

Mémoire de Master

Présenté par :

- Melle : Latamene Sara.
- Melle : Berbache Fella.

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Spécialité : Génie des procédés.

Option : Génie des polymères.

Thème :

*Etude du vieillissement thermique des films de PEBD
monocouches et tricouches, stabilisés et neutres
utilisés dans l'emballage*

Soutenu le :03 /07/2022

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
DJIDJELLI Hocine, Pr .	Génie des procédés	Encadrant .
BOUKERROU Amar, Pr .	Génie des procédés	Président
CHIBANI Nacera, MCA.	Génie des procédés	Examinatrice.
IHAMOUCHEN Chadia, MCA.	Génie des procédés	Examinatrice.

2020-2021

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à notre Directeur de thèse **M. DJIDJELLI Hocine**, à qui nous présentons l'expression de notre profonde gratitude pour son soutien continu, sa disponibilité et ses précieux conseils.

On tient aussi à remercier **MR KHALDI** ainsi que l'ensemble du personnel de l'entreprise Meriplast pour leur accueil et leur aide précieuse et un remerciement spécial aux techniciens du laboratoire .

Un grand Merci aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'évaluer et de juger notre travail.

On saurait terminer cette série de remerciement sans penser à tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidé et encouragé au cours de la réalisation de ce travail, recevez nos remerciements sincères.

Dédicaces

C'est avec immense fierté et respect que je dédie ce modeste travail à :

A ceux qui donnent un sens à mon existence, à la lumière de mes yeux en témoignage de votre affection et de votre amour, pour votre patience et votre soutien pendant les moments que j'ai traversé.

A ma chère mère la prunelle de mes yeux, et mon cher père ma raison de vivre

J'espère que dieu vous garde.

A mes chères frères et sœurs (Achour, Larbi, Kamelia et Amelia), à mon cher fiancé (Salim), tu étais toujours à mes côtés tu m'as beaucoup aidé tu étais toujours présent pour moi dans mes moments les plus difficile je te remercie du fond du cœur ; à ma belle-famille, à ma tente paternelle Nadia et ma tente maternelle Fadila à mes amies Racha Sarah Rahma et Mounia et à ma chère binôme Fella ainsi que tous ceux que j'aime.

Latamene Sara

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

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

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

A tous mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu et ont été là pour moi dans le meilleur et dans le pire.

A mon cher fiancé Abdou à ma belle-famille ainsi que ma chère binôme Sara et tous mes amis (es) et tous ceux que j'aime.

Berbache Fella

Tableau. II.1 : Différents polymères utilisés dans l’emballage.....	16
Tableau.IV.2 : résultats expérimentaux de l’allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d’élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD monocouches neutres en thermo oxydation.....	32
Tableau. IV.3 : résultats expérimentaux de l’allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d’élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD tricouches neutres en thermo oxydation.....	33
Tableau. IV.4 : résultats expérimentaux du de l’allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d’élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD monocouches stabilisés en thermo oxydation	36
Tableau. IV.5 : résultats expérimentaux de l’allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d’élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD tricouches stabilisés en thermo oxydation.....	36

Figure. I .1 : la constitution d'un polymère.....	3
Figure. I.2 : Structure du polyéthylène basse densité.....	8
Figure.I.3 : La serre agricole.....	11
Figure.I.4 : Composant d'un câble de haute tension.....	12
Figure.II.1 : Fonctions de l'emballage.....	13
Figure. II.2 : Les types d'emballage.....	14
Figure. II.3 : Quantité de plastique en 2015 par domaines d'utilisations.....	15
Figure. II.4 : Différents types de polymères utilisés dans l'emballage.....	17
Figure. II.5 : Répartition des quantités de plastiques livrés par secteur.....	18
Figure. II.6 : Extrudeuse monovis.	19
Figure. II.7 : Extrusion de films par gonflage.....	20
Figure. II.8 : Principe de coextrusion de films tricouches.....	21
Figure. II.9 : Coextrusion par gonflage de films tricouches.....	21
Figure. II.10 : Principe de la lamination de films	22
Figure. II.11 : Impression sur films plastiques par flexographie.....	23
Figure. II.12 : Copolymère EVA et PE en sandwich.....	24
Figure III.1 : Granulés de PEBD.....	26
Figure. III.2 : Extrusion et coextrusion de films PEBD.....	27
Figure. III.3 : Etuve thermo ventilée a température 105°C.....	27
Figure III.4 : Films coupés en éprouvettes et mis en étuve.....	28
Figure. III.5 : Machine de traction de type zwinck Roll.....	28
Figure. III.6 : Spectrophotomètre à transformé de Fourier.....	29
Figure. IV.1 : Allongement à la rupture des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement.....	31
Figure. IV.2 : Contrainte à la rupture des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement.....	31
Figure. IV.3 : module d'élasticité des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement.....	32
Figure. IV.4 : Allongement à la rupture des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.....	34
Figure. IV.5 : Contrainte à la rupture des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.....	35

Figure.IV.6 : module d'élasticité des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.....	35
Figure.IV.7 : Spectres infrarouge des échantillons monocouches neutres vierges et vieillis pendant sept jours.....	38
Figure. IV.8 : Spectres infrarouge des échantillons tricouches neutres vierges et vieillis pendant sept jours.....	39
Figure. IV.9 : Spectres infrarouge des échantillons monocouches stabilisés vierges et vieillis pendant sept jours.....	40
Figure. IV.10 : Spectres infrarouge des échantillons triouches stabilisés vierges et vieillis pendant sept jours.....	41

PE : Polyéthylène.

PEBD : Polyéthylène basse densité.

PEMD : Polyéthylène moyenne densité.

PEHD : Polyéthylène haute densité.

Mm : Millimètre.

µm : Micromètre .

Atm : Atmosphère.

MPa : Megapascal.

UV : Ultraviolet.

TCAC : Taux de croissance annuel corrigé.

PS : Polystyrène.

PP : Polypropylène.

PVC : Polychlorure de vinyle.

PET : polytéréphtalate d'éthylène.

EVA : Ethylène –acétate de vinyle.

PA : Polyamide.

Cm : Centimètre.

h : heure.

IRTF : Infrarouge transformé de Fourier.

°C : degré Celsius.

PEBD M N : Polyéthylène basse densité monocouche neutre.

PEBD M S : Polyéthylène basse densité monocouche stabilisé.

PEBD T N : Polyéthylène basse densité tricouche neutre.

PEBD T S : Polyéthylène basse densité tricouche stabilisé.

ABS : Absorbance.

M réf : Monocouche référence.

M 7jr : Monocouches sept jours.

T réf : Tricouche référence.

T 7jr : Tricouche sept jours.

M UV réf : Monocouche avec anti UV référence.

M UV 7 jr : Monocouche avec anti UV 7 jours.

T UV réf : Tricouche avec anti UV référence.

T UV 7 jr : Tricouche avec anti UV 7 jours.

M : monocouche.

T : tricouche .

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les polymères et le PEBD en particulier	
I.1. Définition des polymères	3
I.2. Réaction de polymérisation.....	4
I.3. Additifs ajoutés aux polymères.....	4
I.3.1. Les charges	4
I.3.2. Les plastifiants	4
I.3.3. Les stabilisants	4
I.3.4. Les lubrifiants	5
I.3.5. Les colorants et pigments	5
I.3.6. Les ignifugeants	5
I.3.7. Les antistatiques	5
I.4. Types des polymères.....	5
I.5. Vieillessement des polymères	6
I.5.1. Définition	6
I.5.2. Types de vieillessement.....	6
I.6. Présentation du Polyéthylène.....	7
I.6.1. Définition	7
I.6.2. Types du Polyéthylène.....	7
I.7. Présentation du Polyéthylène basse densité.....	7
I.7.1. Définition	7
I.7.2. Synthèse et mise en forme du PEBD	8
I.7.3. Propriétés du PEBD	8
I.7.3.1. Propriétés physico-chimiques	8
I.7.3.2. Propriétés mécaniques	9

I.7.3.3. Propriétés rhéologiques.....	9
I.8. Avantages du polyéthylène basse densité	9
I.9. Les inconvénients du polyéthylène basse densité	9
I.10. Application du polyéthylène basse densité	9
I.11. Exemples d'application du polyéthylène	10
I.11.1. Polyéthylène basse densité en plasticulture	10
I.11.1.1. Définition de la plasticulture.....	10
I.11.1.2. Définition de la serre agricole.....	10
I.11.1.3. Utilisation du polyéthylène basse densité en plasticulture	11
I.11.2. Utilisation du polyéthylène basse densité dans le transport d'électricité (câbles électriques)	11

Chapitre II : Le PEBD dans l'emballage

II.1. Définition de l'emballage	13
II.2. Types d'emballages	14
II.3. Les polymères dans l'emballage.....	15
II.4. Le Polyéthylène dans l'emballage	17
II.5. Films de PEBD dans l'emballage	17
II.6. Processus de fabrication des films de PEBD	19
II.6.1. Définition de l'extrusion	19
II.6.2. Extrusion par gonflage de films PEBD monocouche	20
II.6.3. Coextrusion par gonflage de films PEBD tricouche	21
II.6.4. La lamination pour la fabrication de matériaux complexes d'emballage.....	22
II.6.5. L'impression sur les films plastiques par flexographie	23
II.7. Avantages de la co-extrusion (films tricouches) par rapport à l'extrusion (films monocouche)	23
II.8. Applications des films de PEBD dans l'emballage	24

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Matériel utilisé pour préparation des films	26
III.2. Préparation des films	26
III.3. Mode de Vieillissement.....	27
III.4. Techniques expérimentales	28

III.4.1. Test de traction mécanique.....	28
III.4.2. Infra rouge à transformé de Fourier(IRTF)	29

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Analyse de la thermo oxydation des films par test de traction mécanique	30
IV.1.1. Effet de la thermo oxydation sur les films PEBD monocouches et tricouches neutres	30
IV.1.2. Effet de la thermo oxydation sur les films de PEBD monocouches et tricouches stabilisés avec anti UV	33
IV.1. 3.Comparaison des résultats de test de traction sur des films de PEBD M et T neutres et stabilisés.	37
IV.2. Analyse de la thermo oxydation des films de PEBD par spectroscopie IRTF	37
IV.2.1. Films de PEBD monocouches neutres	37
IV.2.2. Films PEBD tricouches neutres	38
IV.2.3. Films de PEBD monocouches stabilisés	39
IV.2.4. Films de PEBD tricouches stabilisés avec anti UV	40
IV.2.5. Comparaison des spectres (IRTF)obtenus.....	41
Conclusion.....	43
Références bibliographiques	

Introduction générale

Au jour d'aujourd'hui les polymères sont présents presque dans tous les secteurs de l'activité humaine, ils sont devenus ces dernières années indispensables dans de nombreux domaines. La production des polymères est sans cesse croissante depuis pratiquement un siècle.

Le vieillissement d'un polymère sous l'impact des diverses agressions qu'il peut subir de son environnement d'usage constitue très souvent une sévère limitation à l'utilisation. On peut facilement imaginer les conséquences que la dégradation des propriétés fonctionnelles du matériau, non seulement en terme économique ; mais également en terme de sécurité des biens et des personnes. Les phénomènes de vieillissement ont des origines très diverses, nous pouvons recenser des contraintes classiques de type électriques mécanique ou thermique ou plus difficile à cerner comme l'humidité, la présence anormale d'un type de molécules (impuretés) ou encore l'existence des irradiations. Le vieillissement thermique peut avoir comme conséquences une dégradation des propriétés mécaniques, des propriétés électriques ainsi qu'une influence sur les propriétés physiques comme par exemple rétrécissement du matériau ou un changement de couleurs et une perte de masse [1].

Le polyéthylène est l'un des polymères les plus utilisés au monde, et concerne un nombre très vaste d'industries, de segments et d'applications. Le PE permet d'emballer les produits alimentaires de façon économique tout en prolongeant leurs durées de vie, de transporter et distribuer des produits chimiques en toute sécurité, d'acheminer l'eau potable auprès des populations et pleins d'autres applications utiles dans la vie quotidienne. Le PEBD est un des types de polyéthylène, il est employé principalement pour l'emballage des aliments et de divers produits industriels.

Notre présent travail traite l'effet de la thermo oxydation sur les films d'emballages à base de polyéthylène basse densité monocouches et tricouches neutres et stabilisés avec des anti UV . Le but de ce dernier est l'étude comparative de l'effet du vieillissement thermique (la thermo oxydation) sur les films de PEBD monocouches et tricouches neutres par rapport aux films de PEBD monocouches et tricouches stabilisés avec des anti UV.

Ce travail est divisé en quatre parties :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les polymères ainsi que la présentation du matériau polymère faisant objet de ce mémoire à savoir le polyéthylène basse densité.
- Le deuxième chapitre porte principalement sur l'utilisation des films de PEBD dans l'emballage c'est-à-dire leur mise en œuvre ainsi que leurs différentes applications.

- Dans le troisième chapitre, nous expliquons les techniques expérimentales ainsi que les dispositifs utilisés dans le cadre de ce travail.
- Dans le quatrième chapitre, nous présentons les résultats expérimentaux obtenus lors des essais et des interprétations.
- Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur les polymères et le PEBD en particulier

Introduction

Les polymères, appelés aussi « matière plastique » sont inséparables de notre environnement et de notre vie pratique. Ils se sont imposés dans tous les domaines de nos activités : des objets banals jusqu'à l'application technique spécifique. Le plus souvent synthétiques rarement naturels, ils doivent cet essor à leurs différentes gammes de propriétés (mous, élastiques, durs, transparents, opaques, isolants) et quelques fois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leurs usages comme ils sont toujours légers [2].

Parmi ses polymères on cite le polyéthylène qui est l'un des thermoplastiques le plus employé grâce à ses bonnes propriétés à l'état solide, son faible coût et son inertie chimique. Il est utilisé dans diverses applications.

I.1. Définition des polymères

Par définition les polymères (du grec pollus, plusieurs et meros, parties). Ils sont du point de vue de leurs structure moléculaire un enchaînement d'un même motif appelé monomère, ses monomères sont liés entre eux par des liaisons de type covalent. Il existe divers types de polymères avec des propriétés variées. D'origine naturel ou synthétique (issus de gaz ou de pétrole), les polymères se distinguent en différentes familles.

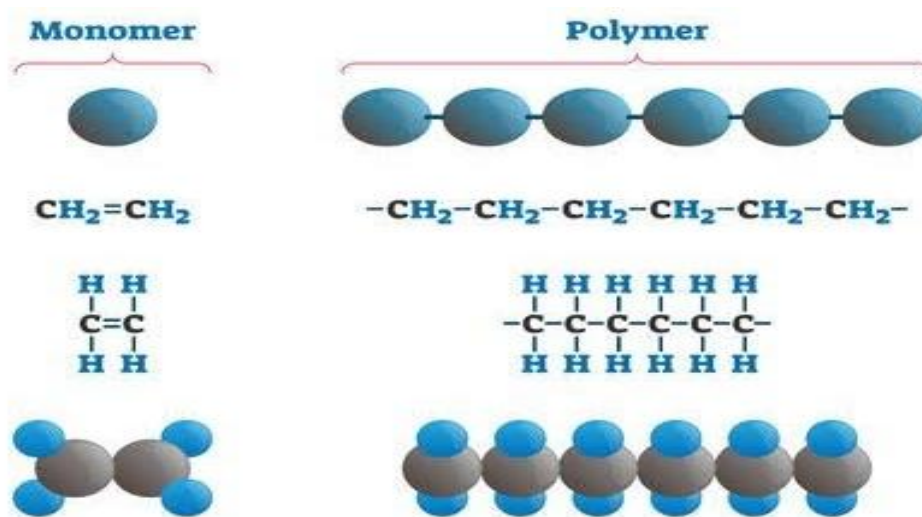


Figure I.1 : la constitution d'un polymère

I.2. Réaction de polymérisation

Chaque monomère isolé, il est par la suite combiné avec d'autres monomères de même nature ou de nature différente, lors d'une réaction chimique intitulé polymérisation.

Il existe plusieurs types de réactions de polymérisation :

- La polyaddition : lors de cette polymérisation, les monomères se soudent les uns aux autres de façon consécutive un à un sans élimination de résidu (polymérisation en chaîne).
- La polycondensation : les fonctions chimiques des monomères interagissent entre elles, toutes en même temps et s'assemblent en dégageant de petites molécules (eau, HCL). Le polymère obtenu est aussi appelé polycondensat [3].

I.3. Additifs ajoutés aux polymères

De nombreux additifs, utilisés en faible quantité, entrent dans la composition finale des polymères. Ces adjuvants ont des rôles spécifiques dont les plus utilisés sont :

I.3.1. Les charges

Dans une formulation une charge est une substance solide, non miscible et dispersée par un moyen mécanique dans une matrice. Elle est introduite dans un mélange pour surtout diminuer le coût, perfectionner certaines propriétés ou modifier la densité. Ses charges peuvent être minérales fréquemment utilisés en poudre : craie (très utilisé) ; talc noir de carbone silice synthétique qui est un agent thixotropique ..etc . Ses dernières peuvent aussi être organiques comme la farine de bois ou d'écorce de fruit, ou des charges renforçantes fibreuses pour perfectionner les caractéristiques mécaniques comme les fibres de verre.

I.3.2. Les plastifiants

En général, les plastifiants sont ajoutés aux thermoplastiques avec une teneur d'ordre de 10%. Et contrairement aux charges, ils sont utilisés pour abaisser la rigidité des matières plastiques. Ainsi, ils permettent d'améliorer la plasticité des matières plastiques, c'est-à-dire la fluidité à chaud et la souplesse à froid [4, 5]. A titre d'exemple le polychlorure de vinyle est rigide ; par ajout de plastifiant tels que les phtalates d'alkyle ou les phosphates ; il devient plus souple.

I.3.3. Les stabilisants

Différents stabilisateurs chimiques ralentissent la dégradation des polymères lors de leur mise en œuvre ou lors de l'utilisation, en améliorant la résistance aux effets de chaleur, d'oxydation et de radiation. Ils sont ajoutés à la résine avec un pourcentage allant de 0,1 à 1 %.

[4, 5]. Par exemple les antis oxydants empêchent la dégradation des polymères lors de leur transformation en les stabilisant contre les effets de de la température, de l'oxygène et du rayonnement UV.

I.3.4. Les lubrifiants

Les lubrifiants réduisent l'adhérence des polymères aux parois des machines de transformation lors de leur mise en œuvre. En outre, des lubrifiants solides peuvent également être ajoutés dans la masse pour améliorer les propriétés de glissement et d'usure des matières plastiques [4, 5].

I.3.5. Les colorants et pigments

Les colorants et pigments permettent de donner une couleur particulière aux matières plastiques qui sont en général incolores à l'état pur. En plus de la coloration, les pigments peuvent également changer certaines propriétés des polymères dans lesquels ils sont introduits. Ils se comportent alors comme des charges [4, 5].

I.3.6. Les ignifugeants

Ces additifs, appelés aussi retardateurs de flamme, permettent d'augmenter la résistance au feu des matières plastiques, ils rendent plus difficile l'amorçage ou la propagation de la combustion. Ils sont très utilisés dans la fabrication de matériaux de construction et d'aménagement intérieur.

I.3.7. Les antistatiques

Un agent antistatique est un composé utilisé pour le traitement des matériaux ou de leurs surfaces dans le but de réduire et d'éliminer l'accumulation d'électricité statique.

I.4. Types des polymères

Il est possible de classer les polymères en deux types selon leur réaction vis-à-vis de la température :

- **Les thermoplastiques :** Les polymères composés de chaînes macromoléculaires linéaires ou avec ramifications sont désignés sous le terme des thermoplastiques. Sous l'effet de la chaleur, ils fondent et reprennent leur rigidité en se refroidissant. Ils se ramollissent, peuvent se déformer et être mis en forme tant que la température de décomposition n'est pas atteinte. Cette transformation est réversible et peut être réalisée de façon répétée.
- **Les thermodurcissables :** Ce sont des macromolécules unies par des liaisons chimiques en structure tridimensionnelle fortement réticulées. A l'inverse des thermoplastiques, les thermodurcissables sont infusibles et leur mobilité thermique est

réduite. Ils restent durs et de forme relativement stable jusqu'à leurs décompositions chimiques. Plus la température est élevée plus les chaînes tridimensionnelles se figent ; les liaisons ou les nœuds se renforcent. L'opération est irréversible et le polymère se rigidifie dès la première transformation jusqu'à sa dégradation si la température continue d'augmenter.

I.5. Vieillessement des polymères

I.5.1. Définition

Le terme vieillissement définit l'ensemble des processus chimiques et physiques irréversibles se produisant au cours du temps dans un matériau pour des conditions extérieures connues comme la température, agents chimiques, sollicitations mécaniques ... etc [6].

Les principaux paramètres environnementaux influençant sur le vieillissement et la dégradation du matériau sont :

- ❖ La température ;
- ❖ L'humidité ;
- ❖ L'air (oxygène) ;
- ❖ Les rayonnements solaires.

I.5.2. Types de vieillissement

La dégradation des polymères est due aux deux mécanismes différents qui sont :

Le vieillissement physique et chimique.

❖ **Vieillessement physique :**

Le vieillissement physique peut être défini comme étant tout phénomène qui n'implique pas une altération chimique des macromolécules. Il est dû à des fissurations, des gonflements, une pénétration d'eau, une apparition d'hétérogénéités par migration de composants [7].

❖ **Vieillessement chimique :**

Par définition, le vieillissement chimique d'un polymère est un phénomène donnant lieu à la modification de la structure chimique des macromolécules [8]. Le vieillissement chimique d'un polymère résulte de son interaction avec le milieu environnant. Il peut être pertinent de classer les différents types de vieillissement chimique en fonction de la nature du paramètre environnementale responsable du processus de dégradation [9]. En pratique, le vieillissement chimique se superpose souvent à un vieillissement physique et les deux phénomènes interfèrent [10].

Nous nous intéressons dans ce qui suit aux thermoplastiques, plus précisément aux thermoplastiques techniques dont le polyéthylène basse densité objet de cette étude.

I.6. Présentation du Polyéthylène

I.6.1. Définition

Le polyéthylène est le polymère de synthèse qui a la structure la plus simple, il appartient à la grande famille des polyoléfines [11]. C'est un polymère thermoplastique semi cristallin obtenu par la polymérisation des monomères d'éthylène ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$). Le PE est translucide facile à manier et résistant au froid. Un tiers de la production totale des matières synthétiques est représenté par le PE, comme il constitue la moitié des emballages plastiques.

I.6.2. Types du Polyéthylène

Le polyéthylène est le nom générique utilisé afin de décrire les polyoléfines issues de la polymérisation de l'éthylène, selon les différents modes de polymérisation on obtient plusieurs natures de PE, par exemple :

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

Il existe plusieurs types de PE, principalement trois grandes familles qui se définissent selon leur masse volumique :

- Polyéthylène basse densité PEBD.
- Polyéthylène moyenne densité PEMD.
- Polyéthylène haute densité PEHD [12].

I.7. Présentation du Polyéthylène basse densité

I.7.1. Définition

Le polyéthylène basse densité a été découvert en 1933 par Fawcett et Gibson. Ce matériau est constitué de chaînes macromoléculaires comprenant des ramifications latérales de longueurs variables. Dans le PEBD une chaîne complètement ramifiée du groupement (CH_2) [13]. La présence de ces ramifications dans la chaîne de polyéthylène influe sur les propriétés physiques (densité, flexibilité, viscosité) [14] et favorise l'initiation de l'oxydation.

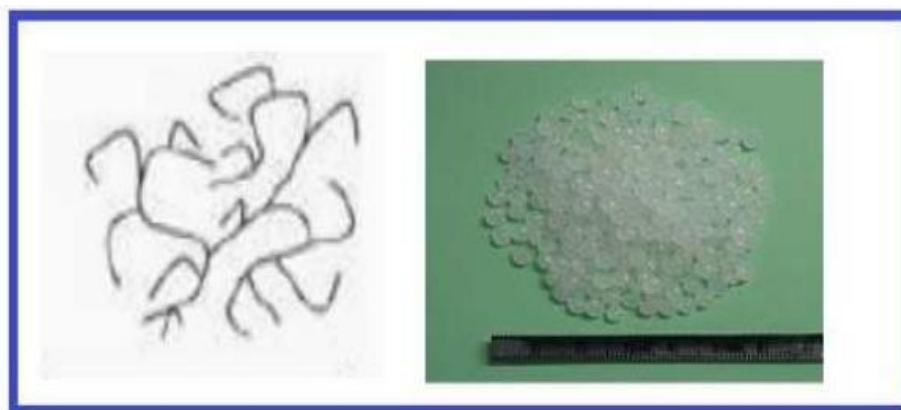


Figure I.2 Structure du polyéthylène basse densité [15]

I.7.2. Synthèse et mise en forme du PEBD

Le polyéthylène de basse densité (PEBD) est obtenu par polymérisation radicalaire de l'éthylène sous haute pression (1000 atm et 3000 atm) et sous haute température (100 °C et 300 °C). Divers catalyseurs sont utilisés, en premier lieu l'oxygène avec une concentration très importante. En effet les rendements optimaux sont obtenus à environ 0.050 % à 0.06 %.

En ce qui concerne les autres catalyseurs, il s'agit de peroxydes organiques (tels que le peroxyde de benzoyle, le peroxyde de bitertiaire de butyle), ainsi que les alkyles métalliques et les composés azoïques. Par la suite le PEBD est extrudé avec incorporation éventuelle de quelques additifs du type antioxydants et mis sous forme de granules utilisables directement dans l'industrie. Grâce à sa structure non polaire le PEBD possède de bonnes propriétés diélectriques [16], c'est pour cela qu'il est employé comme isolant dans la fabrication des câbles. La première tentative de son utilisation remonte à 1940 [17].

I.7.3. Propriétés du PEBD

I.7.3.1. Propriétés physico-chimiques

Le PEBD est un polymère semi cristallin de densité située entre 0.91 et 0.92 avec un taux de cristallinité d'environ 43 % à 50 % et sa température de fusion située entre 116°C et 140 °C [18].

En générale le PEBD représente une bonne résistance chimique [19] :

- Très résistant aux acides faibles ;
- Très résistant aux bases faibles ;
- Résistant aux acides forts non oxydants ;

- Résistant aux solvants organiques au-dessous de 80 °C.

I.7.3.2. Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques du PEBD dépendent principalement de sa masse molaire et sa cristallinité nous pouvons citer entre autre [19]

- Contrainte à la rupture : 9 à 12 MPa.
- Déformation a la rupture : 400 à 600 %.
- Module d'élasticité : 200 à 300 MPa.

I.7.3.3. Propriétés rhéologiques

À l'état fondu, les PEBD sont des liquides viscoélastiques non linéaires, leur viscosité dynamique varie en fonction du gradient de vitesse [20].

I.8. Avantages du polyéthylène basse densité

Généralement le PEBD a une bonne résistance chimique et mécanique, il est :

- ✓ Solide, résistant aux chocs et à l'abrasion (même à froid) ;
- ✓ Inerte chimiquement et non toxique pour usage alimentaire ;
- ✓ Adaptable et sécuritaire.

I.9. Les inconvénients du polyéthylène basse densité

- ❖ Pas résistant aux feux.
- ❖ Pas résistant aux changements de la température.
- ❖ Vieillessement : le PEBD est sensible à la lumière et de ce fait pour des applications d'une durée longue supérieur à un an, on le protège par le noir de carbone (câblerie films par ensilage), ou en lui incorporant des adjuvants anti UV comme dans le cas des films pour couverture de serre.
- ❖ Rapide propagation de fissures.

I.10. Application du polyéthylène basse densité

Le PEBD est utilisé sous différentes formes [21] :

- ❖ Usage agricoles comme couvertures de serres ;
- ❖ Comme emballage industriel et alimentaire ainsi que pour produits hygiénique ;
- ❖ Les conduites pour le transport d'eau ;
- ❖ Dans l'isolation des câbles d'énergie et de télécommunication ;
- ❖ Gainage des câbles téléphoniques ;
- ❖ Fabrication d'articles ménagers comme les couvercles, les bouchons, les sacs, les poignets et les cabas ... etc .

I.11. Exemples d'application du polyéthylène

I.11.1. Polyéthylène basse densité en plasticulture

I.11.1.1. Définition de la plasticulture

La plasticulture est un terme qui fait référence à l'utilisation des plastiques dans le domaine de l'agriculture. Le développement de cette technique, principalement utilisé dans les couvertures de serres agricoles est dû à ses avantages économiques, son faible coût par rapport aux serres agricoles en verre, sa faible consommation d'eau ainsi que la productivité [22]. Cependant les facteurs climatiques conduisent à une diminution de la durée de vie des couvertures de serres agricoles.

I.11.1.2. Définition de la serre agricole

La serre vient du verbe (serrer), on peut donc déduire qu'il s'agit d'un espace réduit, ou on essaiera de faire tenir plus longtemps le plus grand nombre de plantes possibles. Cela est un aspect très partiel du rôle de la serre moderne. À l'origine la serre est conçue comme simple abri ou une enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes en employant les rayons du soleil. Elle est devenu un local industriel de production de matière végétale ou on tente d'adapter l'environnement immédiat de la plante, de manière à améliorer sa productivité et sa quantité en l'affranchissant du climat extérieur, du sol local et même des saisons [23]. La serre peut être parfaitement fermée elle est utilisée généralement dans la production agricole. Son objectif est la création d'un environnement propice au développement des plantes en tenant compte de l'impact du climat, en créant un micro climat pour une meilleure gestion des besoins des plantes pour accélérer leur croissance et assurer leur production d'une façon indépendante des saisons [24].



Figure I.3. Une serre agricole**I.11.1.3. Utilisation du polyéthylène basse densité en plasticulture**

Le PEBD possède différentes caractéristiques intéressantes pour une utilisation en serres agricoles, par exemple son caractère hydrophobe permet une bonne étanchéité, sa souplesse permet des déformations importantes, sa transparence permet de laisser passer les rayons du soleil.

Avec les variations de climats, le PEBD utilisé pour les serres agricoles subit l'inconvénient du vieillissement et afin de limiter cet effet, il est possible de lui ajouter des adjuvants anti dégradation classiques ou spécifiques (anti oxydant, anti UV).

D'autre part, il est possible d'améliorer d'autres propriétés du film en introduisant adjuvants pour des traitements spécifiques par exemple la modification de la mouillabilité et la tension de surface.

I.11.2. Utilisation du polyéthylène basse densité dans le transport d'électricité (câbles électriques)

Le matériau le plus utilisé dans le transport d'électricité (isolation des câbles électriques) est le polyéthylène, haute et basse densité (PEHD et PEBD), Surtout sous sa forme réticulé (PRC). Le matériau d'isolation doit présenter des spécifications diélectriques (résistivité et rigidité diélectrique élevée, permittivité diélectrique et pertes diélectriques faibles). Le polyéthylène est principalement utilisé pour les câbles de moyenne et haute tension en raison de ses excellentes propriétés diélectriques. Le PEBD est une substance non polaire caractérisé par une permittivité relative, un faible facteur de dissipation diélectrique et une rigidité diélectrique élevée c'est pour cela qu'il est largement utilisé en câblerie tant qu'isolant.

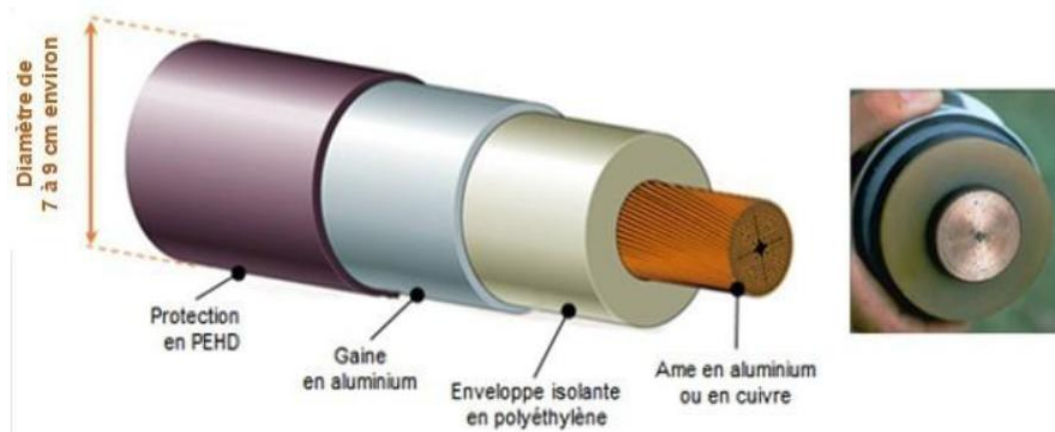


Figure I.4. Composants de câbles haute tension

Chapitre II

Le PEBD dans l'emballage

Introduction

En raison de sa facilité de transformation, de son faible coût et des matières premières largement disponibles pour sa production. Le polymère est l'un des matériaux d'emballage les plus couramment et facilement utilisés. Le marché mondial du plastique était estimé à 586.9 milliards de dollars en 2019, et il devrait croître avec un taux de croissance annuel corrigé (TCAC) de 3.2% de 2020 à 2027. En terme de chiffre d'affaire le polyéthylène (PE) domine le marché avec une part de 25.7 % en 2019. Cette part élevée est attribuée à la demande croissante d'emballage, qui comprennent les films, et sacs en plastiques souples, ainsi que les boites et les bouteilles [25].

II.1. Définition de l'emballage

Tout objet, quelle que soit la nature des matériaux dont il est constitué, destiné et à contenir et à protéger des marchandises, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et assurer leur présentation [26]. Suivant son utilisation l'emballage est qualifié d'emballage de vente de groupage ou de transport. Sa grande diversité d'utilisation fait que l'emballage peut prendre diverses formes (feuilles, sacs, caisses, boîte ...etc) [27].

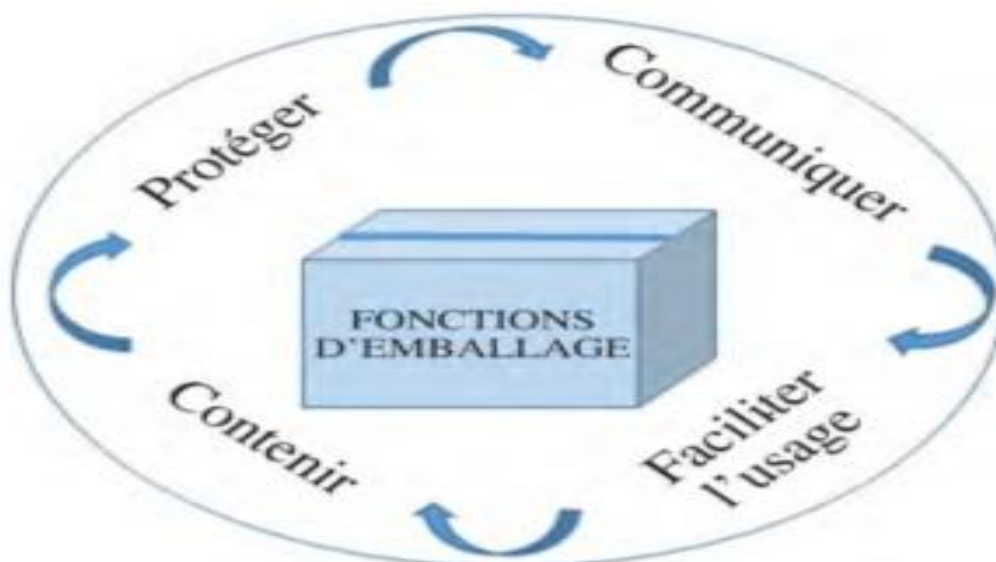


Figure II.1. Fonctions de l'emballage

II.2. Types d'emballages

Il existe trois types d'emballages [28] :

L'emballage de vente (emballage primaire) : conçu de manière à constituer, au point de vente, un article destiné à l'utilisateur ou au consommateur. Exemple : les pots de yaourt en plastique, en verre ou en carton.

L'emballage groupé (emballage secondaire) : regroupe un certain nombre d'unités de vente ou d'emballage, destinée à l'utilisateur final ou consommateur, il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques. Exemple : le carton autour des yaourts les regroupant par lots (4,8,12).

L'emballage de transport (emballage tertiaire) : facilite la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballage groupés en une pour éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. Ce sont les cartons, les houssages, plastiques qui recouvrent la palette de produit.

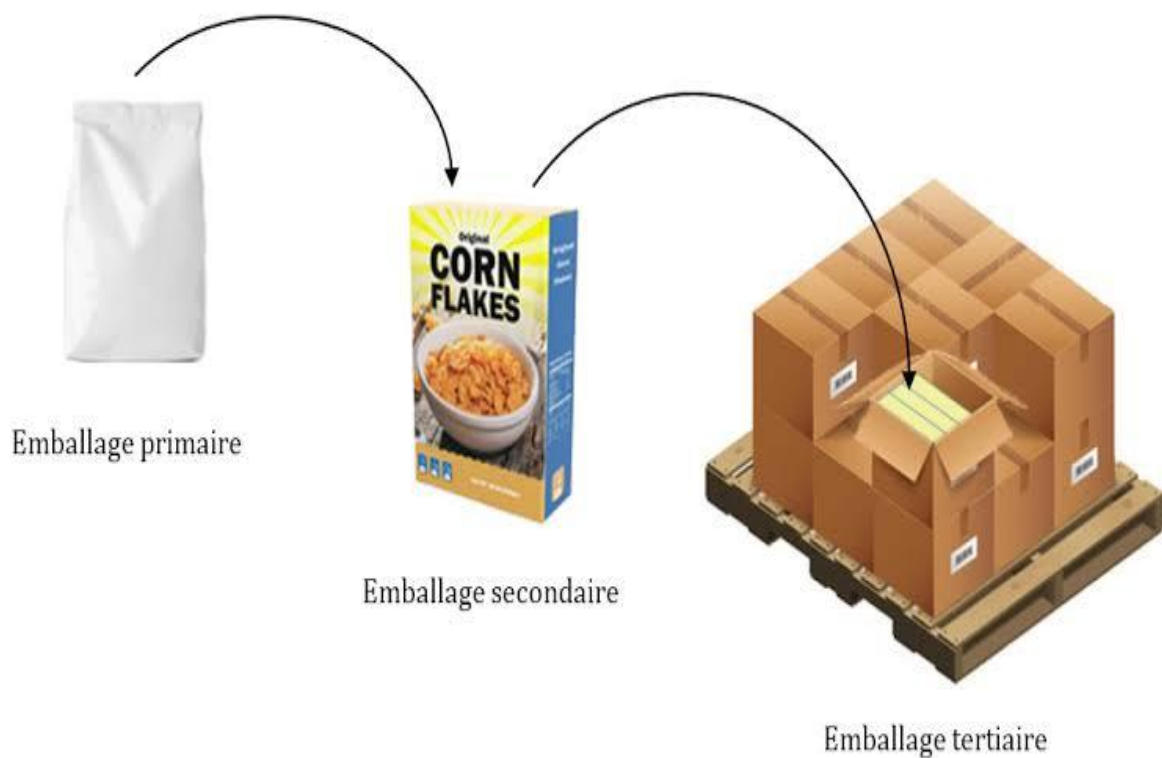


Figure II.2. Les Types d'emballage

II.3. Les polymères dans l'emballage

Une matière plastique ou polymère est un produit résultant de la réunion de plusieurs molécules d'un composé appelé monomère, pour former une macromolécule appelés polymère. Les deux grandes classes employées dans l'emballage sont les polymères rigides et polymères flexibles. Ces polymères ont eu un énorme développement lors du vingtième siècle dans plusieurs industries du marché. La production d'emballages en matière plastique regroupe la production de sacs et sachets, de bouteilles, d'articles de bouchage, de calage d'articles pour le transport et l'agroalimentaire. Les polymères utilisés dans l'emballage doivent présenter un certain nombre de propriétés et en particulier un coût raisonnable car l'emballage n'a pas une durée de vie importante et ne sera utilisé que pour transporter ou conserver un objet ou une denrée. La grande majorité des emballages plastiques sont fabriqués à partir de cinq polymères qui représentent 90% du marché qui sont le PS, le PP, le PVC, PET et le PE qui compose environ 50% des emballages plastiques alimentaires. Le PEBD est utilisé pour la fabrication des films rétractables ou étirables, et le (PEHD) pour celle des bouteilles, bidons ou caisses [29]. Comme le montre la figure ci-dessous, la quantité de plastique la plus utilisée en 2015 est celle du domaine d'emballage avec un taux de 141 millions de tonnes.

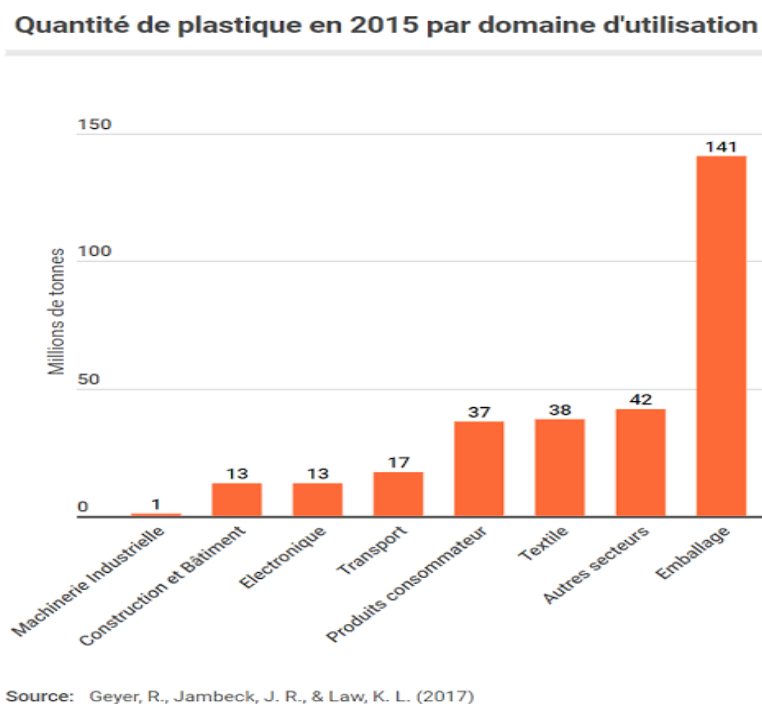


Figure II.3. Quantité de plastique en 2015 par domaines d'utilisations [30].

Plastiques	Utilisations
PEBD	<ul style="list-style-type: none"> • Bouchage classique, tubes de crème. • Films ,poches et flacons .
PEHD	<ul style="list-style-type: none"> • Flacons de détergents et produits d'entretien, de parfumerie, de cosmétologie, seaux, bidons d'huiles pour moteurs, fouterie et bouteilles de lait. • Boitage pour poudre ou liquides. • Casiers à bouteilles, bouteilles, poubelles pour ordure ménagères. • Conteneurs pour récupération de bouteilles de verre.
PP	<ul style="list-style-type: none"> • Flaconnage. • Pots et barquettes. • Films, bouchons bouteilles, boites ménagères. • Feuilles alvéoles et boites. • Boitage à charnières intégrées.
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Flaconnage, alvéoles. • Bouteillerie alimentaire, blisters.
PS	<ul style="list-style-type: none"> • Pots laitiers. • Barquettes. • Boitage transparents. • Logements à empreintes. • Plateaux repas. • Etiquettes .
PET	<ul style="list-style-type: none"> • Bouteilles pour boissons carbonatés, jus de fruit, eau minérale, huile. • Flaconnage et mini doses d'alcool. • Barquettes pour plats à réchauffer au four micro-ondes.

Tableau II.1. Différents polymères utilisés dans l'emballage [31].

II.4. Le Polyéthylène dans l'emballage

Le polyéthylène est largement utilisé dans l'emballage, il existe principalement deux types de polyéthylène employé dans ce domaine : Le PEBD, un polymère inerte, sans odeur et se rétracte lorsqu'il est chauffé et il a une bonne propriété barrière contre l'humidité. Il présente une perméabilité aux gaz relativement élevée, une sensibilité aux huiles c'est pour cela qu'il présente une large utilisation dans l'emballage. Le PEHD est aussi utilisé dans l'emballage, il est plus résistant, plus épais, moins souple et plus fragile que le PEBD et a une plus faible perméabilité aux gaz [32].

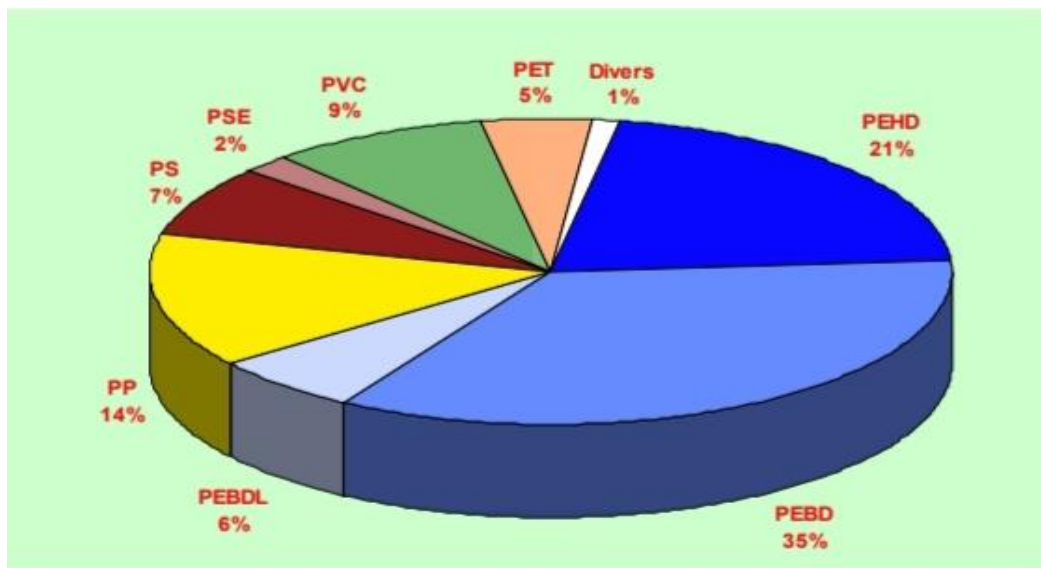


Figure II.4. Différents types de polymères utilisés dans l'emballage.

II.5. Films de PEBD dans l'emballage

Le film plastique en PEBD présente plusieurs qualités telles que la résistance, la flexibilité et la légèreté. C'est pour cela que ce film est utilisé dans l'emballage en particulier dans l'application alimentaire. Il permet une conservation prolongée produits ainsi qu'un avantage au niveau des coûts de transport dû à sa légèreté. De plus il utilise moins de matériaux à sa conception par rapport à d'autres types d'emballages [33].

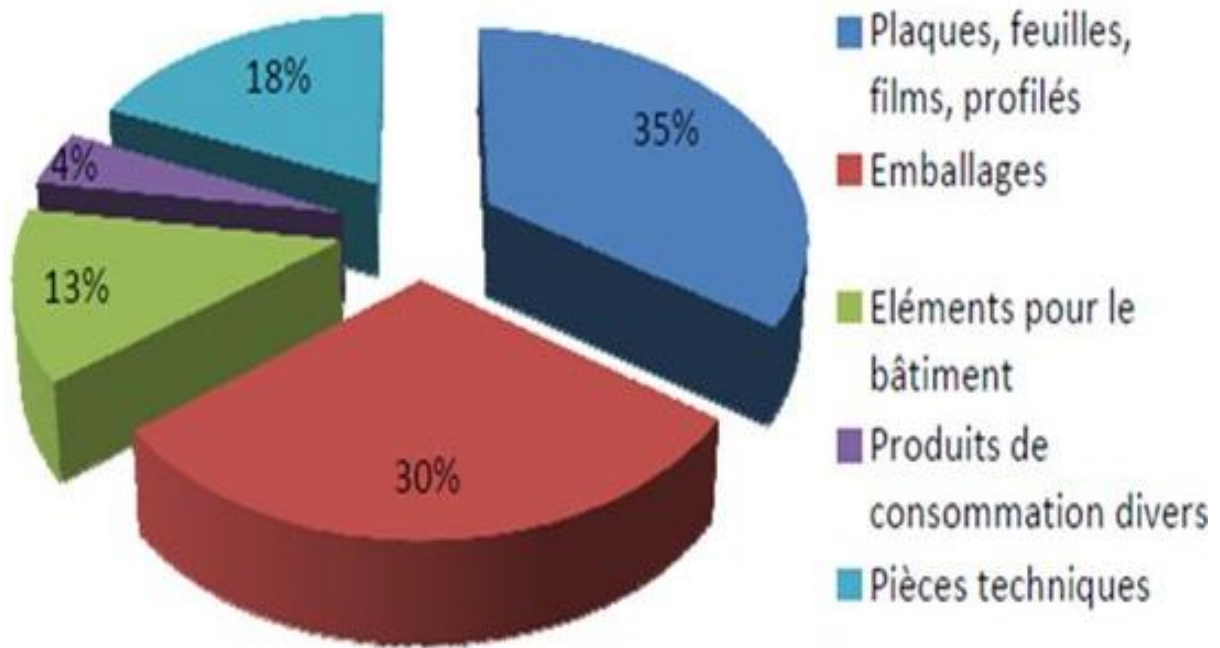


Figure. II.5. Répartition des quantités de plastique livrés par secteur [34]

De nombreuses études et recherches scientifiques sont publiés sur les films de PEBD dans l'emballage.

Une récente étude a été publiée par Xiao Dong Zahai, Xinyu Wang, Junjun Zhang, Zikun yang, Yue Sun, Zhihua Li, Xiaowei Huang, Melvin Holmes, Yunyun Gong, Megan Povey, Jiyong Shi, Xiaobo Zou en 2020, cet article porte sur le développement d'un emballage intelligent, c'est un film hydrophobe en utilisant le PEBD et de la curcumine fabriqué par extrusion pour la conservation de la viande. D'après cette étude un film hydrophobe a été développé en utilisant le PEBD curcumine, ce dernier est résistant aux solutions tampons PH et ce film de PEBD curcumine a montré des changements de couleur de jaune à brun avec la détérioration de la viande.

Une autre étude a été publiée par Ivetta Varyan, Anatoly, Popov, Natalia Kolessnikova en 2022 sur (le polyéthylène basse densité biodégradable avec des additifs en caoutchouc naturel comme matériau d'emballage écologique prometteur). Ce travail est consacré à la création d'un matériau d'emballage écologique à base de PEBD et caoutchouc naturel.

Une autre étude est publiée par Ehsan Moradi et al, portant sur une étude pour prolonger la durée de conservation de des filets de poitrine de poulet en utilisant un film de bicouche de

chitosan /PEBD amélioré au plasma contenant de l'huile essentielle de sarriette estival. Ce film a montré des activités antimicrobiennes, comme il a augmenté la durée de conservation de la viande de poulet lors du stockage.

II.6. Processus de fabrication des films de PEBD :

Le processus de transformation employé pour l'obtention de films de PEBD est (l'extrusion gonflage), l'extrusion de ses films est la combinaison de deux technologies extrusion et gonflage.

II.6.1. Définition de l'extrusion :

L'extrusion est un procédé utilisé pour la fabrication des profilés : joncs, plaques, films, gaines, les sacs, les tubes, revêtement de supports variés. Les profilées peuvent être composées de plusieurs couches et de couleur différente. Cette dernière est une technique de fabrication en continu, elle consiste à transporter, fondre, malaxer, plastifier, comprimer la matière thermoplastique dans une extrudeuse. Ensuite la matière plastifiée passe sous pression au travers de la filière pour donner la forme du profilé.

La matière chaude subit alors des opérations diverses visant à lui donner sa forme définitive comme :

- Soufflage (corps creux), gonflage (films).
- Conformation (Tubes profilés).

La matière est ensuite refroidie et figée dans sa forme définitive soit dans l'air (gaine), soit dans l'eau (tubes, plaques) soit encore sur des cylindres refroidies (cas de films à plat).

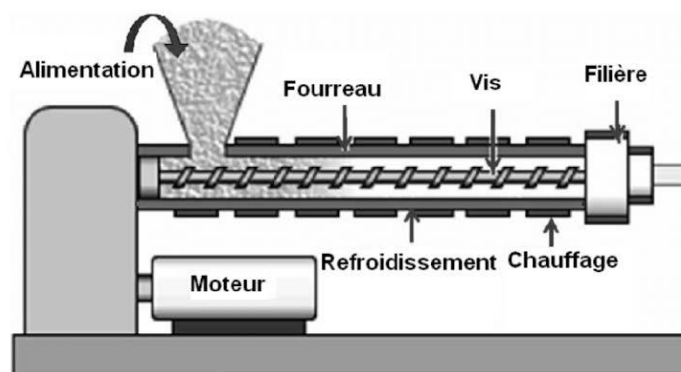


Figure. II.6. Extrudeuse monovis

II.6.2. Extrusion par gonflage de films PEBD monocouche

- ✓ **Extrusion** : La matière plastique et les mélanges maitres contenant les additifs (dans le cas de films additivés) sont aspirés des bacs et injectés sous la forme de granulés dans la trémie de l'extrudeuse. Cette dernière contient à l'intérieur une vis entourée d'un fourreau, c'est là où la matière est ramollie, malaxée puis entraînée vers une sortie appelée filière.
- ✓ **Gonflage** : après l'étape de l'extrusion suit le gonflage. En tête de la sortie de la tête verticale de l'extrudeuse, de l'air comprimé est insufflé dans la matière fondue qui se gonfle et s'élève verticalement en une longue bulle cylindrique de films dans le but du refroidissement du film, pour éviter les anomalies un ajout d'air manuelle est obligatoire dans le cas de ses films monocouches, la gaine une fois refroidie est coupée latéralement formant alors un film plat qui est ensuite enroulé en bobines par des rouleaux de tirage. Le film plastique peut avant l'enroulement faire l'objet d'impression ou de complexage selon l'usage. L'intérêt majeur de l'extrusion gonflage est l'obtention d'excellentes propriétés mécaniques dans les deux directions (sens machine et transversal).

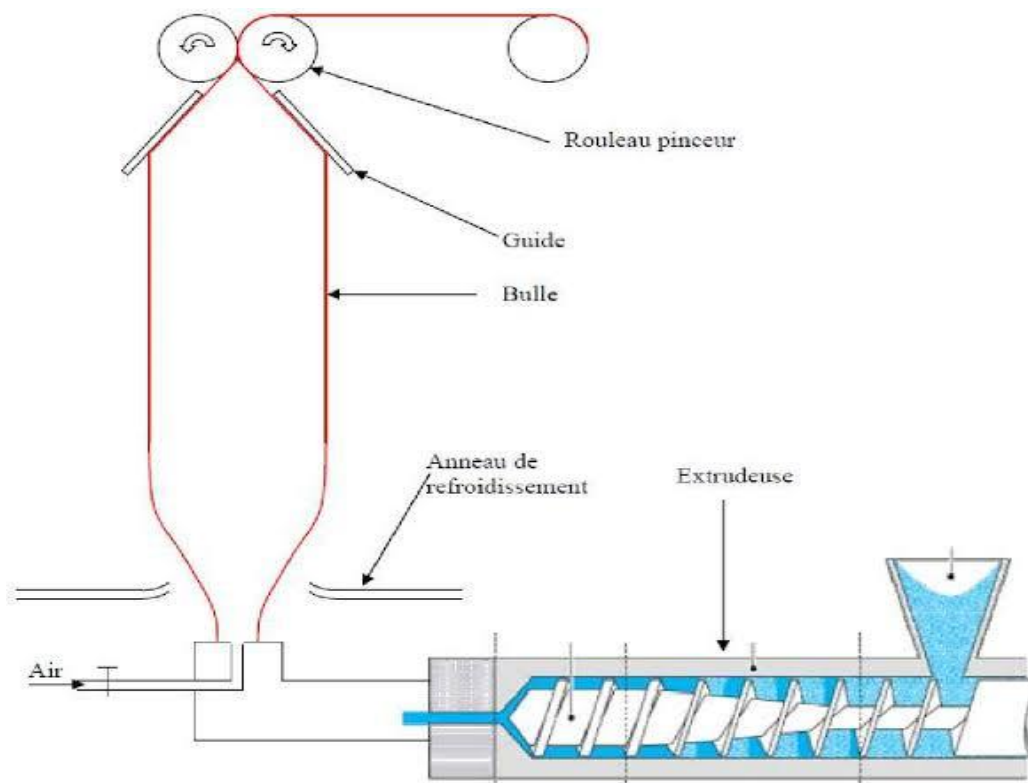


Figure. II.7. Extrusion de films par gonflage

II.6.3. Coextrusion par gonflage de films PEBD tricouche

La Coextrusion gonflage est une technique plus moderne dans la transformation de polyéthylène. Elle consiste à extruder simultanément plusieurs couches de polymères, dans le but d'obtenir des films multicouches. Dans les applications agricoles par exemple se limite à trois couches. Dans ce processus chacune des couches peut être composé de polymères distincts, favorisant la combinaison des différentes propriétés des matériaux employés dans un film monocouche. Malgré l'apparence simplicité du processus, une expérience de plusieurs années a été nécessaire pour obtenir des produits de haute qualité [35].

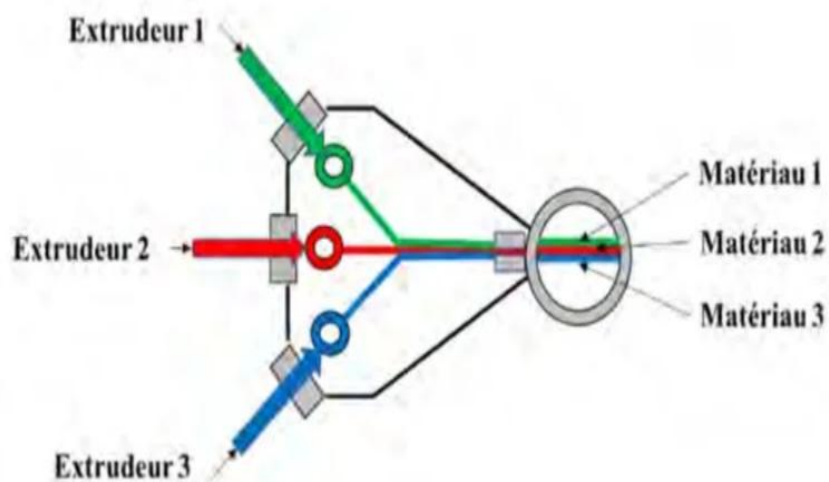


Figure II.8. Principe de co-extrusion de films tricouches.



Figure II.9. La co -extrusion par gonflage de films tricouches

II.6.4. La lamination pour la fabrication de matériaux complexes d'emballage

Il existe plusieurs procédés de fabrication des matériaux complexes : La lamination, l'extrusion lamination ou la coextrusion lamination. La lamination est la technique la plus couramment utilisée pour le complexage de films souples. Elle consiste à assembler deux films par contre collage à sec et par laminage entre deux cylindres, ou à appliquer un adhésif en solution sur le film support et à éliminer ensuite son solvant par chauffage. Il existe aussi des adhésifs sans solvant, mais le principe est toujours le même. Les machines qui sont utilisées pour réaliser ce procédé sont appelés complexeuses [36]. Généralement chaque film comporte un traitement corona afin de rafraîchir la polarité de surface. Le traitement corona de surface est indispensable dans les processus de transformation des films plastiques, comme c'est le cas des films PEBD. Le niveau dyne (niveau d'adhésion) des matières premières est souvent bas, la mouillabilité des films diminue en raison de la chaleur ou de l'humidité durant leur stockage, cette faible tension de surface empêchera les machines d'impression et complexage de tourner à grande vitesse. Les transformations de films utilisent donc les systèmes corona pour rafraîchir des matières déjà traitées, afin d'augmenter la tension de surface et assurer une bonne fixation de l'encre et de la colle. Ce test consiste par impulsion électriques à supprimer l'électricité statique afin que l'encre d'impression et la colle du complexage soit fixé convenablement sur les films.

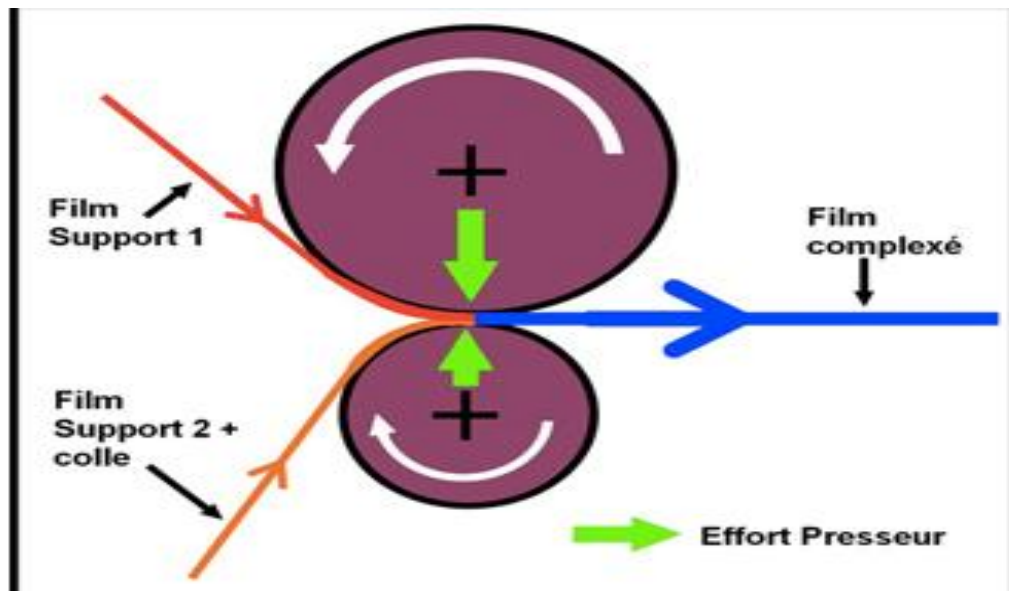


Figure. II.10. Principe de lamination de film

II.6.5. L'impression sur les films plastiques par flexographie

L'impression est un procédé de reproduction par pression qui rassemble plusieurs techniques permettant de produire en grande quantité, des écrits, et des illustrations sur le papier, carton ou sur le plastique (films PEBD objet de cette étude). Afin de les distribuer à grande échelle. La méthode d'impression sur films la plus utilisée est la flexographie. Cette technique est un procédé d'impression qui utilise une forme imprimante souple en relief cliché très présente dans le domaine de l'emballage. Elle est faite à partir d'un transfert direct, l'encre est reçue par un cylindre porte cliché polymère qui reproduit l'image en relief et est transféré sur le matériau par pression.

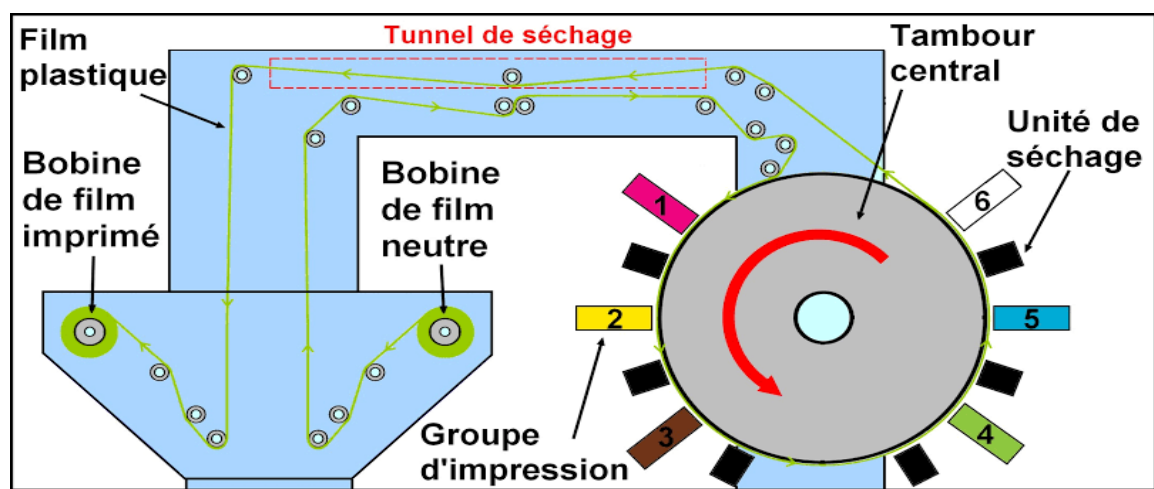


Figure. II.11. Impression sur films plastiques par flexographie

II.7. Avantages de la co-extrusion (films tricouches) par rapport à l'extrusion (films monocouche)

- Meilleure répartition des épaisseurs : cette caractéristique favorise une plus grande durée du film, évitant des dégradations prématurées des zones d'épaisseur plus faible du film.
- Meilleures propriétés mécaniques : logiquement, dans la Coextrusion tricouche, un défaut d'épaisseur dans une couche n'affecte pas les autres.
- Possibilité de Coextruder différentes couches avec des applications différentes exemple de film thermique à sa couche extérieure avec protection UV, à sa couche centrale avec une forte concentration d'EVA (améliorant thermicité) et à sa couche intérieure traitée antibuée.

- Elle maintient tous les avantages de chacun des matériaux, en limitant ses inconvénients exemple du copolymère EVA qui améliore les propriétés mécaniques du film et sa thermicité mais a l'inconvénient de le rendre élastique. Cet inconvénient est évité par la mise en sandwich de ce copolymère.

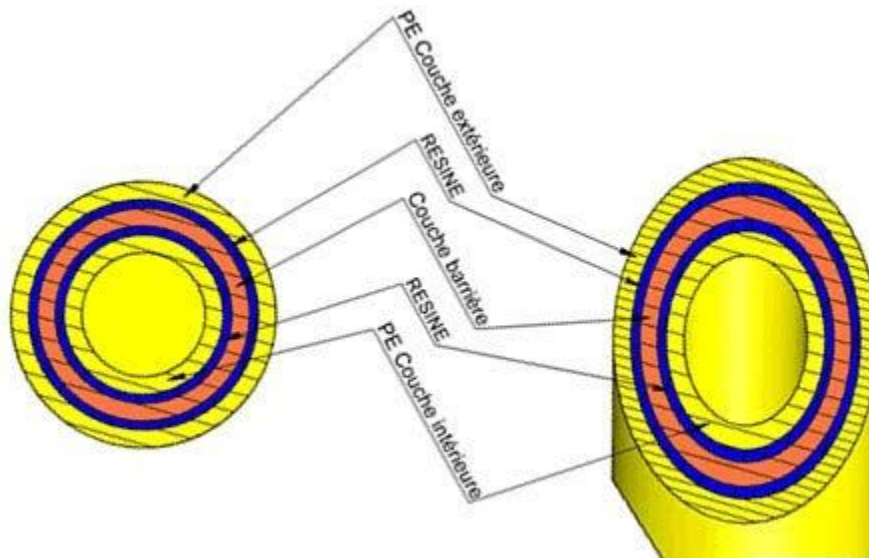


Figure. II.12. Copolymère EVA et PE en sandwich

II.7. Applications des films de PEBD dans l'emballage

Les films de PEBD sont utilisés dans l'emballage comme :

- Emballage produits hygiéniques comme les couches pour bébé.
- Emballages pour produits paramédicaux et sachets de déchets hospitaliers.
- Films thermo rétractables pour palettes et souples pour étiquetage (bouteilles eau ou boissons etc) .
- Les films de PEBD sont majoritairement utilisés comme emballage alimentaire car ils présentent des propriétés nécessaires qu'un emballage alimentaire doit avoir.

La fonction première d'un emballage alimentaire est de protéger, transporter stocker, ces denrées périssables que sont les aliments. L'emballage définit matériellement autour de l'aliment une atmosphère favorable à la préservation des qualités gustatives et nutritionnelles et de la sécurité sanitaire des aliments. L'aliment est ainsi préservé dans une atmosphère à l'abri des contaminations (poussières, microorganismes substances chimiques) et agents (oxygène) extérieurs responsables de la dégradation accélérée de leur qualités et sécurité [37].

En terme d'emballage alimentaire les films de PEBD sont utilisés comme :

- Films alimentaires transparents et étirables afin d'emballer et protéger les aliments, mais aussi comme emballage pour les produits surgelés (pizza, steaks hachés... etc).
- Films de PEBD sont utilisés en laminé avec PA comme emballage de fromage (portions fromage ou fromage râpé nécessite une barrière contre l'oxygène adéquat pour empêcher la croissance des moisissures et par conséquent la détérioration du fromage).
- Films PEBD sont utilisés comme revêtements aux cartons d'emballage de lait pasteurisé.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Dans ce chapitre, on présentera les matériaux utilisés pour la préparation des films, les conditions de fabrication, le mode d'exposition et techniques d'analyses utilisées pour évaluer la dégradation des films stabilisés et non stabilisés, monocouches et tricouches. Les méthodes utilisées pour suivre la dégradation des films sont :

- Le test de traction mécanique.
- La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF).

III.1. Matériel utilisé pour préparation des films

Les différentes formulations du PEBD sont fournies par l'entreprise Meriplast après avoir effectuées un stage de trois jours dans cette unité de fabrication de films d'emballage. Le polyéthylène basse densité utilisés se présente comme le montre la figure III.1 sous forme de granulés blancs.



Figure. III.1. Granulés de PEBD

III.2. Préparation des films

Des films en PEBD ont été préparés par extrusion et coextrusion gonflage par l'entreprise Meriplast de Bejaia. Quatre formulations ont été préparées :

- Des films de PEBD en monocouches neutres et stabilisés avec 4 % en masse d'anti UV. Ses films sont caractérisés par une épaisseur de 130 μ m et a une laize de 1400 mm
- Des films en PEBD tricouches neutres et stabilisés avec 4% en masse d'anti UV. Ses derniers sont aussi caractérisés par une épaisseur de 150 μ m et une laize de 1308 mm .



Figure III.2. Extrusion et coextrusion gonflage de films PEBD.

III.3. Mode de Vieillissement

Des films de PEBD monocouches, neutres et stabilisés, ainsi que des films tricouches neutres et stabilisés sont coupés sous forme d'éprouvettes de 12.5 cm de longueur et 2 cm de largeur. Ses films sont placés dans une étuve en respectant les conditions données par la norme ASTM D 573 (la température est égale 105°C et pendant 168h c'est à dire sept jours). Des échantillons de ses films sont prélevés régulièrement chaque 48 h.



Figure. III.3. Etuve thermo ventilée à température 105°C.



Figure III.4. Photographie des Films coupés en éprouvettes et mis en étuve.

III.4. Techniques expérimentales

III.4.1. Test de traction mécanique

La mesure des propriétés mécaniques des différents films est réalisée à l'aide d'une machine de traction de type (Zwick/roll) selon la norme DIN en ISO 527-1. La vitesse de déformation est de 100 mm/min et un écartement entre outillage pour position initiale égale à 75 mm. Les échantillons ont été découpés sous forme d'éprouvettes de 12.5 cm de longueur et de 2 cm de largeur.



Figure III.5. Une machine de traction de type Zwick Roell

III.4.2. Infra rouge à transformé de Fourier (IRTF)

Les spectres infrarouges des différents échantillons de films de PEBD des quatre formulations ont été enregistrés à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformé de Fourier (IRTF). Les échantillons découpés et dépoussiérés, sont ensuite fixés sur le porte échantillon et mis à l'intérieur de l'enceinte de mesure. Le spectrophotomètre est relié à un micro-ordinateur qui effectue les transformations mathématiques nécessaires et enregistre les spectres entre 4000 et 600 cm^{-1} .



Figure. III .6. Un spectrophotomètre IRTF.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Ce chapitre est consacré à la présentation et la discussion des résultats obtenus dans la caractérisation des différents films utilisés.

IV.1. Analyse de la thermo oxydation des films par test de traction mécanique

L'ensemble des résultats expérimentaux des quatre formulations de films de PEBD confiés par l'entreprise Meriplast, vierges et vieillis (obtenus après vieillissement accélérés par thermo oxydation) sont caractérisés par test de traction. Les résultats obtenus sont regroupés dans les graphes et les tableaux qui suivent.

IV.1.1. Effet de la thermo oxydation sur les films PEBD monocouches et tricouches neutres

- ❖ Les propriétés mécaniques à la rupture ont été mesurées sur des films de PEBD monocouches et tricouches neutres soumis à la thermo oxydation à 105°C pendant 7 jours.
- ❖ Le changement de l'allongement la rupture, la contrainte à la rupture et le module d'élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films monocouches et tricouches neutres sont présentés sur les figure **IV.1**, **IV.2** et **IV.3** tandis que les résultats expérimentaux sont résumés sur les tableaux **IV.1**, **IV.2**.
- ❖ La déformation et la contrainte à la rupture diminuent régulièrement en fonction du temps de vieillissement tandis que le module d'élasticité augmente pour les films monocouches et tricouches neutres. Cette chute de contrainte à la rupture ainsi que la déformation à la rupture est dû à la réaction de scission de chaînes sous l'effet de la température ainsi que la diffusion de l'oxygène.
- ❖ On note que l'allongement à la rupture diminue de 502 % pour les films M N vierges à 222.5 % pour les échantillons M N vieillis pendant 7 jours. Et une diminution de 770 % pour les échantillons T N vierges à 550 % pour les échantillons T N vieillis pendant 7 jours.
- ❖ Par ailleurs on remarque que la contrainte à la rupture diminue de 15.308 MPa pour les échantillons M N à 7.85 MPa pour les échantillons M N vieillis pendant 7 jours. Et une diminution de 22.7 MPa pour les échantillons T N vierges à 14.57 MPa pour les échantillons vieillis pendant 7 jours.

- ❖ Selon la figure IV.3 le module d'élasticité augmente de 154.5 pour les films M N vierges à 168.25 MPa pour les films de PEBD M N vieillis pendant 7 jours. En ce qui concerne les échantillons de films de PEBD T N leur module d'élasticité augmente de 106 pour les échantillons vierges à 337 MPa pour les échantillons vieillis. Cette augmentation du module d'élasticité est dû à l'augmentation de la rigidité des films de PEBD lors de leur vieillissement.

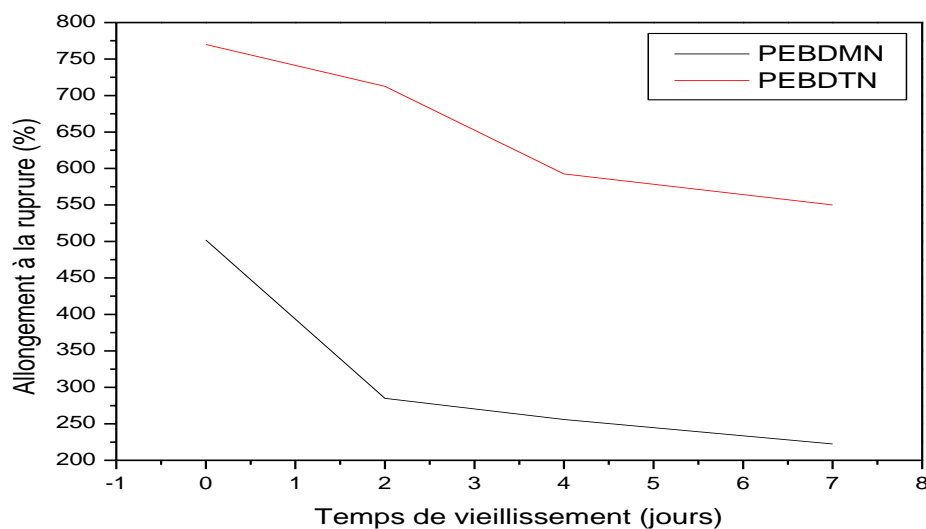


Figure IV.1. Allongement à la rupture des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement.

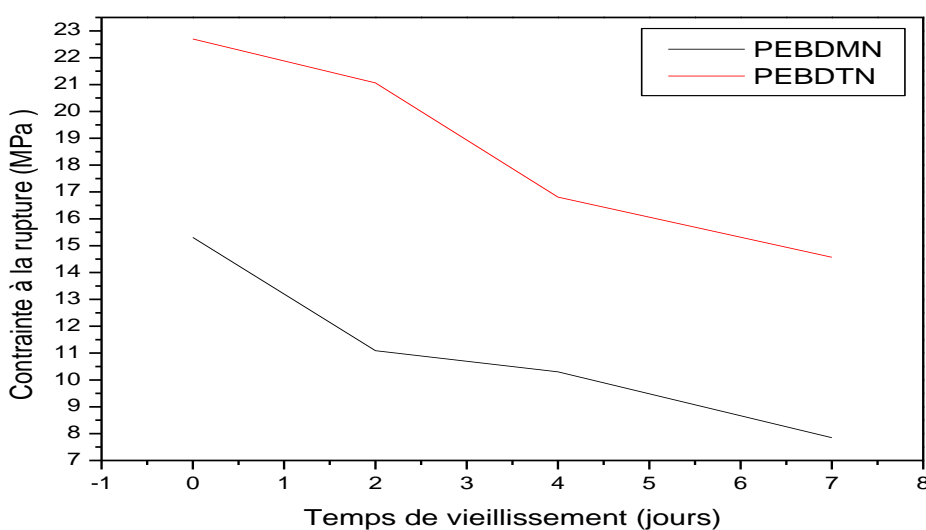


Figure IV.2. Contrainte à la rupture des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement

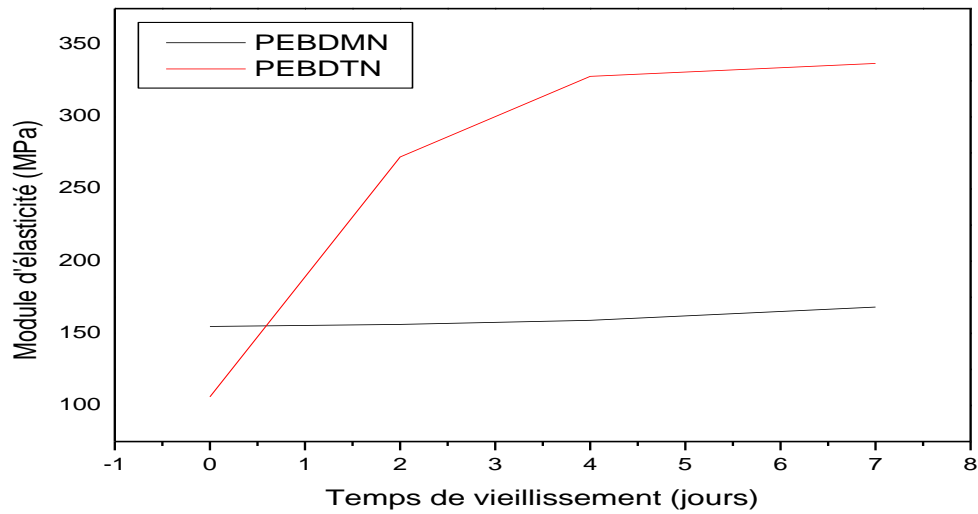


Figure. IV.3. Module d'élasticité des films PEBD M et T neutres en fonction du temps de vieillissement

Tableau IV.1 : Résultats expérimentaux de l'allongement et la contrainte à la rupture et le module d'élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD monocouches neutres en thermo oxydation.

Jours	Contrainte à la rupture (MPa)	Déformation à la rupture (%)	Module d'élasticité (MPa)
0	15.308	502	154.75
2	11.09	285	156.16
4	10.30	256	159
7	7.85	222.5	168.25

Tableau IV.2 : résultats expérimentaux de l'allongement et la contrainte à la rupture et le module d'élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films PEBD tricouches neutres en thermo oxydation.

Jours	Contrainte à la rupture (MPa)	Déformation à la rupture (%)	Module d'élasticité (MPa)
0	22.7	770	106
2	21.06	712.5	272.25
4	16.81	592.5	328
7	14.57	550	337

D'après les figures **IV.1, IV.2 et IV.3** l'allongement et la contrainte à la rupture pour les films PEBD M et T neutres diminuent et le module d'élasticité augmente en fonction du temps de vieillissement mais on distingue que les propriétés mécaniques des films T neutres sont bien meilleures que celles des films M neutres cela est dû au fait que les films en tricouches ont l'avantage de la combinaison en trois couches des propriétés mécaniques des films monocouches ,ce qui les rend plus résistants avec de meilleurs propriétés.

IV.1.2. Effet de la thermo oxydation sur les films de PEBD monocouches et tricouches stabilisés avec anti UV

Les propriétés mécaniques à la rupture ont été mesurées pour les films de PEBD monocouches et tricouches stabilisés avec des anti UV soumis à la thermo oxydation à 105°C pendant sept jours.

- ❖ Le changement de l'allongement à la rupture, la contrainte à la rupture et le module d'élasticité en fonction du temps de vieillissement pour les films monocouches et tricouches stabilisés avec anti UV sont présentés sur les figure **IV.4, IV.5 et IV.6**, tandis que les résultats expérimentaux sont résumés s sur les tableaux **IV.3 et IV.4**.
- ❖ La déformation et la contrainte à la rupture diminuent régulièrement en fonction du temps de vieillissement tandis que le module d'élasticité augmente pour les films monocouches et tricouches stabilisés avec anti UV. Cette chute de de contrainte à la rupture ainsi que la déformation à la rupture est dû à la réaction de scission de chaines

sous l'effet de la température ainsi que la diffusion de l'oxygène comme pour le cas des films de PEBD M et T neutres.

D'après ses résultats nous pouvons tirer les observations suivantes :

- ❖ On remarque que le pourcentage à la rupture diminue de 525 % pour les films M S vierges à 270 % pour les films M S vieillis pendant 7 jours et de 700 % pour les films T S vierges à 448 % pour les films T S vieillis pendant 7 jours.
- ❖ On note aussi que la contrainte à la rupture diminue de 15.5 MPa pour les films M S vierges à 9.51 MPa pour les films M S vieillis pendant 7 jours et de 23 MPa pour les films T S vierges à 14.52 MPa pour les films T S vieillis pendant 7 jours.
- ❖ Selon la figure **IV.6** le module d'élasticité augmente de 161 MPa pour les films M S vierges à 182 MPa pour les films M S et de 259 MPa pour les films T S vierges à 384.25 MPa pour les films T S. Cette augmentation du module d'élasticité est dû à l'augmentation de la rigidité des films de PEBD lors de leur vieillissement.

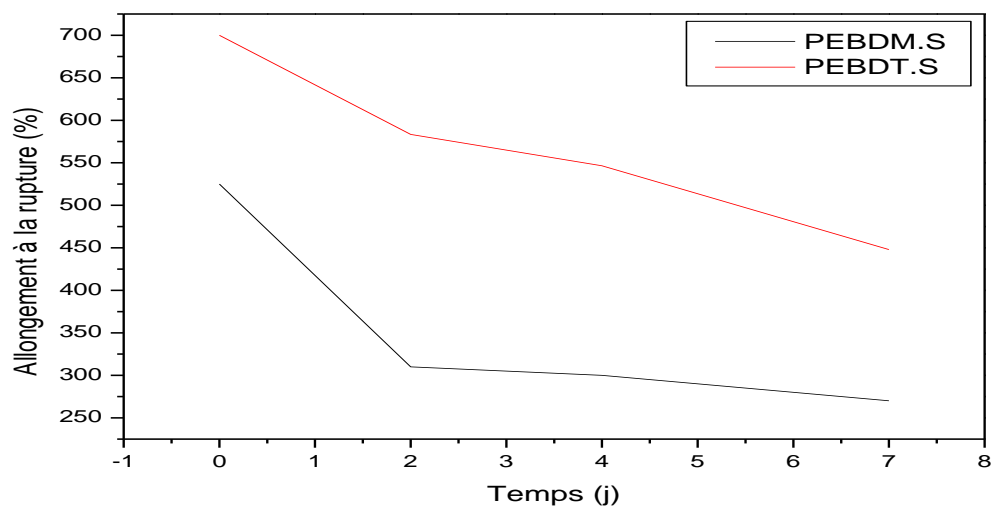


Figure IV.4. Allongement à la rupture des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.

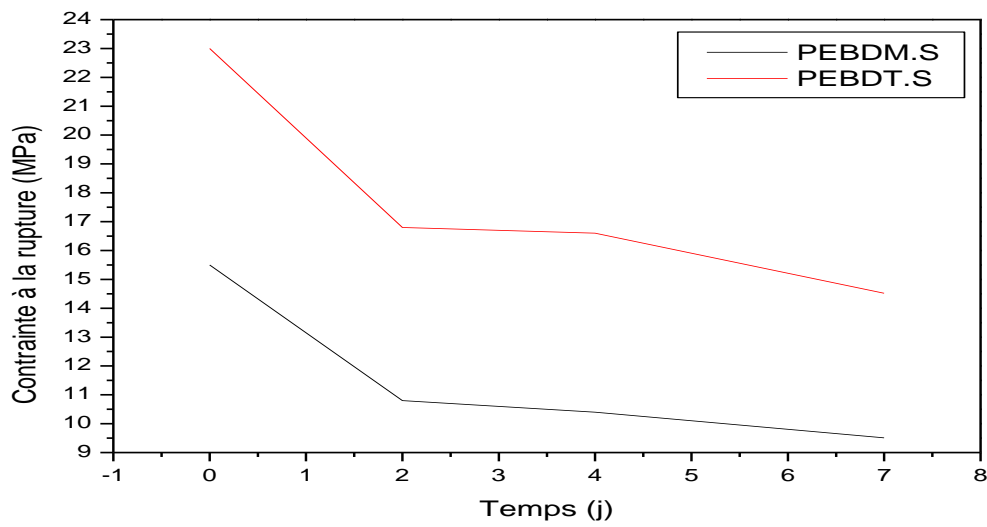


Figure IV.5. Contrainte à la rupture des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.

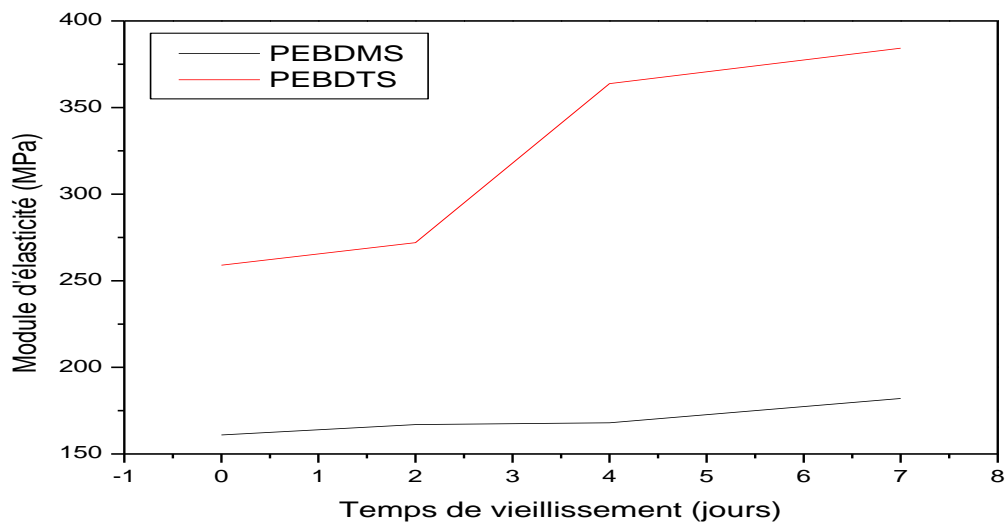


Figure IV.6. Module d'élasticité des films de PEBD M et T stabilisés avec anti UV en fonction du temps de vieillissement.

Tableau IV.3 : résultats expérimentaux de l'allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d'élasticité en fonction du temps pour les films PEBD monocouches stabilisés en thermo oxydation.

Jours	Contrainte à la rupture (MPa)	Déformation à la rupture (%)	Module d'élasticité (MPa)
0	15.5	525	161
2	10.8	310	167
4	10.4	300	168
7	9.51	270	182

Tableau IV.4 : résultats expérimentaux de l'allongement et la contrainte à la rupture ainsi que le module d'élasticité en fonction du temps pour les films PEBD tricouches stabilisés en thermo oxydation.

Jours	Contrainte à la rupture (MPa)	Déformation à la rupture (%)	Module d'élasticité (MPa)
0	23	700	259
2	16.8	583.33	272
4	16.6	546.6	363.8
7	14.52	448	384.25

D'après les figures **IV.4, IV.5 et IV.6** l'allongement et la contrainte à la rupture pour les films PEBD M et T stabilisés avec des anti UV diminuent et le module d'élasticité augmente en fonction du temps de vieillissement mais on distingue que les propriétés mécaniques des films T stabilisés sont bien meilleures que celles des films M stabilisés cela est dû au fait que les films en tricouches stabilisés ont l'avantage de la combinaison en trois couches des propriétés mécaniques des films monocouches stabilisés, ce qui les rend plus résistants avec de meilleures propriétés.

IV.1. 3. Comparaison des résultats de test de traction sur des films de PEBD M et T neutres et stabilisés.

La comparaison des résultats expérimentaux du test de traction obtenus pour les films monocouches et tricouches neutres par rapport aux films de PEBD monocouches et tricouches stabilisés avec anti UV. On constate que les résultats pour les films M et T neutres sont proches de ceux des films M et T stabilisés avec anti UV. Ceci peut être expliqué par le fait que les stabilisants anti UV n'ont d'influence que lors du vieillissement naturel avec exposition aux rayons UV solaires (photo oxydation). Ils ne jouent aucun rôle lors de la thermo oxydation. D'après ses résultats il n'est pas le stabilisant approprié pour ce mode de vieillissement, c'est un anti oxydant thermique (stabilisant thermique) qui convient pour ce mode de vieillissement. Les résultats obtenus dans cette partie en ce qui concerne la diminution de l'allongement à la rupture sont en cohérence parfaite avec ceux trouvés par S.Maruthmuthu et al dans leur article publié en 15 mai 2011.

IV.2. Etude de la thermo oxydation des films de PEBD par spectroscopie IRTF

L'étude de la dégradation des films de PEBD (monocouches et tricouches, neutres et stabilisés) au cours du temps d'exposition en vieillissement accéléré a été possible grâce à la spectroscopie IRTF. Le vieillissement accéléré des films a été suivi par l'observation des spectres infrarouges obtenus après 7 jours d'exposition dans une étuve à 105°C.

IV.2.1. Films de PEBD monocouches neutres (sans anti UV)

Sur la **figure IV.7** sont représentés les spectres infrarouges des échantillons monocouches neutres vierges et vieillis à 105°C pendant 7 jours.

On observe pour les échantillons neutres et vieillis une bande d'absorption intense à 716 cm^{-1} qui correspond à la vibration interne $\delta\text{-CH}_2\text{-}$ de la partie cristalline, une bande à 1375 cm^{-1} correspond à la liaison $\delta\text{-CH}_3$ due à la déformation dans le plan, une autre bande à 1463 cm^{-1} caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H et enfin une bande à 2827 cm^{-1} caractérise la liaison $\gamma\text{-CH}_2\text{-}$ correspond à un étirage anti symétrique.

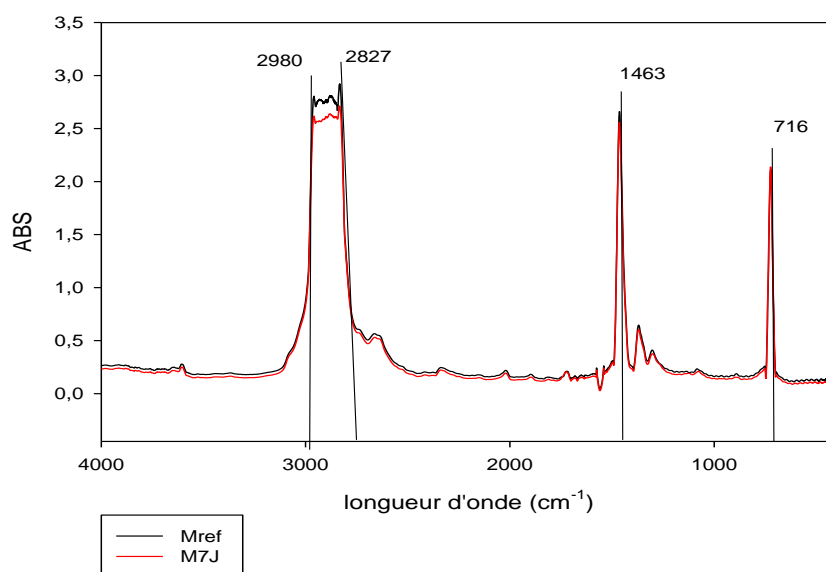


Figure.IV.7. Spectres infrarouge des échantillons monocouches neutres vierges et vieillis pendant sept jours

IV.2.2. Films PEBD tricouches neutres

Sur la figure **IV.8** sont représentés les spectres infrarouges des échantillons tricouches neutres vierges et vieillis pendant sept jours à 105 °C.

On observe pour les échantillons neutres et vieillis une bande d'absorption intense à 716 cm⁻¹ qui correspond à la vibration interne δ -CH₂- de la partie cristalline, une bande à 1375 cm⁻¹ correspond à la liaison δ -CH₃ dû à la déformation dans le plan, une autre bande à 1463 cm⁻¹ caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H et enfin une bande à 2827 cm⁻¹ caractérise la liaison γ -CH₂- correspond à un étirage anti symétrique.

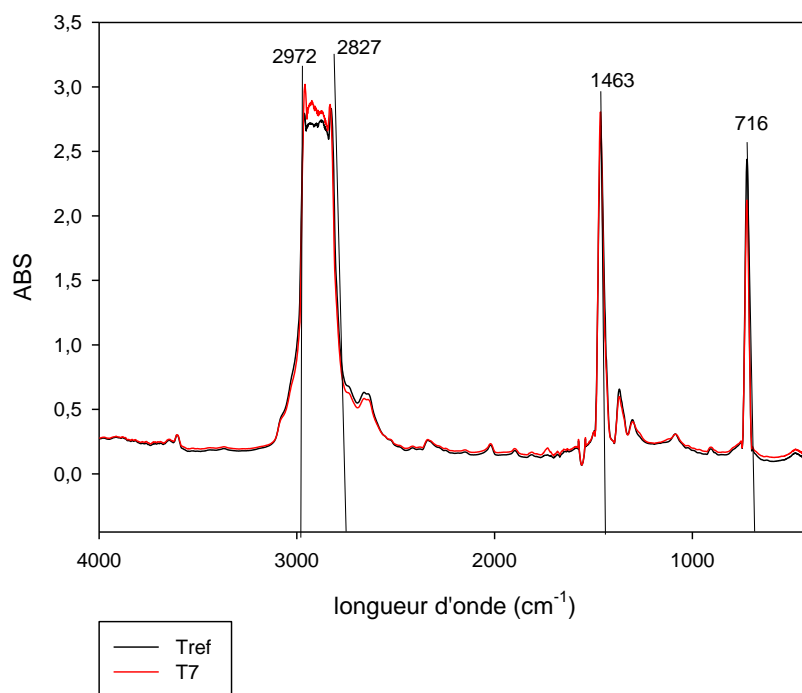


Figure. IV.8: Spectres infrarouge des échantillons tricouches neutres vierges et vieillis pendant sept jours

IV.2.3. Films de PEBD monocouches stabilisés

Sur la figure **IV.9** sont présentés les spectres des échantillons monocouches de films de PEBD stabilisés avec des anti UV vierges et vieillis pendant sept jours à 105°C .

On observe pour les échantillons neutres et vieillis une bande d'absorption intense à 732 cm^{-1} qui correspond à la vibration interne $\delta\text{-CH}_2$ de la partie cristalline, une bande à 1375 cm^{-1} correspond à la liaison $\delta\text{-CH}_3$ due à la déformation dans le plan, une autre bande à 1471 cm^{-1} caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H et enfin une bande à 2835 cm^{-1} caractérise la liaison $\gamma\text{-CH}_2\text{-}$ correspond à un étirage anti symétrique.

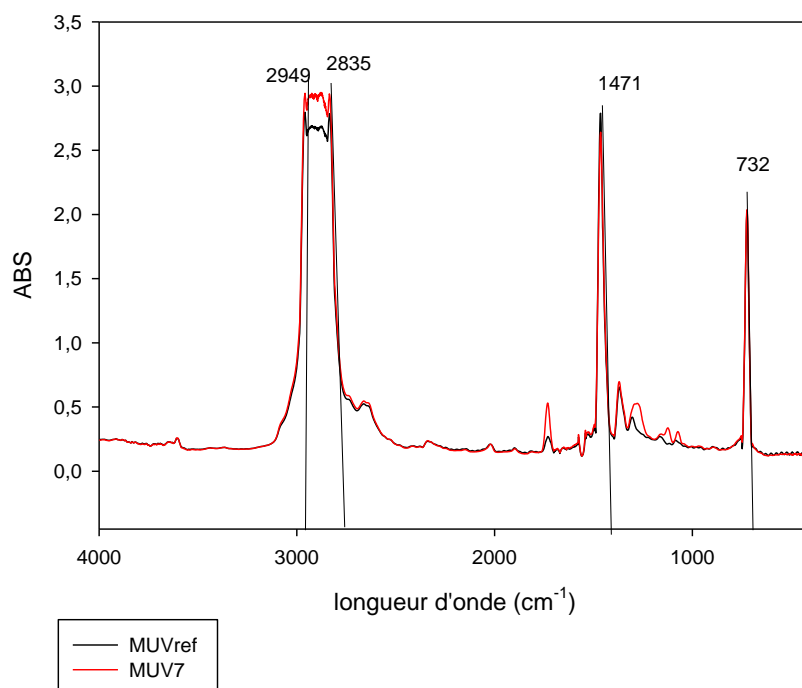


Figure. IV.9 Spectres infrarouge des échantillons monocouches stabilisés vierges et vieillis pendant sept jours.

IV.2.4. Films de PEBD tricouches stabilisés avec anti UV

Sur la figure **IV.10** sont représentés les Spectres infrarouge des échantillons triouches stabilisés vierges et vieillis pendant sept jours à 105°C.

On observe pour les échantillons neutres et vieillis une bande d'absorption intense à 739 cm⁻¹ qui correspond à la vibration interne δ -CH₂- de la partie cristalline, une bande à 1375cm⁻¹ correspond à la liaison δ -CH₃ dû à la déformation dans le plan, une autre bande à 1456 cm⁻¹ caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H et enfin une bande à 2820 cm⁻¹ caractérise la liaison γ -CH₂- correspond à un étirage anti symétrique.

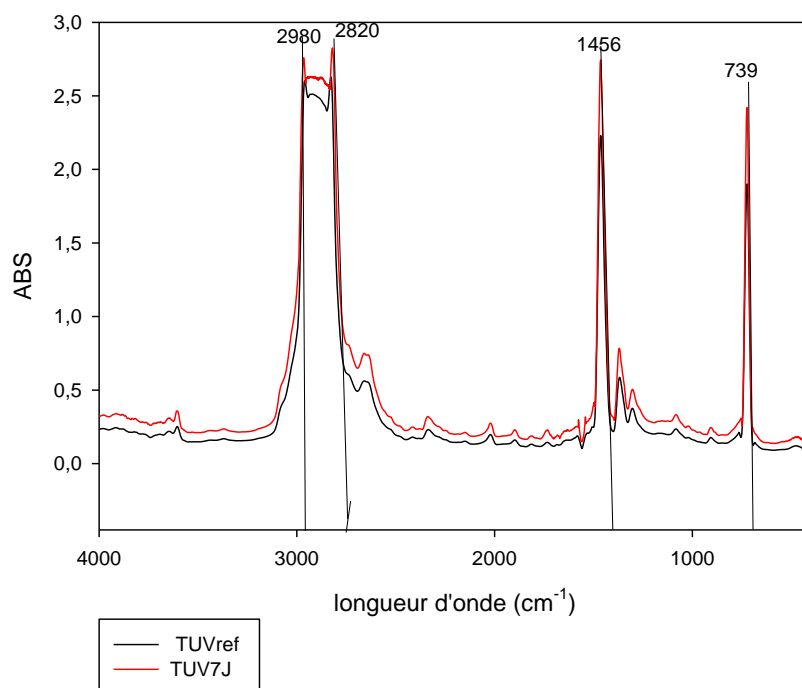


Figure. IV.10 Spectres infrarouge des échantillons triouches stabilisés vierges et vieillis pendant sept jours.

IV.2.5. Comparaison des spectres (IRTF) obtenus

Après superpositions des spectres IRTF des échantillons de PEBD monocouches (N et S) et tricouches (N et S), bien sûr on a pris en considération les spectres des échantillons vierges et vieillis. On constate que l'ensemble des spectres obtenus demeurent identiques, ce qui résulte de la présence des mêmes groupements chimiques dans tous les échantillons, ce sont les bandes caractéristiques du polyéthylène qui sont [39] :

- Bande intense 745 cm^{-1} qui correspond à la vibration interne $\delta\text{-CH}_2\text{-}$ de la partie cristalline. Bande à 1375 cm^{-1} correspond à la liaison $\delta\text{-CH}_3$ dû à la déformation dans le plan.
 - Bande à 1470 cm^{-1} caractérise un pic fin et plus intense attribué à la liaison C-H.
 - Bande à cm^{-1} caractérise la liaison $\gamma\text{-CH}_2\text{-}$ correspond à un étirage anti symétrique.
- On constate que les bandes d'absorption obtenues des spectres (IRTF) pour les quatre formulations sont les bandes caractéristiques du PE, ce qui est parfaitement logique.

Il n'y a pas d'apparition du pic caractérisant les carbonyles à 1720 cm^{-1} pour les films vieillis des quatre formulations cela est dû au facteur de temps du vieillissement qui s'est limité à 7 jours.

On distingue que dans les conditions d'exposition des échantillons de PEBD des quatre formulations selon la norme ASTM D 573, la structure du PEBD de nos films reste inchangée.

Conclusion

Lors de ce présent travail une étude comparative est établie sur l'effet de la thermo oxydation sur des films de PEBD monocouches et tricouches neutres par rapport aux films monocouches et tricouches stabilisés avec des anti UV selon la norme ASTM D 573 et pendant cette période, nous nous sommes familiarisés avec plusieurs équipements scientifiques (test de traction mécanique et IRTF) d'une part et nous avons effectué un stage de trois jours dans une unité de fabrication des films pour la confection de nos échantillons. Les résultats de cette étude sont abondants et riches et nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- Des essais de traction ont été réalisés sur des éprouvettes vierges et vieillis en étuve à 105 °C pendant 7 jours. En effet le prolongement du vieillissement pour des durées élevées entraîne la dégradation des propriétés mécaniques des films (monocouches et tricouches neutres ainsi que les films monocouches et tricouches stabilisés). Les résultats des essais de traction nous ont permis de constater que :
 - Les conditions de vieillissement influent considérablement sur le comportement mécanique des films. En effet une décroissance de la contrainte et de l'allongement à la rupture est enregistrée.
 - De même une augmentation du module d'élasticité se manifeste.
 - Les propriétés mécaniques des films tricouches (neutres et stabilisés) sont meilleures que celles des films monocouches (neutres et stabilisés) cela est dû à la combinaison des propriétés des films monocouches dans des films tricouches, du coup ils sont plus résistants avec de meilleures propriétés.
 - Les résultats des propriétés mécaniques des films neutres (M et T) vieillis sont proches de ceux des films (M et T) stabilisés avec anti UV vieillis, cela est dû au fait que les anti UV ne sont pas appropriés pour ce mode de vieillissement par thermo oxydation ; c'est des stabilisants thermiques qui sont adaptés pour ce dernier.
- Le suivi de l'évolution des films des quatre formulations (M et T, N et S) durant la période de vieillissement par spectroscopie IRTF montre la reproductibilité des spectres infrarouge caractérisant le polyéthylène. L'absence d'apparition des pics caractérisant les carbonyles à 1720 cm^{-1} pour les quatre formulations vieilles cela est dû au temps de vieillissement limité à 7 jours. En conclusion dans les conditions

d'exposition des échantillons de PEBD des quatre formulations selon la norme ASTM D 573, la structure du PEBD de nos films reste inchangée.

Références bibliographiques

- [1] FARID, Lounis et SADEK, Rabehi. Etude des propriétés de l'EPDM (Ethylène propylène diène monomère) sous la contrainte thermique. 2014. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [2] GOALARD, Carol. Etude physico-chimique du procédé de dispersion des poudres libres et agglomérées en milieu liquide 2005. Thèse de doctorat. Université de Toulouse.
- [3] Steohane Engelsman, Valerie Spalding. Plastique et architecture et construction. s.l. :Edition Birkhausser , 2007.
- [4] GOUASMIA, Layachi, BOUGUERRA, Brahim, et al. Dégradation thermique des polymères thermoplastique. 2021. Thèse de doctorat. Université de M'sila.
- [5] PIERRE, Docteur RAKOTOMAMONJY. RECYCLAGE DES DECHETS FILM PLASTIQUES DE LA SOCIETE JB. 2016. Thèse de doctorat. UNIVERSITE D'ANTANANARIVO.
- [6] EHRENSTEIN, Gottfried W. et MONTAGNE, Fabienne. Matériaux polymères : structure, propriétés et applications. Hermès science publications, 2000.
- [7] MAHDI, Djelil et OMAR, Ferhaoui. Influence des rayonnements ultraviolets sur les caractéristiques du polycarbonate et du polystyrène. 2017. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [8] DOBRACZYNSKI, Alexandre, PIPERAUD, Michel, TROTIGNON, Jean-Pierre, et al. Les Matières plastiques : structures-propriétés-mise en oeuvre-normes. Editions de l'Usine Nouvelle, 1982.
- [9] YUCEF, Oussaid et MOHAMED, Ait Moussa. Effet de la contrainte thermique sur les propriétés du polyéthylène réticulé chimiquement. 2016. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [10] VERDU, J. Vieillissement des plastiques', AFNOR Technique. Eyrolles, 1984.
- [11] CARREGA, Marc. Aide-mémoire-Matières plastiques-2ème édition. Dunod, 2009.
- [12] SCHNAPP, Alain, MURRAY, Tim, et EVANS, Christopher. Between antiquarians and archaeologists—continuities and ruptures. *Histories of Archaeology: a Reader in the History of Archaeology*, 2008, p. 392-405.
- [13] FOURNIÉ, Robert. Les isolants en électrotechnique : Essais, Mécanismes de dégradation, Applications industrielles. Eyrolles, 1990.
- [14] Mouhoub, A., & Bedjaoui, K. (2010). Comptabilisation d'un mélange à base de PP/PEBD par extrusion réactive (Mémoire d'Ingéniorat, Université Ferhat Abbas, Sétif-1)
- [15] M. Triaki, «Influence du taux d'argile sur la stabilité thermique et le comportement des mélanges polyéthylène haute densité /polystyrène», thèse de magister, Université m'Hamed Bougara-Boumerdes (2012).
- [16] Kashi, I. (2015). Modélisation de la cinétique de dégradation des films de PEBD soumis aux différents environnements. (Mémoire de magister, Université Abderrahmane Mira-Bejaïa).
- [17] PESCHKE, Egon F. et VON OLSHAUSEN, Rainer. *Pirelli Kabel und Systeme GmbH, Berlin (Hrsg.): Cable Systems for High and Extra-High Voltage: Development, Manufacture, Testing, Installation and Operation of Cables and their Accessories. Erlangen : Publicis-MCD- Verl, 1999.*

- [18] FOURNIÉ, Robert. Les isolants en électrotechnique: Essais, Mécanismes de dégradation, Applications industrielles. Eyrolles, 1990.
- [19] FÜZESSERTY, Sandor. Polyéthylènes basse densité. Techniques de l'ingénieur. Plastiques et composites, 1996, vol. 2, no A3310, p. A3310. 1-A3310. 15.
- [20] BESSI, Assia. Etude des propriétés thermiques et caractérisation des mélanges à base de Polystyrène (PS)–polyéthylène (PE). 2004. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider Biskra.
- [21] DE, FILMS MULTICOUCHES UTILISES COMME COUVERTURE. DEHBI ABDELKADER. 2008. Thèse de doctorat. Université d'Oran.
- [22] TAVARES, Andreia C., GULMINE, Joseane V., LEPIENSKI, Carlos M., et al. L'effet du vieillissement accéléré sur les propriétés mécaniques de surface du polyéthylène. Dégradation et stabilité des polymères, 2003, vol. 81, n° 2, p. 367-373.
- [23] SLATNI, Yassine. Simulation numérique de la convection naturelle dans une serre agricole semi cylindrique fermée chauffée par le bas. Université frères Mentouri Constantine.
- [24] MESMOUDI, Kamel. Etude Expérimentale et Numérique de la Température et de l'Humidité de l'Air d'un Abri Serre Installé dans les Haut Plateaux d'Algérie, Région des Aurès. 2010. Thèse de doctorat. Université de Batna 2.
- [25] DAR, Mudasir A., DHOLE, Neeraja P., PAWAR, Kiran D., et al. Effets écotoxiques des déchets plastiques sur la faune marine : un aperçu. Impact des déchets plastiques sur le biote marin, 2022, p. 287-300.
- [26] ASMA, Achi. Emballage alimentaire : Caractéristiques d'emballage métallique et rôle des interactions matériaux/aliments dans la valorisation des produits alimentaires. 2021. Université Guelma.
- [27] MARCEL, Hervé. Essais et programmes d'essais sur les emballages de transport. Techniques de l'ingénieur. L'Entreprise industrielle, 2002, no AG6290, p. AG6290. 1-AG6290. 16.
- [28] JEANTET, Romain, CROGUENNEC, Thomas, SCHUCK, Pierre, et al. (ed.). Science des aliments: biochimie, microbiologie, procédés, produits. Technologie des produits alimentaires. Editions Tec & Doc, 2007.
- [29] MEZIANI, Fatma. Influence de l'emballage et des conditions de stockage sur la qualité de l'huile d'olive vierge. 2015. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [30] SINGH¹, Khwairakpam Ronendrajit. COMBATING PLASTIC POLLUTION.
- [31] FOLEY, Desmond H., RUEDA, Leopoldo M., PETERSON, A. Townsend, et al. Potential distribution of two species in the medically important Anopheles minimus complex (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology, 2008, vol. 45, no 5, p. 852-860.
- [32] SOUMIA, MEBARKI et FEYZA, MERGUEG. Etude d'un migrant d'emballage alimentaire. 2016. Université de Guelma.
- [33] HENCKES, Alexia, BRICHEUX, Marc, et GAILLY, Benoît. Analyse des facteurs et acteurs favorisant l'adoption des plastiques recyclés. Cas de la bouteille en PET, du pot de yaourt en PS et du film plastique en PE.

- [34] GILLET, Guillaume. Prédiction de la conformité des matériaux d'emballage par intégration de méthodes de déformulation et de modélisation du coefficient de partage. 2008. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine.
- [35] VIRGINILLO, Martin Gustavo. Méthode d'analyse du cycle de vie des emballages. 2011.
- [36] HERNANDEZ, Ruben J., SELKE, Susan EM, et CULTER, John D. Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations. 2000.
- [37] GUILLARD, Valérie et GONTARD, Nathalie. Des emballages qui ne polluent pas, ça existe ! The conversation, 2017.
- [38] 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).

Résumé :

Grâce à ses excellentes propriétés le polyéthylène basse densité (PEBD) est largement utilisé dans l'emballage en particulier sous forme de films. L'utilisation de ces films dans l'emballage peut subir des dégradations lors de leurs vieillissements.

L'objectif de ce mémoire est l'étude du vieillissement thermique des films de PEBD monocouches et tricouches, neutres et stabilisés. En effet une caractérisation par spectrophotométrie (IRTF) et par traction ont été effectués sur nos échantillons.

Les résultats montrent que l'allongement et la contrainte à la rupture diminuent lors du vieillissement thermique selon les conditions de la norme ASTM D 573 en parallèle le module d'élasticité augmente.

Les résultats ont montré aussi que les propriétés mécaniques des films T (N et S) sont meilleures que celles des films M (N et S).

En ce qui concerne la caractérisation par spectrophotométrie (IRTF), les spectres obtenus démontrent que la structure des films de PEBD reste inchangée lors du vieillissement.