

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Technologie Chimique industrielle

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnalisant en génie des procédés

Option : Génie de la Formulation

Thème :

**Production, impression et caractérisation de différents types
des films polyéthylène basse densité (PEBD)**

Réalisé par :

SAIT Wissam

Encadré par :

IGGUI Kahina MCB / Promotrice

MCB / Promotrice

Tuteur de l'entreprise :

IDIR Fahem

Chef de l'laboratoire de Meriplast

Soutenu devant le Jury :

BELALIA Fatiha

MCB / Examinatrice

HALEM Zohra

MCB / Présidente

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu pour tout le courage et la force qu'il m'a donnée pour faire ce travail.

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements mes deux tuteurs M' **IDIR Fahem**, et M^{me} **IGGUI Kahina**, enseignante au niveau de l'institut de technologie de l'université de BOUIRA, pour leurs conseils judicieux qui m'ont été d'un grand soutien moral et qui m'ont amené à réaliser ce travail, j'adresse mes profs à l'ensemble de l'institut de technologie.*

*Je remercie également le personnel de l'entreprise **MARIPLAST** de Bejaia surtout M^{elles} **RIMA** et **KHADIDJA** de m'avoir aidé et dirigé.*

Tout ma famille, mes collègues et mes amis qui pendant les années d'étude m'ont aidé professionnellement et moralement je les remercie de tout mon cœur.

A toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.

Dédications

J'ai l'honneur et le plaisir de dédier ce modeste travail à tous ceux qui

m'ont un jour et qui ont cru en moi.

A ma chère mère qui mérite d'être la meilleure mère

du monde, m'a toujours encouragé et

qui a tout fait pour me voir réussir.

A mon cher père qu'est le meilleur père dans le monde.

A tous mes frères.

A tous mes sœurs.

A tous ma famille,

A tous mes tantes.

A tous mes amis, amies et collègues.

A tous la promotion 2018L2019.

Tableau des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Liste des schémas	iii
Liste des abréviations	iv
Introduction	1

Chapitre I : Généralités sur les matériaux polymères

I-1. Présentation de l'entreprise MERIPLAST	3
I-1.1. Présentation	3
I-1.2. La gamme de production	3
I-1.3. Organigramme de l'entreprise	4
I-1.4. Equipement de production	6
I-2. Généralité sur les matériaux polymères	6
I-2.1. Définition d'un polymères.....	6
I-2.2. Classification des polymères	7
I-3. Généralité sur les polyéthylènes	11
I-3.1. Définition	11
I-3.2. Les types d'un polyéthylène	11
I-4. Le polyéthylène basse densité (PEBD)	13
I-4.1. Les propriétés de polyéthylène basse densité (PEBD)	13
I-4.2. Les applications de polyéthylène basse densité (PEBD).....	14
I-5. Les procédés de transformation de matériaux polymères	14
I-5.1. Définition	14
I-5.2. Procédé d'extrusion.....	15
I-5.3. Les différents types de l'extrusion	16
I-5.4. Présentation de l'extrudeuse	17
I-5.5. Les parties de l'extrudeuse	18

Chapitre II : Matériels et méthodes

II-1. Présentation des matériaux utilisés	20
II-1.1. Le PE 2420 F pure	20
II-1.2. Résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645.....	22
II-1.3. Lupolen 2427 F	24
II-2. Procédés de transformation	26

II-2.1. Extrusion gonflage.....	26
II-2.2. Traitement corona	30
II-2.3. Impression flexographie	30
II-3. Techniques de caractérisation	32
II-3.1. Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)	32
II-3.2. Les ultra-violet (UV)	33
II-3.3. Test de rétraction	33
II-3.4. Test de traction	35
Chapitre III : Résultat et discussion	
III-1. Caractérisation de la structure chimique par IRTF	36
III-2. Caractérisation de la structure chimique par UV	37
III-3. Caractérisation des propriétés mécaniques par test de rétraction	38
III-4. Caractérisation des propriétés mécaniques par test de traction	38
Conclusion	42
Référence bibliographique	43

Liste des figures

Figure I.1. La structure d'un polymère	7
Figure I.2. La structure d'un thermodurcissable	9
Figure I.3. La structure d'un thermoplastique.....	10
Figure I.4. La structure d'un élastomère	10
Figure I.5. Polymérisation d'un monomère de l'éthylène	11
Figure I.6 : Structure de différents types de polyéthylène	12
Figure I.7: Répartition des procédés de mise en forme de matière plastique par taux	15
Figure I.8: Extrusion des films agricoles	15
Figure I.9: Principe de fonctionnement d'une extrudeuse	17
Figure I.10: Thermoplastique dans une extrudeuse mono-vis	17
Figure I.11: Extrudeuse bi-vis	18
Figure II.1: Principe d'une ligne d'extrusion gonflage	27
Figure II.2: Photo d'une ligne d'extrusion gonflage	27
Figure II.3 : Système de l'enroulement	29
Figure II.4: Système d'une extrudeuse gonflage.....	30
Figure II.5: Mode d'impression flexographie	31
Figure II.6: Schéma simplifié d'une imprimante de type flexo à tambour	32
Figure II.7: La machine de l'IRTF.....	32
Figure II.8: Le spectrophotomètre de l'ultraviolet.....	33
Figure II.9: L'appareil de rétraction	34

Figure II.10: La machine de traction ZWICK/ROELL.....	35
Figure III.1 : Spectre IRTF des films FPEBDN	36
Figure III.2 : Spectre IRTF des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI	37
Figure III.3 : Spectre UV-visible des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI.....	37
Figure III.4 : Courbe contrainte – déformation du FPEBDN	38
Figure III.5 : Courbe contrainte – déformation du film FPEBDT	39
Figure III.6 : Courbe contrainte – déformation du film FPEBDI	39
Figure III.7 : Courbe contrainte-déformation d'un matériau plastique	40

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Caractéristiques de PE 2024 pure 20

Tableau II.2 : Les propriétés de PE 2024 pure 21

Tableau II.3 : Les propriétés de la résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645..... 22

Tableau II.4 : Caractéristiques de lupolen 2427F 24

Tableau II.5 : Les différents types de propriété de lupolen 2427F 25

Tableau III.1: Résultats de test de rétraction des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI38

Tableau III.2: Propriétés mécaniques des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI 41

Liste des schémas

Schéma 1 : Organigramme général du site 1 5

Schéma 2 : Organigramme général du site 2 5

Liste des abréviations

ISO Organisation internationale de normalisation.

ASTM America society for tensting and materials

FTNFilm thermo retraction neutre.

FTI Film thermo rétraction imprimé.

FE Film étirable.

FAS Film agricole stabilisé trois saisons.

FPEN Film polyéthylène tri couches neutre et imprimé.

FPEI Film polyéthylène tri couches imprimé.

FCN Film complexe neutre.

FCI Film complexe neutre et imprimé.

DRH Direction des Ressources Humaines.

DFC Direction Finance et Comptabilité.

UV Ultra-violet.

IRFT Infrarouge à transformée de Fourier.

FPEBDN Film Polyéthylène basse densité neutre.

PEBDT Film Polyéthylène basse densité traité.

PEBDI Film Polyéthylène basse densité imprimé.

MFR Melt flow rate en angler

FDA Food and drug administration.

LB Unité de masse valant exactement 0,45359237 kg.

PSI Psilocybes.

LBF Unité anglo-saxonne de force 1 lbf=4,4482216152605N.

Introduction

Durant les 30 dernières années la consommation des polymères issus de la pétrochimie ou les matières plastiques ne cesse d'augmenter fortement [1]. En effet, ces matériaux sont devenus incontournables dans la vie quotidienne, ils ont remplacé les matériaux traditionnels tels que : verre, bois, métal, dans l'emballage, la construction et l'automobile. Leurs consommations mondiale a atteint un niveau record de 320 million de tonnes en 2015 et ca, malgré la hausse du prix du pétrole [2].

Parmi les polymères d'origine fossile, le polyéthylène basse densité (PEBD) (LDPE Löw densité polyéthylène en anglais) est le plus consommé en raison de ses propriétés intéressantes : faible coût, une facilité de transformation avec une excellente flexibilité et bonne résistance au choc. L'ensemble de ses propriétés le prédestine à être utilisé dans des domaines larges et instances aussi bien sur le plan domestique et industriel.

A l'échelle industrielle, pour la mise en forme de ces matériaux plastiques en produit fini, nous comptons sur de nombreux procédés comme l'injection, l'extrusion, le thermoformage, le moulage et le calandrage.

Les industries de plasturgie sont quotidiennement confrontées à la maîtrise et à l'amélioration des performances de l'ensemble de leurs procédés de transformation afin de garantir leur pérennité et leur compétitivité. L'entreprise MERIPLAST, tout comme toute autre entreprise industrielle, tente de faire face à la demande du marché en conservant les critères de qualités des produits fournis. Pour ce faire, elle tente d'appliquer les approches scientifiques et les méthodes de la recherche opérationnelle.

Dans cet optique j'ai effectué un stage de trois (03) mois au sein de l'entreprise MERIPLAST à fin d'étudier les procédés de transformation de la matière premier PEDB.

Le présent travail est structuré en trois chapitres:

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de l'entreprise MERIPLAST et des généralités sur les matériaux polymères.

Le deuxième chapitre portera sur la présentation des différents matériaux utilisés, des procédés de la fabrication des films en PEBD et les techniques de caractérisations.

Le troisième chapitre sera axé à la présentation et discussion sur les résultats obtenus.

En fin on terminera notre travail avec une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur les
matériaux polymères

I-1. Présentation de l'entreprise MERIPLAST (Meridji plastique)**I-1.1. Présentation**

MERIPLAST ou Meridji plastique 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 454.130.000,00 ZD, dont les parts sociales sont détenues pour 88.8% par Mr Abdelhakim MERIDJI, gérant la société.

En activité depuis 1999, MERIPLAST est spécialisé dans le développement, la fabrication et la commercialisation d'emballages flexibles : films thermo-rétractables neutres et imprimés, films complexés, films agricoles, gaines, housses et sacherie. Les produits de MERIPLAST sont destinés à une clientèle dans divers secteurs d'activité tels que l'agroalimentaire, les matériaux de construction, l'agriculture, le textile.

MERIPLAST dispose de deux unités de production :

-La première unité (site 1) : créée en 1999, se situe sur la route de l'arrière port de Bejaïa et installée sur un site de production de 2700 m². Cette unité dispose de plusieurs lignes de production entièrement automatisées ; d'une capacité de production de 2000 tonnes par mois.

-La deuxième unité (site 2) : créée en 2016, réalisé au niveau de la zone d'activité d'Ibourassen, commune d'Oued-Ghir sur une superficie de 1600 m². Ce qui permettra à MERIPLAST d'augmenter ces capacités de production à 3500 tonnes par mois.

En septembre 2015, l'entreprise MERIPLAST a été certifiée ISO 9001/2008. [4].

I-1.2. La gamme de produits MERIPLAST

La gamme de produits MERIPLAST est constituée actuellement de :

- ✓ Filme thermo rétraction neutre (FTN).
- ✓ Film thermo rétraction imprimé (FTI).
- ✓ Film étirable (FE).
- ✓ Film agricole stabilisé trois saisons (FAS).
- ✓ Film polyéthylène tri couches neutre et imprimé (FPEN/FPEI).
- ✓ Gaine plastique.

- ✓ Housse thermo rétractable et étirable.
- ✓ Gaine cuver pals.
- ✓ Sacherie neutre.
- ✓ Imprimée et personnalisée toutes démentions.
- ✓ Film complexe neutre et imprimé (FCN/FCI).

I-1.3. Organigramme de l'entreprise MERIPLAST

MERIPLAST emploie 241 agents au 31/03/2017, répartis par catégorie socioprofessionnelle comme suit :

- Cadre : 29
- Agents de maîtrise : 76
- Exécution : 136
- ✓ Direction Général
- ✓ Audit Control Gestion
- ✓ Recherche et développement
- ✓ Direction des Ressources Humaines (DRH)
- ✓ Direction Finance et Comptabilité (DFC)
- ✓ Production
- ✓ Maintenance
- ✓ Management Qualité
- ✓ Contrôle Qualité
- ✓ Approvisionnements Gestion Stocks
- ✓ Commercial
- ✓ Assistante Direction
- ✓ Réseau Informatique

L'organigramme général des sites 1 et 2 est illustré en schéma 1 et 2.

Site 1

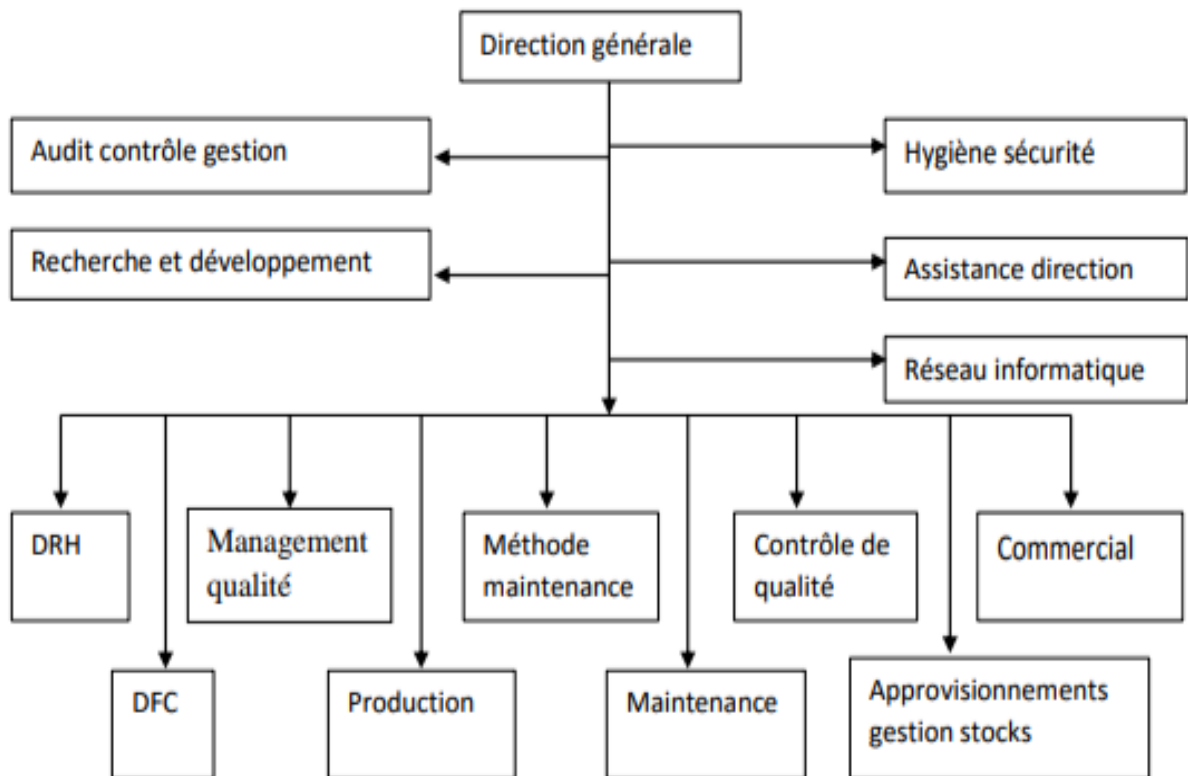


Schéma 1 : Organigramme général du site 1

Site 2

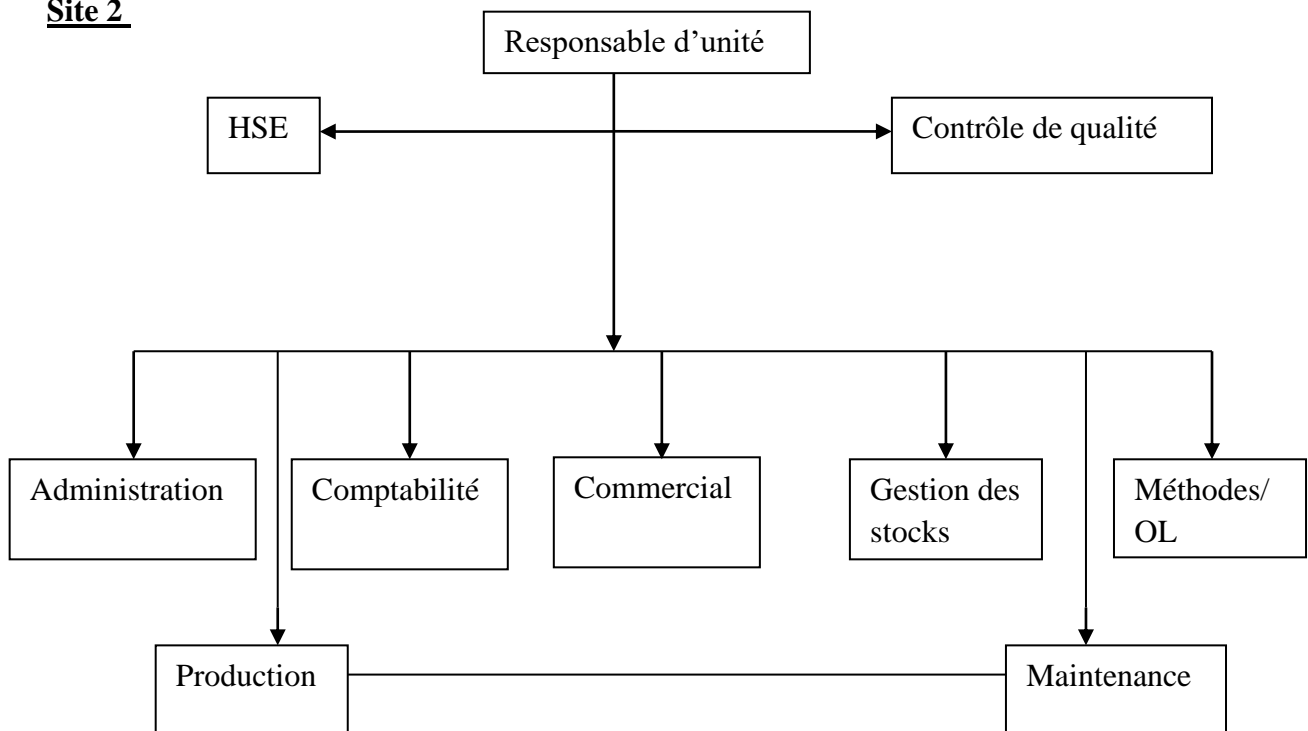


Schéma 2 : organigramme général du site 2.

I-1.4. Equipements de production

MERIPLAST travaille 24h/24h avec des lignes de production de dernières technologies, qui lui assurent des grandes capacités de production par mois de films plastiques [3].

MERIPLAST dispose de différentes machines réparties sur les deux sites comme suit :

Site 1

- ✓04 extrudeuses mono-vis,
- ✓01 extrudeuse bi-vis
- ✓01 extrudeuse OPTIMEX(dernière génération)
- ✓02 imprimantes flexographique, l'une avec 08 couleurs et l'autre avec 04 couleurs
- ✓02 découpeuses refendeuse
- ✓01 soudeuse.

Site 2 :

- ✓01 extrudeuse machine (dernière génération),
- ✓01 imprimante flexographique avec 08 couleurs,
- ✓01 découpeuses refendeuse,
- ✓01 contre colleuse.

I-2. Généralités sur les matériaux polymères**I-2.1. Définition d'un polymère**

Un polymère ou les matières plastiques sont des matériaux organiques constitués de macromolécules obtenues par polymérisation des monomères(**Figure I.1**). Ces motifs peuvent suivre un enchainement unidimensionnel formant des chaînes linéaires, ou bien formant un réseau tridimensionnel (polymère réticulé) [5]. Les chaînes polymères sont principalement constituées d'atomes de carbone sur lesquels sont fixés des éléments comme l'hydrogène ou l'oxygène. D'autres éléments, notamment le chlore, l'azote, peuvent encore intervenir dans la composition de la chaîne[6].

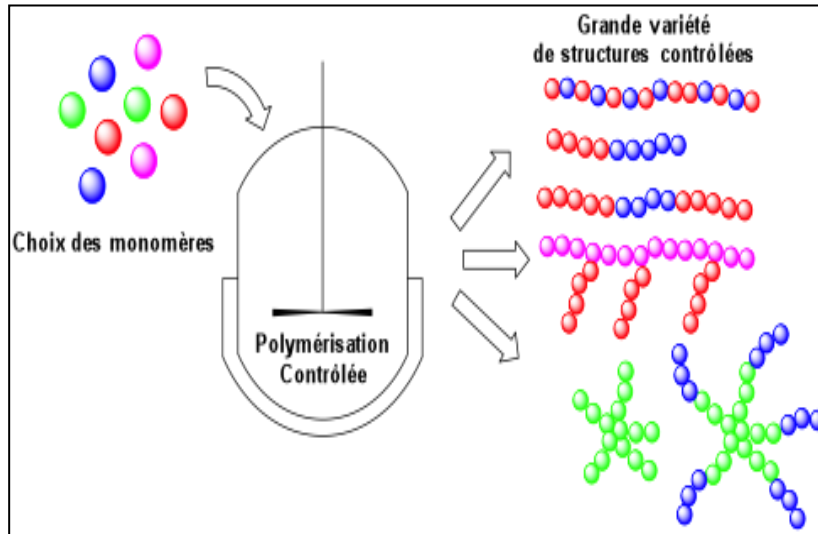


Figure I.1. La structure d'un polymère [5].

I-2.2. Classification des polymères

Plusieurs classifications des composés macromoléculaires peuvent être proposées selon qu'on choisit l'origine, le type d'architecture, la structure chimique des motifs, le type de polymérisation et comportement thermique comme base de la classification.

I-2.2.1. Selon leur origine

a. Les polymères naturels

Sont issus des règnes végétal ou animal .ils sont important ; on peut citer dans cette catégories, la famille des polysaccharides (cellulose, amidon,..) celle des protéines (laine, soie,..) le caoutchouc naturel.

b. Les polymères artificiels

Sont atteindre par modification chimique des polymères naturels on transformant certaines de leurs propriétés ; les esters cellulosiques (nitrocellulose, acétate de cellulose..).

c. Les polymères synthétiques

Totalement issus du génie de l'homme, sont obtenus par polymérisation de molécules de monomères. Leurs variétés extrêmes et ce sont eux qui seront le plus souvent considérés par la suite [7].

I-2.2.2. Selon leur domaine d'application**a. Les polymères de grande diffusion (polymère de commodité)**

Le développement de la production annuelle par million de tonnes. Le polyéthylène, le polystyrène le poly (chlorure de vinyle) sont considérée important à l'échelle économique.

b. Les polymères techniques

En marquons le caractère mécanique leur permettent de se substitués. Surtout pour les matériaux traditionnels (métaux, céramique...) pour de nombreuses applications.

c. Les polymères spéciaux (polymères de fonction)

Ont une propriété spécifique résultant de l'utilité pour une application particulière. C'est dans cette classe qu'on trouve les polymères conducteurs, photo-actifs, thermostables, adhésifs [7].

I-2.2.3. Selon leur structure (dimensionnalité)

Elle-même est classée en trois catégories :

a. Les polymères monodimensionnel ou linéaire

Chaque chaine macromoléculaire est formée de plus en plus d'unité monomère, la macromolécule linéaire peut être présentée par un trait continu divisé en intervalles figurant chacun une unité monomère.

b. Les polymères bidimensionnels

Produites par la nature (carbone graphite, kératine) ; les polymères synthétiques toujours sous la recherche. Ils se présentent sous la forme de feuilles bidimensionnelles, d'épaisseur comparable à celle des molécules simples.

c. Les polymères tridimensionnels

En initiant une polymérisation à partir d'un grand nombre de monomères qui contiennent 3 groupes fonctionnels ou plus. En réticulant un polymère à structure linéaire ou branchée via une opération de réticulation. Les liaisons s'effectuent dans les trois dimensions et un élément de volume d'un tel système [6].

I-2.2.4. Classification selon le comportement thermique

Les polymères sont souvent classés d'après leurs propriétés thermodynamiques en trois types :

a. Thermodurcissables

Ils sont de structures réticulées, formant un réseau tridimensionnel, des liaisons covalentes assurant les pontages entre les chaînes et ayant des résistances mécaniques et thermiques plus élevées que celles des thermoplastiques. Ils sont donc non recyclable, rigides jusqu'à la température de décomposition. Les résines thermodurcissables les plus répandues sont les polyesters insaturés, les résines époxydes, et les résines phénoliques. Parmi les thermodurcissables, on peut citer : résines phénolique (PF), résines époxydes (EP) et résine de polyuréthane (PUR) [6].

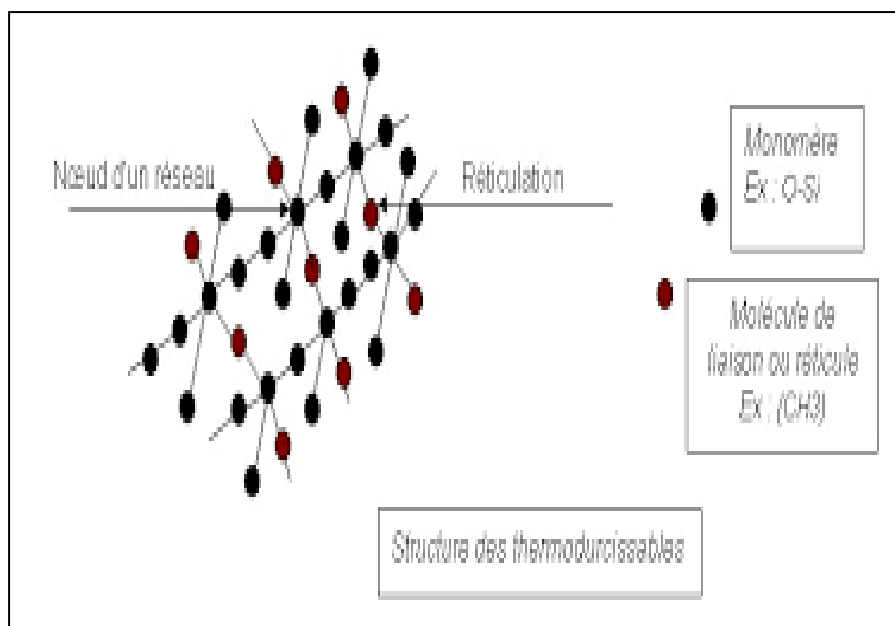


Figure I.2. La structure d'un thermodurcissable [6].

b. Thermoplastiques

Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. A température ambiante ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand ou refroidissement la forme donnée est figée [7]. Leurs polymères de bas 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. Ces polymères peuvent se cristalliser (thermoplastiques cristallins) ou non (thermoplastiques amorphes), et mis en forme même de façon répétitive par chauffage et refroidissement. Comme exemple on peut citer : les polyéthylènes téréphtalates (PET), les poly-butylènes téréphtalate (PBT), les polycarbonates (PC), le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC) [6].

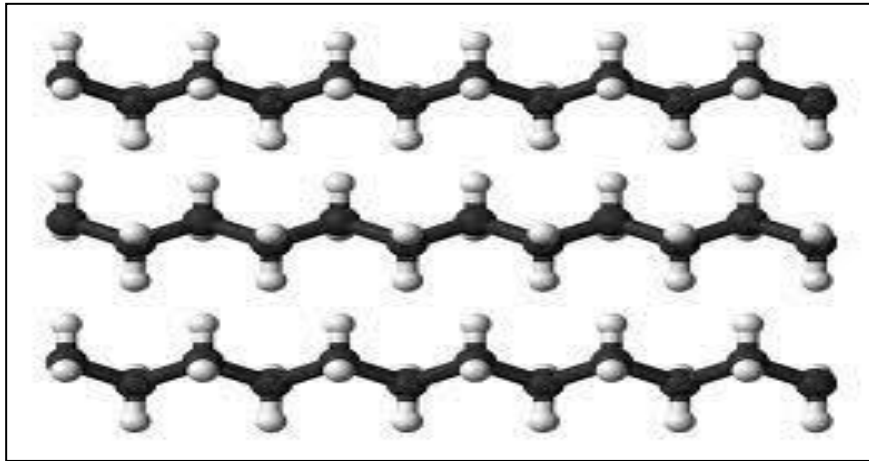


Figure I.3. La structure d'un thermoplastique [6].

c.Elastomère

Les élastomères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc, sous l'action d'une contrainte, les pontages permettent aux macromolécules de revenir en place plus ou moins rapidement après déformation, c'est la propriété fondamentale des élastomères. Il y a environ trois familles de produits : Caoutchoucs naturels, Polybutadiènes et Silicones [6].

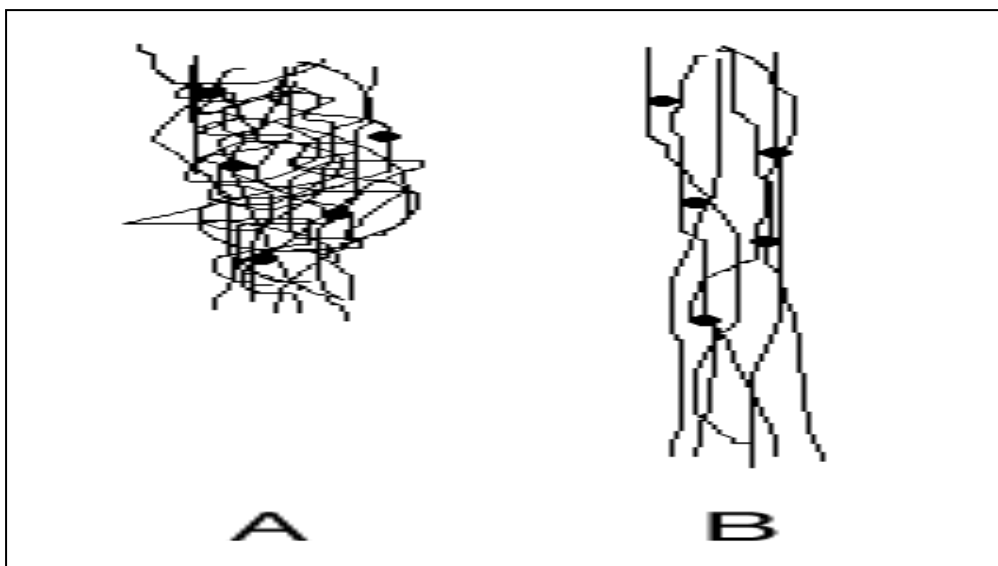


Figure I.4. La structure d'un élastomère
(A) à l'état amorphe, (B) à l'état semi-cristallin [6].

I-3. Généralité sur le polyéthylène

I-3.1. Définition

Le polyéthylène est un matériau thermoplastique de la famille de polyoléfines contenant uniquement des carbones hybridés de types sp^3 [8]. Le polyéthylène est la matière plastique la plus consommée sur terre avec plus de 75 millions de tonnes par an en 2007. On le retrouve dans la vie de tous les jours aussi bien dans les couches culottes que dans les sacs poubelle, les emballages ou les plastiques de protection destinés à l'agriculture. Il représente à lui seul plus de la moitié des emballages plastiques [9].

Il est issu de la polymérisation radicalaire du monomère d'éthylène gazeux ($CH_2=CH_2$) en une structure complexe de formule générique Sa molécule se présente sous forme de chaînes contenant 1000 à 2000 monomères. Le polyéthylène est l'un des polymères les plus simples et les moins chers.

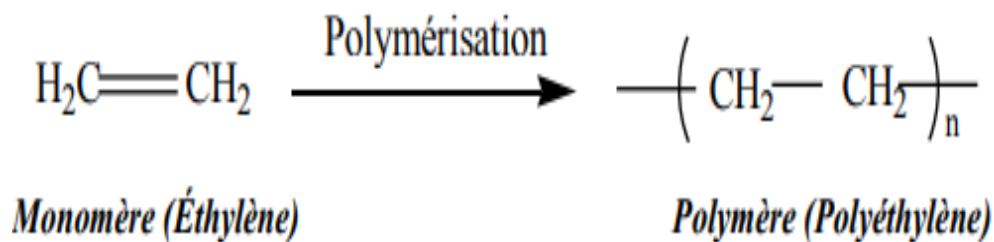
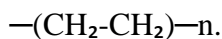


Figure I.5. Polymérisation d'un monomère de l'éthylène [9].

Partiellement cristallin, le polyéthylène contient deux phases [10] :

- Une zone amorphe dans laquelle les chaînes sont disposées de manière désordonnée.
- Une zone cristalline dans laquelle les chaînes est disposée de manière ordonnée ; formant ainsi des cristallites.

I.3.2. Types d'un polyéthylène

Le polyéthylène existe sous trois formes possibles suivant les voies de synthèse utilisée :

a- Le polyéthylène haut densité (PEHD)

Le PEHD est 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 plus important de tous les polyéthylènes et varie entre 0.955 et 0.970 g/cm³ [11].

b- Le polyéthylène moyen densité (PEMD)

Le PEMD obtenu par copolymérisation par catalyse Ziegler ou métallo-cène d' α -oléfine sous pression. La teneur en branchements latéraux ainsi que leur longueur sont contrôlées en fixant le type et la concentration de monomères avant réaction [11].

c- Le polyéthylène à base densité (PEBD)

Le PEBD est un produit par un procédé sous haute pression (82-276 MPa) et sous haute température (132-332°C) avec un initiateur de radical libre (tel que les peroxydes et l'oxygène). Dans le PEBD une chaîne complètement ramifiée du groupement (-CH₂-). Cette structure donne une densité plus faible et une flexibilité plus grande à celle qu'on peut obtenir dans le cas de PEBD [12].

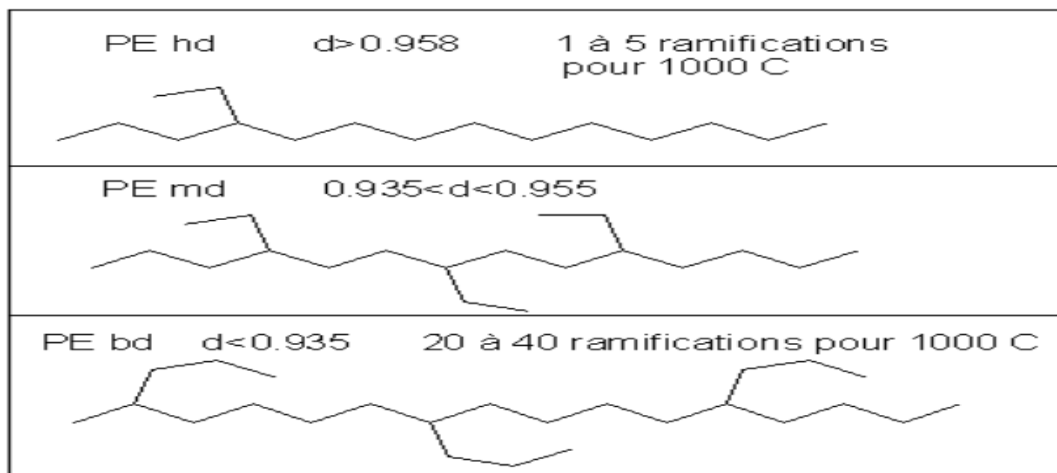


Figure I.6. Structure de différents types de polyéthylène [11].

I-4. Le polyéthylène à basse densité (PEBD)**I-4.1. Les Propriété du polyéthylène à basse densité (PEBD)****I-4.1.1. Propriété chimique**

Ils possèdent une très bonne stabilité chimique :

-Très résistant à l'attaque par acides, bases et les solutions de sels (d'où leur utilisation en vaisselle de chimie).

-Insoluble dans l'eau même sous forme de films (emballage).

-Sensible à la fissuration sous contraintes en présence de savon, alcools, détergents...

-Les polyéthylènes sont à l'état naturel très sensible à l'action des rayons ultra-violet (UV) en présence d'oxygène (air) et pour résoudre cet inconvénient on ajoute des charges à base de carbonate [13].

I-4.1.2. Propriété rhéologique

A l'état fondu, les PE sont des liquides viscoélastiques non linéaires, leur viscosité dynamique varie en fonction du gradient de vitesse. Mes il indique les polyéthylènes linéaires sont plus visqueux pour des gradients de vitesses élevés que les produits radicalaires [14].

I-4.1.3. Propriété électrique

Le PEBD est une substance non plaire, caractérisée par une permittivité relative, un faible facteur de dissipation diélectrique et une rigidité diélectrique élevée. Il est largement employé en câblerie en tant qu'isolant [13].

I-4.1.4. Propriété physique

-Masse volumique entre 0.915 et 0.93 g/cm³.

- Taux de cristallin entre 65 et 70%.

-Perméabilité aux gaz. Elle varie à l'inverse de la masse volumique. Les PEBD sont peu perméables à la vapeur d'eau [13].

I-4.1.5. Propriété thermique

-Température de fusion : 110-125°C.

-Transition vitreuse (T_g) ; -110°C [14].

I-4.1.6. Propriété mécanique

Les propriétés mécaniques du PEBD dépendent essentiellement de sa masse molaire et de sa cristallinité. Nous pouvons citer autres [13] :

-La résistance à la traction variant de 9 à 23 MPa.

-L'allongement à la rupture variant de 150 à 1000%.

-Le module d'élasticité en traction variant de 200 à 500 MPa.

I-4.2. Les applications du polyéthylène basse densité PEBD

Le PEBD est utilisé sous différentes formes à savoir [14] :

-Films, sacs et sachets : sacs grande contenance, films agricoles.

-Tuyaux et tubes.

-Câblerie : câble d'énergie.

-Corps creux : jouets.

I-5. Les procédés de transformation des matériaux polymères

I-5.1. Définition

Les techniques de transformations des matériaux polymères (plastiques) dépendent de la nature des polymères et de la destination des produits finis. Les principaux procédés de fabrication industrielle sont : l'injection, l'injection soufflage, l'extrusion, l'extrusion soufflage, l'extrusion gonflage, le thermoformage, l'expansion moulage, le calandrage, le roto-moulage [15]. La figure I.7 montre la répartition des procédés de mise en forme de matière plastique par taux.

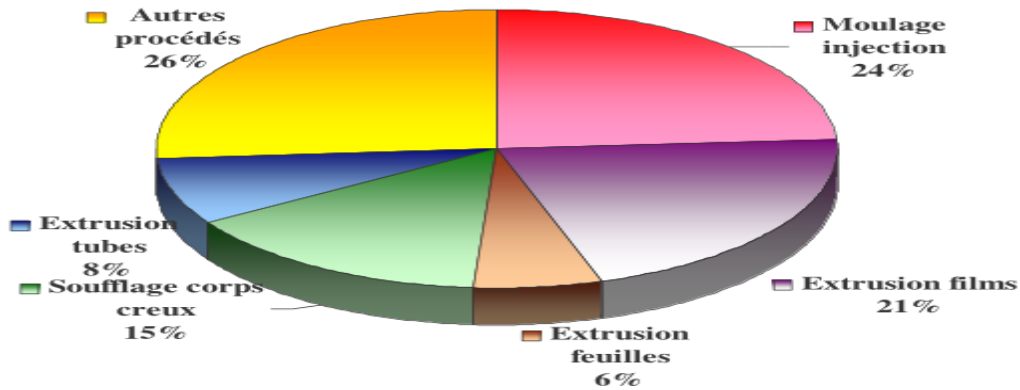


Figure I.7: Répartition des procédés de mise en forme de matière plastique par taux [15].

I-5.2. Procédés d'extrusion

L'extrusion est un procédé de transformation en continu. Cela consiste à introduire le plastique sous forme de poudre ou de granulés dans un cylindre chauffant à l'intérieur duquel il est poussé par une vis sans fin. En avançant, la matière ramollit, se comprime, puis passe à travers une filière qui lui donne la forme souhaitée. Ce procédé permet d'obtenir des objets finis ou semi-ouvrés tels que : profilés, plaques, feuilles, films, câbles, corps creux, granulés [16].

L'extrusion s'applique à divers matériaux : métaux, plastiques, caoutchoucs, argile, pâtes alimentaires [17].



Figure I.8: Extrusion des films agricoles [16].

I.5.3. Les différents types de l'extrusion [16]**I-5.3.1. Extrusion gainage**

La technique d'extrusion gainage permet de recouvrir les conducteurs électriques d'au moins une couche de matériaux polymères pour les isoler.

I-5.3.2. Extrusion formage

Cette technique est adaptée aux grandes séries et à la fabrication de pièces de grandes dimensions.

I-5.3.3. Extrusion en filière plate

Cette extrusion dite caste permet de tirer des films plastique en faibles épaisseurs de 7 jusqu'à 30 μm .

I-5.3.4. Extrusion soufflage

Cette technique permet de mouler en discontinu des corps creux (récipients tels que réservoirs, bouteilles et flacons).

I-5.3.5. Coextrusion

Plusieurs vis d'extrusion alimentent une filière pour Coextruder jusqu'à neuf couches de polymère, chacune ayant ses qualités propres.

I-5.3.6. Extrusion assistée eau

Le principe de cette extrusion assistée eau est identique au principe de l'extrusion classique. La différence étant l'ajoute d'une pompe à injection d'eau au niveau de la ou les vis.

I-5.3.7. Extrusion gonflage

On forme dans un premier temps une paraison à paroi mince. Après gonflage et refroidissement, on obtient des films. Ce procédé n'utilise pas de moule.

I-5.3.8. Extrusion calandrage

Cette méthode se prête à la fabrication de feuilles et de plaque.

I-5.4. Présentation de l'Extrudeuse

L'extrudeuse est la machine qui sert à réaliser une opération d'extrusion pour transformer matières plastiques.

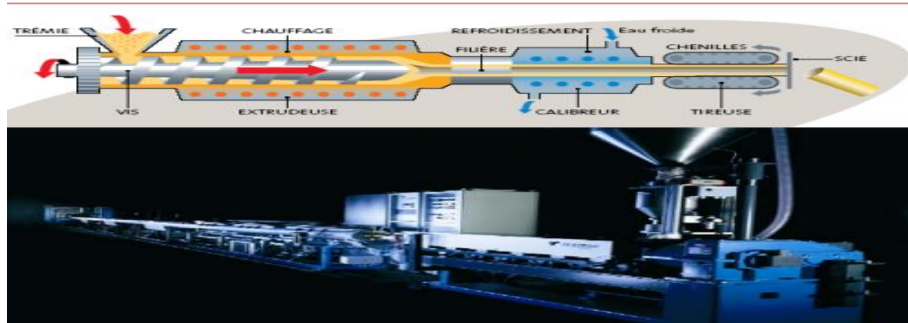


Figure I.9: Principe de fonctionnement d'une extrudeuse [18].

Il existe sur le marché plusieurs types d'extrudeuse. Les plus utilisés sont les extrudeuses bi-vis et les extrudeuses mono-vis [18].

I-5.4.1. Extrudeuse mono-vis

Une extrudeuse mono-vis est constituée d'une vis unique [18].

Elle est utilisée pour les thermoplastiques. Elle met également en évidence trois zones résultant de l'observation de l'état du polymère dans la machine en régime permanent. La zone d'alimentation, où le polymère est sous forme solide, la profondeur du chenal y est constante. La zone de plastification où il y a fusion du polymère, le polymère encore solide coexiste avec le polymère déjà fondu. La zone de pompage où le polymère est complètement fondu. La profondeur de chenal est de nouveau constante, mais plus faible qu'en alimentation [19].

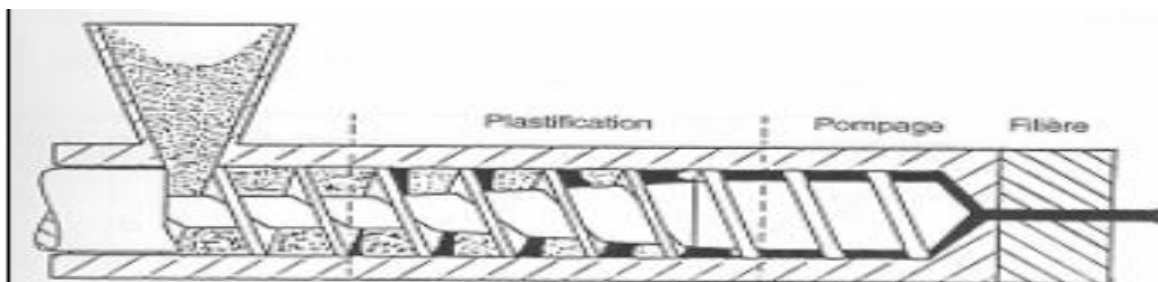


Figure I.10: Thermoplastique dans une extrudeuse mono-vis [18].

I-5.4.2. Extrudeuse bi-vis

Une extrudeuse bi-vis comporte deux vis sans fin tournant à l'intérieur du fourreau [19].

Dans une extrudeuse bi-vis, on trouve assemblées sur un châssis unique les parties suivant :

- L'ensemble vis-fourreau avec ces accessoires de chauffage et de refroidissement.
- Le groupe d'entraînement (ensemble du réducteur, du diviseur de couple et du limiteur.
- Le moteur principal.
- Des dispositifs pour l'alimentation en matière (diseurs) ou pour son traitement (par exemple, dispositif de dégazage).
- Un dispositif de coupe ou de mise en forme de la matière extrudée (filière), s'il y a lieu.
- Pour conduite de l'extrudeuse, une armoire de pilotage qui réunit les variateurs des moteurs, les organes de démarrage et de sécurité, les dispositifs de régulation, de commande, d'affichage et de mesure [18].



FigureI.11: Extrudeuse bi-vis [19].

I-5.5. Les parties de l'extrudeuse

Une extrudeuse classique est composée de quatre éléments de base :

- Trémie d'alimentation : endroit qui assure l'entrée du produit à transformer.

➤ Une vis sans fin ou vis d'Archimède : au nombre d'un ou deux selon le type d'extrudeuse.

➤ Fourreau : corps principal de l'extrudeuse donne la forme finale au produit.

➤ Aujourd'hui, les extrudeuses comportent d'autres éléments qui sont devenus essentiels tels que :

➤ L'Accessoire de chauffage et de refroidissement car le fourreau doit être réglé en température.

➤ Un groupe d'entraînement : composé d'un moteur réducteur et d'un diviseur de couple, qui fournissent la puissance mécanique [20]

➤ Une filière (tête d'extrusion) [21]

Il existe plusieurs types de tête d'extrusion :

✓ Les têtes d'extrusion droite.

✓ Les têtes d'extrusion d'équerres verticales pour l'extrusion soufflage.

✓ Les têtes d'équerres horizontales pour le revêtement de câble électrique.

✓ Les têtes plates pour la réalisation des plaques et films.

✓ Les têtes spéciales pour la Coextrusion appliquée aux types ci-dessus.

Chapitre II

Matériels et méthodes

II-1. Présentation des matériaux utilisés

II-1.1. Le PE 2420 F pure [22]

II-1.1.1. Description du produit

Le PE 2420 F pure est un polyéthylène basse densité de haute pureté, doté d'une bonne aptitude au traitement, de bonnes optiques et d'une bonne résistance chimique. Il est livré en granulés à partir du marché cible. Le film est destiné aux applications de santé, y compris l'emballage des produits pharmaceutiques.

II-1.1.2. Caractéristiques du produit

Tableau II.1 :Caractéristiques de PE 2024 pure.

Statut	Commercial : Actif
Méthode d'essai utilisée	ISO ASTM
Disponibilité	Europe, Amérique du nord, Asie-pacifique, Australie/NZ, Afrique moyen orient, Amérique latine.
Méthode de traitement	Moulage par injection, film soufflé, extrusion soufflage.
Fonctionnalité	Faible gel, bon joint thermique, bon aptitude au traitement, haute pureté, bonne propriétés optiques, stérilisation à l'oxyde d'éthylène.
Application client typique	Sacs et pochettes, film médicale, application par soufflage, emballage secondaire, application de santé.

II-1.1.3 Propriétés typiques du produit

Tableau II.2 : Les propriétés de PE 2024 pure.

Propriétés		Méthode	valeur	Unité
Mécanique	Module de traction	ISO 527(1, 2)	260	MPa
	Contrainte de traction à la limite d'élasticité	ISO 527(1, 2)	11	MPa
	Résistance à la traction TD (50micron film)	ISO 527(1, 3)	20	MPa
	Résistance à la traction MD (50micron film)	ISO 527(1, 3)	26	MPa
	Contrainte de traction à la rupture TD (50 micro film)	ISO 527(1, 3)	600	MPa
	Contrainte de traction à la rupture MD (50 micro film)	ISO 527(1, 3)	30	MPa
Physique	Densité	ISO 1183	0,923	g/cm ³
	Taux de masse fondue	ISO 1133	0,75	g/10 min
Thermique	Température de ramollissement Vicat (A 50 (50°C/h 10N))	ISO 527(1, 3)	600	°C
	Température de fusion	ISO 527(1, 3)	300	°C
Dureté	Dureté de rivage (rive D)	ISO 868	48	MPa
	Dureté de la bille (H 49/30)	ISO 2039(1)	18	MPa
Film	Température de fusion		170à 220	°C
	Épaisseur de film recommandée		25 à 100	µm

II-1.2. Résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645 (en anglais DOWLEX™ 2645 PolyethyleneResin) [22]

II-1.2.1. Description du produit

La résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645 est conçue pour la production d'une grande variété de films industriels et grand public (bien que cela ne soit pas recommandé pour les films étirables d'ensilage). Les films fabriqués à partir de cette pâte présentent une combinaison d'excellente ténacité et de résistance à la déchirure. Le produit offre également une très bonne aptitude au traitement sur les machines PEBDL classiques.

Remarque : La résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645 doit être conformée à la réglementation FDA 177.1520 et à la plupart des réglementations européennes en matière de contact avec les aliments lorsqu'elle est utilisée non modifiée et traitée conformément aux bonnes pratiques de fabrication pour les applications en contact avec les aliments.

II-1.2.2. Propriétés du la résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645

Tableau II.3 : Les propriétés de la résine de polyéthylène DOWLEX™ 2645.

Propriété		Valeur nominal (anglais)	Valeur nominal (SI)	Méthode d'essai
Physique	Densité	0.918 g/cm ³	0.918 g/cm ³	ASTM D792
	Taux de masse fondue (MFR) (190°C/2.16 Kg)	0.85g/10min	0.85g/10min	ISO 1133
Thermique	Température de ramollissement Vicat	225 °F	107 °C	ASTM D1525 ¹
Optique	Brillant (45°, 1.97 mil (50 µm))	59	59	ASTM D2457
	Brune (1.97 mil (50 µm))	10%	10%	ISO 14782
Extrusion	Température de fusion	374 à 464 °F	190 à 240°C	
Films	Energie de perforation du film	51.3 in·Lb	5.80 J	ASTM

	(1.95 mil (50 µm))			D5748
	Force de perforation du film (1.95 mil (50 µm))	17.1 lbf	76.0 N	ASTM D5748
Module de traction	2% sécante MD : 1.97mil (50.0µm))	20200 psi	139 MPa	ISO 527(3)
	2% sécante TD : 1.97mil (50.0µm))	21300 psi	147 MPa	ISO 527(3)
Force de tension	MD: rendement, 1.97mil (50.0µm)	1090 psi	7.50 MPa	ISO 527(3)
	TD: rendement, 1.97mil (50.0µm)	914 psi	6.30 MPa	ISO527(3)
	MD : pause, 1.97 mil (50.0µm)	5660 psi	39.0 MPa	ISO 527(3)
	TD : pause, 1.97 mil (50.0µm)	5800 psi	40.0 MPa	ISO 527(3)
Allongement à la traction	MD : pause, 1.97 mil (50.0µm)	560%	560%	ISO 527(3)
	TD : pause, 1.97 mil (50.0µm)	670%	670%	ISO 527(3)

	Elmendorf résistance à la déchirure	MD : 1.97 mil (50.0µm)	560 g	560 g	ASTM D1922
		TD : 1.97 mil (50.0µm)	910 g	910 g	ASTM D1922
	Dard drop impact (50.0µm))	(1.97 mil (50.0µm))	480 g	480 g	ISO7765(1)/A

Note d'extrusion :

Conditions de fabrication de la résine film soufflée :

-le fossé : 1.5-2.5 mm.

-température de fusion : 190 à 240 °C.

-taux de grossissement : 1.5 à 3.1 µm.

-plage de jauge range : 10 à 150 µm.

II-1.3. Lupolen 2427 F [22]

II-1.3.1. Description de produit

Le lupolen est un polyéthylène basse densité additive. Il contient un antioxydant, un antidérapant et un anti-bloquant. Il est livré sous forme de pellets. Les informations sur la conformité de ce produit sont résumées dans les tableaux (II-4 et II-5).

II-1.3.2. Caractéristique du Lupolen 2427 F

Tableau II.4 : Caractéristiques de lupolen 2427F.

Statu	Commercial : actif
Méthode d'essai utilise	ISO
Disponibilité	Europe, Asie Pacifique, Afrique, Moyen-Orient

Méthode de traitement	Film soufflé
Fonctions	Antiblocage non spécifié, faible frottement, optiques, bonne aptitude à la mise en œuvre, glissement non spécifié
Applications client typiques	sacs et pochettes, film soufflé, film d'emballage alimentaire, film rétractable

II-1.3.3 : Propriétés typiques du produit

Tableau II.5 : Propriétés de lupolen 2427F

Propriétés		méthode	valeur	Unité
Physique	Densité	ISO 1183	0.924	g/cm
	taux de fusion (190°C/2.16kg)	ISO 1133	0.75	g/ 10 cm ³
Mécanique	dard drop impact (50 µm, film soufflé)	ASTM D 1709	150	G
	Module de traction,	ISO 527(1, 2)	260	Mpa
	Contrainte de traction à la limite d'élasticité	ISO 527(1, 2)	11	Mpa
	Contrainte de traction à la rupture	ISO 527(1, 3)	300	%
	résistance à la traction	MD	ISO 527(1, 3)	24
TD		ISO 527(1, 3)	22	Mpa

II-2. Procédés de transformation

II-2.1. Extrusion gonflage

Principe

L'extrusion gonflage est l'un des procédés permettant la fabrication des films polymères. Cette technique est utilisée en sachetterie car elle peut être implémentée directement sur la chaîne de conditionnement automatique. Le principe de fonctionnement d'une ligne d'extrusion gonflage est présenté en figure II-1 et une ligne réelle illustrée en figure II-2.

- ❖ Les filières de soufflage de gaines sont positionnées verticalement pour assurer une action homogène de la pesanteur sur le film obtenu. La sortie du polymère fondu se fait vers le haut.
- ❖ Le polymère fondu est extrudé en continu à travers une filière donnant un "tube" épais. Cette matière encore fondue va subir deux déformations :
 - La première déformation est due aux rouleaux d'entraînements situés en haut de la ligne de gonflage, En entraînant la gaine, ils l'étirent verticalement
 - La seconde déformation vient du fait que l'on injecte de l'air sous pression dans cet espace fermé entre la filière et ces rouleaux. La matière est alors étirée radialement : le diamètre de la poche augmente et, parallèlement, l'épaisseur du "tube" diminue.
- ❖ Le tube extrudé subit donc un bi étirage. Il devient une gaine très fine de forme galbée que l'on appelle aussi une bulle.
- ❖ Le refroidissement de la gaine s'effectue généralement par soufflage d'air au niveau d'un anneau extérieur, situé au niveau ou au-dessus de la filière.
- ❖ Une fois la gaine solidifiée, sa forme n'évolue plus ; elle est entraînée, repliée sur elle-même (par une tireuse de mise à plat à rouleaux) et bobinée (dans le poste d'enroulement) [23].

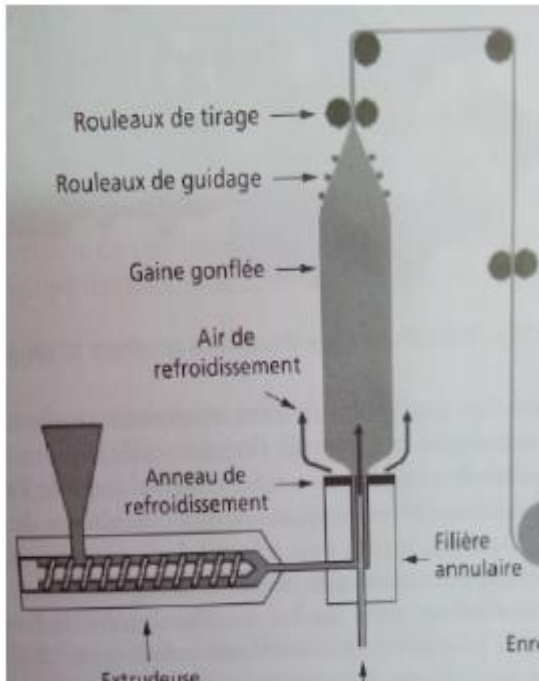


Figure II.1 : Principe d'une ligne d'extrusion gonflage



Figure II.2 : Photo d'une ligne d'extrusion gonflage.

Mode d'action [22]

a. Fonctionnement

La matière est introduite dans la trémie sous forme de granulé ou poudre. Elle est entraînée par la vis une fois arrivé au fourreau chauffé répartis en plusieurs zones de chauffe. La matière passe de l'état solide à l'état pâteux tout au long de la vis. Les régulateurs de température permettent de conserver la température, et le moteur entraîne la vis par l'intermédiaire des courses et du réducteur.

b. Refroidissement

Dans la technique d'extrusion, la mise en forme du produit, à la sortie de la filière, est également assurée par une subtile ad équation entre la pression constante dans la bulle et par l'air extérieur expulsé par l'anneau de refroidissement (externe et interne).

c. Le panier de calibrage

La nécessité d'avoir une distance entre la filière et le dispositif de tirage exige la présence d'un panier de calibrage. Cette distance est appelé la hauteur de tirage.

Le panier de calibrage permet donc un guidage de la bulle.

d. La mise à plat

La mise à plat est nécessaire pour éviter les plis, elle se fait avant l'entrée de la gaine dans les rouleaux de tirage.

Ce dispositif peut être utilisé comme un moyen complémentaire de refroidissement.

Les soufflets sont réalisés grâce à des sabots ou jeunettes disposés latéralement au niveau des avants. Leur dimension est directement reliée à la largeur du soufflet réalisé.

e. Le tirage

Ce dispositif a pour fonction de pincer et tirer la bulle.

Le cylindre moteur est entraîné par un groupe moto-variateur qui lui assure une vitesse de rotation stable ainsi qu'une plage de vitesse étendue à variation progressive.

Le cylindrique presseur est commandé par des vérins. La pression est contrôlée de manière à ne pas fragiliser le film au niveau des plis.

La fonction tirage joue un rôle important sur la qualité du produit.

f. L'enrouleur

L'enroulement consiste à conditionner et découper le produit selon les prescriptions définies. L'opération de bobinage est réalisée par deux types d'enrouleurs :

- **Enroulement positif**, la rotation du mandrin se fait à l'aide d'un moteur entraînant la broche porte mandrin.
- **Enroulement par contre**, la manière passe entre deux cylindres en appuis l'un contre l'autre, l'un est fixe et l'autre mobile.



Figure II.3: Système de l'enroulement.

II-2.1.1. Extrudeuse [22]

Une extrudeuse est de fondre et d'homogénéiser la matière première sous l'effet de la chaleur, pour qu'elle puisse franchir à la filière placée à son extrémité. D'un point de vue industriel, on cherche à obtenir à la sortie de la machine un débit régulier, avec un matériau homogène, à la température contrôlée, et des conditions de production satisfaisantes.

Elle se compose de :

1. Ensemble vis fourreau.
2. Colliers de chauffe et un régulateur de température.
3. Ventilateurs de refroidissement.
4. Moteur, réducteur, butée, courroies.
5. Châssis.

On peut distinguer trois zones phénoménologiques :

1. La zone de couvrage.
2. La zone de fusion.
3. La zone de pompage.

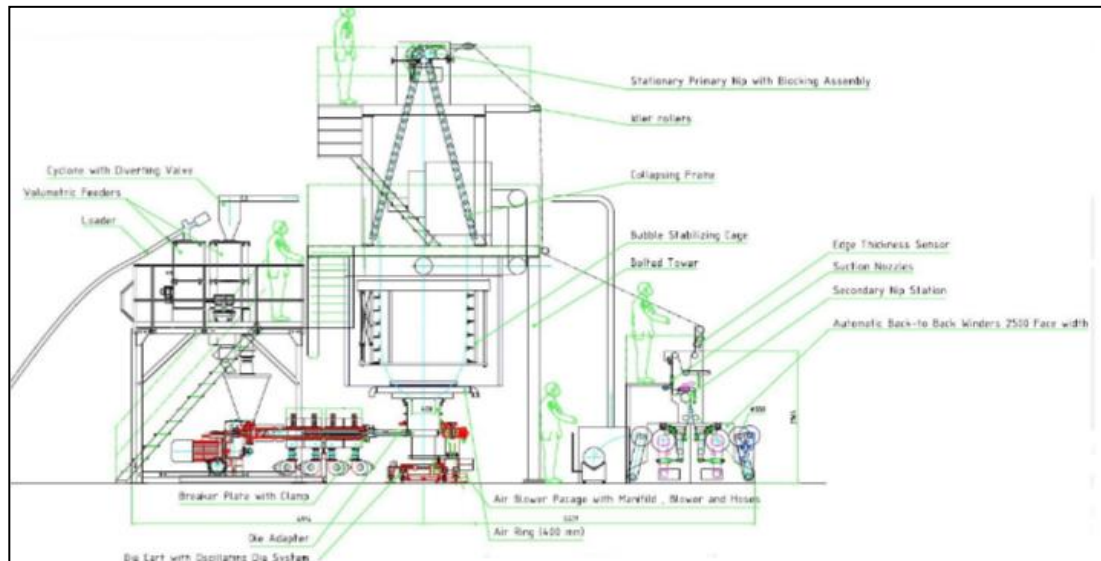


Figure II.4. Système d'une extrudeuse gonflage.

II-2.2. Traitement corona

Le traitement corona est une décharge électrique à haute fréquence vers la matière. Il en résulte une amélioration de la connections chimique ente les molécules dans le plastique et le liquide ou média appliqué. Le traitement de surface ne réduit pas ou ne charge pas la résistance de la matière. Cela ne change pas non son apparence.

II-2.3. Impression flexographie

C'est un procédé d'impression directe par une forme imprimante en relief, mais dans ce procédé, celle-ci est "flexible", réalisée en caoutchouc vulcanisé ou en matière plastique souple. La forme imprimante est en plaques photopolymères. Ce procédé, particulièrement adapté à l'impression sur pellicules plastiques destinées à l'emballage, permet à l'aide de rotatives à bobines, de réaliser des impressions de qualité en couleur. L'utilisation de ce procédé se retrouve dans l'impression de cartonne ondulés, sacs plastique, étiquettes, les pochait de lait. Ce procédé d'impression est en pleine croissance grâce à son faible cout et à son coté écologique.



Figure II.5: Mode d'impression flexographique.

II-2.3.1. Imprimante [22]

En flexographie un groupe d'impression constitué de sept éléments principaux :

- a- **L'encre d'impression flexographique** est un mélange d'encre et de solvants qui est amené dans un bac à encre par l'intermédiaire d'une pompe.
- b- **Le bac à encre** est le récipient qui permet d'alimenter le bac à racles. Le remplissage continu de ce bac à encre est réalisé par le biais d'une pompe.
- c- **La chambre à racles** est le système qui va alimenter, avec parcimonie, l'anilox en encre.
- d- **L'anilox** est un cylindre en céramique ou métal qui est constitué en surface de minuscules alvéoles qui vont être remplies d'encre. Ces alvéoles sont disposés selon un angle et une linéature requis pour obtenir la précision d'impression recherchée.
- e- **Le cylindre porte-cliché** est le cylindre sur lequel est fixée, à l'aide d'adhésifs et double face, la matrice d'impression.
- f- **Le cliché** est une plaque de photopolymère souple dans laquelle est retiré, par le biais d'un procédé d'insolation, le négatif de l'image. Il est alimenté en encre par l'intermédiaire de l'anilox.
- g- **Le cylindre de contrepression** est le support solide sur lequel le film plastique est plaqué, lorsque ce dernier doit recevoir l'empreinte de l'image. En revanche pour obtenir le rendu d'impression recherche, il est indispensable de contrôler la pression.

- h- Le **séchage**, après chaque dépôt d'encre (groupe d'impression) par les unités de séchage et un séchage final en passant par le tunnel de séchage.

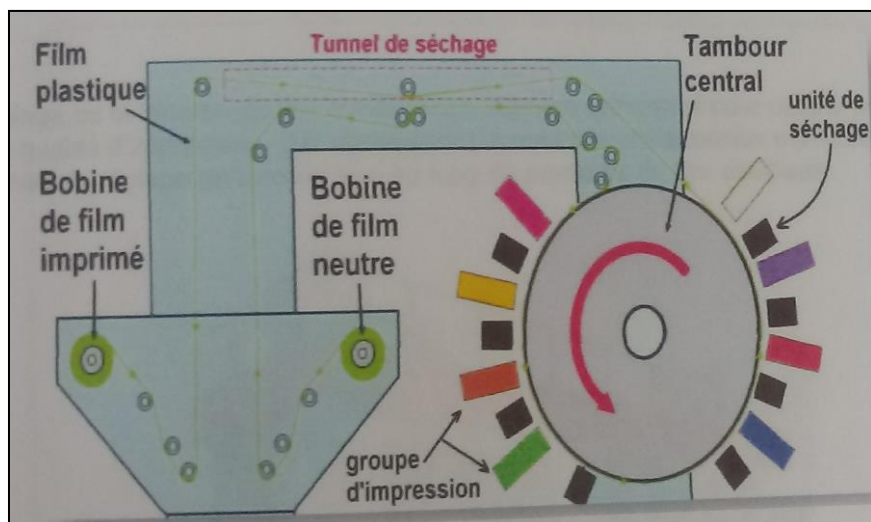


Figure II.6: Schéma simplifié d'une imprimante de type flexo à tambour.

II-3. Techniques de caractérisation

II-3.1. Infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IR-FT) est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet à travers la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques d'effectuer l'identification des fonctions chimiques présentes dans le matériau. Les spectres infrarouges des différents films, ont été enregistré à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) de modèle *SHIMADZU FTIR-8400S* avec une résolution de 4 cm^{-1} et dans la région 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} .



Figure II.7: L'appareil de l'IRTF.

II-3.2. Les ultra-violet (UV)

Le principe de la spectrophotométrie d'absorption dans l'ultraviolet et le visible repose sur l'absorption du rayonnement par les molécules dans le domaine allant de 190 à 800 nm, ce qui correspond à l'ultraviolet (190-400 nm) et au visible (400-800 nm). Les spectres ultraviolets des différents films, on été enregistré à l'aide d'un spectrophotomètre d'ultraviolet dans la région 800 nm à 200 nm.



Figure II.8: le spectrophotomètre de l'ultraviolet.

II-3.3. Test derétraction [22]**Définition**

Test de rétraction est un test mécanique doit être mesure selon le principe de norme NF T 54-115. Son principe à déterminé des variations dimensionnelles après action de la chaleur. Il appliqué sur des films destinés pour le fardelage.

Ce test est s'assurer de la disponibilité des supports et outils de travail suivant :

- bain d'huile ;
- carré de grammage en métal (10×10 Cm) ;
- éprouvette ;
- pince brucelles ;
- plat ;
- feuille de papier filtre absorbant ;

-règle pour la mesure ;



Figure II.9: L'appareil de rétraction

Mode opératoire

1. Réchauffement du bain d'huile jusqu'à 130°C.
2. Prélevé dans un échantillon récupéré en aval des éprouvettes à l'aide d'un gabarit en métal (10×10 Cm) uniformément tout au long de la laize en respectant le sens d'extrusion, notre cette direction (sens machine).
3. Plonger l'éprouvette perpendiculairement à la surface du bain soit sous l'action de sa propre masse, soit en la lestant légèrement en cas de besoin, pour obtenir une immersion rapide et par suite, une rétraction homogène.
4. Maintenir les éprouvettes dans le bain pendant 120 s.
5. Extraire avec précaution l'éprouvette du bain, en la prenant par l'une des extrémités à l'aide d'une pince brucelles, la poser à plant sur une feuille de papier filtre, jusqu'à refroidissement a la température de la salle.
6. Mesurer les nouvelles dimensions des éprouvettes dans les deux sens longitudinal et transversale.
7. Le taux de variation dimensionnelle est obtenu par la formule suivant :

$$T = ((L2 - L1) / L1) \times 100 \quad \text{eq1}$$

T est le taux de variation dimensionnelle exprimé en %.

L2 est la distance de l'éprouvette après rétraction en cm.

L1 est la distance initiale qui correspond à la longueur du gabarit en cm.

NB : pour obtenir les meilleurs produits, nous devons obtenir des valeurs on qui est en adéquation par rapport à la norme (70 à 85%). Et la valeur transversale est nettement par rapport à la norme (20 à 30%).

II-3.4. Test de traction

L'essai de traction est un essai mécanique le plus fréquemment utilisé pour déterminer la capacité d'un matériau à résister aux contraintes extérieures. L'essai consiste à soumettre une éprouvette sous forme rectangulaire ou d'altère dans les mâchoires d'un dynamomètre. La mesure des propriétés mécaniques à la rupture des films est effectuée au niveau de l'entreprise « *MERIPLASTE* » à Bejaia à l'aide d'une machine de traction de type, **ZWICK/ROELL** selon la norme *ISO 527-1*. Les films sont découpés sous forme de bande de dimension (75mm/20mm) pour les deux sens longitudinale et transversale. La vitesse de déformation est maintenue constante à 100 mm/min. La machine est reliée à un micro-ordinateur qui effectue tous les calculs nécessaires et trace les courbes contrainte/déformation. La photo de la machine de traction utilisée est illustrée en (figure II.10.)



Figure II.10:La machine de traction ZWICK/ROELL

Chapitre III

Résultat et discussion

III-1. Caractérisation de la structure chimique par IRTF

La figure III.1 illustre le spectre IRTF du film PEED neutre codé (FPEBDN). D'après le spectre IRTF, on constate que PEED présente plusieurs bandes d'absorption. On observe principalement :

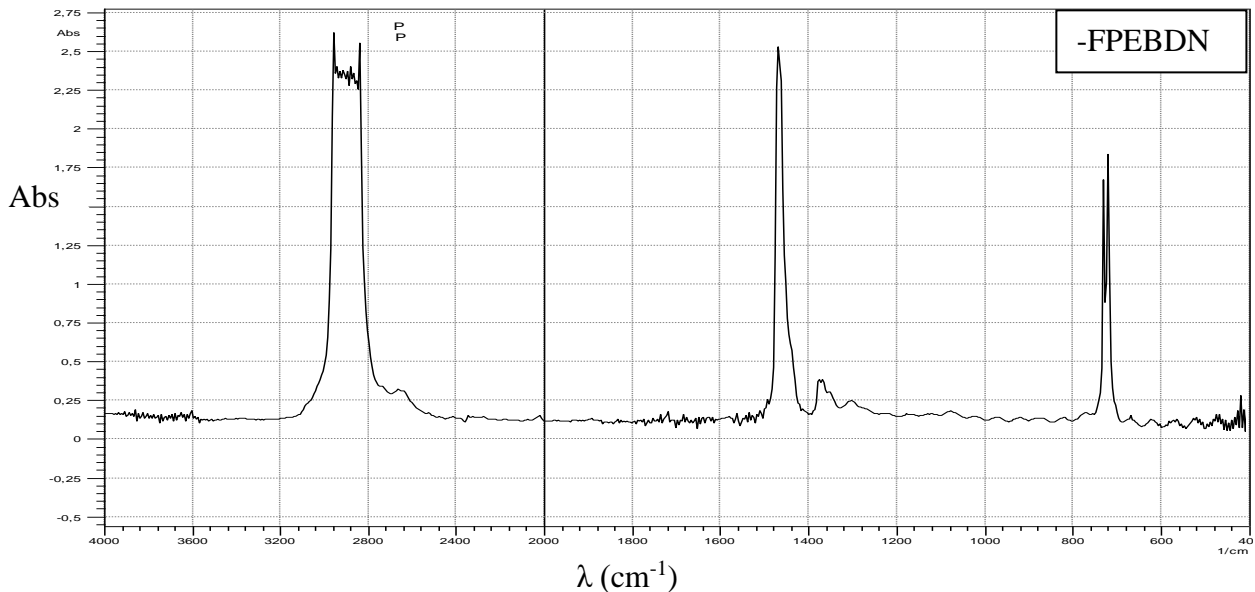


Figure III.1 : Spectre IRTF des films FPEBDN.

-La présence de deux bandes d'absorptions d'intensité forte à 2960cm^{-1} et à 2835cm^{-1} traduisant les vibrations asymétriques et symétriques des liaisons C-H de groupement CH_2 .

-Un pic centré à 1467cm^{-1} correspondant aux vibrations de déformation du même groupement (CH_2).

-Deux autres pics d'intensité moyenne situés à 720cm^{-1} et 732cm^{-1} qui caractérisent les vibrations d'élongation du groupement C-C de $(\text{CH}_2)_n$.

Les spectres IRTF des films FPEBDT et FPEBDI comparés avec le film de référence FPEBDN sont représentés en figure III-2. On observe l'apparition des mêmes bandes d'absorptions enregistrées pour le FPEBD avec la même intensité. L'absence de nouvelles bandes d'absorptions suggère que la structure chimique du film n'a pas été modifiée pendant le processus de mise en œuvre.

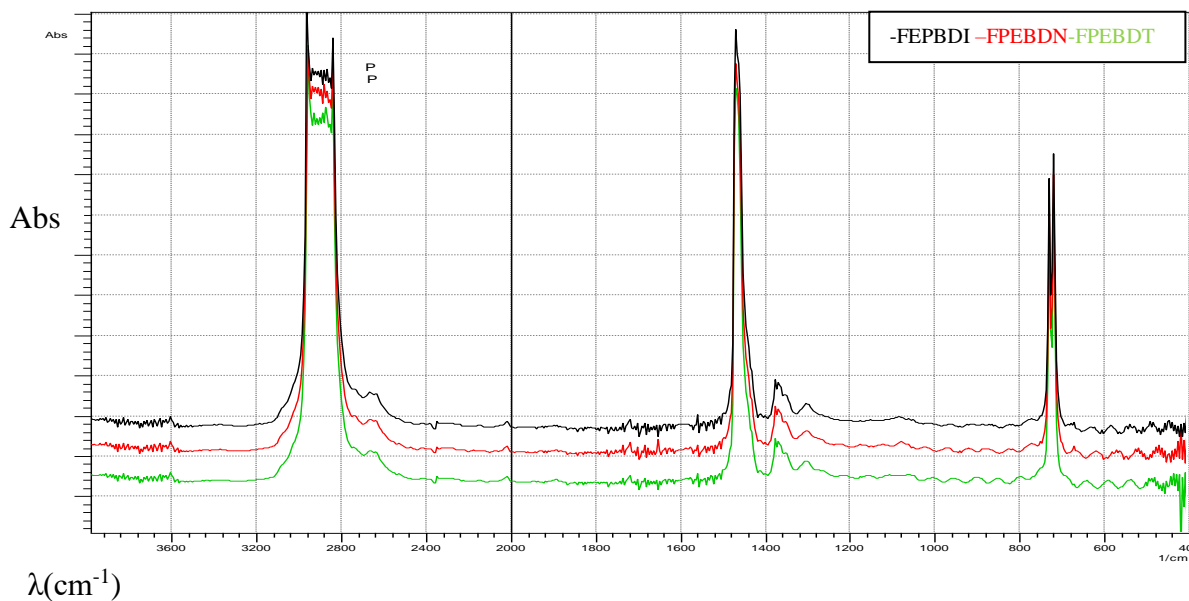


Figure III.2 : Spectre IRTF des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI

III-2. Caractérisation de la structure chimique par UV

La figure III.3 montre les spectres UV des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI. Les résultats obtenus montrent que les trois films étudiés présentent des spectres identiques qui ne présentent aucune bande d'absorption dans le domaine étudié.

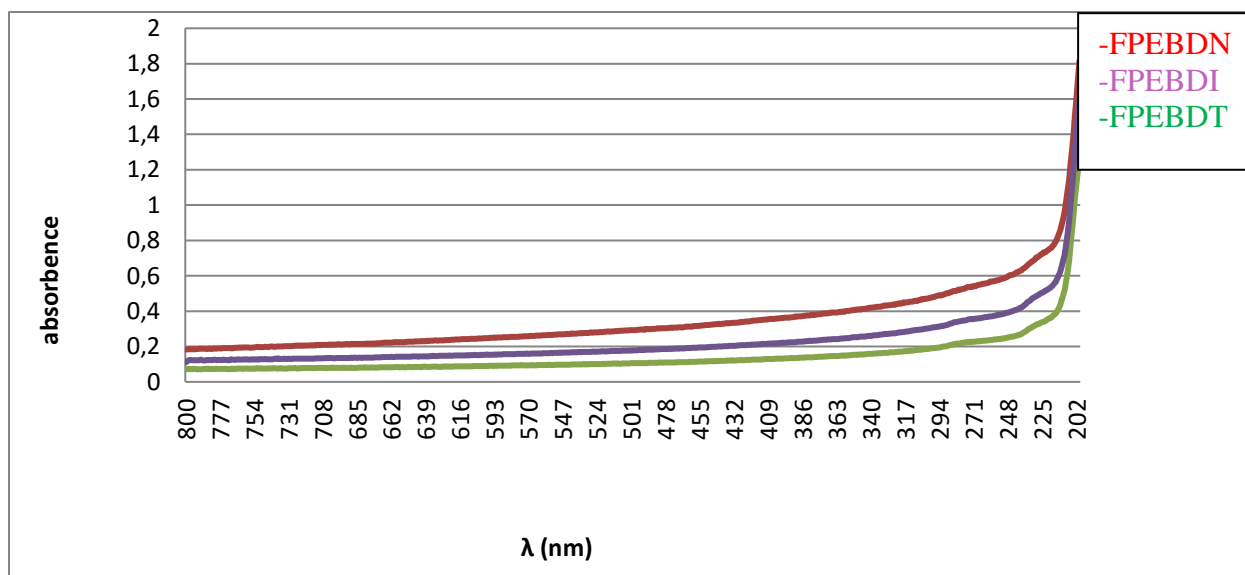


Figure III.3 : Spectre UV des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI

III-3. Caractérisation des propriétés mécaniques par test de rétraction

Tableau III.1.: Résultats de test de rétraction des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI.

Échantillons	sens longitudinale ΔL (%)	senstransversale ΔL (%)
FPEBDN	84,3	32,6
FPEBDT	84,3	34
FPEBDI	85	31

Les résultats obtenus (tableau III.1) montrent que les films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI présente une longueur de rétraction de l'ordre de 84 cm dans le sens longitudinale. Dans le sens transversale cette valeur diminue au alentour de 33 cm. C'est résultats confirme que notre matériaux est anisotrope.

III-4. Caractérisation des propriétés mécaniques par test de traction

Les figures (III.4, III.5 et III.6) montrent l'évolution de la courbe contrainte – déformation des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI dans le sens longitudinale et transversale. Le tableau III.2 regroupe l'ensemble des propriétés mécaniques mesurées par test de traction pour les différents films étudié.

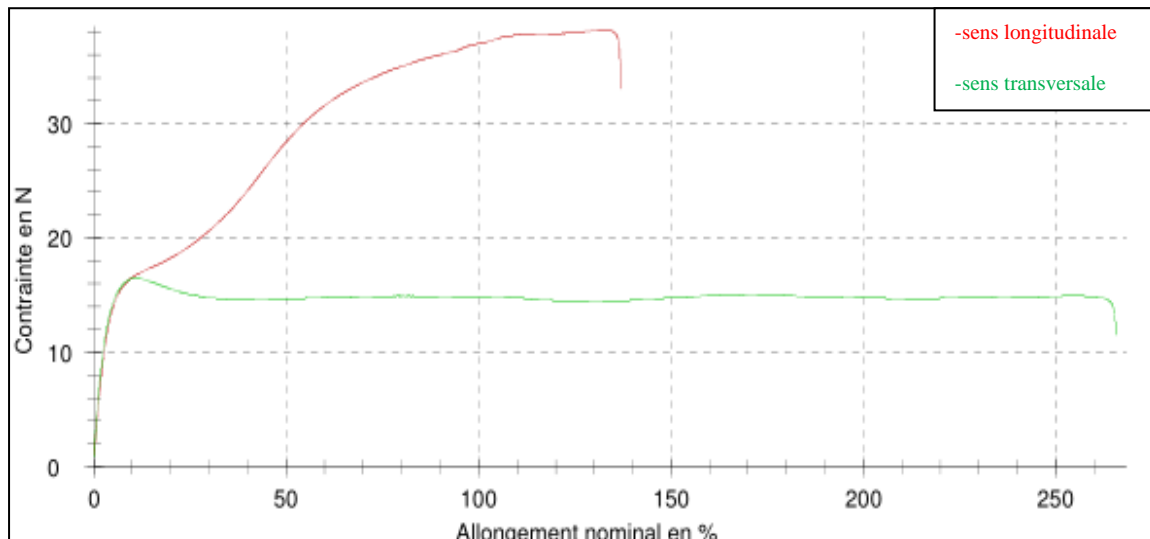


Figure III.4: Courbe contrainte – déformation du FPEBDN

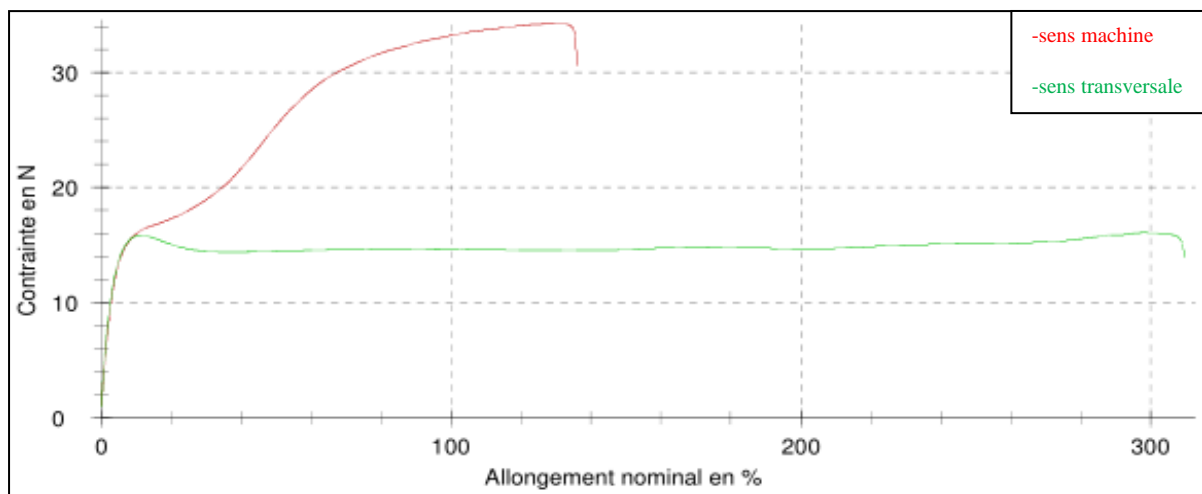


Figure III.5: Courbe contrainte – déformation du film FPEBDT.

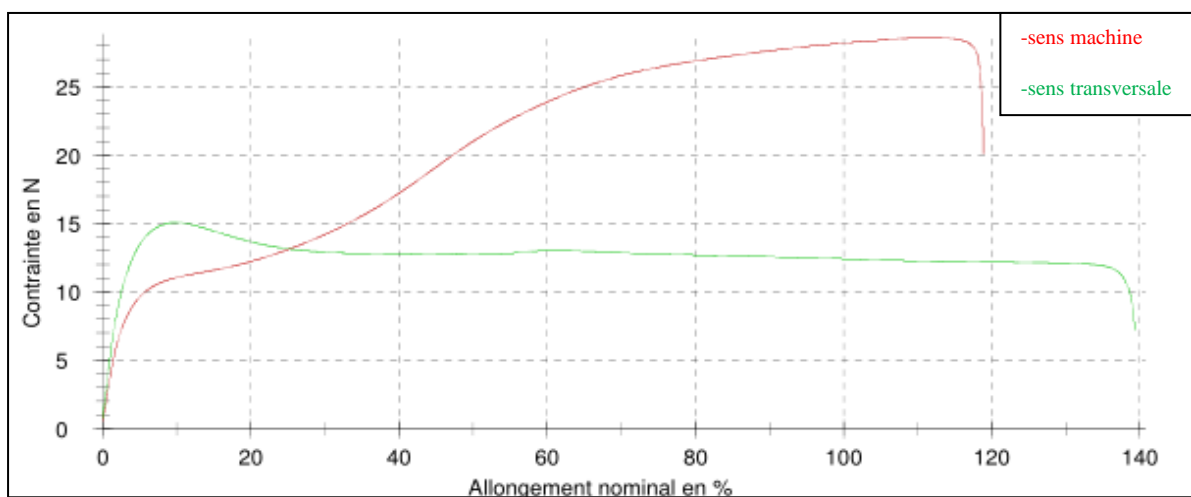


Figure III.6: Courbe contrainte – déformation du film FPEBDI.

Les courbe contrainte-déformation de enregistrée pour chaque film étudié par le test de traction est typique à celle d'un matériau thermoplastique. L'allure de la courbe est identique à celle de la théorie (figure III.7) caractérisée par trois états de déformation :

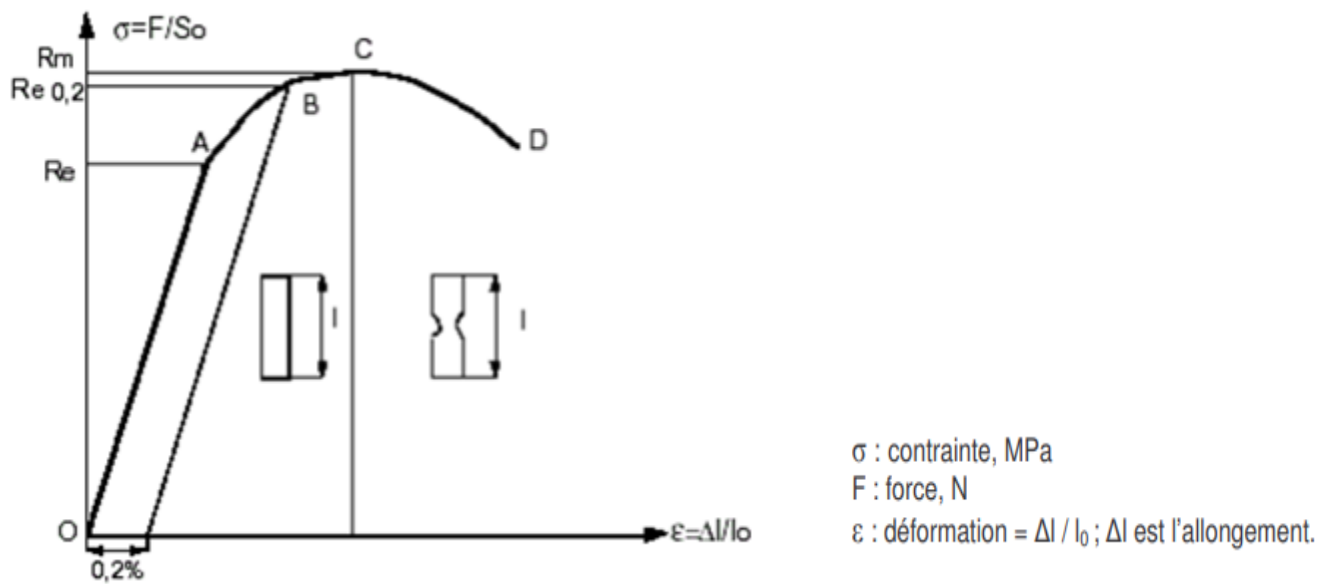


Figure III.7 : Courbe contrainte-déformation d'un matériau plastique

La droite OA qui correspond à la déformation élastique totalement réversible: quand les forces sont appliquées sur le corps, celui-ci change sa forme, mais retrouve sa forme initiale quand les forces extérieures sont retirées.

La courbe AC est le domaine de déformation plastique homogène (déformation visqueuse): si on supprime la force de traction, il y a un retour élastique suivant une parallèle à OA et il reste une déformation permanente contrairement à la déformation élastique, elle est irréversible et dépend du temps et l'état d'origine n'est pas retrouvé.

Pour CD (domaine de striction) : la déformation n'est pas homogène et la force nécessaire pour déformer le matériau diminue alors que l'allongement continue d'augmenter : cette instabilité est appelée instabilité plastique. La striction apparaît. En D il y a rupture de l'éprouvette.

D'après les résultats obtenus (Tableau III.2), on constate que les propriétés mécaniques des films ne sont pas homogènes et varient selon la direction d'étirement longitudinale/transversale. Elles ne sont pas les mêmes dans toutes les directions, ce qui implique que les matériaux sont anisotrope

Tableau III.2.: Propriétés mécaniques des films FPEBDN, FPEBDT et FPEBDI.

Sens	Echantillon	Module de Young E_t (MPa)	Allongement à la rupture ε_m %	Contrainte à la rupture σ_m (MPa)
longitudinale	FPEBDN	235	130	26.2
	FPEBDT	205	130	10.0
	FPEBDI	190	110	19.1
Sens transversale	FPEBDN	279	11	11..5
	FPEBDT	231	12	11.3
	FPEBDI	260	10	10.0

Conclusion

Au cours de ce travail nous avons procédé à la fabrication et la caractérisation de différents films de polyéthylène base densité (PEBDN, FPEBDT et FPEBDI) par les procédés d'extrusion gonflage et impression.

D'après les résultats obtenus par IRTF. On constate que les films FPEBDT et FPEBDI présentent les mêmes bandes d'absorption avec les mêmes intensités. Ceci suggère que les procédés de traitement et de transformation n'ont pas d'effet sur la structure chimique du FPEBDN.

Les résultats d'UV montrent que les échantillons étudiés n'absorbent dans le domaine UV.

Les propriétés mécaniques mesurées par les tests de rétraction et de traction montrent que les films étudiés sont anisotropes.

Ce stage effectué mon permis également de me familiariser avec le monde du travail.

Références bibliographiques

- [1] <http://www.lesplastiquesendibates-lemonteil/Lesplastiquesdansnotrevie.pdf>
- [2] <http://www.qapa.fr/metiers/Operateurouopèratriced'extrusiondematièresplastiques.pdf>
- [3] M yacine et M assia, gestion de production à Meriplast 2017
- [4] B. fouzia, Rapport de stage, extrusion gonflage, 2018,p 3
- [5] J. M. G. Cowie : Polymers chemistry and physics of modern materials. Ed. Keithstead . MA. A. Phil (1973)
- [6] D. Remi et F.Grard : Introduction aux matériaux polymères-Chap 4 : Méthodes de caractérisation. Ed Techniques et Documentation-Lavoisier (1997)
- [7] F. Gaston, N. Dupuy, S. R.A. Marque, M. Barbaroux et S. Dorey : One year monitoring by FTIR of γ -irradiated multilayer film PE/EVOH/PE. Radiation Physics and Chemistry 125: 115-121 (2016)
- [8] H. Ben Romdhane : Cours pour les étudiants de première année de master de chimie. Chapitre II et III. Département de Chimie - Faculté des Sciences de Tunis www.orgapoly.com/pdf/polym/chap_1.pdf.
- [9] CH. Khaoula, Elaboration et caractérisation d'un matériau à base de Polyéthylène basse densité recyclé et chargé par le Talc, mémoire de master, 2016,p 13-14.
- [10]. CH Sid Ali, Étude des propriétés mécaniques d'un composite PEBD à base d'une charge en céramique modifiée, mémoire de master 2017, p 09
- [11] J.P, Tratignon., P, Verdu et A .J. M, Dobraczynki. Matières plastiques, PP 40- 44, Nathan, 4ème édition, Paris, 1989.
- [12] S, Füzesséry. Polyéthylène basse densité, Techniques de l'ingénieur, A 3310,1-34.
- [13] M, Carrega. Matériaux polymères, pp 145-160, Dunod, Paris, 2000
- [14] L. Boukezzi. Influence du vieillissement thermique sur les propriétés de polyéthylène Réticulé Chimiquement utilisé dans l'isolation des câbles de haute tension , thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique, 2007.
- [15] <http://www.goodfellow.com/f/polyethylene.basse-densite.Film.html>.
- [16] <http://www.plasticompetances.ca/procedes.de.transformation>.
- [17] Le procédé d'extrusion plastique: principe de fonctionnement.
- [17] Path: /storage/emulated/0/download/extrusion MAJ
- [18] <http://www.Extrusion./Extrusiondesthermoplastique.pdf>.
- [19] [Https://www.technologuepro.com/Extrusiond'unplastique.pdf](https://www.technologuepro.com/Extrusiond'unplastique.pdf) .

[20] [http://docplastyer.fr/68808817-extrusion monovis et écoulements en filière, pdf.](http://docplastyer.fr/68808817-extrusion-monovis-et-écoulements-en-filière.pdf)

[21] <http://www.extrusion-reactive.com>

[22] Document de l'entreprise

Résumé

Ce travail a été effectué à l'entreprise de MERIPLASTE de Bejaia, son but est la Production, impression et caractérisation de différents types de films polyéthylène à basse densité. En suivant un processus de fabrication bien défini. Premièrement, la présentation processus de transformation de matière première par l'extrusion gonflage puis traitement corona et enfin l'impression. Après de la tension de ces films, il se passe par une série des analyses qui est représenté dans l'Infrarouge à transformation de Fourier, ultraviolet, les tests mécaniques traction et rétraction. D'après ces résultats obtenus par IRTF, on constate que les trois films présentent les mêmes bandes d'absorption avec les parmi mêmes intensités. D'après les tests mécaniques de traction et rétraction, on peut classer ces films les matériaux anisotropes.

Mots clés : polymère, extrusion, test mécanique, PEBD, films.

Abstract

This work has been carried out at the MERIPLASTE Company of Bejaia, its purpose is the production, printing and characterization of different types of low-density polyethylene films. By following a well-defined manufacturing process. First, the presentation process of raw material processing by extrusion inflation and then corona treatment and finally printing. After the tension of these films, it happens by a series of analyzes which is represented in the Fourier Transform Infrared, ultraviolet, mechanical tensile and retraction tests. According to these results obtained by IRTF, it is found that the three films have the same absorption bands with the same intensities. According to the mechanical tests of traction and retraction, these films can be classified among the anisotropic materials.

Key words: polymer, extrusion, mechanical test, LDPE, films.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل في شركة ميريبلاست في بجاية، والغرض منه هو إنتاج وطباعة وتوصيف أنواع مختلفة من أفلام البولي إيثيلين منخفضة الكثافة. وذلك باتباع عملية التصنيع واضحة المعالم. أولاً، عملية العرض التقديمي لمعالجة المواد الخام من خلال التضخم بالبتق ثم معالجة الإكليل وأخيراً الطباعة، وبعد صناعة هذه الأفلام، قمنا بإجراء سلسلة من التحليلات التي تتمثل في الأشعة الحمراء، الأشعة فوق البنفسجية اختبارات ميكانيكية المتمثلة في الجر والتراجع. وفقاً لهذه النتائج التي حصلت عليها وجدنا أن الأفلام الثلاثة لها نفس نطاقات الامتصاص بنفس الشدة، ومن خلال الاختبارات الميكانيكية للجر والتراجع، يمكن تصنيف هذه الأفلام بين المواد متباين الخواص.

الكلمات المفتاحية: البوليمر، البثق، الاختبار الميكانيكي، البولي إيثيلين المنخفض الكثافة، الأفلام.