tubes en polyéthylène. AFNOR -DIDIERER(c)-le polyéthylène haute densité ; information chimie, déc. 1984 (5) SOLVAY S.A-Le polyéthylène haute densité Eltex. Notice technique.
- [11] J. Bost, Matières plastiques II, Technologie-plasturgie, Technique et documentation, Paris, 1982.
- [12] Johann Houille ; « info plastique et caractéristique, ([http:// infoplastiques.blogspot.com](http://infoplastiques.blogspot.com))
- [13] Gottfried W. Ehrenstein, Fabienne Montagne matériaux polymères : Structure, propriétés et applications ; Hermès science publications, 2000

- [14] Gottfried W. Ehrenstein, Fabienne Montagne matériaux polymères : Structure, propriétés et applications ; Hermès science publications, 2000.
- [15] Dimitris, Kottas. Architecture et construction : Le plastique. s.l. : Link, 1996
- [16] M.bouterfa : Etude de la détermination du paramètre d'interaction entre deux polymères par voie mécanique « Effet de compatibilisant sur ce paramètre », mémoire de magister, Université Farhat Abbas Sétif(2011)
- [17] A. Mouhoub et K. Bedjaoui, Compatibilisations d'un mélange à base de PP/PEBD par extrusion réactive, Mémoire d'Ingéniorat, Faculté de Technologie, Département Génie des Procédés Université Ferhat ABBAS, Sétif-1, (2010).
- [18] M. Carreg. Matières plastiques. France : 2ème Edition, 2007.
- [19] Comparaison entre les polyéthylènes haute et basse densité. Www. Polyéthylène haute densité.com [En ligne] [Citation : 17 4 2018.]
- [20] S. Füzesséry, Polyéthylènes basse densité, Techniques de l'Ingénieur, traité Plastiques et Composites, A3310, pp 4-8.
- [21] J. Bost. Matière plastique. France : 2ème Edition, 1985.
- [22] M. Kaddeche et K. Chaoui : Etude expérimentale des propriétés mécaniques et des déformations résiduelles dans les tubes extrudés en HDPE-80 et HDPE-100, Mémoire de Magister, Université de Guelma (2006).
- [23] : C.Peru. Polyéthylène haute densité PEHD, Techniques d'Ingénieur . Paris : s.n., 2008. AM3315.
- [24] R.Dossogne. Polyéthylène haute densité, Technique d'Ingénieur. France : s.n., 1996.
- [25] L'extrusion gonflage de gaine, Extrusion Gonflage/ blown film, <https://fr.scribd.com/document/378722016/Extrusion-Gonflage-blown-film> (consulté le 12.05.2022).
- [26] B. Wojtkowiak, M. Chabanel, « spectrochimie moléculaire », Technique & Documentation, Imprimerie Bayeusaine, France, (1977).
- [28] D. GRIDAINE ; Caractérisation des polymères ; 2009-2010 ; p 9.

[29] C.Chassanieux, H.Lefebvre, S.Pascual, "Indispensable en polymère", Ed Bréal, pp 42-44,111, (2008)

[30] Nora A, José IE (2015) Amélioration des propriétés mécaniques des mélanges polypropylène/polyamide-12 compatibilisés. Journal international de la science des polymères 2015: 1-8.

[31] Robertson RE, Paul DR (1973) Comportement contrainte-déformation des mélanges de polyoléfines. Polymère appliqué 17(8) : 2579-2595.

[32] Norbert R, Manfred S, Rick F, Chul BP, Jin W (2003) Mélanges de PP avec aptitude au moussage et propriétés mécaniques adaptées. Polymères cellulaires 22(5): 315-327.

Résumé

L'objectif de notre travail consiste à décrire l'élaboration et la mise en œuvre des films thermo rétractables à base d'un polymère de polyéthylène et sa caractérisation par différentes techniques d'analyses. On a préparé deux films par extrusion gonflage de polyéthylène. Film à partir d'un polyéthylène basse densité (PEBD) mono couche avec extrudeuse mono vis, et un film tri-couche avec une extrudeuse trois vis à partir d'un mélange de polyéthylène basse et haute densité (PEHD-PEBD), et une plaque de film de PE-HD fabriqué à partir d'une Presse hydraulique à deux plateaux chauffants.

Les résultats d'analyses mécanique et physico-chimique révèlent l'existence d'interactions entre le PEBD et PEHD et que le PEHD est plus rigide montre une résistance à la traction et la perforation et que le PEBD est plus souple et sensible.

Mots clés : PEBD, PEHD, Film thermo rétractables.

Abstract

The objectives of our work is to describe the development and implementation of heat shrink films based on a polyethylene polymer and its characterization by different analysis techniques. Where two films were prepared by extrusion inflation of polyethylene. Film from a single-layer low-density polyethylene (LDPE) with a single-screw extruder, and a three-layer film with a three-screw extruder from a mixture of low-density and high-density polyethylene (HDPE-LDPE), and a sheet of PE-HD film made from a hydraulic press with two heated platens.

The results of mechanical and physico-chemical analyzes reveal the existence of interactions between LDPE and HDPE and that HDPE is more rigid, shows resistance to traction and perforation and that LDPE is more flexible and sensitive.

Key words : LDPE, HDPE, Heat shrink film.