REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En chimie

Spécialité : Chimie macromoléculaire

Par :

BENSLIMANE Cherif
BOUTAHRAOUI Walid

Thème :

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS DES FILMS À BASE DE POLYÉTHYLÈNE BASSE DENSITÉ

Evalué à distance par le jury composé de :

AZIZI Ahmed	MCA	Université de Laghouat	Président
TERKMAN Meriem	MCB	Université de Médéa	Examinatrice
EULDJI Amel	MAA	Université de Médéa	Encadreur
BENGHARBIA Aboubakr	DE	Soexplast	Co-encadreur

Année universitaire : 2020/2021

دراسة خصائص الأغشية القائمة على البولي إيثيلين منخفض الكثافة

ملخص

يكرس هذا البحث لاستخراج العوامل التي تحدد جودة غشاء التغليف ثلاثي الطبقات لكيس الحليب بناءً على تشكيل خمس تركيبات من خلال عملية "البثق-النسف" ولمقارنة جودتها استنادًا إلى مستوى الصبغة ، مستوى LDPE / LLDPE وطبيعة الخطي المستخدم (LLDPE، mPE). لا يمكن لأطياف FTIR التمييز بين الأنواع المختلفة من البوليمرات داخل نفس الأسرة ، ولكن القمم تعكس أننا في حالة PE ، تم إثبات إضافة الصبغة من خلال ظهور شريط مميز على الترددات المنخفضة. يُظهر اختبار التعتيم أنه كلما زاد مستوى الصبغة ، قل انتقال الضوء ، لكن له تأثير سلبي على الخواص الميكانيكية ويعد أكثر تكلفة. تظهر اختبارات مقاومة الطباعة واختبار السمك ومعامل الاحتكاك أنها تحترم المعايير. بالنسبة لاختبارات الشد والتمزق ، يتم تحسين التأثير في حالة وجود نسبة عالية من LDPE ، في حين أن المقارنة بين طبيعة الخطي تُظهر تحسناً للاختبارات المستعرضة، وتناقصًا في الاختبارات الطولية في حالة mPE.

كلمات مفتاحية : غشاء، تغليف ، بثق ، عامل ، جودة ، بولي إيثيلين ، تركيبة.

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS DES FILMS À BASE DE POLYÉTHYLÈNE A BASSE DENSITÉ

RESUME

Ce travail de recherche est consacré à extraire les facteurs déterminant la qualité du film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur la mise en forme de cinq formulations par le procédé « extrusion gonflage » et comparer leur qualité en se basant sur le taux de colorant, le taux LDPE/LLDPE et la nature du linéaire utilisé (LLDPE, mPE). Les spectres FTIR ne peuvent pas différencier les différents types de polymère au sein d'une famille, mais les pics reflètent bien qu'on est dans le cas d'un PE, l'ajout du colorant a été prouvé par l'apparition d'une bande caractéristique situant aux basses fréquences. Le test d'opacité montre que plus on augmente le taux de colorant, plus la transmission de la lumière diminue, mais cela agit négativement sur les propriétés mécaniques, et coûte plus cher. La résistance à l'impression, le test d'épaisseur et le coefficient de frottement montrent bien qu'on est dans les normes. Pour les tests de traction et la déchirure, l'effet est amélioré dans le cas d'un pourcentage important en LDPE, alors que la comparaison entre la nature du linéaire montre une amélioration pour les essais transversaux, et une diminution pour les essais longitudinaux, dans le cas du mPE.

Mots clés : Film, Conditionnement, Extrusion, Facteur, Qualité, Polyéthylène, Formulation.

STUDY OF PROPERTIES OF FILMS BASED ON POLYETHYLENE LOW DENSITY

ABSTRACT

This research is devoted to extracting the factors determining the quality of the three-layer milk pouch packaging film based on forming of five formulations by the " blowing-extrusion " process and to compare their quality based on the dye level, the LDPE / LLDPE level and the nature of the linear used (LLDPE, mPE). FTIR spectra can not differentiate different types of polymer within a family, but the peaks reflect that we are in the case of a PE, the addition of dye has been proven by the appearance of a characteristic band at low frequencies. The opacity test shows that more the dye level increases, the transmission of light decreases, but it has a negative effect on the mechanical properties and is more expensive. The resistance to printing, the thickness test and the coefficient of friction show that we are in the norms. For tensile tests and tearing, the effect is improved in the case of a large percentage of LDPE, whereas the comparison between the nature of the linear shows an improvement for the transverse tests, and a decrease for the longitudinal tests, in the case of mPE.

Key words: Film, Packaging, Extrusion, Factor, Quality, Polyethylene, Formulation.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier, le bon DIEU, pour nous avoir donné le courage et la détermination nécessaire pour finaliser ce travail de recherche qui compte tant pour notre avenir intellectuel et professionnel.

Nous tenons tout particulièrement à adresser nos vifs remerciements à notre directrice de thèse, Madame EULDJI Amel, pour nous avoir proposé ce sujet de recherche et surtout pour ses orientations et ses remarques fructueuses. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.

C'est avec une certaine sincérité que nous voudrions remercier le Directeur Général de la filiale SEOXPLAST du groupe ENPC, Monsieur DEBOUCHA Saîd, qui nous a accueilli au sein de sa société, ainsi qu'à l'ensemble d'équipe, spécialement Monsieur BENGHARBIA Aboubakr, notre co-encadreur et le Directeur de l'exploitation de la société et Madame KERROUCHE Hafidha, la responsable technique de la société, qui ont sacrifié de leurs temps pour nous suivre, et pour tout ce qu'ils nous ont appris sur le domaine des films. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Nous sommes très sensibles à l'honneur que nous a fait Monsieur AZIZI Ahmed, Maitre de conférences à l'université de Laghouat, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de présider le jury.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur DEBOUCHE Saïd, et à Madame TERKMAN Meriem, pour nous avoir honoré de leur présence en acceptant de juger ce travail. Leurs critiques et suggestions seront certainement constructives.

Ce serait manquer à un devoir très important que de ne pas remercier Monsieur le directeur du hall technologique, Monsieur MOULOUD Sodiane, pour son agréable accueil, ainsi qu'à Madame BENHAOUA Meriem, la responsable des analyses chimiques du hall, pour les analyses FTIR de nos échantillons.

Et à la fin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenu, de près ou de loin, tout au long de notre cursus.

DEDICACES



Je dédie ce travail de recherche ;

A mon père, qui a fait de son mieux pour atteindre ce niveau ;

A ma mère qui a consacré tout ce qu'elle possède pour ma réussite ;

A mes frères HAMZA et ZAKI ;

A mes amis qui ont passé de belles années avec moi à l'université



DEDICACES



Je dédie ma remise de diplôme et toute ma joie à ceux qui ont récolté les épines de mon chemin pour m'ouvrir la voie de la science

" Ma Mère et Mon Père "

À mes frères, MAHMOUD, MEZYANE

Je remercie particulièrement mon encadreur, Euldji Amel, qui était un symbole de don et de sacrifice.



LISTE DES ABREVIATIONS

PE	Polyéthylène
PEHD	Polyéthylène haut densité
PEBD	Polyéthylène basse densité
PE–BDL	Polyéthylène basse densité linéaire
PE–BDR	Polyéthylène basse densité radicalaire
PE–R	Polyéthylène radicalaire
PE–L	Polyéthylène linéaire
mPE–BDL	Fabriqué a l'aide de catalyseurs de type métallocène
PRC	PE-BDR réticulé chimiquement
PVAL	Poly(alcool de vinyle
PVC	Polychlorure de vinyle
PET	Polyéthylène téréphtalate
PS	Polystyrène
PLA	Acide polylactique
EVOH	Poly(éthylène/Alcool vinylique) copolymère
PVDC	Polychlorure de vinylidene
E/VA	Copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyle
E/AA	Copolymère d'éthylène et d'acide acrylique
E/VTMOS	Copolymère d'éthylène et de vinyltriméthoxysilane
E/CO	Copolymère d'éthylène et d'oxyde de carbone
OPP	Film polyéthylène orientés
Mp	La masse molaire en poids
Mn	La masse molaire en nombre

MAH	Anhydride de maléique
GMA	Méthacrylate de glycidyle
FFS	Form fill seal
PE	Polyéthylène
PEHD	Polyéthylène haut densité
PEBD	Polyéthylène basse densité
PE–BDL	Polyéthylène basse densité linéaire
PE–BDR	Polyéthylène basse densité radicalaire
PE–R	Polyéthylène radicalaire
PE–L	Polyéthylène linéaire
mPE–BDL	Fabriqué a l'aide de catalyseurs de type métallocène
PRC	PE-BDR réticulé chimiquement
PVAL	Poly(alcool de vinyle

NOMENCLATURES ET SYMBOLES

NOMENCLATURES

Echantillon 1	**Couche01 :** 64% LLDPE + 33% LDPE + 3% colorant
	Couche02 : 62% LLDPE + 33% LDPE + 5% colorant
	Couche03 : 65% LLDPE + 35% LDPE + 0% colorant
Echantillon 2	**Couche01 :** 65% LLDPE + 33% LDPE + 2% colorant
	Couche02 : 63% LLDPE + 33% LDPE + 4% colorant
	Couche03 : 65% LLDPE + 35% LDPE + 0% colorant
Echantillon 3	**Couche01 :** 63% LLDPE + 33% LDPE + 4% colorant
	Couche02 : 61% LLDPE + 33% LDPE + 6% colorant
	Couche03 : 65% LLDPE + 35% LDPE + 0% colorant
Echantillon 4	**Couche01 :** 64% mPE + 33% LDPE + 3% colorant
	Couche02 : 62% mPE + 33% LDPE + 5% colorant
	Couche03 : 65% mPE + 35% LDPE + 0% colorant
	Couche01 : 47% LLDPE + 50% LDPE + 3% colorant
Echantillon 5	**Couche02 :** 45% LLDPE + 50% LDPE + 5% colorant
	Couche03 : 50% LLDPE + 50% LDPE + 0% colorant

GLOSSAIRE

SYMBOLES

ε	Contrainte
σ	Déformation
℃	Degré Celcius

INDICES

g	Vitreux
m	Fusion

SOMMAIRE

Abstract/Résumés/ملخص

Remerciements

Dédicaces

Glossaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des schémas

Liste des annexes

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de l'étude a

2. Objectifs du mémoire et organisation du manuscrit b

PARTIE 1 : ETAT DE L'ART

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE

I.1. Introduction 2

1.2. Histoire de l'emballage 2

1.3. Catégories des emballages 4

I.3.1. Emballage de vente ou emballage primaire 4

I.3.2. Emballage de groupage ou emballage secondaire 4

I.3.3. Emballage de transport ou emballage tertiaire 5

1.4. Les Fonctions d'emballage 5

1.5. Rôle de l'emballage 6

I.5.1. Rôle technique de l'emballage 6

I.5.2. Rôle marketing de l'emballage 7

SOMMAIRE

1.6. Emballage flexible (Multicouche) 7

I.6.1. Introduction 7

I.6.2. Principe de base 8

I.6.3. Matériaux supports du multicouche 8

a. Films polymères 8

b. Papiers 12

c. Aluminium 12

d. Matériaux additionnels 13

I.6.4. Caractéristiques d'un emballage multicouche 13

a. Processus de fabrication 13

b. Caractéristiques physico-chimiques d'une structure 17

1.7. Conclusion 19

CHAPITRE II. POLYETHYLENE BASSE DENSITE

II.1. Introduction 20

II.2. Structure des différents polyéthylènes basse densité 20

II.2.1. Homopolymères radicalaires 20

II.2.2. Copolymères et terpolymères radicalaires 20

II.2.3 Polyéthylènes basse densité linéaires 20

II.3. Procédés de fabrication 22

II.3.1. Polyéthylène basse densité radicalaire 22

a. Procédé en autoclave (plus ancienne) 22

b. Procédé en réacteur tubulaire 23

II.3.2. Polyéthylène basse densité linéaire 24

a. Procédé haute pression 24

b. Procédés basse pression 24

II.4. Mise en œuvre 25

II.4.1. Extrusion en continu 25

a. Extrusion de films 25

b. Extrusion-lamination (enduction) 27

c. Extrusion de tuyaux 27

d. Câblerie 27

II.4.2. Autres techniques 28

a. Extrusion-gonflage 28

b. Injection 29

d. Techniques des poudres 29

II.5. Les avantages du PEBD 29

II.6. Les inconvénients du PEBD 29

II.7. Propriétés 30

II.7.1. Généralités 30

a. Propriétés intrinsèques du PE-BD 30

b. Propriétés d'usage des produits finis 30

II.7.2. Propriétés physico-chimiques 30

a. Masses molaires 30

b. Propriétés rhéologiques 30

c. Relation entre cristallinité et masse volumique 31

d. Propriétés thermiques 31

e. Perméabilité aux gaz 31

f. Propriétés chimiques 31

g. Miscibilité, réactivité 32

II.7.3. Propriétés mécaniques 32

II.7.4. Propriétés électriques 32

II.8. Application 32

II.8.1 Films, sacs et sachets 32

a. Films et housses rétractables 33

b. Films étirables à froid 33

c. Films complexes 34

d. Emballages divers 34

e. Films agricoles 35

II.8.2. Complexes fabriqués par extrusion-lamination 36

a. Agroalimentaire 36

b. Autres industries 36

II.8.3. Tuyaux et tubes 36

II.8.4. Câblerie 36

a. Câbles de télécommunications 36

b. Câbles d'énergie 37

II.8.5. Corps creux 37

a. Corps creux par extrusion-gonflage 37

b. Corps creux par moulage par rotation 37

II.8.6. Objets injectés 37

II.8.7. Composés spéciaux 37

a. Mélanges-maîtres à base de PE-BD 37

b. Composés à base de polymères techniques 37

II.9. Conclusion 38

SOMMAIRE

BIBLIOGRAPHIE DE LA PARTIE I 39

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III. PROBLEMATIQUE ET MODE OPERATOIRE

III.1. Introduction 42

III.2. Produit élaboré et matériaux utilisés 42

III.2.1 Produit élaboré 42

III.2.2 Matériaux utilisés 44

a. Polyéthylène métallocène (mPE) 44

b. Polyéthylène basse densité radicalaire (LDPE) 45

c. Polyéthylène basse densité radicalaire linéaire (LLDPE) 45

d. Colorant à base de PE 46

III.3. Elaboration des échantillons 49

III.3.1. Le procédé de l'extrusion gonflage 49

III.3.2. Le mode opératoire du procédé 50

a. Emmagasination de la matière première 50

b. Formulation des différents échantillons 50

c. Alimentation et dosage de la matière première 51

d. Extrusion de la matière première 52

e. Gonflement de l'extrudât 53

f. Contrôle du film 54

g. Traitement corona 54

h. Enroulement et bobinage 54

i. Impression du film 55

III.4. Caractérisation des films 57

III.4.1. Identification des plastiques à l'aide de la spectrophotométrie IR 57

III.4.2. Transparence et opacité 59

III.4.3. Propriétés mécaniques des films 59

a. Propriétés de traction 59

b. Résistance à la déchirure 65

III.5. Conclusion 67

CHAPITRE IV. RESULTATS & DISCUSSION

IV.1. Introduction 68

IV.2. Interprétation des spectres FTIR 68

VI.3. Interprétation du test de l'opacité 69

IV.4. Interprétation des résultats des tests mécaniques 71

IV.4.1. Résistance de l'impression 71

IV.4.2. Epaisseur moyenne 72

IV.4.3. Coefficient de frottement 72

IV.4.4. Test de traction 73

IV.4.5. Test de résistance au déchirement 77

IV.5. Conclusion 77

BIBLIOGRAPHIE DE LA PARTIE II 78

CONCLUSION GENERALE

Conclusions de la thèse 80

ANNEXES 83

LISTE DES FIGURES

PARTIE 1 : ETAT DE L'ART

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE

I.1	Jalons de l'historique de l'emballage	3
I.2	Catégories des emballages	4
I.3	Principe du multicouche	8
I.4	Vue d'ensemble d'une machine d'impression héliographie 6 groupes (source Alcan Packaging Sarrebourg)	14
I.5	Vue individuelle d'un groupe d'impression héliographie (Source Alcan Packaging Sarrebourg)	14
I.6	Découpe de bobines « mères » en bobines « filles » (Source Alcan Packaging Sarrebourg)	17

CHAPITRE II. POLYETHYLENE BASSE DENSITE

II.1	Structures des différents polyéthylènes basse densité	21
II.2.	Procédé de polymérisation en autoclave du PE-BD	22
II.3	Procédé de polymérisation en suspension (en réacteur torique)	23
II.4	Procédé de polymérisation en phase gaz (lit fluidisé).	25
II.5	Extrusion- filière plate (film casting)	26
II.6	La Co-Extrusion	26
II.7	L'extrusion – Gonflage	28
II.8	Procédé D'injection	29

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III. PROBLEMATIQUE ET MODE OPERATOIRE

III.1	(a) Colorant (b) LDPE (c) LLDPE (d) mPE	47
III.2.	Les silos d'emmagasination de la matière première	50
III.3.	Trémies et système de dosage	51
III.4.	Les zones de la vis	52

III.5.	Parties de l'extrudeuse (vis + fourreau)	52
III.6.	La bulle de gonflage	53
III.7.	Les auvents pincés	53
III.8.	Caméra contrôleur	54
III.9.	Traitement corona de la surface du film	54
III.10.	Enroulement du film	55
III.11.	Bobinage du film	55
III.12.	Schéma détaillé du processus d'extrusion gonflage	55
III.13.	Système de contrôle de l'impression	56
III.14.	Camera de contrôle de l'impression	56
III.15.	Machine de découpage	56
III.16.	Film impressionné prêt à l'usage	57
III.17.	Un exemple de courbe de charge-déformation	59
III.18.	Un exemple de courbe contrainte-déformation	60
III.19.	Courbe contrainte-déformation, lorsque la résistance à la traction est indiquée à la limite d'élasticité	62
III.20.	Courbe contrainte-déformation, lorsque la résistance à la traction est indiquée à la rupture	63
III.21.	Effet de la température sur la courbe contrainte-déformation	65
III.22.	Effet de la vitesse des tests sur la courbe contrainte-déformation	65
III.23.	Films élaborés	65
III.24.	Machine d'essais universelle	66
III.25.	Film élaboré	66

CHAPITRE IV. RESULTATS & DISCUSSION

IV.1	Spectres FTIR des échantillons 01, 04 et 05	68
IV.2.	Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale du 1er échantillon	74

LISTE DES FIGURES

IV.3.	Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale : (a) 2ème échantillon et (b) 3ème échantillon	74
IV.4.	Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale : (c) 4ème échantillon et (b) 5ème échantillon	75

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE 1 : ETAT DE L'ART

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE

I.1 Rôles de l'emballage 06

I.2 Synthèse des caractéristiques des films polymères 09

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III. PROBLEMATIQUE ET MODE OPERATOIRE

III.1 Exigence technique et physique d'un film tri couche pochette de lait 43

III.2 Propriétés physico-mécaniques du « $DOWLEX^{TM}$ 2106GC LLDPE » 44

III.3 Propriétés physico-mécaniques du « Lupolen 2427 F » 45

III.4 Propriétés physico-mécaniques du « SABIC LLDPE 118WJ » 46

III.5 Propriétés physico-mécaniques du « POLYTEC BLANC PT 110470 » 46

III.6 Différents échantillon élaborés 50

III.7. Fréquences infrarouges des composés chimiques et exemples de polymères les contenant 58

III.8. Les matériaux peuvent être mous ou durs en fonction des propriétés de résistance à la traction 64

CHAPITRE IV. RESULTATS & DISCUSSION

IV.1 Bandes FTIR caractéristiques des échantillons 69

IV.2. Translucidité de divers matériaux d'emballage du lait a la lumière fluorescente 70

IV.3. Résistance de l'impression des cinq échantillons 71

IV.4. Épaisseur moyenne des cinq échantillons 72

IV.5. Coefficient de frottement des cinq échantillon 73

IV.6. Valeurs critiques des tests de traction des cinq échantillons 75

IV.7. Résistance a la déchirure des cinq échantillon 77

LISTE DES ANNEXES

01	Fiche technique d'un film pochette lait tri-couche fabriqué par la société SOEXPLAST	83
02	Exigence de la fiche technique de Giplait pour un film pochette lait tri-couche	85
03	A propos des différentes sociétés	86
04	Fiche technique du fournisseur de la matière $DOWLEX^{TM}$ 2106GC	89
05	Fiche technique du fournisseur de la matière Lupolen 2427F	92
06	Fiche technique du fournisseur de la matière SABIC LLDPE 118WJ	96
07	Fiche technique du fournisseur de la matière POLYTEC blanc PT 110470	98
08	Fiche de production de l'échantillon 01	99
09	Fiche de production de l'échantillon 02	100
10	Fiche de production de l'échantillon 03	101
11	Fiche de production de l'échantillon 04	102
12	Fiche de production de l'échantillon 05	103
13	Norme internationale ISO 527-3	104
14	Résultat des tests mécaniques de l'échantillon 01	108
15	Résultat des tests mécaniques de l'échantillon 02	109
16	Résultat des tests mécaniques de l'échantillon 03	110
17	Résultat des tests mécaniques de l'échantillon 04	111
18	Résultat des tests mécaniques de l'échantillon 05	112
19	Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 01	113
20	Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 02	117
21	Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 03	121

LISTE DES ANNEXES

22	Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 04	125
23	Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 05	129

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le récent essor du secteur de la vente au détail a provoqué un changement radical dans la manière dont le lait est conditionné et distribué dans les centres urbains. L'augmentation de la consommation de lait et l'évolution des modes de vie ont amené le secteur laitier à se lancer dans des solutions d'emballage plus intelligentes, durables, économiques et recyclables, tout en consommant moins d'énergie et d'eau et en émettant moins de gaz à effet de serre. Dans l'idéal, dans une économie circulaire, il est important de garder à l'esprit les conséquences associées ainsi que la disponibilité de ressources alternatives.

Les emballages en plastique offrent des avantages en cascade à la chaîne de valeur sous la forme d'une durée de vie prolongée des aliments sans nécessiter de réfrigération ni de réduction des émissions liées au transport. L'utilisation d'emballages en plastique au lieu de cartons permet de réduire les coûts environnementaux à près de quatre fois moins que les solutions classiques.

La fonction principale d'un emballage est de protéger le produit, c'est à travers cette fonction que la société tire le meilleur avantage de la prévention du gaspillage alimentaire, permettant la réalisation d'économies d'échelle dans la production et la distribution de biens au monde entier. Les emballages souples sont parfaitement adaptés aux défis du marché et constituent la forme d'emballage qui connaît la croissance la plus rapide. La technologie des films multicouches induit cette croissance en permettant de combiner des couches spécialisées dotées de propriétés de résistance aux soudures, barrières ou aux abus afin de répondre aux exigences d'emballage de la manière la plus économique.

À cela s'ajoute la diversité des procédés de fabrication pouvant être utilisés pour assembler ces structures. Les tendances futures conduiront à une spécialisation accrue, ce qui souligne la nécessité d'une compréhension fondamentale de la technologie des emballages souples.

Le polyéthylène (PE) est le plastique le plus largement utilisé aujourd'hui dans les emballages souples. Il est apprécié pour sa barrière à l'eau, sa ténacité, sa scellabilité et sa transparence. Le polyéthylène avec son large spectre de propriétés physiques est utilisé dans une multitude d'applications. La clé de son adaptabilité réside dans sa morphologie semi-cristalline ajustable, qui peut être contrôlée en manipulant des variables moléculaires et de traitement. La ténacité, la dureté, la clarté et d'autres caractéristiques physiques peuvent être régulées en modifiant son poids moléculaire, son type de comonomère et sa teneur en comonomère. Des résines adaptées à la plupart des procédés de fabrication thermoplastiques du commerce peuvent être créées en contrôlant le poids moléculaire, la distribution du poids

moléculaire et les caractéristiques de ramification. Dans le monde, la consommation annuelle de polyéthylène dépasse 40 milliards de kilogramme, dont environ 35% sont utilisés aux États-Unis. Un polyéthylène haute densité, basse densité et linéaire basse densité remplit la grande majorité de cette demande, un copolymère d'éthylène-acétate de vinyle, un polyéthylène de très basse densité et des ionomères étant utilisés dans des quantités bien moindres.

Le but de ce travail de recherche est d'« extraire les facteurs déterminant la qualité d'un film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur l'élaboration de plusieurs formulations, et en choisir la meilleure qui donne de bons résultats de caractérisation ».Ce travail est structuré en quatre chapitres dont :

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE, qui rappelle l'apparition des emballages souples avec leurs caractéristiques avantageuses qui justifient leur utilisation qui s'accroit continuellement ces dernières décennies avec l'introduction de nouvelles technologies.

CHAPITRE II : POLYETHYLENE BASSE DENSITE, consacré à l'étude des polymères à base de polyéthylène et leur large spectre de propriétés physiques qui est adapté dans une multitude d'applications, en manipulant des variables moléculaires et de traitement.

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET MODE OPERATOIRE, qui a pour objectif de présenter d'une part, les matériaux utilisés dans cette étude, la préparation des échantillons en utilisant l'extrusion gonflage, pour un film tri-couche d'un emballage : pochette de lait, en détaillant toutes les étapes de cette mise en forme, et les diverses techniques qui ont permis la caractérisation des films préparés.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION, qui est consacré à exposer les résultats obtenus des analyses faites de nos échantillons, et les discuter afin de répondre à la problématique composée. Des projections des notions cités dans les chapitres précédant vont être utiles afin de pouvoir enrichir les discussions.

PARTIE 1 :

ETAT DE L'ART

PARTIE 1 : ETAT DE L'ART

Cette partie rappelle les éléments indispensables à la compréhension et à l'étude du sujet. Un état de l'art sur les emballages souples à travers une synthèse bibliographique est présenté dans le chapitre I. Ce chapitre rappelle l'apparition de ces structures avec leurs caractéristiques avantageuses qui justifient leur utilisation qui s'accroit continuellement ces dernières décennies avec l'introduction de nouvelles technologies. L'emballage souple a reconnu quant à lui une diffusion plus rapide, grâce aux multiples caractéristiques qui le rend plus utile et efficace que l'emballage rigide, et surtout la structure stratifiée (multicouches) qui ne cesse de se développer afin de répondre aux exigences du marché en créant de nouvelles fonctionnalités concurrentielles.

Des éléments succincts mais indispensables sur les polyéthylènes sont rappelés dans le Chapitre II, et notamment ceux intéressant leur large spectre de propriétés physiques qui est adapté dans une multitude d'applications, en manipulant des variables moléculaires et de traitement. Dans ce chapitre, on s'attache à décrire le processus de polymérisation des polyéthylènes, leurs caractéristiques physiques qui peuvent être régulées en modifiant leur poids moléculaire, leurs type et teneur des comonomères, pour qu'elles soient adaptées à la plupart des procédés de fabrication thermoplastiques du commerce, en contrôlant le poids moléculaire, la distribution du poids moléculaire et les caractéristiques de ramification.

CHAPITRE I :

EMBALLAGE FLEXIBLE

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE

I.1. Introduction

La fonction principale d'un emballage est de protéger le produit, c'est à travers cette fonction que la société tire le meilleur avantage de la prévention du gaspillage et l'altération du produit, permettant la réalisation d'économies d'échelle dans la production et la distribution des biens au monde entier.

Les emballages flexibles (souples) sont parfaitement adaptés aux défis du marché et constituent la forme d'emballage qui connaît la croissance la plus rapide. La technologie des films multicouches induit cette croissance en permettant de combiner des couches spécialisées dotées de propriétés de résistance aux soudures, barrières ou aux abus afin de répondre aux exigences d'emballage de la manière la plus économique.

À cela s'ajoute la diversité des procédés de fabrication pouvant être utilisés pour assembler ces structures. Les tendances futures conduiront à une spécialisation accrue, ce qui souligne la nécessité d'une compréhension fondamentale de la technologie des emballages flexibles.

I.2. Histoire de l'emballage

L'emballage est défini comme tout objet constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et à protéger des marchandises données allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation.

D'une façon plus globale, l'emballage d'un produit peut se définir comme : « dans le produit, tout ce qui n'est pas le produit lui-même ». [1]

D'un point de vue historique, les premières sociétés de chasseurs-cueilleurs utilisaient probablement des peaux d'animaux et d'autres textiles pour transporter et stocker de la nourriture. Le développement de l'agriculture il y a au moins 10000 ans a coïncidé avec le développement d'autres formes d'emballage. L'agriculture a favorisé la croissance de sociétés plus larges, donc la nécessité de stocker de la nourriture. Les premiers greniers utilisaient probablement des paniers tissés à partir de diverses plantes. Les preuves les plus anciennes de tissage de paniers remontent à environ 10 000 à 12 000 ans, mais les artefacts antérieurs pourraient ne pas avoir survécu [2] (Schéma I.1).

Le polyéthylène (PE) est le plastique le plus largement utilisé aujourd'hui dans les emballages souples. Il est apprécié pour sa barrière à l'eau, sa ténacité, sa scellabilité et sa transparence. Hans von Pechmann a d'abord fabriqué du PE, bien qu'il l'ait fait accidentellement lors du chauffage de diazométhane dans un tube à essai en 1898. La substance cireuse blanche a été analysée par des collègues pour contenir de longues molécules qu'ils ont surnommée polyméthylène.

CHAPITRE I : EMBALLAGE FLEXIBLE

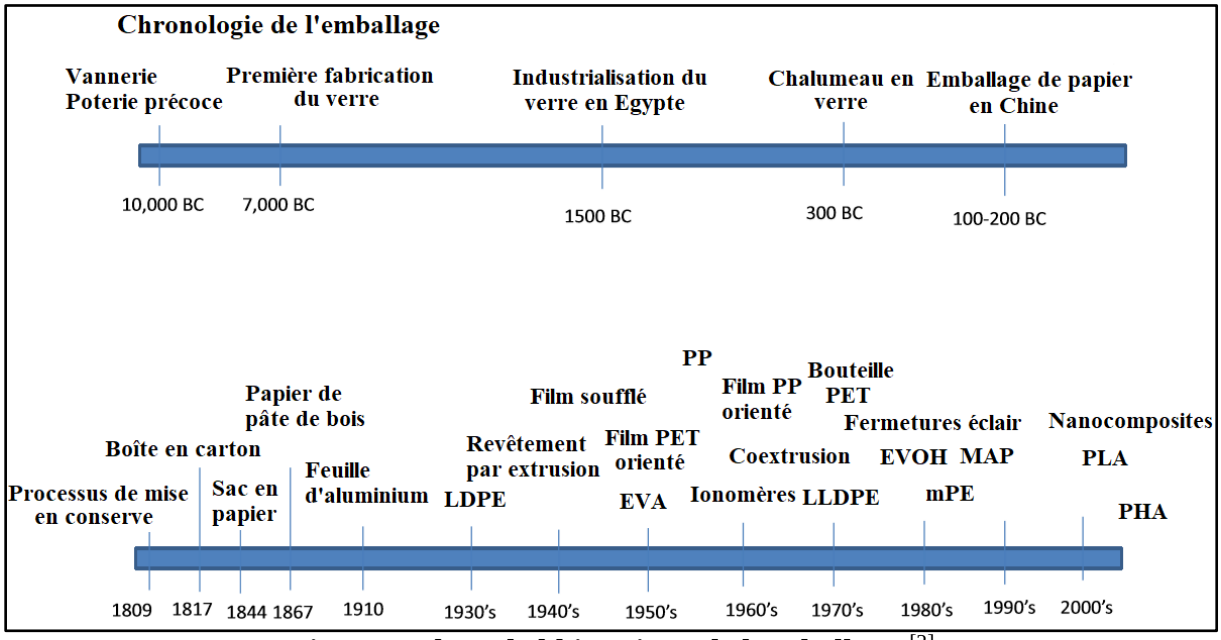


Fig. I.1. Jalons de l'historique de l'emballage [2]

Dans les années 1930, ICI développa le procédé de polymérisation radicalaire à haute pression pour la fabrication de polyéthylène basse densité (LDPE). Commercialisé en 1939, le LDPE a été utilisé pendant la Seconde Guerre mondiale pour les radars et des câbles d'isolation. DuPont a collaboré avec ICI et la production aux États-Unis a commencé en 1943. Union Carbide et Dow Chemical produisaient également du LDPE dans les années 1950 [3].

Entre 1950 et 1990, d'autres matériaux utilisés dans les emballages ont été introduits : éthylène acétate de vinyle (EVA), copolymères d'éthylène et d'acide, ionomères, polypropylène (PP), polyamide 6 (PA6), éthylène alcool vinylique (EVOH), polychlorure de vinylidène (PVDC), polystyrène et résines liantes. [4]

Le procédé de soufflage de film s'est également développé avec l'avènement du LDPE. La demande de films d'emballage imperméables présentant une bonne ténacité à basse température a progressé dans les années 1940 et 1950, et le LDPE était le plastique qui répondait à ce besoin. [5] Il existe souvent plusieurs façons de résoudre un besoin d'un emballage en modifiant les couches ou le processus. Par exemple, un film barrière peut être fabriqué en stratifiant un substrat barrière tel qu'une feuille d'aluminium sur un film thermosoudable ou en co-extrudant une résine barrière tel qu'un copolymère d'éthylène alcool vinylique (EVOH) avec un agent d'étanchéité. Souvent, le choix dépend des besoins secondaires de l'application et des équipements dont dispose le convertisseur. [6]

I.3. Catégories des emballages

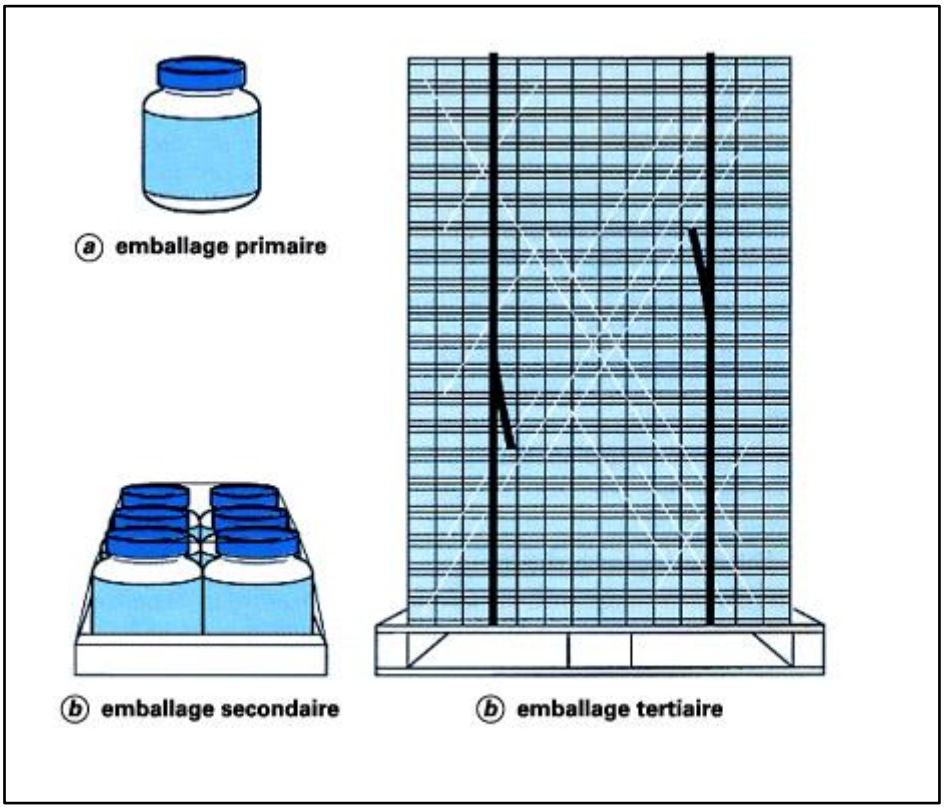


Figure I.2. Catégories des emballages

I.3.1. Emballage de vente ou emballage primaire

L'emballage de vente ou emballage primaire (figure 1.2.a) est l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente une unité de vente pour l'utilisateur final ou le consommateur.

Exemple :

Boîte de conserve métallique, tube de dentifrice en plastique dans son étui en carton, bouteille de verre pour liquide, boîte en carton et ses calages en polystyrène pour le petit électroménager.

I.3.2. Emballage de groupage ou emballage secondaire

L'emballage de groupage ou emballage secondaire (figure 1.2.b) est l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente un groupe d'un certain nombre d'unités de vente, qu'il soit vendu tel quel à l'utilisateur final ou au consommateur, ou qu'il serve seulement à garnir les présentoirs au point de vente. Il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques.

Exemple :

Pack en carton de boîtes de boisson, lot sous film en plastique de deux flacons.

I.3.3. Emballage de transport ou emballage tertiaire

L'emballage de transport ou emballage tertiaire (figure 1.2.c) est l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballages de groupage en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. L'emballage de transport constitue une unité de distribution.

Exemple :

Plateau en carton pour fruits et légumes, casier en plastique pour bouteilles, emballage en carton ondulé pour téléviseur, fût métallique pour produits chimiques.

L'ensemble des matériaux d'emballage d'un emballage de transport permettant de regrouper des unités de distribution afin de constituer une charge de manutention et de transport, se nomme **le suremballage**.

Exemple :

Palette en bois, films plastiques étirables et rétractables pour solidariser les charges palettisées, feuillards plastiques et métalliques pour maintenir les charges palettisées.

Note : Dans la pratique, la distinction n'est pas toujours aussi claire et certains emballages peuvent appartenir à plusieurs catégories. [1]

I.4. Les Fonctions d'emballage

Tous les emballages répondent à des fonctions précises qui n'ont guère varié dans leur principe, mais qui connaissent une importance croissante dans notre vie quotidienne :

- **Une fonction de contenant :** l'emballage est avant tout un récipient, associé à des servitudes métrologiques réglementaires (obligation de l'indication exacte de la masse ou du volume contenu).
- **Une fonction de présentation :** visant à retenir l'attention et à séduire l'acheteur dans le linéaire de distribution (c'est la fonction qui intéresse les services « marketing »).
- **Une fonction d'information :** par l'étiquetage, de plus en plus importante, associée à des servitudes réglementaires quant aux types d'informations et à la loyauté des renseignements donnés.
- **Une fonction de service :** dans la mesure où l'emballage apporte un service spécifique : flacon pulvérisateur, flacon saupoudreur, boite auto-chauffante, etc. la notion de

service s'étend également à la commodité d'emploi, notamment à la facilité d'ouverture sans outils particulier. On pourrait inclure dans cette fonction de service une fonction de réutilisation, de nombreux emballages connaissant un second usage, parfois imprévu ; réutilisation parfois utilisée comme argument de vente (on pense au verre à moutarde, par exemple).

- **Une fonction de sécurité alimentaire :** protection vis-à-vis d'une contamination ou d'une population délictueuse (fraude, vol par substituions, malveillance, etc.).
- **Une fonction de protection physique** : vis-à-vis des chocs mécaniques (manutention, palettisation, transport), des variations de température (emballages isothermes), de la lumière (matériaux filtrant les UV par exemple).
- **Une fonction d'auxiliaire technologique de conservation et de protection :** de la qualité du produit alimentaire contre les agents extérieurs d'altération physico-chimique et biochimique des aliments associée à une obligation d'innocuité toxicologique et d'inertie chimique des matériaux constituants l'emballage vis –à-vis de son contenu (problème des transferts). [7]

I.5. Rôle de l'emballage

I.5.1. Rôle technique de l'emballage

Les emballages ont pour rôle de contenir le produit, de le préserver de toute contamination, de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son étalage, son utilisation et enfin sa disposition finale. Le tableau I.1 résume les différents rôles et intervenants en emballage alimentaire.

Tab. I.1. Rôles de l'emballage

Rôle technique	Rôle marketing	intervenants
Contenir	Vendre	fabricants
Préserver	Communiquer	Transformateurs
Transporter	Motiver	Détaillants/grossiste
Utiliser	Informer	Consommateurs

Il est cependant rare de trouver un seul emballage qui répond à tous ces rôles, d'où la nécessité d'un ensemble de matériaux qui forment un système d'emballage parfaitement adapté

au produit. L'emballage est donc un système de formes interdépendantes qui nécessite une approche globale afin de composer un système efficace.

L'approche système intègre plusieurs facteurs pour le design de l'emballage : le design du produit, sa fabrication, son entreposage, sa distribution, la vente au détail et la consommation en tenant compte de l'image de marque et de l'environnement législatif.

Les matériaux d'emballage les plus fréquemment utilisés dans l'industrie alimentaire sont : les plastiques (flexibles ou rigides), les papiers, les cartons, le verre et les métaux. Les utilisateurs finaux sont les institutions, les grossistes, les détaillants et les consommateurs.

I.5.2. Rôle marketing de l'emballage

Dans un marché de plus en plus compétitif où les nouveaux produits se multiplient à un rythme accéléré, l'emballage est devenu l'outil de communication le plus stratégique pour tous les produits de consommation courante. Premier contact avec le consommateur, voire souvent le seul, le design d'emballage dépasse l'exercice esthétique : il est un véritable défi de communication.

Un mauvais design d'emballage constitue d'ailleurs l'une des principales sources d'échec des nouveaux produits lancés, cette ultime étape de réalisation (et première étape de commercialisation) étant souvent trop rapidement (ou mal) pensée, créée et réalisée.

En emballage, tout a un sens. Prenons les couleurs, par exemple. Leur sens peut varier d'une catégorie de produits à l'autre : un vert trop vif évoquera des saveurs artificielles, alors qu'un vert doux suggérera plutôt un produit nature. Aussi, l'angle et le positionnement des différents éléments de communication peuvent transmettre une multitude de messages pouvant être positifs ou contraires à l'image souhaite. [8]

I.6. Emballage flexible (Multicouche)

I.6.1. Introduction

Comme il n'existe pas de matériau d'emballage idéal ayant toutes les qualités requises : présentation, conservation, machinabilité, les spécialistes de cette industrie ont créé des matériaux spécifiques qui, par association des couches, réunissent ces différentes propriétés. C'est ainsi que se sont développés les « complexes », à l'origine fabriqués par lamination (ou complexage) de différentes couches de matériaux, et maintenant très fréquemment réalisés par coextrusion, certaines technologies associant même complexage, coextrusion et procédé tandem. [9]

I.6.2. Principe de base [10]

Le principe de base est simple : chaque couche (ou matériau support) d'un emballage flexible a des propriétés bien précises (perméabilités, résistance mécanique, imprimabilité, aspect visuel...). On relie, à l'aide de matériaux additionnels (colles, cires...), les différentes couches pour obtenir ce que l'on appelle une structure. L'objectif, au final, est de créer une structure ayant des caractéristiques apportées par les différentes couches. Ces caractéristiques sont jugées nécessaires pour le produit emballé, ou pour la fonction demandée par le consommateur (figure 1.3).

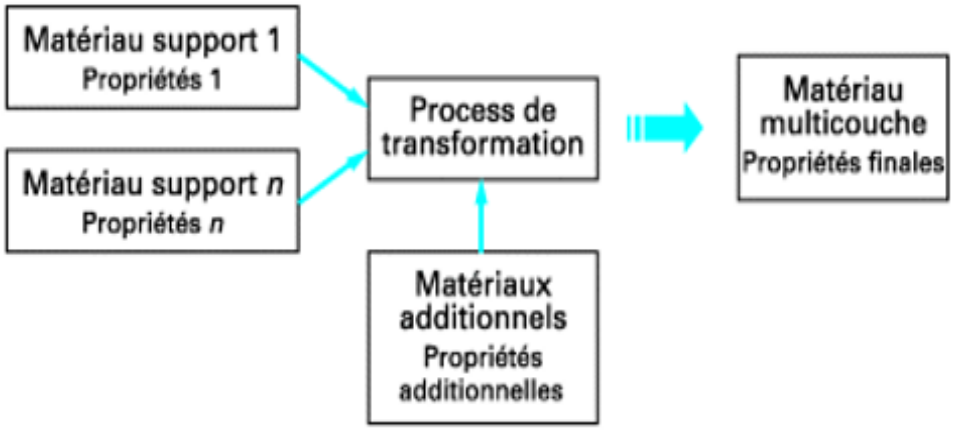


Fig. 1.3. Principe du multicouche [10]

I.6.3. Matériaux supports du multicouche

Les matériaux supports sont principalement utilisés en bobine chez les fabricants d'emballages flexibles multicouches. Ces matériaux sont constitués de trois familles principales : les films polymères, les papiers, et l'aluminium.

Les matériaux additionnels sont principalement utilisés sous forme liquide. Ce sont des enductions (cires, paraffines et hotmelts), des colles, des vernis et des encres, du polyéthylène de polyoléfines. [10]

a. Films polymères

Le choix du film va donc dépendre du produit à emballer, de la machine d'emballage utilisée, du traitement que le produit subira après emballage (stérilisation, refroidissement …) et, également du process de fabrication de l'emballage multicouche (voir la synthèse faite au tableau I.2).

❖ Pellicule cellulosique

La pellicule cellulosique est composée d'un film de cellulose semi-perméable et d'une enduction vinylique ou nitrocellulosique) réalisée chez le producteur. Cette dernière permet de lui apporter une barrière vis-à-vis de la vapeur d'eau et vis-à-vis de l'oxygène. Ces barrières peuvent être qualifiées de « relatives ». En effet, leurs valeurs changent en fonction des conditions extérieures et, notamment, en fonction du degré d'humidité. Deux grades particuliers (WS et WSZB) sont très utilisés dans les complexes multicouches des fromages type pâte molle à cause de cette caractéristique.

Tab. I.2. Synthèse des caractéristiques des films polymères [10]

	Pellicule cellulosique	Polypropylène	Polyéthylène	Polyester	Polyamide
Aspect extérieur	Brillant	Brillant, mat ou nacré, pouvant être métallisé	Blanc, translucide ou mat (PEHD)	Brillant pouvant être métallisé	Brillant
Barrière à la vapeur d'eau	Relative en fonction des conditions extérieures	Haute	Élevée	Faible	Faible
Barrière aux gaz	Relative en fonction des conditions extérieures	Faible	Faible	Haute	Élevée
Support d'impression	Bon	Bon pour les polypropylènes orientés	Mauvais	Bon	Bon pour les polyamides orientés
Résistance mécanique	Bonne	Élevée	Bonne	Élevée	Haute
Aptitude au pliage	Bonne	Faible	Moyenne	Bonne	Moyenne
Résistance thermique	Élevée	Faible	Faible	Élevée	Élevée

La pellicule cellulosique est un bon support d'impression. Il faut faire attention à la qualité des encres utilisées, et notamment des solvants. En effet, ces derniers peuvent modifier les capacités barrières de la pellicule cellulosique en s'attaquant à l'enduction réalisée par le fabricant.

L'aspect extérieur de la pellicule cellulosique est brillant, point important pour l'aspect marketing. Elle peut être transparente ou blanche.

Du fait d'être constituée d'un film de cellulose, la pellicule cellulosique possède la capacité d'absorption d'humidité. C'est un second point important pour son utilisation dans les emballages de certains produits.

La pellicule cellulosique est scellable sous l'effet de température allant de 50 oC à 100 oC (variables suivant les grades du fabricant). La thermorésistance de ce matériau est élevée. Elle a également une bonne aptitude à la découpe et au pliage, ce qui lui confère une bonne machinabilité.

À ce jour, il existe un seul fabricant de pellicule cellulosique : INNOVIA Films. [11]

❖ Film polypropylène

Les films polypropylènes orientés (ou OPP) sont fabriqués à partir de produits de base pétrochimiques (oléfines de propylène). C'est un film qui a remplacé, sur de nombreuses applications, la pellicule cellulosique et l'aluminium, surtout pour des questions économiques. Le film de polypropylène orienté est utilisable comme support d'impression. [12] Il faut imprimer sur la face du film ayant subi un traitement Corona chez le fournisseur. Ce traitement (application d'un champ électrique en surface du film) modifie la tension de surface du film afin de permettre l'adhésion des encres. C'est un film qui peut être opaque, transparent, nacré ou métallisé. L'aspect extérieur peut être également nacré ou mat.

Le polypropylène orienté est un film « haute » barrière vis-à-vis de la vapeur d'eau. Dans de nombreuses applications, ce film est perforé pour augmenter la perméabilité à la vapeur d'eau. Par contre, il est peu barrière à l'oxygène et au dioxyde de carbone. Pour augmenter cette barrière, il faut l'enduire de vernis spécifiques (Polychlorure de vinylidène : PVC, éthylène-alcool vinylique : EVOH, Acrylique, ou Silice : SiO_x).

La fonction de scellage peut être apportée au polypropylène orienté grâce à l'enduction d'un vernis. Le polypropylène « co-extrudé » possède également la fonction de scellage.

Le polypropylène orienté a une faible thermo-résistance (maximum 140 °C).

La machinabilité du polypropylène orienté peut être qualifiée de moyenne. En effet, l'aptitude à la découpe est bonne, mais l'aptitude au pliage est faible. C'est un matériau avec un effet mémoire assez important.

Le film polypropylène est stérilisable dans le cas des films « Cast » (film polypropylène pour application de scellage non imprimable). [13]

❖ Film polyéthylène

Les films de polyéthylène (ou PE) sont également fabriqués à partir de produits de base pétrochimique (oléfines d'éthylènes). Il s'agit du film polymère le plus utilisé dans le monde. Dans les structures d'emballages multicouches, il est présent comme agent de scellabilité et d'étanchéité. Il peut être pelable (sur PS, PP, et PET) ou non. Il n'est pas utilisé comme support d'impression car c'est un film très élastique. On peut éventuellement l'imprimer en flexographie, mais pas en héliographie.

Le film polyéthylène peut être blanc ou translucide. Dans le cas du film polyéthylène haute densité, l'aspect est mat.

Le film polyéthylène a une bonne barrière vis-à-vis de la vapeur d'eau. Il est, par contre, très perméable aux gaz. Seuls les films polyéthylène co-extrudés avec une couche d'éthylène-alcool vinylique EVOH sont barrière aux gaz.

Le film polyéthylène a une bonne résistance mécanique, mais possède une résistance thermique limitée à 90-100 °C. Il s'agit d'un film pasteurisable, mais non stérilisable. [14]

❖ Film polyester

Le film polyester orienté (ou PET) est un bon support d'impression. D'un point de vue aspect extérieur, c'est un film brillant pouvant être métallisé.

Le film polyester possède une bonne barrière contre les gaz, mais une faible barrière vis-à-vis de la vapeur d'eau. Cette dernière est améliorée dans le cas où le film est métallisé. L'ajout d'une enduction silice SiO_x ou alumine (AlO_x) est également une solution pour améliorer la barrière.

Ce film a une bonne résistance mécanique, aussi bien à la déchirure, qu'à la perforation. Cela le rend assez difficile à couper sur les machines de conditionnement. Il faut utiliser des couteaux de découpe spécifiques.

La machinabilité de ce matériau est bonne : l'aptitude au pliage est particulièrement intéressante. Ce film a également une bonne thermo-résistance. Il s'agit d'un film qui peut être stérilisable. [10]

❖ Film polyamide

Le film polyamide orienté (ou OPA) est connu sous le nom de film de nylon®. Il peut être utilisé comme support d'impression. Son aspect extérieur est brillant.

Le film polyamide possède une bonne barrière contre les gaz, mais c'est un film très perméable vis-à-vis de la vapeur d'eau. Comme pour les autres films, cette dernière caractéristique est modifiable par l'ajout d'une enduction silice.

Ce film a une très bonne résistance mécanique, aussi bien à la déchirure, qu'à la perforation. La machinabilité de ce matériau est très délicate : l'aptitude au pliage est moyenne et l'aptitude à la découpe est faible.

Le film polyamide est un film stérilisable. [15] On a recours à ce film pour des structures nécessitant de la souplesse et de la capacité à la déformation. Il est donc très utilisé pour des structures de thermoformage. [16]

❖ Autres films polymères

On rencontre de plus en plus de nouveaux polymères utilisés dans les structures multicouches :

le film PLA® (ou Poly Lactic Acid) : c'est un film biodégradable à base de maïs, très perméable aux gaz et à la vapeur d'eau. Les barrières peuvent également être améliorées avec une enduction silice. Ce matériau possède une bonne aptitude au pliage. Un frein à son utilisation : le coût ; [17]

Les nouveaux supports biodégradables : MaterBy®, Ecoflex®... ;

Le film polystyrène. Ce matériau est perméable aux gaz et à la vapeur d'eau. Il possède une bonne résistance mécanique. Il est encore peu utilisé dans les structures à cause du bruit « métallique » émis lors de sa manipulation ; [18]

Le PVAL (ou Polyvinyl Alcool) : film hydrosoluble. [19]

b. Papiers

Il y a quatre familles de papier couramment utilisées dans les emballages multicouches flexibles : kraft, couché, sulfurisé, et non tissé.

1- Papiers krafts.

2- Papiers couchés.

3- Papiers sulfurisés.

4- Papiers non tissés. [10]

c. Aluminium

L'aluminium est très utilisé dans les flexibles multicouches sous forme de feuille de 6,35 µm d'épaisseur à 15 µm. Il se déchire facilement, et il peut avoir un aspect mat ou brillant.

Plusieurs caractéristiques de l'aluminium en font un matériau majeur incontournable dans de nombreuses applications de multicouches flexibles. En effet, l'aluminium est très barrière vis-à-vis de la vapeur d'eau et des gaz. On estime que ces barrières sont totales pour l'aluminium à partir de 20 µm d'épaisseur. L'aluminium permet de transférer facilement la chaleur. Il possède également une excellente machinabilité, car il se découpe facilement et possède une bonne mémoire des plis.

L'inconvénient majeur de ce matériau est sa sensibilité à la corrosion, il faut le protéger par une enduction de vernis.

d. Matériaux additionnels [10]

- Cires, paraffines et hotmelts.
- Colles.
- Résines d'extrusion.
- Vernis et encres.
- Autres.

I.6.4. Caractéristiques d'un emballage multicouche

Nous allons poursuivre notre étude par la présentation du processus de fabrication des emballages multicouches, ainsi que par celle des caractéristiques physico-chimiques de la structure.

a. Processus de fabrication

La fabrication d'un emballage multicouche se déroule en deux phases : transformation (assemblages de matériaux supports et enductions), et personnalisation (impression et découpe au format de l'utilisateur). [10]

➢ Impression

Deux techniques d'impression sont couramment utilisées dans l'industrie de l'emballage flexible multicouche : l'héliographie et la flexographie. On trouve également la flexographie UV, l'offset, l'impression digitale.

- Héliographie

Cette technologie est apparue en 1822. [20] Elle est dérivée des méthodes de la gravure en creux. C'est un procédé par lequel l'image photographique est gravée sur un cylindre en cuivre, puis imprimée sur un support.

Une machine d'impression est composée de groupes d'impression. Chaque groupe correspond à la possibilité de déposer, sur un matériau support, une couleur ou un vernis. Entre

deux groupes, le matériau à imprimer est séché dans des caissons pour éliminer les solvants contenus dans les encres (figure 1.4).

Le cylindre d'impression (ou cylindre gravé) est composé d'une carcasse en acier, d'un recouvrement de cuivre (zone gravée) et d'une protection en chrome. Le cylindre gravé happe l'encre contenue dans l'encrier. La racle frotte sur le cylindre en essuyant l'encre en surplus qui est en dehors des creux. Le cylindre presseur permet le contact entre le film à imprimer et l'encre contenue dans les creux du cylindre gravé. La vitesse de rotation des cylindres est de l'ordre de 300 mètres par minute (figure 1.4). [10]

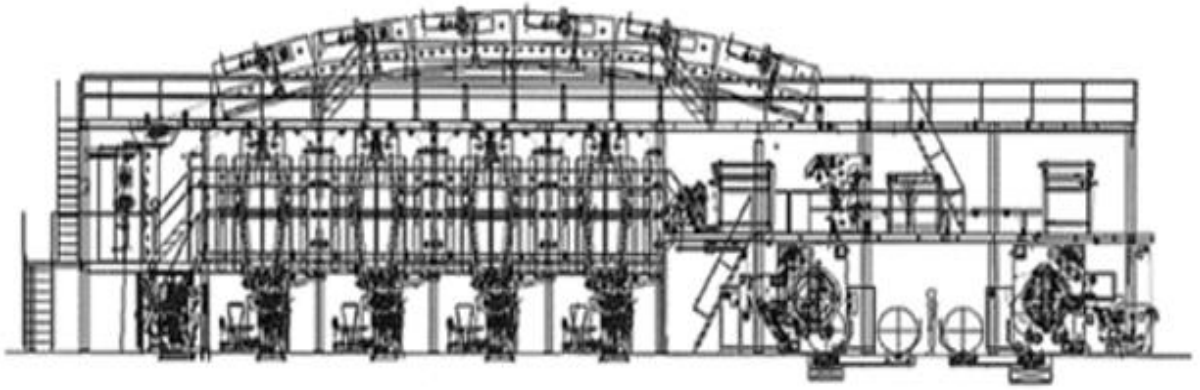


Fig.1.4. Vue d'ensemble d'une machine d'impression héliographie 6 groupes (source Alcan Packaging Sarrebourg) [10]

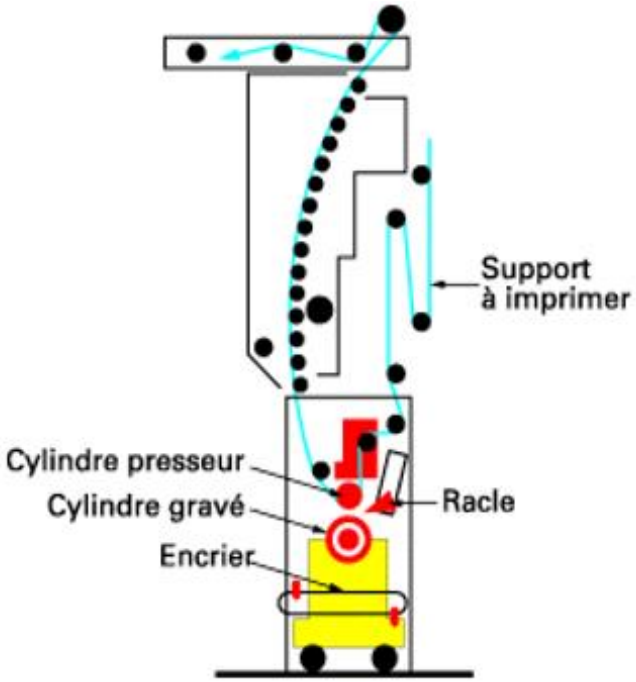


Figure 1.5 - Vue individuelle d'un groupe d'impression héliographie (Source Alcan Packaging Sarrebourg) [10]

- **Flexographie**

Cette technologie est apparue en 1890. Elle est un dérivé de la typographie et utilise une forme imprimante souple en relief appelée « cliché »). [21]

Le cylindre d'impression (ou cylindre cliché) est composé d'une carcasse en acier, d'un recouvrement en caoutchouc (manchon) et d'une gravure en relief, type « tampon ». Le barboteur encrier happe l'encre et permet le transfert de cette dernière au cylindre encreur. Ce dernier est gravé en creux et permet de définir la quantité d'encre à transférer sur le cylindre cliché. Le cylindre presseur permet le contact entre le film à imprimer et l'encre contenue sur le cylindre cliché.

On trouve également des machines avec le cliché collé sur un cylindre fixe.

➢ **Contre-collage/lamination**

Lors de cette phase de process, on réalise des laminations (assemblage de deux matériaux supports à l'aide d'une matière additionnelle), et des enductions (dépose d'une matière additionnelle sur un matériau).

- **Contre-collage à base de colle**

Il existe trois types de contre-collage à base de colle :

1. Le contre-collage sans solvant (utilisation de colle sans solvant) ;
2. Le contre-collage humide ;
3. Le contre-collage sec.

Les machines de contre-collage tournent à des vitesses de 300 mètres par minute.

- **Contre-collage sans solvant**

Les grammages de colles à déposer sur les matériaux sont très faibles. Pour le contre-collage de deux matériaux « barrières », il faut déposer 1.5 g de colle sans solvant par m2. Si on veut assembler deux matériaux dont l'un est un papier, il faudra déposer environ 3.5 g par m2 à cause de l'absorption de la colle par le papier. Il faut laminer la colle pour assurer une dépose homogène sur toute la surface du matériau.

- **Contre-collage humide et contre-collage sec**

Dans ce type de contre-collage, les grammages de colle à déposer sont assez importants. En effet, on doit déposer la matière adhésive de la colle (soit 3 à 6 g par m2 suivant les matériaux à assembler), plus le solvant associé.

Dans le cas du contre-collage humide, on assemble les deux matériaux, puis on sèche la structure sous des caissons d'air chaud afin d'éliminer le solvant. Il faut qu'il y ait au moins un matériau très poreux dans la structure qui puisse permettre d'évacuer le solvant.

Dans le cas du contre-collage sec, on commence par déposer la colle sur un des matériaux, et on les assemble après séchage de la colle. On peut assembler deux matériaux « barrières » par cette technique.

- **Contre-collage et enduction par technologie d'extrusion**

La technologie d'extrusion peut permettre de contre-coller deux matériaux ou de réaliser un couchage de matière plastique sur un matériau. On extrude de la matière plastique comme du polyéthylène (sous température de 300 °C), puis on la dépose via une filière sur les matériaux à assembler (ou sur le matériau à enduire). L'adhésion se crée thermiquement ou chimiquement grâce au refroidissement de la structure par un passage sur un cylindre dans lequel circule un fluide frigorigène (cylindre « Chill Roll »).

L'adhésion du film plastique extrudé sur un matériau peut être amélioré par l'utilisation d'un « primer » (enduction type vernis) sur ce dernier.

- **Contre-collage par cires et enduction paraffine et hotmelts**

On peut assembler deux matériaux à l'aide de cires spécifiques de contre-collage. Une cire de contre-collage est chauffée aux environs de 80-90 °C. Elle est ensuite déposée sur un des matériaux à assembler. Puis, on assemble le second matériau. Enfin, comme dans le cas de l'extrusion, on refroidit la structure à l'aide d'un cylindre « froid » pour donner la fonction d'adhérence à la cire.

On réalise beaucoup d'enductions à base de paraffines et de hotmelts sur des papiers. Les paraffines sont chauffées aux alentours de 80-90 °C, et les hotmelts sont chauffés aux alentours de 130-140 °C. Il y a ensuite trois façons de réaliser l'enduction sur le papier :

- ✓ Enduction une face par transfert ;
- ✓ Enduction une face par trempage ;
- ✓ Enduction double face par trempage.

La paraffine (ou l'hotmelt) est ensuite figée grâce à des cylindres de refroidissement.

➢ Bobinage

Lors des phases précédentes, les fabricants travaillent en bobine de 10 000 mètres linéaires et dans des laizes proches de 1 mètre. On les appelle bobines « mères ». Il faut couper

ces dernières à la taille des machines de conditionnement des utilisateurs et, parfois, les découper en formats pour les utilisateurs ne possédant pas de machine (figure 1.6).

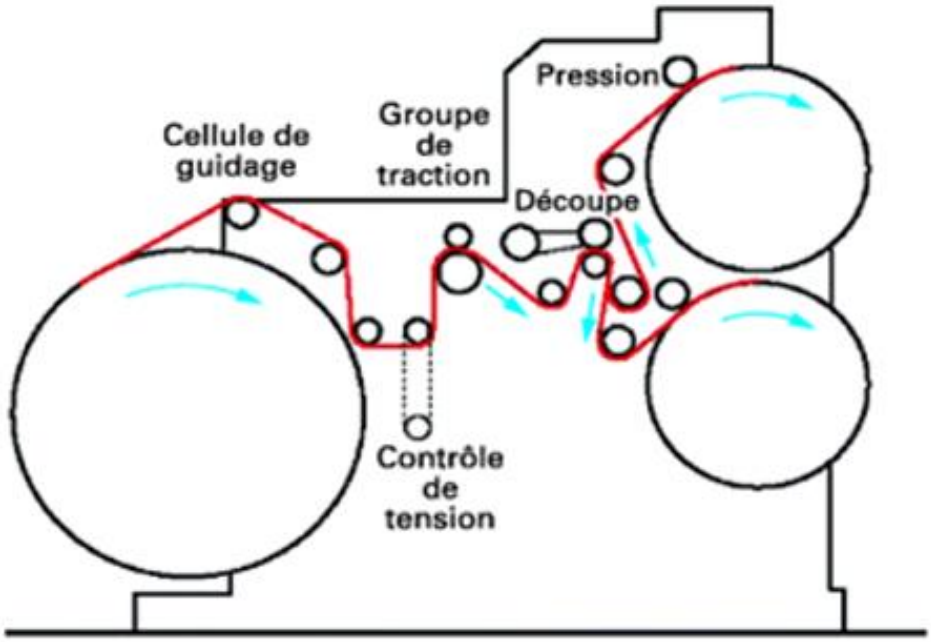


Fig.1.6. Découpe de bobines « mères » en bobines « filles » (Source Alcan Packaging Sarrebourg) [10]

b. Caractéristiques physico-chimiques d'une structure

Une structure multicouche est créée pour l'obtention de caractéristiques physico-chimiques particulières. Elles seront nécessaires lors de l'utilisation sur une machine de conditionnement, pour la conservation du produit, ou pour sa bonne présentation « marketing ». En plus de contrôler les matières premières utilisées, les paramètres des procédés de transformation, les fabricants d'emballages contrôlent de nombreuses caractéristiques physico-chimiques sur les produits finis. [6]

❖ Propriétés barrières de la structure

Il s'agit des caractéristiques physico-chimiques les plus suivies pour un multicouche afin d'assurer la conservation du produit. Les propriétés barrières classiquement contrôlées sont les :

- Perméabilité à l'air ;
- Perméabilité à la vapeur d'eau (barrière humidité) ;
- Perméabilité à l'oxygène (barrière aux gaz) ;
- Perméabilité à la graisse ;
- Densité optique pour les structures métallisées.

❖ Scellage et résistance thermique

Il s'agit de propriétés nécessaires lors de l'utilisation de la structure sur machine de conditionnement et qui garantissent une bonne conservation du produit emballé.

Sur les structures multicouches devant être scellées, les fabricants contrôlent :

- ✓ **La thermorésistance des encres :** garantir un bon aspect visuel après scellage ;
- ✓ **Le thermoscellage et la pelabilité :** assurer la conservation du produit en évitant des défauts de scellage ;
- ✓ **Le cloquage :** garantir un bon aspect visuel après scellage.

❖ Résistance mécanique de la structure

Il s'agit de propriétés nécessaires lors de l'utilisation de la structure sur machine de conditionnement :

- **La résistance à la rupture ;**
- **L'allongement à la rupture :** lors de certaines utilisations, le multicouche doit avoir des propriétés mécaniques bien précises comme la résistance à l'allongement. C'est le cas de l'operculage de yaourts sur machine Form Fill Seal (FFS). Si le matériau ne respecte pas cette caractéristique, l'operculage des produits devient impossible ;
- **La rigidité :** certaines machines de conditionnement ont besoin de structures multicouches rigides comme, par exemple, les structures de pointes de brie ;
- **Le coefficient de frottement :** dans de nombreuses applications, comme l'emballage sachet ou les sticks, les structures doivent avoir un coefficient de frottement faible pour assurer une bonne machinabilité ;
- **La résistance à l'abrasion :** garantir un bon aspect visuel ;
- **La résistance à la perforation** : garantir un bon aspect visuel et la conservation du produit emballé.

❖ Résistance chimique de la structure

Une structure en multicouche comporte différents constituants. Même si chaque constituant doit être apte au contact alimentaire, le fabricant fait faire des tests, des migrations avec des solutions simulant le produit à emballer. Le but est de valider que la nature chimique du produit emballé (pH, teneur en sodium, teneur en humidité...) ne va pas altérer l'emballage et provoquer des migrations des constituants de ce dernier.

I.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord donné un coup d'œil sur l'historique de l'emballage, et son évolution au cours du temps, ses avantages qui sont multiples et qui justifient son utilisation qui s'accroit continuellement ces dernières décennies avec l'introduction de nouvelles technologies. L'emballage souple a reconnu quant à lui une diffusion plus rapide, grâce aux multiples caractéristiques qui le rend plus utile et efficace que l'emballage rigide, et surtout la structure stratifiée qui ne cesse de se développer afin de répondre aux exigences du marché en créant de nouvelles fonctionnalités concurrentielles.

CHAPITRE II :

POLYETHYLENE BASSE DENSITE

CHAPITRE II : POLYETHYLENE

II.1. Introduction

Le polyéthylène basse densité radicalaire (PE-BDR) fut découvert en Grande-Bretagne par la firme ICI juste avant la Seconde Guerre mondiale. Il fut d'abord utilisé pour l'isolation de câbles de radars.

Vers 1950 commença le développement à grande échelle des polymères de masse volumique comprise entre 0,915 et 0,930 g/cm^3, fabriqués par un procédé à haute pression.

À la fin des années soixante-dix, Union Carbide mit au point le polyéthylène basse densité linéaire (PE-BDL) obtenu par un procédé à basse pression avec des catalyseurs dits de Ziegler-Phillips, conduisant, sur une même unité, à des polymères de masse volumique variable, de 0,860 à 0,970 g/cm^3.

Enfin, en 1993-1994, sont apparus sur le marché des PE-BDL fabriqués également par un procédé à basse pression, à l'aide de nouveaux catalyseurs de type métallocène. [22]

II.2. Structure des différents polyéthylènes basse densité [22]

II.2.1. Homopolymères radicalaires

Le polyéthylène basse densité radicalaire (PE-BDR) est obtenu par polymérisation radicalaire de l'éthylène sous haute pression. Les macromolécules obtenues ont à la fois des branchements longs et des branchements courts (figure 1.2.a).

II.2.2. Copolymères et terpolymères radicalaires

Par copolymérisation de l'éthylène et de divers comonomères (acétate de vinyle, esters acryliques, acide acrylique, anhydride maléique, monoxyde de carbone, etc.) sous haute pression, on obtient des copolymères ou des terpolymères statistiques.

II.2.3 Polyéthylènes basse densité linéaires

Les polyéthylènes basse densité linéaires sont obtenus par copolymérisation d'éthylène et d'une ou plusieurs α-oléfines (butène-1, hexène-1, octène-1, tétraméthyl-4-pentène-1) à l'aide de catalyseurs de type Ziegler ou Phillips ou de type « métallocène ». Sous basse ou sous haute pression.

CHAPITRE II : POLYETHYLENE

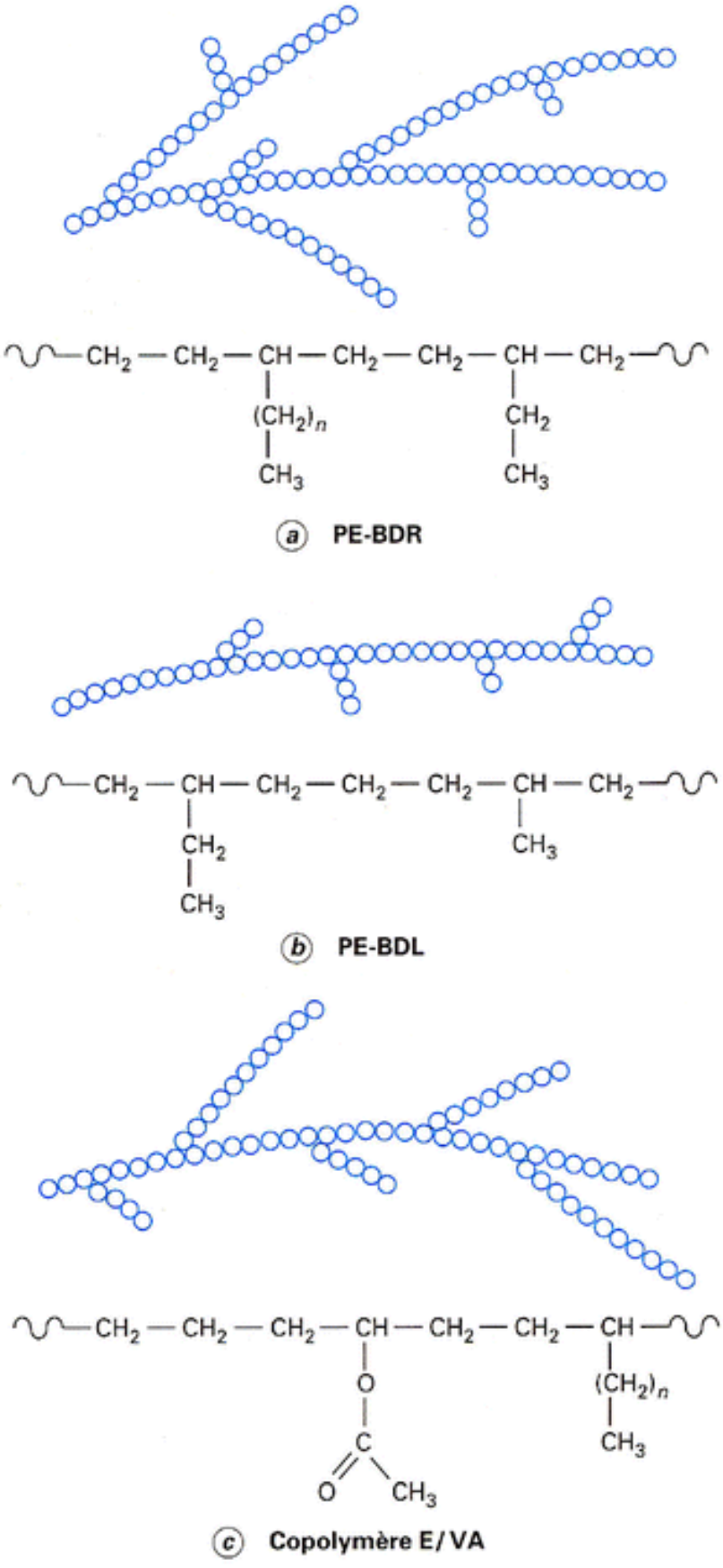


Fig.2.1. Structures des différents polyéthylènes basse densité [22]

II.3. Procédés de fabrication

II.3.1. Polyéthylène basse densité radicalaire

Le PE-BDR est polymérisé en continu sous haute pression, à des températures allant de 150 à 300 °C, en présence d'un générateur de radicaux libres (initiateur). La réaction présente un mécanisme radicalaire en chaîne.

Deux procédés ont été développés industriellement : un procédé en autoclave, un procédé tubulaire. [23]

a. Procédé en autoclave (plus ancienne)

L'éthylène de grande pureté est comprimé à 1 200 – 2 500 bar (120 à 250 MPa) par des compresseurs à plusieurs étages puis envoyé dans le réacteur agité. On utilise comme initiateur des peroxydes ou des peresters organiques, introduits séparément dans le réacteur. La polymérisation produit un mélange de polyéthylène et d'éthylène non polymérisé. À la sortie du réacteur, on abaisse la pression et l'on sépare l'éthylène en excès du polyéthylène fondu. L'éthylène est recyclé tandis que le polyéthylène est extrudé par l'intermédiaire d'une tête de granulation, coupé sous forme de granulés et refroidi. [23]

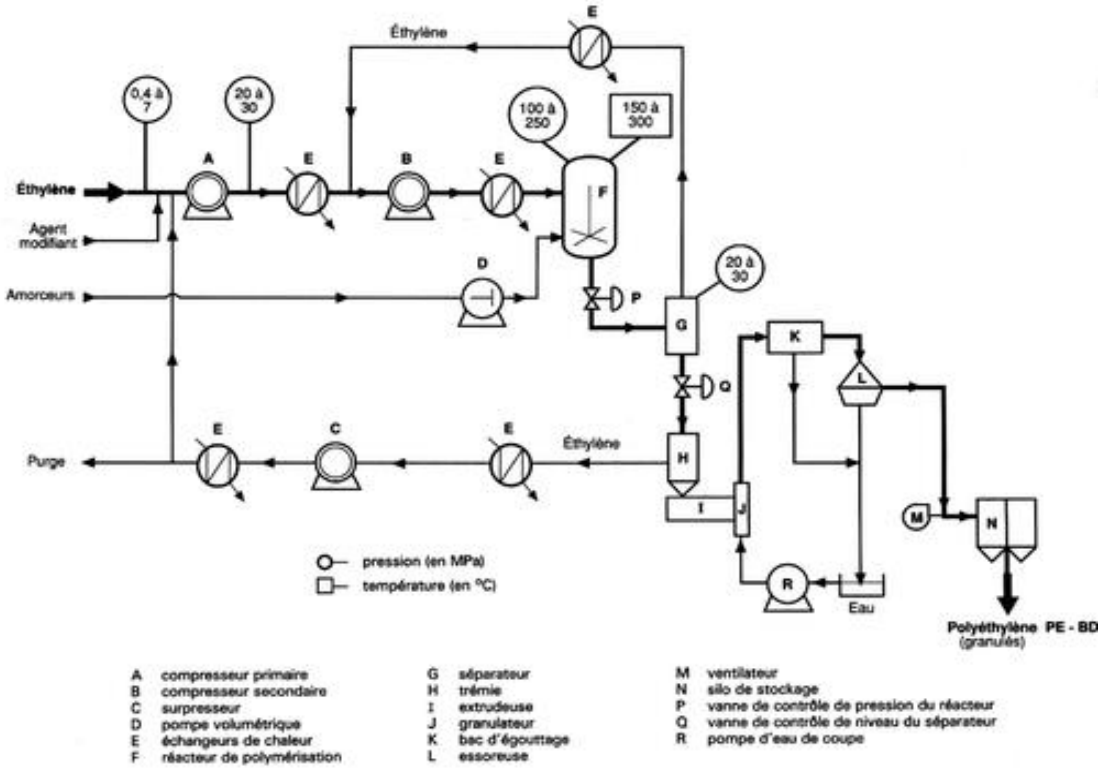


Fig.2.2. Procédé de polymérisation en autoclave du PE-BD [23]

b. Procédé en réacteur tubulaire

Dans ce procédé, le réacteur est constitué par un tube haute pression d'une longueur de 1000 à 2 500 m. Comme initiateur, on utilise de l'oxygène et ou des peroxydes en faible quantité et mélangés à l'éthylène. La pression de polymérisation est typiquement dans le domaine de 1 200 à 3 000 bar (120 à 300 MPa) ; la température varie le long du réacteur en passant par un maximum (300 °C environ). Les parois du tube sont refroidies et permettent ainsi l'évacuation d'une partie de la chaleur de réaction. De multiples injections d'éthylène et d'initiateurs le long du tube permettent d'optimiser la production et la qualité du PE-BD produit. [24]

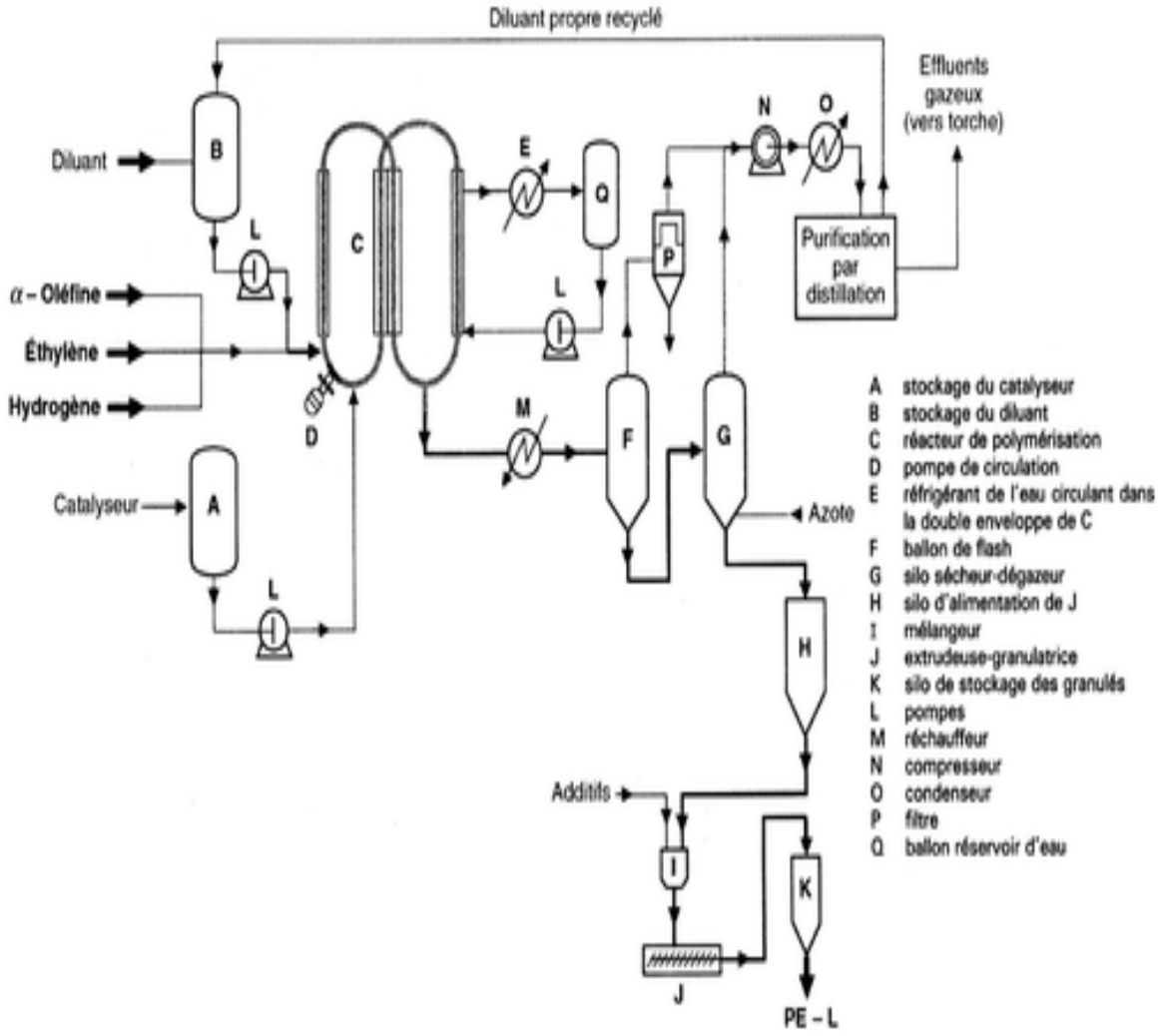


Fig.2.3. Procédé de polymérisation en suspension (en réacteur torique) [25]

Les copolymères ou les terpolymères d'éthylène sont fabriqués aussi bien par le procédé en autoclave que par le procédé en réacteur tubulaire.

II.3.2. Polyéthylène basse densité linéaire

Divers procédés basse ou haute pression ont été développés dans le but de fabriquer dans des installations existantes des polyéthylènes linéaires de masse volumique comprise entre 0,860 et 0,935 g/cm^3. La caractéristique commune de tous ces procédés est que l'éthylène est copolymérisé avec des α-oléfines à l'aide de catalyseurs de type Ziegler ou Phillips, ou récemment à l'aide de catalyseurs de type « métallocène ». [22]

a. Procédé haute pression

Mis au point par CdF Chimie, il est exploité aujourd'hui à Dunkerque par Polimeri Europa. La réaction a lieu à haute température (200 à 250 °C) et à pression élevée (environ 100 MPa), à l'aide de catalyseurs du type Ziegler. L'éthylène est polymérisé avec du butène-1 ou de l'hexène-1. Le polymère est obtenu à l'état fondu et il est granulé après extrusion. [22]

b. Procédés basse pression

- **Polymérisation en solution**

En présence d'un catalyseur de type Ziegler ou bien « métallocène », l'éthylène et le(s) comonomère(s) sont polymérisés à une pression de 2,5 à 4,2 MPa et à une température élevée (180 à 250 °C) pour assurer la solubilité du polymère dans un solvant (par exemple le cyclohexane). Après séparation du solvant, le PE est dégazé dans une extrudeuse, puis mis sous forme de granulés. Les comonomères employés sont le butène-1 ou l'octène-1, Dow et Mitsui, par exemple, ont développé des procédés de polymérisation en solution pour fabriquer du PE-BDL et du mPE-BDL.[22]

- **Procédés en lit fluidisé ou en phase gazeuse**

Le milieu réactionnel est constitué de particules de catalyseur autour desquelles se forme le polymère, et d'un mélange gazeux d'éthylène, d'α-oléfines (butène-1 ou d'hexène-1) et d'hydrogène pour contrôler la masse molaire par réaction de transfert. La pression et la température de polymérisation sont respectivement d'environ 2 MPa et de 95 °C. Le catalyseur est à base de chrome. La chaleur de réaction est évacuée par le mélange gazeux non polymérisé, lequel est ensuite recyclé. Les particules de polymères sont retirées périodiquement du réacteur ; elles sont dégazées et purgées par un courant d'azote. Le polymère obtenu a la forme d'une poudre grossière (grains de moins de 1 mm). [22]

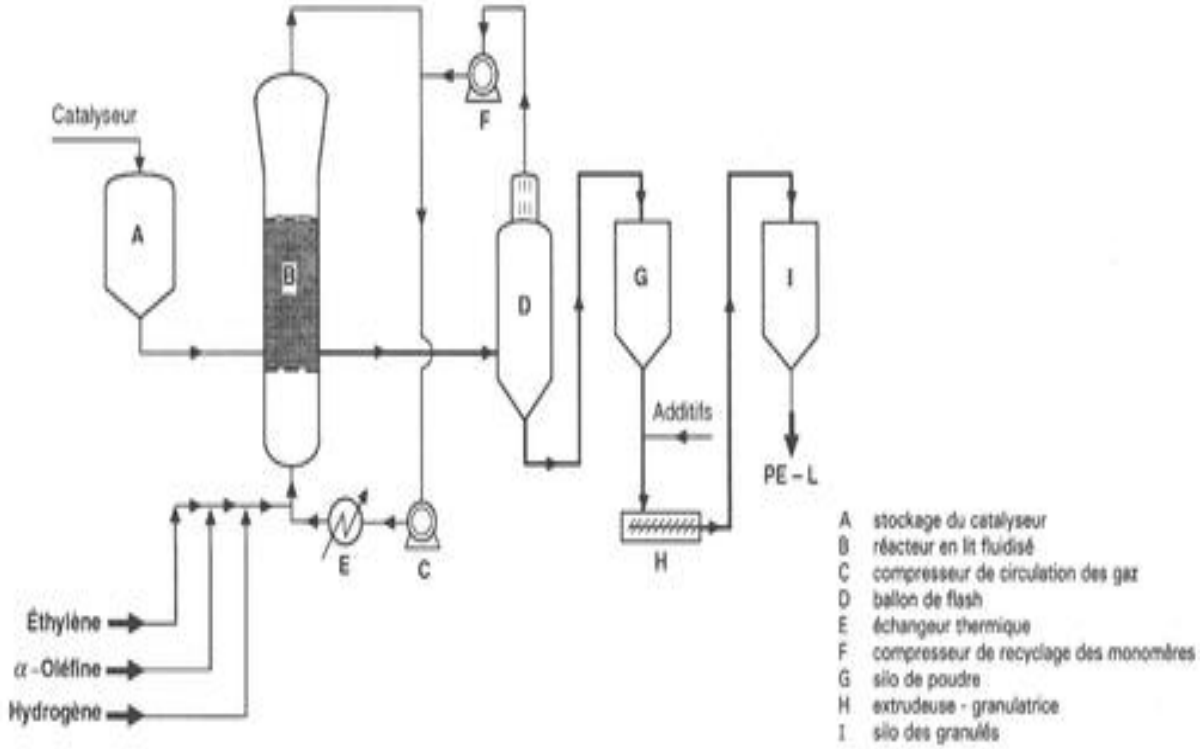


Fig.2.4. Procédé de polymérisation en phase gaz (lit fluidisé). [25]

- L'association de **deux réacteurs en série** ou l'emploi de **deux catalyseurs dans un même réacteur** permet d'obtenir un polymère à distribution bimodale comprenant de longues macromolécules pour améliorer les propriétés mécaniques et des chaînes plus courtes pour favoriser les propriétés d'écoulement. [22]

II.4. Mise en œuvre

II.4.1. Extrusion en continu

a. Extrusion de films

❖ Extrusion de films tubulaires

Les PE-BDR peuvent être extrudés dans des épaisseurs de 15 à 300 µm, la largeur maximale extrudée est de 13 m

Les PE linéaires sont en général extrudés dans des épaisseurs de 10 à 150 µm et dans des largeurs inférieures à 3 m. [22]

❖ Extrusion de films avec filière plate (cast-film)

On fabrique surtout par ce procédé des films minces de 10 à 40 µm d'épaisseur, dans des largeurs allant jusqu'à à 4 ou 5 m

Pour ce type d'extrusion, c'est surtout le PE-BDL qui est utilisé avec des indices de fluidité typiquement supérieurs à 2 g/10 min. [24]

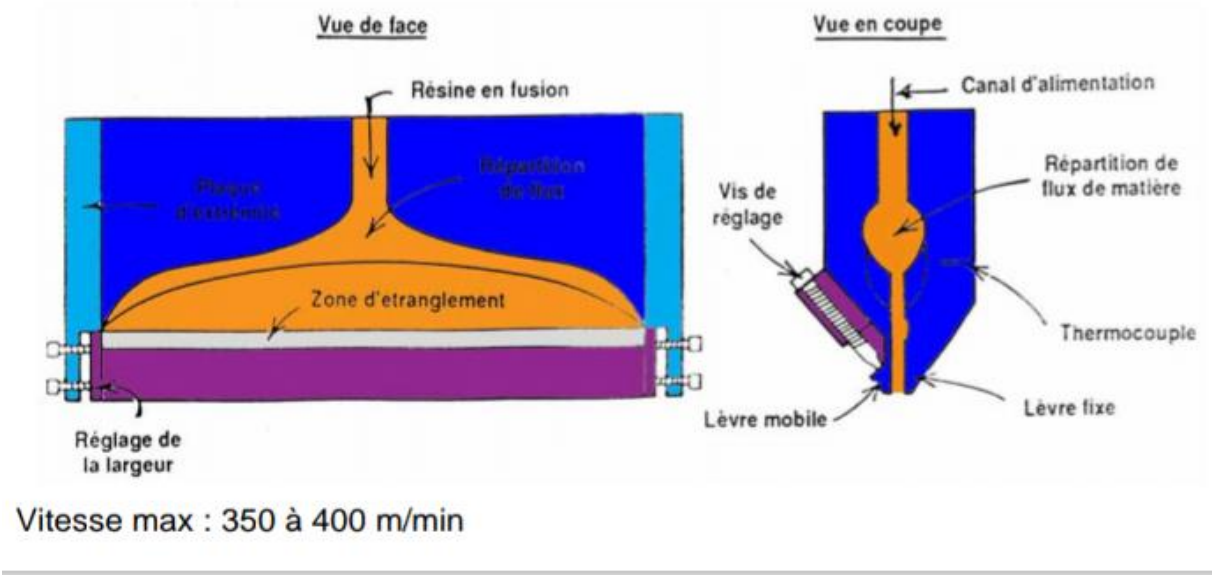


Fig.2.5. Extrusion- filière plate (film casting) [24]

❖ Coextrusion

La coextrusion permet de combiner des films PE avec des couches à soudure facile en PE-tBDL, des couches barrières avec EVOH et polyamide, des couches de produit recyclé. [24]

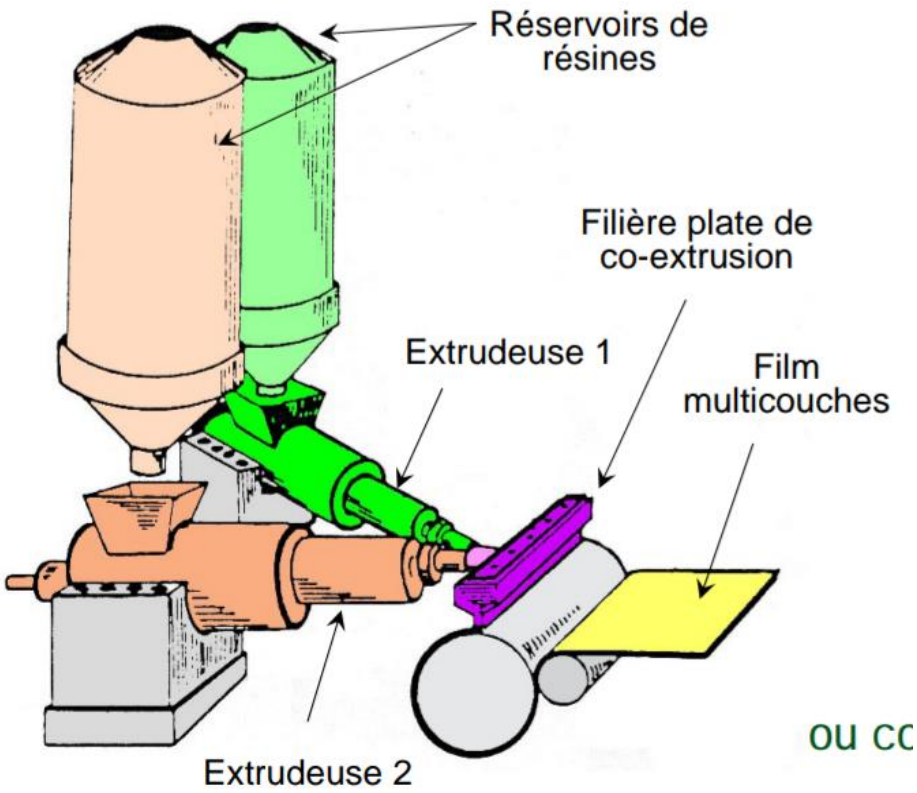


Fig.2.6. La Co-Extrusion [24]

b. Extrusion-lamination (enduction)

L'extrusion-lamination consiste à enduire des supports variables (papier, carton, feuille d'aluminium, films plastiques) d'une fine couche de PE-BD.

Une installation d'extrusion-lamination est composée d'une extrudeuse monovis, d'une tête d'extrusion avec filière droite, d'un dérouleur du support à enduire, d'un dispositif de lamination composé d'un cylindre refroidisseur et d'un cylindre presseur, et d'un ensemble de tirage et d'enroulement. La largeur utile des installations varie entre 1 et 3 m, la vitesse de travail est de 100 à 600 m/min, suivant la nature du support employé, et la quantité de PE-BD déposée varie de 10 à 60 g/m^2 .

Ce sont surtout les PE-R qui sont utilisés actuellement pour cette technique. La coextrusion-lamination a aussi été développée. Dans des complexes aluminium + liant + PE-BDR, le liant est un copolymère E/AA (6 à 11 % en masse de AA), il est coextrudé avec le PE-BDR. [7]

c. Extrusion de tuyaux

La mise en œuvre est facile ; une ligne d'extrusion classique est composée d'une extrudeuse monovis, d'une tête d'extrusion avec filière circulaire, d'un conformateur, d'un bac de refroidissement (eau), d'un banc de tirage et d'un enrouleur. [22]

d. Câblerie [22]

➢ Isolation des fils téléphoniques

Le conducteur élémentaire préchauffé, en cuivre ou en aluminium, traverse la tête d'équerre d'extrusion où il est enduit d'une couche mince de PE-BD (0,1 à 0,2 mm). Les installations industrielles sont entièrement automatisées, y compris le contrôle continu des propriétés diélectriques. Les vitesses de travail se situent entre 1 000 et 2 500 m/min.

➢ Isolation des câbles basse et moyenne tensions

La réticulation soit chimique, soit par rayonnement γ du PE-BD, conduit à un pontage entre les macromolécules ; on obtient un réseau peu fusible : le PE-BD réticulé chimiquement (PRC) peut supporter des températures de 250 °C (court-circuit) pendant une durée courte, et c'est cette propriété qui est exploitée pour l'isolation des câbles d'énergie.

La réticulation chimique s'effectue à l'aide d'un agent réticulant (peroxyde organique ou organosilane), incorporé dans le PE.

La technique de réticulation à l'aide d'un peroxyde a été introduite vers la fin des années 60 et a été largement utilisée en France dans la fabrication des câbles d'énergie à basse tension. Cette méthode consiste à extruder le mélange PE + peroxyde organique sur le conducteur au-dessous de la température de décomposition du peroxyde. À la sortie de la tête d'extrusion, le câble entre dans un tube de réticulation. La décomposition du peroxyde et le pontage du PE-BD s'effectue à 200 oC sous une pression de 0,4 MPa. À la sortie du tube, le câble est refroidi puis enroulé. Les vitesses de travail habituelles sont de 200 à 250 m/min pour les câbles basse tension.

Aujourd'hui, c'est la technique de réticulation du PE par des organosilanes qui est la plus utilisée. Elle consiste à extruder le mélange PE-BD + organosilane + peroxyde sur le conducteur. La réticulation s'effectue ensuite sous l'effet de l'humidité. En utilisant un copolymère E/VTMOS, on économise la préparation du mélange réticulable.

II.4.2. Autres techniques

a. Extrusion-gonflage

La technique consiste à déformer, par insufflation d'air ou de gaz inerte, des manchons de PE-BD extrudé avant leur refroidissement, jusqu'à les amener au contact des parois d'un moule fermé. Une machine d'extrusion-gonflage peut comporter un seul ou plusieurs moules. Le volume des corps creux fabriqués en PE-BD varie de quelques cm3 jusqu'à environ 25 dm^3. [22]

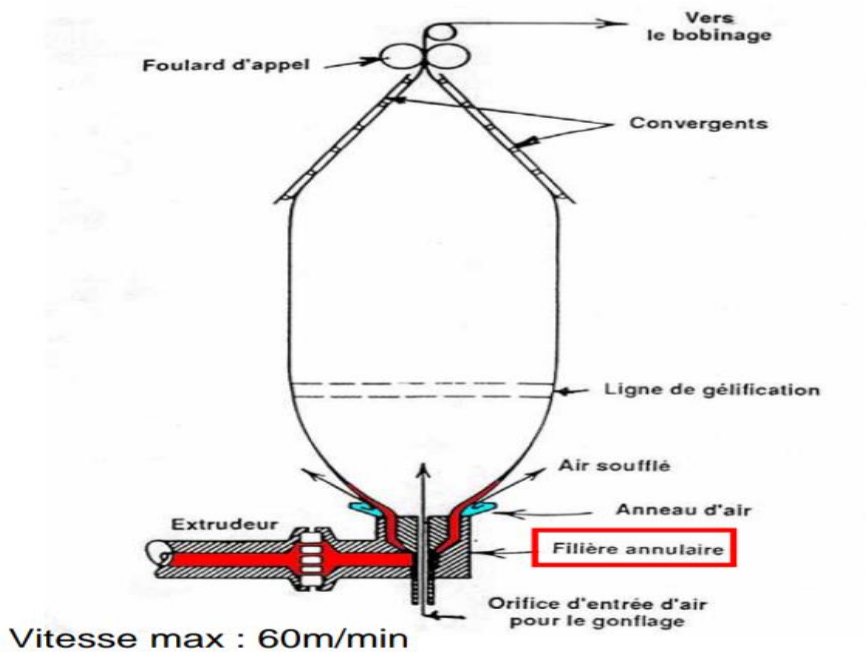


Fig.2.7. L'extrusion – Gonflage [22]

b. Injection

Les PE-BD s'injectent facilement entre 160 et 260 °C suivant les applications. Le retrait des objets varie avec leur épaisseur. Le procédé est suffisamment connu et le lecteur pourra se reporter aux articles spécialisés Injection dans le présent traité. [22]

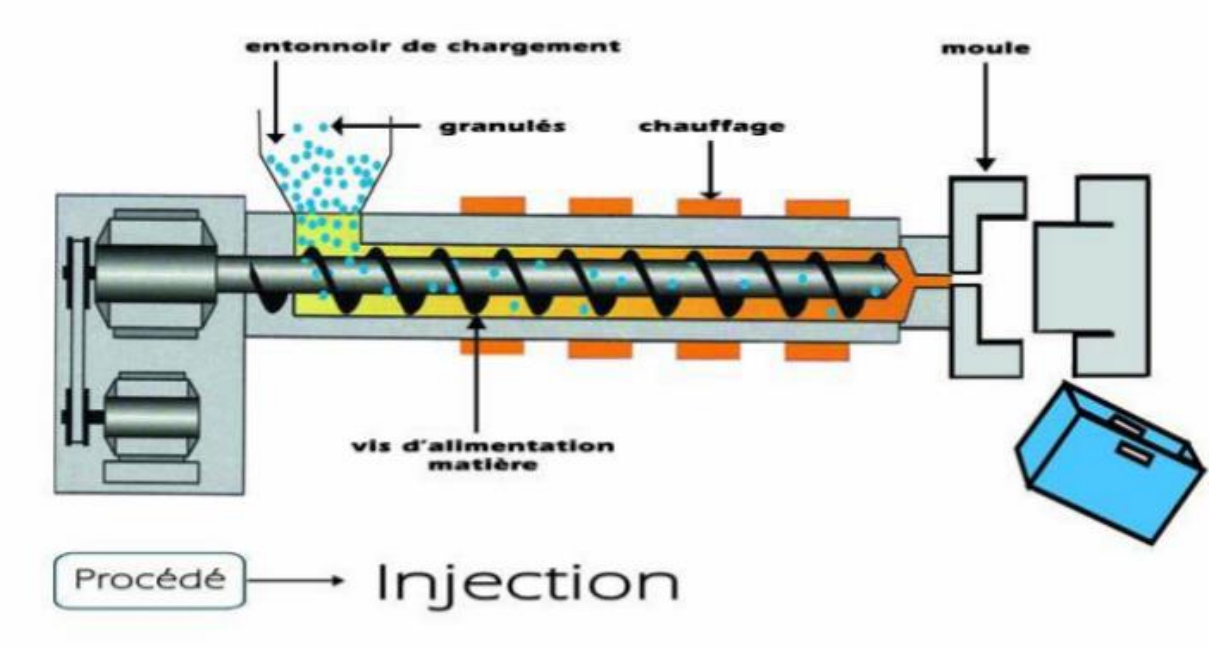


Fig.2.8. Procédé D'injection [22]

d. Techniques des poudres

Les poudres de PE-BD sont obtenues par broyage mécanique des granulés. Suivant des applications, la granulométrie de la poudre est variable : < 300 µm ou < 800 µm.

Les procédés de mise en œuvre des poudres sont nombreux ; les plus importants sont le moulage par rotation et l'enduction de tissus et de tapis. [22]

II.5. Les avantages du PEBD [26]

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

II.6. Les inconvénients du PEBD [26]

- ✓ Pas résistant au feu.
- ✓ Résistance à la température de l'eau limitée.
- ✓ Rapide propagation de fissures.

- ✓ Ne peut ni se coller ni se visser.
- ✓ Les extrémités ont tendance à se fermer.

II.7. Propriétés [22]

II.7.1. Généralités

a. Propriétés intrinsèques du PE-BD

Elles dépendent essentiellement de trois facteurs : la cristallinité, la masse moléculaire, la répartition moléculaire.

Dans la pratique courante, le PE-BD est caractérisé d'une part par sa viscosité à l'état fondu (mesurée par l'indice de fluidité à chaud 4.1.2 qui donne une indication sur la masse moléculaire, et d'autre part, par sa masse volumique qui reflète le taux de cristallinité.

Les copolymères et terpolymères sont, de plus, caractérisés par la teneur en masse des motifs comonomères incorporés dans le produit.

b. Propriétés d'usage des produits finis

Elles dépendent d'une part des propriétés intrinsèques du PE-BD utilisé et d'autre part des conditions de transformation (conception de la machine de transformation, conditions de mise en œuvre). C'est ainsi par exemple qu'un refroidissement brutal du BD fondu diminue la masse volumique de l'objet fabriqué et améliore par conséquent certaines de ses propriétés mécaniques.

II.7.2. Propriétés physico-chimiques

a. Masses molaires

La masse molaire en poids (M p) influe surtout sur les propriétés mécaniques et la résistance à la fissuration ; la masse molaire en nombre (M n) a un effet sur le comportement rhéologique.

Le rapport Mp /Mn définit la polydispersité du produit.

b. Propriétés rhéologiques

À l'état fondu, les PE-BD sont des liquides visco-élastiques non linéaires ; leur viscosité dynamique varie en fonction du gradient de vitesse.

À indice de fluidité identique, les polyéthylènes linéaires (PE-BDL, mPE-BDL) sont plus visqueux pour des gradients de vitesses élevés que les produits radicalaires (PE-BDR). En conséquence, en extrusion de films ou en injection, un polyéthylène linéaire consomme plus d'énergie qu'un PE-BDR. Par contre, la viscosité en élongation (gradients de vitesses faibles)

d'un PE-L est plus faible que celle d'un PE-BDR, ce qui explique l'excellente étirabilité des PE-L conduisant à des épaisseurs de film réduites (8 µm).

c. Relation entre cristallinité et masse volumique

La masse volumique du PE-BDR (homopolymères) et des PE-L croît avec le taux de cristallinité. À masses volumiques identiques, les PE-L sont plus cristallins que les PE-BDR.

Pour les copolymères et les terpolymères, la cristallinité décroît avec l'augmentation de la masse volumique.

Les propriétés mécaniques, optiques et thermiques dépendent de la cristallinité du produit.

d. Propriétés thermiques

Les températures de fusion et de ramollissement augmentent avec la masse volumique du PE-BDR et des PE-L (donc avec la cristallinité). Pour les PE-BDR, la température de fusion se situe entre 105 et 115 °C. À masses volumiques identiques, les PE-L ont une température de fusion plus élevée que les PE-BDR, de l'ordre de 115 à 125 °C.

Pour les copolymères et les terpolymères, les températures de fusion et de ramollissement décroissent avec l'augmentation de la masse volumique.

e. Perméabilité aux gaz

La perméabilité varie à l'inverse de la masse volumique. Les PE-BD sont peu perméables à la vapeur d'eau ; par contre, leurs propriétés barrières sont assez faibles pour d'autres gaz.

Exemple :

à titre de comparaison, à épaisseur identique, un film de PE-BD est 20 fois plus perméable à l'oxygène qu'un film en polyamide ; par contre, le PE-BD est environ 20 fois moins perméable à la vapeur d'eau qu'un polyamide.

f. Propriétés chimiques

- En général, les PE-BD présentent une **bonne résistance chimique** ; ils sont :

✓ Très résistants aux acides faibles ;

✓ Résistants aux acides forts non oxydants ;

✓ Très résistants aux bases faibles et fortes ;

✓ Résistants aux solvants organiques au-dessous de 80 °C, mais perméables.

- **Action biologique** : ils peuvent être attaqués par des bactéries ou des micro-organismes.

- **Vieillissement** : les PE-BD sont sensibles à la lumière et, de ce fait, pour des applications de longue durée (1 an), on les protège par du noir de carbone (câblerie, films pour ensilage) ou par des adjuvants anti UV-IR (films pour couverture de serres).

Les copolymères d'éthylène et d'oxyde de carbone (E/CO) sont photo-fragmentables. Ils sont utilisés en agriculture pour le paillage. Un film de 20 µm en E/CO contenant 2 % en masse de CO se fragmente dans un mois sous l'effet de la lumière.

g. Miscibilité, réactivité

Les PE-BD peuvent être mélangés ; des compounds à base de PE-BDR et de PE linéaires sont utilisés pour augmenter les propriétés mécaniques et l'étirabilité des films des homopolymères.

Les terpolymères contenant des fonctions réactives (anhydride maléique MAH ou méthacrylate de glycidyle GMA) sont utilisés pour améliorer la résistance aux chocs de polymères techniques, comme les PA 6, PA 6-6, PBT et PET.

II.7.3. Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques des PE-BD dépendent essentiellement de la masse molaire et de la cristallinité. Dans le tableau 3 sont rassemblées les caractéristiques principales des PE-BDR et des PE-L. Comparés aux PE-HD, les PE-BD ont des propriétés mécaniques inférieures. Les PE-L ont des caractéristiques supérieures à celle des PE-BDR.

II.7.4. Propriétés électriques

Les PE-BD sont des substances non polaires, caractérisées par une permittivité relative et un facteur de dissipation diélectrique faibles, et une rigidité diélectrique élevée. En conséquence, les PE-BD sont largement employés en câblerie en tant qu'isolants, d'une part en basse et haute fréquences, d'autre part en basse, moyenne et haute tensions.

II.8. Application [22]

II.8.1 Films, sacs et sachets

Différents types de sacs ont été élaborés depuis 1966, mais les sacs à gueule ouverte et ceux à valve représentent 95 % du marché. L'épaisseur des sacs varie entre 150 et 250 µm, leur masse entre 130 et 220 g. La charge utile est généralement 25 ou 50 kg.

L'emballage des engrais (par 50 kg), des matières plastiques (par 25 kg) et de divers produits chimiques sont les applications les plus importantes des sacs GC (grande contenance) en PE-BD. Depuis 1974, ce marché est en stagnation, il consomme environ 40 000 à 45 000 t/an de PE-BD en France.

On utilise des PE-BDR d'indice de fluidité compris entre 0,2 et 0,4 g/10 min ou des mélanges à sec de PE-BDR + PE-BDL (80 + 20 % en masse).

a. Films et housses rétractables

En première approximation, deux grandes catégories d'applications ont été développées : la palettisation et le fardelage.

1. Palettisation sous housses rétractables

L'épaisseur d'une housse rétractable varie de 100 à 150 µm, sa masse est de 1 à 2 kg et la charge palettisée se situe entre 500 et 1 400 kg. La cadence d'une installation automatique de palettisation sous housses rétractables, constituée d'un palettiseur, d'une machine de houssage et d'un four de rétraction, est de 60 palettes par heure. Les briqueteries, les verreries, l'industrie agroalimentaire et les producteurs de plastiques sont les plus importants utilisateurs de housses rétractables.

Des PE-BDR ou des mélanges PE-BDR + PE-BDL (80 + 20 % en masse) d'indice de fluidité de 0,2 à 0,4 g/min sont les plus utilisés pour cette application.

2. Fardelage

Il s'agit de grouper sous film rétractable plusieurs objets identiques, par exemple 3 à 12 bouteilles. L'épaisseur des films rétractables varie dans un très large intervalle (de 20 à 80 µm) ; les films sont toujours transparents.

En France, le groupage sous film rétractable des liquides alimentaires consomme actuellement environ 50 000 t/an de PE-BD.

Les films et housses rétractables ont connu depuis 1968 un développement considérable, lié à l'organisation de la distribution moderne (transport, commerces). Le marché français des films et housses rétractables est actuellement d'environ 90 000 t/an.

b. Films étirables à froid

Cette application consiste à enrouler autour d'une charge palettisée un film sous forte tension. C'est cette dernière qui assure la cohésion de la charge pendant le transport et le stockage. L'épaisseur d'un film étirable à froid est de 20 à 35 µm, sa largeur varie entre 0,5 et 1 m. Deux à quatre couches de film sont enroulées autour de la charge. À cause de sa faible élasticité, le PE-BDR homopolymère est rarement employé.

Pour assurer une bonne élasticité et une certaine adhérence entre les couches enroulées autour de la charge, les films sont, pour la plupart, coextrudé en :

-PE-BDR + E/VA ;

-PE-BDL + PE/tBDL ;

-PE-BDL + PE-BDR + PE-tBDL.

Par rapport à la palettisation sous housses rétractables, la technique de l'étirabilité à froid a deux avantages principaux : investissement faible, économie d'énergie. En revanche, la cadence de palettisation est plus faible, et pour certaines charges (verreries par exemple), le film étirable n'est pas adapté.

c. Films complexes

- **Soudabilité à basse température** : les machines d'emballage automatique FFS (*) de grande cadence nécessitent une très bonne résistance des soudures (en anglais : hot-tack) après remplissage de l'emballage sous l'effet de la force de traction de la machine. Cette condition est réalisée par des PE soudables à basse température, comme les copolymères radicalaires et les mPE-tBDL. Ces résines sont utilisées comme couche de scellage en coextrusion avec du PE-BDR ou de PE-BDL.
- **Complexes de faible perméabilité** : le PE-BD est associé par coextrusion ou par contrecollage à un polymère peu perméable aux gaz (O_2, CO_2, etc.) comme le PA 6, l'EVOH, le PVDC. En coextrusion, pour obtenir une bonne adhésion entre les polymères non compatibles, on utilise comme couche intermédiaire un liant, tel le terpolymère de E/AE/MAH ou un PE greffé d'anhydride maléique (MAH). En contrecollage, l'adhérence est assurée par une colle à deux composants. Les applications principales de ces films complexes sont l'emballage de la viande, de la charcuterie, du fromage, du café, etc.

d. Emballages divers

Les PE-BD sont largement employés sous la forme de films d'enveloppage, de sacs et de sachets de moyenne et de petites contenances pour l'emballage des produits agroalimentaires (fruits, légumes, surgelés, etc.), des articles de l'industrie textile, des pièces mécaniques, de produits d'hygiène et de santé, etc.

Dans le domaine du commerce et des services, citons :

- Les sacs cabas, les sacs fournis en sortie de caisse, les sachets liasses : de formes très variées, les sacs (à poignée découpée ou à poignée injectée, sacs bretelles, etc.), imprimés de 1 à 6 couleurs, sont utilisés dans la distribution des biens de consommation ;
- Les sacs poubelles : d'un volume utile de 20 à 110 L, le plus souvent colorés en gris, les sacs poubelles en PE-BD ont eu un développement important ces dernières années, aussi bien dans les ménages qu'auprès des collectivités.

e. Films agricoles

Les applications agricoles des films en PE-BD se sont surtout développées dans les pays méditerranéens, la France ayant été un précurseur dans ce domaine.

Le marché des films agricoles en France est actuellement de 45 000 à 50 000 t/an, dont :

- 10 000 t/an pour le paillage ;
- 5 000 t/an pour les serres ;
- 20 000 à 25 000 t/an pour l'ensilage ;
- 7 000 t/an pour les tunnels.

1. Paillage

On pose sur le sol un film PE-BD de 20 à 60 µm d'épaisseur, transparent, noir ou pigmenté, pour obtenir les effets principaux suivants :

- Réchauffement du sol permettant un développement racinaire important, un gain de précocité et une augmentation de la récolte ;
- Amélioration du bilan hydrique du sol par un bon contrôle de l'évaporation ;
- Captage et localisation du gaz carbonique émis par le sol ;
- Contrôle des mauvaises herbes avec des films noirs ou opaques.

Les films photofragmentables à base d'un copolymère E/CO (2 % en masse de motifs CO) ou de compounds à base de PE-BDL + additifs se sont développés en France pour le paillage du maïs. Ces films se dégradent au bout de 60 jours, ce qui évite leur enlèvement après la récolte.

Exemple

Melons, asperges, fraises, tomates et plus récemment maïs.

2. Tunnels

Il s'agit de petites constructions (hauteur 1 m, largeur 2 m), couvertes d'un film en PE-BD transparent d'une épaisseur de 60 à 80 µm, qui ne peuvent abriter que des cultures basses : melons, fraises, laitues, carottes, etc.

3. Serres, grands abris

La couverture est réalisée par un film PE-BD d'une largeur de 6 à 12 m, d'une épaisseur de 180 à 200 µm et d'une durabilité de 2 à 4 ans. Les serres et grands abris avec couverture en film en PE-BD ont surtout remplacé les structures en verre pour la culture maraîchère à cause de leur prix de revient très faible. Ces constructions (largeur : 4 à 9 m, hauteur : 3 à 3,5 m) permettent de travailler à l'abri des intempéries et de mécaniser les principaux travaux.

4. Ensilage

Les films noirs en PE-BD, d'épaisseur comprise entre 130 et 150 µm, sont employés pour la protection et le stockage de la paille et des fourrages après la récolte.

II.8.2. Complexes fabriqués par extrusion-lamination

Les complexes à base de papier, de carton ou d'aluminium enduits de PE-BDR sont employés surtout comme matériaux d'emballage dans diverses industries.

a. Agroalimentaire

Des emballages en forme de brique, constitués de PE-BDR + carton + PE-BDR pour le lait pasteurisé, ou de PE-BDR + carton + PE-BDR + aluminium + PE-BDR pour le lait de longue conservation (UHT) ont eu depuis 1974 un développement considérable en France au détriment des bouteilles en verre et de celles obtenues en PE par extrusion-gonflage. D'autres complexes en carton + PE-BDR ou en aluminium + PE-BDR sont utilisés pour le conditionnement des légumes surgelés, des biscuits, etc.

b. Autres industries

Des complexes papier kraft + PE-BDR sont employés pour emballer des pièces mécaniques et électriques. Des écrans contre l'humidité des câbles de télécommunications sont constitués d'une feuille d'aluminium enduite d'un copolymère à base d'éthylène et d'acide acrylique ou d'un terpolymère à base d'éthylène, d'acrylate de butyle et d'acide acrylique.

II.8.3. Tuyaux et tubes

Les tuyaux en PE-BD sont utilisés pour les adductions d'eau à des pressions inférieures à 6 bar, les évacuations d'effluents divers et comme tubes électriques.

II.8.4. Câblerie

Les bonnes propriétés électriques et mécaniques des PE-BD sont mises à profit dans l'industrie de la câblerie.

a. Câbles de télécommunications

Le PE-BDR réticulé chimiquement (PRC) est employé en France comme isolant de câbles basse et moyenne tensions. Pour ces dernières, la couche semi-conductrice entourant le conducteur et l'isolant est constituée d'un copolymère (éthylène/acétate de vinyle) chargé de noir de carbone conducteur.

b. Câbles d'énergie

Le PE-BDR réticulé chimiquement (PRC) est employé en France comme isolant de câbles basse et moyenne tensions. Pour ces dernières, la couche semi-conductrice entourant le conducteur et l'isolant est constituée d'un copolymère (éthylène/acétate de vinyle) chargé de noir de carbone conducteur.

II.8.5. Corps creux

a. Corps creux par extrusion-gonflage

Le procédé d'extrusion-gonflage est employé pour la fabrication de très grandes séries d'objets divers. Le PE-BDR est utilisé dans les jouets, pour le conditionnement de produits pharmaceutiques liquides ou solides, des détergents liquides tensio-actifs ou non, des produits cosmétiques liquides ou pâteux, et en mélange avec du PE-HD pour les bouteilles de lait pasteurisé.

b. Corps creux par moulage par rotation

Le procédé de moulage par rotation permet de fabriquer des pièces ouvertes ou fermées en PE-HD de grand volume. Ces dernières années, l'utilisation du PE-BDL s'est développée au détriment du PE-BDR et du PE-HD.

II.8.6. Objets injectés

Les pièces injectées représentent environ 9 % des applications du PE-BD. Les débouchés sont nombreux : bouchons, capsules, couvercles, articles de ménage, jouets, articles de sports et de loisir, etc.

II.8.7. Composés spéciaux

a. Mélanges-maîtres à base de PE-BD

Il s'agit de mélanges de PE-BD + divers additifs (agent glissant, antibloquant, photofragmentable, etc.) ou de mélanges composés de 40 à 60 % en masse de PE-BD + 60 à 40 % en masse de pigments ou de noir de carbone.

Ces mélanges-maîtres sont fabriqués par des producteurs de PE ou par des compoundeurs, et ils sont utilisés par des transformateurs sous forme de mélanges à sec avant la mise en œuvre du PE.

b. Composés à base de polymères techniques

Il s'agit de mélanges de 80 à 90 % en masse de PA 6, PA 6-6, PBT ou PET + 20 à 10 % en masse d'un terpolymère E /AE / MAH ou E/AE/GMA.

Ces compounds sont fabriqués par des producteurs de polymères techniques ou par des compoundeurs. Les terpolymères permettent d'augmenter la résistance aux chocs, de diminuer la rigidité des polymères techniques. Ces compounds sont surtout utilisés en injection : pièces d'automobiles, d'électroménager, audiovisuelles, etc.

II.9. Conclusion

Le polyéthylène basse densité est un thermoplastique de grande diffusion, dont la majeure partie est utilisée sous forme de films : sachets, sacs, housses rétractables, films agricoles (serres, paillage). Les autres débouchés font appel au moulage par injection (articles ménagers, bouchons, etc.), à l'enduction (cartons de lait), à l'isolation et au gainage des câbles électriques et téléphoniques.

Les deux grandeurs principales qui permettent de caractériser le polyéthylène basse densité sont :

- Sa masse volumique : 915 à 935 kg / m^3 ;
- Son indice de fluidité : masse de polyéthylène s'écoulant d'une filière calibrée sous une charge donnée, à 190 °C : 0,1 à 300 g /10 min (ce qui correspond à des viscosités de 105 à 102 Pa.s environ).

On mesure également ses caractéristiques optiques sur film (trouble, clarté, brillance) et les propriétés mécaniques (contrainte au seuil d'écoulement, allongement, résistance au choc). Sa température de fusion va de 105 à 115 °C. [23]

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] MARCEL, H. (2002). Fonction emballage. *Techniques de l'ingénieur. L'Entreprise industrielle*, (AG6000), AG6000-1.

[2] Morris, B. A. (2016). The science and technology of flexible packaging: multilayer films from resin and process to end use. William Andrew.

[3] Demirors, M. (2011). The History of Polyethylene. In 100+ Years of Plastics. Leo Baekeland and Beyond (pp. 115-145). American Chemical Society.

[4] Bezigian, T. (Ed.). (1999). The Extrusion Coating Manual. Tappi Press.

[5] Giles, G. A., Fasman, G. D., & Bain, D. R. (Eds.). (2001). Technology of plastics packaging for the consumer market. CRC Press.

[6] Helali, A., Gueddahi, S., (2019). mémoire master,« Facteurs déterminant la qualité du film tri-couche de conditionnement : pochette de lait », Université de Médéa.

[7] Bureau, G., & Multon, J. L. (1989). L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation.

[8] Coulebeau et al. (2012). Quel avenir pour le plastique ? article disponible sur : www. Les plastiques en débat.com /wp-content/up loads/2012, consulté le 09/06/2021.

[9] Chomon,P. Charnier,B. (2017). Complexes souples et rigides utilisés en emballage. Techniques de l'ingénieur-Genie-industriel, (th 6).

[10] COULON, D. (2008). Matériaux d'emballage flexibles multicouches : Modalités de choix et applications. Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire, 2(F1325).

[11] Site du fabricant : http://www.innoviafilms.com/

[12] Nuntapichedkul, B., Tantayanon, S., & Laohhasurayotin, K. (2014). Practical approach in surface modification of biaxially oriented polypropylene films for gravure printability. Applied surface science, 314, 331-340.

[13] Manngård, J. (2004). Evaluation of surface treatment techniques for polypropylene and implementation of a method for testing ink adhesion.

[14] Neijssen, P. J. G. (1993). 7 Packaging materials for aseptic packaging. Aseptic processing of foods, 217-279.

[15] Chiba, D., Mikami, K., Sakamoto, H., & Tsuchiya, H. (2006). Heat sterilizable gas barrier film deposited on polyamide by plasma-enhanced CVD. In Society of Vacuum Coaters 49 th Annual Technical Conference Proceedings (pp. 613-616).

[16] Engelmann, S. (2012). Advanced thermoforming: methods, machines and materials, applications and automation (Vol. 8). John Wiley & Sons.

[17] Tsuji, H., Okino, R., Daimon, H., & Fujie, K. (2006). Water vapor permeability of poly (lactide) s: Effects of molecular characteristics and crystallinity. Journal of applied polymer science, 99(5), 2245-2252.

BIBLIOGRAPHIE

[18] Yu, S., Tan, H., Wang, J., Liu, X., & Zhou, K. (2015). High porosity supermacroporous polystyrene materials with excellent oil–water separation and gas permeability properties. ACS applied materials & interfaces, 7(12), 6745-6753.

[19] YU, H., WU, L., & LIU, C. (2009). Research progress of water-soluble polyvinyl alcohol film. Materials Review, 23(2), 412-414.

[20] Gould, C., & Sermon, P. (2013). All the World's a Screen, featuring: The seven stages of man. International Journal of Performance Arts and Digital Media, 9(2), 231-246.

[21] Smith, C. A. (1979). Commercial printing ink pigmentation Part 3: pigmentation of selected ink systems. Pigment & Resin Technology.

[22] FÜZESSERY, S. (1996). Polyéthylènes basse densité. Techniques de l'ingénieur. Plastiques et composites, 2(A3310), A3310-1.

[23] Levresse, B. (1993). Polyéthylène basse densité. Techniques de l'ingénieur, Traité Génie des procédés J, 6539.

[24] Maréchal, P. (2011). Polyéthylènes basse densité PE-BD et PE-BDL. Techniques de l'ingénieur, 1-19.

[25] QUET, J. P. (1992). Polyéthylènes linéaires : formula chim. Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés, 6, J6540-1.

[26] Amazouze,L. (2017-2018). Etude comparative de propriétés de deux polymères (PEHD et PEBD) et de leur mélange., Rapport de soutenance en vue de l'obtention du diplôme de licence professionnalisant en : Génie Chimique, Université Akli Mohamed Oulhadj-bouira.

PARTIE 2 :

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE

Cette partie expérimentale est répartie en deux chapitre :

1- Chapitre III : Problématique et mode opératoire

Ce chapitre a pour objectif de présenter d'une part, les matériaux utilisés dans cette étude, la préparation des échantillons en utilisant l'extrusion gonflage, pour un film tri-couche d'un emballage : pochette de lait, en détaillant toutes les étapes de cette mise en forme, et les diverses techniques qui ont permis la caractérisation des films préparés. A savoir, L'infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF) et les différents tests mécaniques (les tests mécaniques en traction, épaisseur…)

2- Chapitre VI : Résultats et discussion

Ce chapitre est consacré à exposer les résultats obtenus des analyses faites de nos échantillons, et les discuter afin de répondre à la problématique composée dans le chapitre précédent qui était d'« extraire les facteurs déterminant la qualité d'un film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur l'élaboration de plusieurs formulations, et en choisir la meilleure qui donne de bons résultats de caractérisation ».Des projections des notions citées dans les chapitres précédents vont être utiles afin de pouvoir enrichir les discussions, en citant aussi des travaux d'autres auteurs qui ont abordé cette même problématique plus ou moins modifiée selon leurs intérêts.

CHAPITRE III :

PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

III.1. Introduction

Ce chapitre présente d'une part, les matériaux utilisés dans cette étude ainsi que l'élaboration des différents échantillons en utilisant la mise en forme appropriée (extrusion gonflage) pour un film tri-couche d'un emballage : pochette de lait, en détaillant toutes les étapes de cette mise en forme, et d'autres part, les diverses analyses qui ont permis la caractérisation des films préparés et qui sont les suivantes :

- L'infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF).
- La résistance de l'impression.
- L'épaisseur moyenne.
- La largeur.
- L'allongement à la rupture (longitudinale-transversale).
- La résistance à la traction (longitudinale-transversale).
- Le module d'élasticité (longitudinale-transversale).
- La résistance à la déchirure (longitudinale-transversale).
- Le coefficient de frottement.

Au cours de cette partie, des rappels théoriques sur ces méthodes de caractérisation sont fournis afin de montrer leurs principes, modes opératoires et les informations qui peuvent être extraites pour caractériser nos échantillons.

Notre problématique est d'extraire les facteurs déterminant la qualité d'un film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur l'élaboration de plusieurs formulations, et en choisir la meilleure qui donne de bons résultats de caractérisation.

III.2. Produit élaboré et matériaux utilisés

III.2.1 Produit élaboré

Le film à usage pochette de lait est fabriqué à partir de deux matières de base Polyéthylène Basse Densité, dont une est de type radicalaire (LDPE) et une de type Linéaire (LLDPE) et d'un colorant blanc de qualité alimentaire. [Annexe 01]

Le film tri-couche d'emballage conditionnement du lait est tenu de satisfaire un certain nombre de critères :[Annexe 01]

- Alimentarité ;
- Résistance à la traction et allongement ;
- Glissement du film ;
- Opacité (barrière à la perméabilité des gaz, rayonnement etc…)

- Soudabilité, souplesse et brillance du film.

Chimiquement :[Annexe 01]

- Il ne doit présenter aucun effet aux sels, aux bases et à la plupart des acides.
- Il ne doit présenter aucune odeur sensible, ni saveur aux températures courantes, et exempt d'action toxique ni par contact ou ingestion.
- Sa perméabilité à la vapeur doit être très faible, et une absorption d'eau inférieure à 0.4%.

Le film tri-couche pochette de lait doit répondre à certaines exigences techniques et physiques qui peuvent être résumées dans le tableau III.1 suivant :

Tableau III.1 Exigences techniques et physiques d'un film tri-couche pochette de lait [Annexe 01, 02]

Propriétés	**Unités**	**Exigences**	**Norme**
Largeur (Laize)	mm	320 à 324 $\pm$ 2	
Epaisseur	mm	0.07 à 0.08 $\pm$ 5	
Résistance à la traction longitudinale	MPa	16 à 24	ISO R527
Résistance à la traction transversale	MPa	10 à 22	ISO R527
Allongement à la rupture longitudinale	%	400 à 700	ISO R527
Allongement à la rupture transversale	%	690 à 860	ISO R527
Module d'élasticité longitudinale	MPa	13 à 15	ISO R527
Module d'élasticité transversale	MPa	10 à 13	ISO R527
Résistance à la déchirure longitudinale	Gr	900 à 1000	ISO R527
Résistance à la déchirure transversale	Gr	1000 à 1200	ISO R527
Elongation ultime longitudinale	%	970	ISO R527
Elongation ultime transversale	%	1220	ISO R527
Grade du PEBD	g/10 min	0.7 à 1	ISO R292
Rétractabilité à chaud longitudinale	%	75	CENT CM24
Rétractabilité à chaud transversale	%	15	CENT CM24
Dart test	Gr	800	ASTMD 1709
Coefficient de friction	-	0.3	ASTMD 1894
Résistance à la soudure à 115 °C	N/mm	18/15	

Les caractéristiques des différentes couches sont les suivantes :[Annexe 01]

- **Couche externe :** Blanche traitée et brillante recevant les encres d'impression alimentaires, et convenable à la soudure.
- **Couche intermédiare :** Opaque blanche assurant une barrière à la perméabilité, permettant une meilleure conservation du produit.
- **Couche interne :** Neutre, au contact avec l'aliment (lait, l'ben) du film bobiné.

III.2.2. Matériaux utilisés

Pour synthétiser nos films, on a utilisé les matériaux suivants :

a. Polyéthylène métallocène mPE

Le polyéthylène métallocène basse densité linéaire (mPE) utilisé est un copolymère de l'éthylène avec 1-Hexène produit par The DOW Chemical Company aux USA et commercialisé sous le nom de « DOWLEX ™2106GC LLDPE ». Il a été gracieusement offert par l'Entreprise SOEXPLAST [Annexe 03 (b)] du groupe ENPC [Annexe 03 (a)]. Les principales propriétés de ce polymère, selon la fiche technique du fournisseur [Annexe 04], sont résumées dans le Tableau III.2 :

Tableau III.2. Propriétés physico-mécaniques du « DOWLEX ™ 2106GC LLDPE »

Propriété	Unité	Valeur	Norme
Densité	g/cm^3	0.917	ASTM D792
Indice de fusion (190 °C/2.16 kg)	g/10 min	3.3	ISO 1133
Résistance à la traction - Limite élastique (23 µm), film coulé - Rupture (23 µm), film coulé	 MPa MPa	 6.20/5.50(MD/TD) 38.0/21.0(MD/TD)	ASTM D882
Allongement à la traction - Rupture (23 µm), film coulé	 %	 500/780(MD/TD)	ASTM D882
Essai au choc de dard (23 µm), film coulé	g	140	ASTM D1709A
Etirement du film - allongement maximum (23 µm), film coulé	%	260	Méthode DOW
Etirement du film- étirement maximal à la perforation (23 µm), film coulé	%	160	Méthode DOW
Température de fusion	°C	220 à 280	
Brillance à 45° (23 µm), film coulé		93	ASTM D2457
Brume (23 µm), film coulé	%	0.60	ASTM D1003

b. Polyéthylène basse densité radicalaire (LDPE)

Le LDPE utilisé est un polyéthylène (homopolymère) basse densité additivé. Il contient un antioxydant, un antidérapant et un anti-bloquant. Il se caractérise par une bonne résistance à l'état fondu menant à une bonne stabilité des bulles lors de l'extrusion du film soufflé. Il est livré sous forme de pellets sous le grade « Lupolen 2427 F » qui est produit par « Lyondellbasell » aux USA et commercialisé. Ses principales propriétés, telles qu'elles sont données par le fournisseur [Annexe 05], sont résumées dans le Tableau III.3 :

Tableau III.3. Propriétés physico-mécaniques du « Lupolen 2427 F »

Propriété	**Unité**	**Valeur**	**Norme**
Densité	g/cm^3	0.924	ISO 1183-1
Indice de fusion (190 °C/2.16 kg)	g/10 min	0.75	ISO 1183-1
- Module de traction - Contrainte de traction à la limite d'élasticité	MPa MPa	260 11	ISO 527-1,-2 ISO 527-1,-2
Résistance à la traction - Limite élastique - Rupture	 MPa %	 24/22(MD/TD) 300/600(MD/TD)	 ISO 527-1,-3 ISO 527-1,-3
Point de fusion maximal	°C	111	ISO 3146
Température d'extrusion	°C	170 à 220	
- Brillance - à20° - à 60°		 >40 <90	 ASTM D2457 ASTM D2457
Brume	%	<8	ASTM D1003
Additifs - Agent glissant, Erucamide - Antibloc, Silice naturelle	 ppm ppm	 500 900	 LYB Method ISO 3451-1

c. Polyéthylène basse densité radicalaire linéaire (LLDPE)

SABIC LLDPE 118WJ est une résine de polyéthylène linéaire basse densité au butène, généralement utilisée pour les applications à usage général, produite par la société Sabic de l'Arabie Saoudite. Les films produits à partir de cette résine sont résistants, avec une bonne résistance à la perforation, une résistance élevée à la traction et de bonnes propriétés de remplissage. La résine contient un additif antidérapant et antidérapant. SABIC LLDPE 118WJ

est exempt de TNPP. Ce produit n'est pas destiné à et ne doit pas être utilisé dans des applications pharmaceutiques / médicales. Les principales propriétés de ce polymère, selon la fiche technique du fournisseur [Annexe 06], sont résumées dans le Tableau III.4 :

Tableau III.4. Propriétés physico-mécaniques du « SABIC LLDPE 118WJ »

Propriété	Unité	Valeur	Norme
Densité	g/cm^3	0.918	ASTM D1505
Indice de fusion (190 °C/2.16 kg)	g/10 min	1	ASTM D1238
Formulation		Agent de glissement Agent anti-blocage	
Résistance aux chocs de dard	g/µm	145	ASTM D1709
Module de sécante à 1%	MPa	220/260(MD/TD)	ASTM D882
- Contrainte de rupture - Allongement à la rupture - Contrainte au seuil d'écoulement	MPa % MPa	40/32(MD/TD) 750/800(MD/TD) 11/12(MD/TD)	ASTM D882 ASTM D882 ASTM D882
Résistance à la déchirure Elmendorf	g	165/300(MD/TD)	ASTM D1922
Brillance à 60°		60	ASTM D2457
Brume	%	10	ASTM D1003

d. Colorant à base de PE

Le colorant « POLYTEC Blanc PT 110470 » est un mélange de couleur blanc à base de polyéthylène adapté à tous les processus conventionnels, recommandé d'utiliser le LDR de 2-5% dépendant à l'application choisie. Les principales propriétés de ce colorant, selon la fiche technique du fournisseur [Annexe 07], sont résumées dans le Tableau III.5 :

Tableau III.5. Propriétés physico-mécaniques du « POLYTEC Blanc PT 110470 »

Propriété	Unité	Valeur	Norme
Polymère de base		PE	PT STD
Polymère de base &contenu additif	%	40	PT STD
Contenu pigment blanc	%	60	PT STD ISO
Indice de fusion	g/10 min	30	ASTM D1238
Application de contact alimentaire		Oui	AP (89)1
Migration		5	DIN 53775 PART3
Sans métaux lourds		Oui	Directive 2002/96/EC

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

Les photos ci-dessous montre les différentes matières premières utilisées dans nos élaborations :

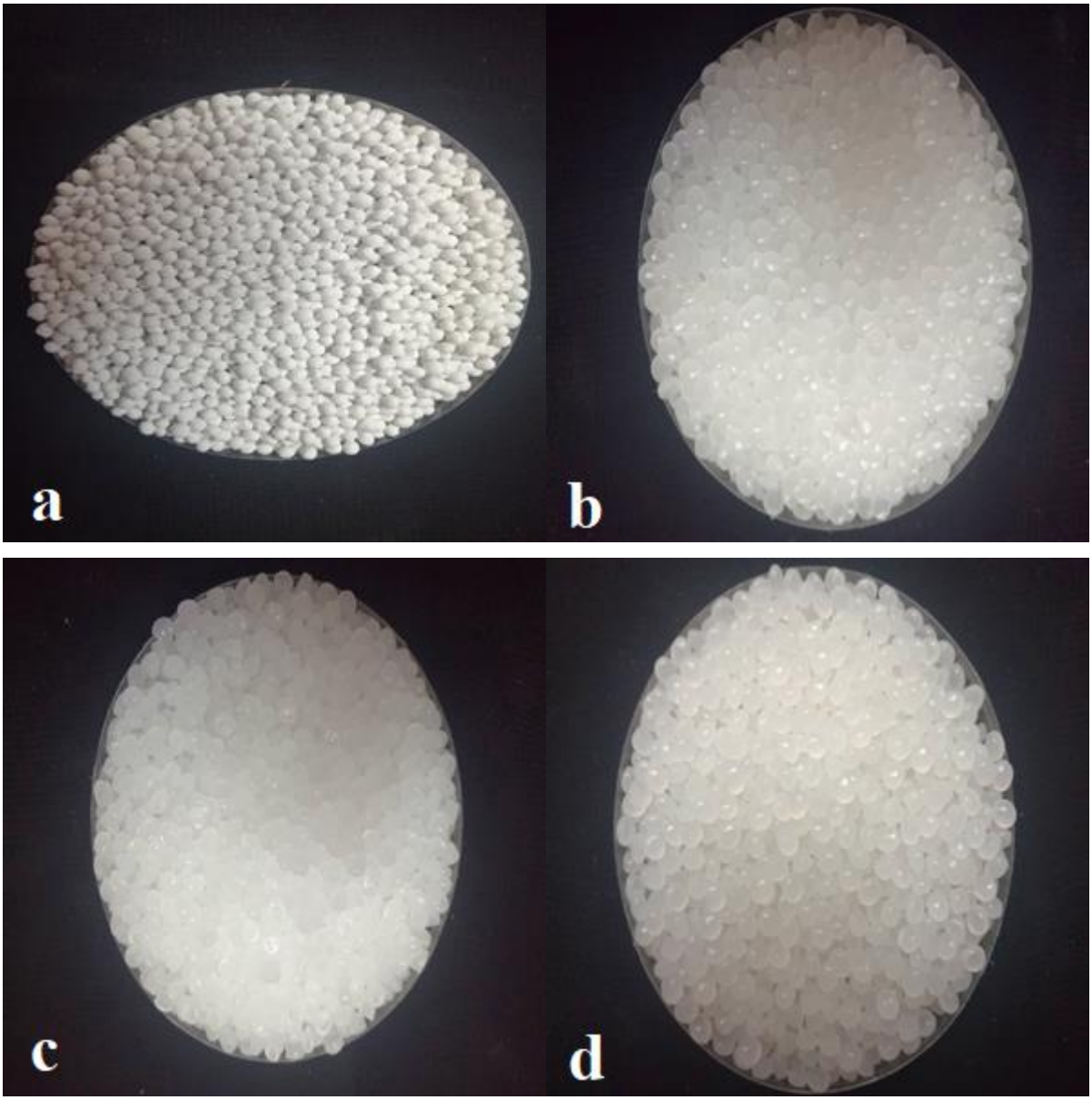


Figure III.1. (a) Colorant (b) LDPE (c) LLDPE (d) mPE

La figure montre les matières premières utilisées dans l'élaboration de nos films, elles sont fabriquées sous forme de granulés blancs de forme ovoïde. Cette forme est très pratique à stocker, à manipuler, et bien adaptée aux processus (remplissage aisé des machines et malaxage facilité).

La production des granulés plastiques comprend plusieurs étapes, commençant par la synthèse de la résine (polymérisation et formulation) puis faire le compoundage qui s'agit de la mise en forme du formulat (se présentant par exemple sous forme de boudins en sortie de

malaxeur) par extrusion au travers d'une filière à trous circulaires, puis coupe des cordons refroidis et séchage pour fabriquer des granulés de 1 à 5 millimètres de diamètre.

Le colorant est de couleur blanche de composition de 60% de pigment TiO_2et 40% de polymère de base qui doit être le même que le polymère mis en jeu (le polyéthylène) pour assurer le pouvoir de mélange avec la résine. Contrairement aux colorant qui sont absorbés par le support et s'unissent chimiquement aux molécules qu'ils colorent, les pigments se fixent uniquement à la surface de l'objet. Malgré que le TiO_2utilisé est alimentaire selon la fiche technique, son ajout est fortement déconseillé pour la santé à cause de sa taille micrométrique et nanométrique[1], et c'est pour cela qu'il est juste ajouté dans la formulation de la première et la deuxième couche du film tri-couche.

Le colorant est utilisé afin de blanchir et intensifier la brillance du film de la pochette de lait afin de créer l'opacité qui sert à retarder la dégradation du contenu (lait et produits laitiers). Les produits alimentaires et les boissons présentent des sensibilités très variables à la lumière naturelle ou artificielle. [1] En raison de leur composition, le lait et les produits laitiers constituent d'ailleurs un cas idéal pour effectuer l'étude de la photosensibilisation des produits alimentaires. [2-7]La photosensibilité dépend surtout de leur composition globale et de leur teneur en riboflavine en particulier, qui agit comme photosensibilisateur. Maints autres composés tels que produits soufrés, antioxydants et métaux lourds, ainsi que la composition de la matière grasse jouent en général un rôle déterminant. La photosensibilité des produits alimentaires dépend encore de nombreux autres facteurs, au nombre desquels on peut citer :

- leur teneur en oxygène dissous ou disponible, donc la perméabilité de leur emballage à ce gaz;
- leur température ;
- la durée de leur exposition à la lumière ainsi que l'intensité et le spectre d'émission de la source utilisée ;
- la translucidité de leur emballage, qui détermine le niveau énergétique des réactions de photo-oxydation ;
- leurs caractéristiques spectrales de réflexion, de transmission et d'absorption. [8]

Le risque d'apparition de défauts dus à la lumière est encore accru par certains facteurs tels que l'influence de la saison (plus grande sensibilité en hiver), l'homogénéisation du lait, de même que la température de stockage des produits emballés. [9]

[1]C'est surtout le fait que cette substance contienne des nanoparticules – d'une taille inférieure à 100 nanomètres facilitant leur pénétration dans l'organisme – qui soulève depuis plusieurs années l'inquiétude des associations de défense des consommateurs et de l'environnement.Il semblerait que le dioxyde de titane soit en mesure de pénétrer la paroi de l'intestin et de se retrouver dans l'organisme causant des troubles du système immunitaire.

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

A partir de la figure III.1, nous constatons que les granulés des différents polymères sont souples, agréables au touché et de couleur blanche opaque, mais à l'œil nu, on remarque que cette couleur vire vers le jaunâtre pour le LLDPE, alors qu'elle est plus apparente pour les mPE, et ce à cause des additifs de chaque polymère utilisé.

La ramification de la chaîne dans le LDPE homopolymère confère à ce polymère un certain nombre de caractéristiques souhaitables telles que la clarté, et c'est ce qui rend ce polymère plus clair que les autres polymères, il a un aussi un faible pourcentage de cristallinité ce qui le rend plus transparent. Malgré que le LLDPE est plus résistant que le LDPE à des densités équivalentes, cependant, le LDPE est toujours préféré dans les applications exigeant une grande clarté ou pour le revêtement par extrusion d'un substrat.

Comparés aux catalyseurs de Ziegler-Natta, les catalyseurs à base de métallocène, en fournissant un meilleur contrôle de la teneur en comonomères, produisent une incorporation plus uniforme et un contrôle amélioré de la DPM. [10] Cela se traduit par une clarté améliorée des mPE par rapport au LLDPE, ce qui a été observé à l'œil nu en comparant les deux polymères.

III.3. Elaboration des échantillons

III.3.1. Le procédé de l'extrusion gonflage

Le gonflage de gaines ; avec l'extrusion de film à plat est un procédé très utilise en plasturgie permettant la mise en œuvre des films. Il s'agit d'un procédé d'extrusion pour lequel la filière est annulaire et permet donc la formation d'une gaine ; qui est ensuite découpée afin de former un film.

La plupart des polymères passent toujours une fois dans une extrusion qui sont sous forme de granulés pour fabriquer des films ; des tubes ; des gainages de câbles ; des profilés …etc.

La technique de production de film par extrusion gonflage consiste à extruder une mince gaine qui, momentanément pincée, est gonflée avec de l'air.

Le principe consiste à extruder de la matière au travers d'une filière annulaire au centre de laquelle est injecté de l'air. Une bulle se forme dont le diamètre correspond à la largeur de la gaine recherchée. En modulant la vitesse de tirage du banc d'enroulement, il est possible d'obtenir des épaisseurs variables (25 à plus de 100 µm avec nos équipements).

Les paramètres de réglage sont gérés par des équipements automatisés. Au cours du processus de fabrication, les opérateurs vérifient et relèvent périodiquement la conformité des caractéristiques des gaines (dimension, poids au mètre).

III.3.2. Le mode opératoire du procédé

a. Emmagasination de la matière première

La matière première est remplie dans de grands silos pour alimenter l'extrudeuse, comme c'est montré sur la figure III.2suivante :



Figure III.2. Les silos d'emmagasination de la matière première

b. Formulation des différents échantillons

On élabore cinq formules de films en voulant comparer :

1- Le taux de colorant utilisé, et son impact sur la qualité du film.

2- Le taux LDPE/LLDPE dans une formule et son impact aussi sur les propriétés mécaniques du film.

3- La comparaison entre le mPE et le LLDPE utilisé sur la qualité du film élaboré.

Tableau III.6. Différents échantillons élaborés [Annexes 8-12]

Echantillon		Colorant (%)	LDPE (%)	LLDPE (%)	mPE (%)
1	1ére couche	3	33	64	0
	2ème couche	5	33	62	0
	3ème couche	0	35	65	0
2	1ére couche	2	33	65	0
	2ème couche	4	33	63	0
	3ème couche	0	35	65	0
3	1ére couche	4	33	63	0
	2ème couche	6	33	61	0
	3ème couche	0	35	65	0
4	1ére couche	3	33	0	64
	2ème couche	5	33	0	62
	3ème couche	0	35	0	65
5	1ére couche	3	50	47	0
	2ème couche	5	50	45	0
	3ème couche	0	50	50	0

c. Alimentation et dosage de la matière première

La machine automatique d'extrusion gonflage des films tri-couches utilisée de l'usine est récente (2015) et de marque MAKI avec une capacité de production de 600 kg/h avec une tolérance d'épaisseur avancée « Sigma2 ».

La matière première est ajoutée dans la trémie sous forme de granulés ; la trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant trois vis rotatifs :

1- Vis A : la couche extérieure ;
2- Vis B : la couche intermédiaire ;
3- Vis C : la couche intérieure.

Chaque couche a 4 différents dosages, par exemple : A1 A2 A3 A4 / B1 B2 B3 B4 / C1 C2 C3 C4.

Nous pouvons ainsi faire 4 différents dosages dans une seule vis Par exemple :
A1 : linéaire ; A2 radicalaire ; A3 : vide ; A4 : colorant.



Figure III.3. Trémies et système de dosage

Le système de pesage (ou dosage) a pour but de peser chaque vis àla dose prescrite à l'aide d'un vérin automatique ; la vis assure à la fois le chauffage par le fourreau qui est reparti en plusieurs zone :

1- Zone d'alimentation (ou culasse) : permet un transport régulier, et un compactage de la matière. Le chenal de la vis est rempli de grains de matière solide qui sont comprimés entre eux. Au bout de quelques filets, cet ensemble solide progresse en bloc à l'intérieur du canal, entraîné vers l'avant par friction au contact de la paroi du cylindre. Une bonne adhérence de la matière sur la paroi du cylindre est recherchée, pour augmenter le processus d'écoulement en bloc. Ainsi la température de la vis doit être inférieure à celle du fourreau, et suivant les formulations, elle peut être refroidit par un liquide caloporteur passant à l'intérieur. Pour éviter

une fusion trop rapide des grains après la trémie et éviter les bouchons. Il est parfois nécessaire de refroidir aussi le fourreau.

2- Zone de fusion (ou de compression) : le cylindre est chauffé, le mécanisme de fusion commence lorsqu'un film de matière se forme entre le lit solide et la paroi chaude du fourreau. Après que le mécanisme de fusion est commencé, le lit solide continue d'avancer en bloc alors que la matière fondue tourne sur elle-même, entraînée à l'arrière du canal par la face avant du filet de vis. Dans cette zone le diamètre intérieur de la vis augmente, donc la hauteur du filet diminue, ce qui a pour but de forcer la fusion du lit solide.

3- Zone de pompage (ou de régularisation, homogénéisation, malaxage) : partie cylindrique située en bout devis, homogénéise la matière et régule le débit. Elle sert à porter le polymère à la pression nécessaire pour assurer l'écoulement dans la filière au débit voulu. La hauteur de filet est à nouveau constante mais plus faible que dans la zone d'alimentation. Elle doit permettre une bonne homogénéisation de la matière avec les adjuvants ou les pigments.

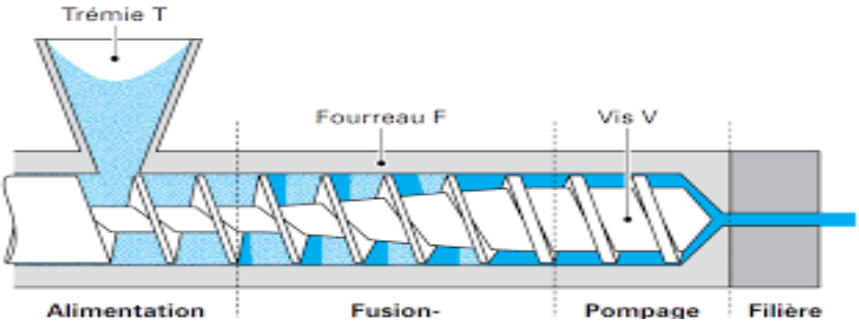


Figure III.4. Les zones de la vis

d. Extrusion de la matière première

Ensuite ; le malaxage se produit pour améliorer la stabilité de l'extrusion, on cherche à améliorer la capacité de fusion d'une vis en décalant la zone de fusion vers l'arrière. La mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion ; la tête contient une filière pour donner une pâte à l'aide des régulateurs de température grâce aux colliers et aux ventilateurs.



Figure III.5. Parties de l'extrudeuse (vis +fourreau)

e. Gonflement de l'extrudât

Le polymère fondu est entrainé à la sortie verticalement de la filière par des rouleaux pinceurs pour être étiré et gonflé au contact de l'air où il est emprisonné à l'intérieur de la bulle et se réchauffe rapidement ; lorsque le débit est élevé, il faut accélérer le refroidissement puis il ya un système d'aspiration qui aspire l'air frais et retire l'air pollué (qui contient le solvant).

L'extrudât est refroidi par un anneau de refroidissement tandis que de l'air est insufflé à l'intérieur pour former une bulle (Figure III.6). La bulle est ensuite mise à plat progressive entre les auvents pincés (Figure III.7) pour éviter les plis pour être tiré entre les cylindres de tirage qui lui assure une vitesse de rotation stable et une pression contrôlée de manière à ne pas fragiliser le film au niveau des plis.

La filière subit deux étirages mécaniques ; le premier dans le sens de la hauteur qui est dûà la différence de vitesse entre le tirage et la vitesse d'extrusion et qui s'appelle un étirage longitudinal ; le deuxième dans le sens de largeur est dû à l'air, légèrement sous pression contenu dans le ballon, et qui s'appelle l'étirage transversal.

Le ballon de gonflage a 18 mètres avec un tirage rotationnel pour avoir une épaisseur homogène dans les bobines (pour éliminer les points forts et faibles dans la bobine) avec un système de rotation de 64 petits moteurs qui ont pour but de varier le volume d'air entrant.



Figure III.6. La bulle de gonflage



Figure III.7. Les auvents pincés

f. Contrôle du film

Le but de la caméra contrôleur (Figure III.8), est pour calculer les points d'épaisseur (quand il ya un point faible le moteur augmente le volume d'air et le contraire en cas d'existence des points forts. C'est un système très important pour avoir une bonne homogénéité d'épaisseur.



Figure III.8. Caméra contrôleur

g. Traitement corona

Pour obtenir un mouillage suffisant et une adhésion adéquate sur le film plastique, un prétraitement juste avant l'unité d'impression, de complexage ou d'enduction est nécessaire.

La solution pour optimiser le mouillage et l'adhésion d'un support est dans l'utilisation d'une unité de décharge corona depuis que cette technique a prouvé sa haute efficacité avec un coût modéré et sa facilité d'insertion dans une ligne de production.

Le traitement corona est une décharge électrique à haute fréquence vers la matière. Il en résulte une amélioration de la connexion chimique (dyne/cm) entre les molécules dans le plastique et le liquide appliqué (encre d'impression). Le traitement de surface ne réduit pas ou ne change pas la résistance de la matière. Cela ne change pas non plus son apparence.

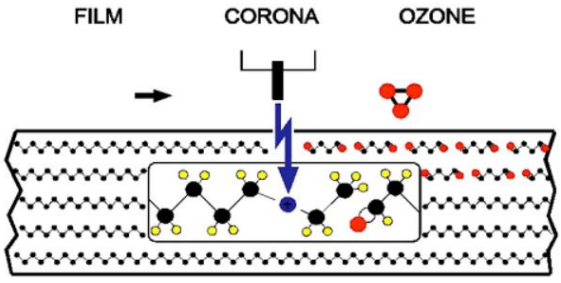


Figure III.9. Traitement corona de la surface du film

h. Enroulement et bobinage

Après enroulement (Figure III.10) et bobinage (Figure III.11) à l'aide des paramètres de réglage de longueur des bobines conditionnées ; il est nécessaire de découper le film selon les besoins de conditionnement mentionnés par le client.

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

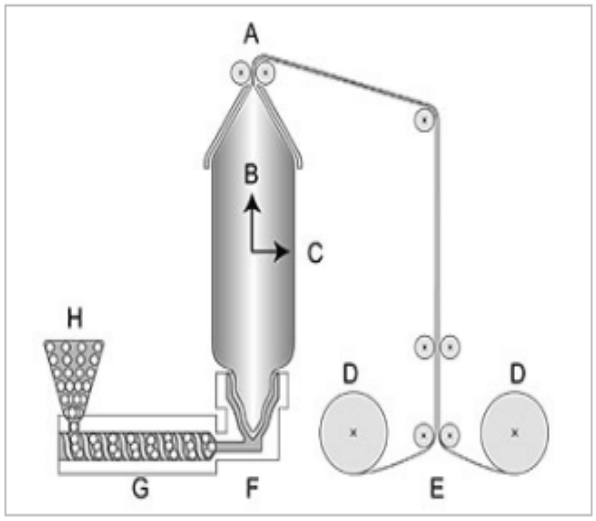


Figure III.10. Enroulement du film



Figure III.11. Bobinage du film

Et la figure suivante montre un schéma détaillé d'une extrusion gonflage :



Légende

(A) ... Rouleaux presseurs
(B) ... Longitudinal
(C) ...Transversal
(D) ... Rouleau
(E) ... Stations Corona
(F) ... Tête soufflante
(G) ... Vis sans fin
(H) ... Extrudeuse

Figure III.12. Schéma détaillé du processus d'extrusion gonflage

i. Impression du film

L'impression du film est réalisée avec la mixture de 8 couleurs de base ; l'opération est faite en utilisant les solvants (méthoxy ; alcool …etc.) ; un système d'encrage automatique contient des encres à forte viscosité qu'il faut les diluer grâce à une machine qui l'aspire automatiquement puis l'applique sur le film après dilution.

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE & MODE OPERATOIRE

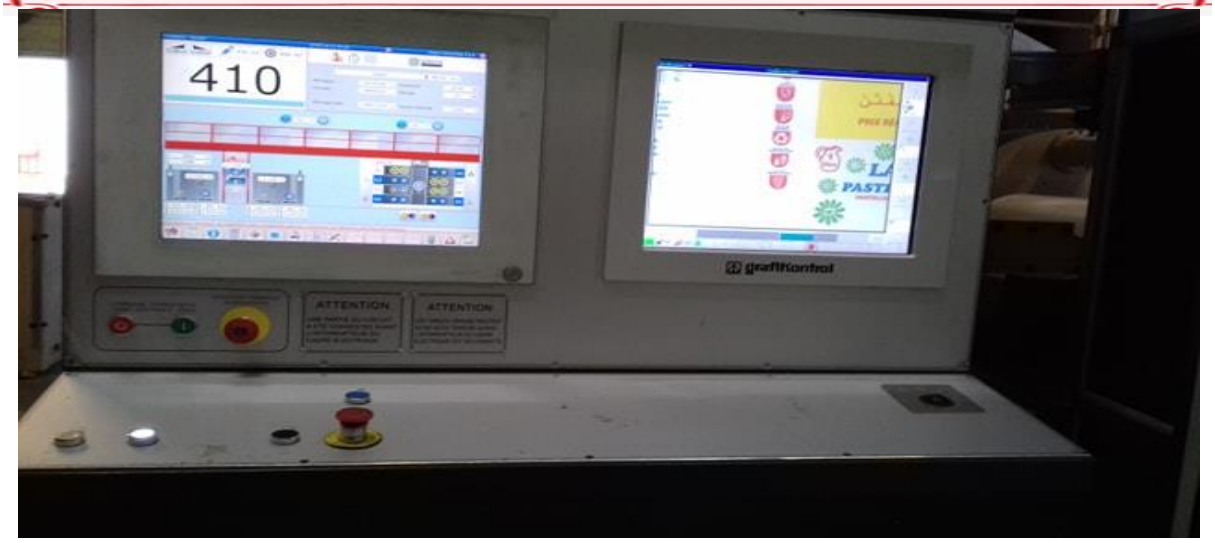


Figure III.13. Système de contrôle de l'impression

Le contrôle de l'impression se fait grâce à une caméra qui prend des flashs pour régler l'impression avec une grand vitesse sans l'arrêt de la machine ; elle marche avec le film latéralement ; la photo apparait sur un écran dont le réglage l'impression se produit automatiquement en cas de décalage.



Figure III.14. Camera de contrôle de l'impression

Finalement ; on découpe le film avec une machine spéciale selon les besoins des clients, avec des dimensions précise.

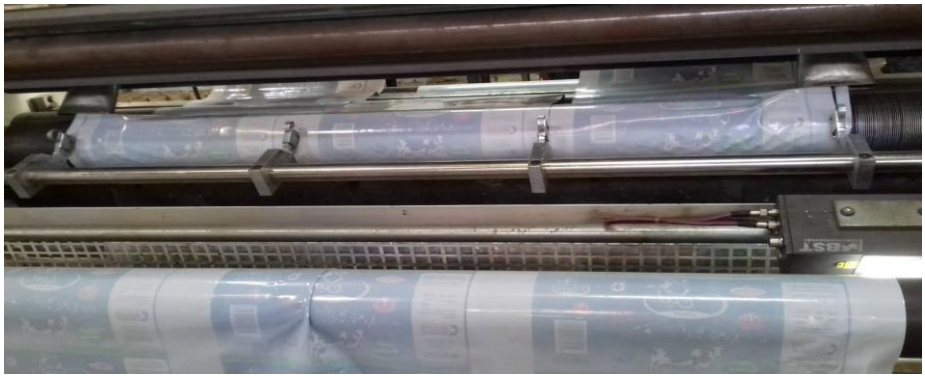


Figure III.15. Machine de découpage

Et le film tri-couche de conditionnement pochette de lait élaboré est prêt comme c'est montré sur la figure suivante :



Figure III.16. Film impressionné prêt à l'usage

III.4. Caractérisation des films

III.4.1. Identification des plastiques à l'aide de la spectrophotométrie IR

Lorsque le rayonnement infrarouge (IR) passe à travers un film, une partie du rayonnement est absorbée par le matériau et le reste le traverse. En spectroscopie IR, ce rayonnement transmis est détecté et converti en un spectre qui révèle une empreinte digitale unique du matériau. Les transformées de Fourier sont une construction mathématique utilisée pour convertir le signal en un spectre utile, d'où le nom de spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

Le FTIR est une technique puissante d'identification des types de polymères dans un film d'emballage. Chaque type de polymère possède son propre spectre d'absorption IR caractéristique. Les chimistes analytiques peuvent utiliser FTIR pour identifier des groupes fonctionnels sur un polymère en connaissant les spectres de différents groupes moléculaires, tels que des acides ou des aldéhydes.

Certaines d'entre elles sont présentées dans le tableau III.7. Il existe des bases de données de spectres de matériaux standard que le technicien peut utiliser comme point de départ pour déterminer quels matériaux sont présents. Ces bibliothèques, cependant, peuvent ne pas fournir de détails sur des qualités ou des mélanges spécifiques. Cela prend de l'expérience. De nombreux fournisseurs de résines et de convertisseurs de film ont accumulé cette expérience au fil du temps et constituent de bons endroits pour consulter afin d'aider à identifier les structures.[11]

Tableau III.6. Fréquences infrarouges des composés chimiques et exemples de polymères les contenant [12]

Bond	Compound Type	Polymer	Frequency Range (cm^{-1})
C–H	Alkanes	PE, PP, ethylene copolymers	2850–2960 1350–1470
C–H	Alkenes	Unsaturated fatty acid slip agents	3020–3080 675–1000
C–H	Aromatic rings	PET, PS	3000–3100 675–870
C–H	Alkynes		3300
C=C	Alkenes	Unsaturated fatty acid slip agents	1640–1680
C≡C	Alkynes		2100–2260
C–C	Aromatic rings	PET, PS	1500, 1600
C–O	Alcohols, ethers, carboxylic acids, esters	EAA, EMAA, EVA, EVOH, PET	1080–1300
C=O	Aldehydes, ketones, carboxylic acids, esters	EAA, EMAA, EVA, EVOH, PET, PA	1690–1760
O–H	Alcohols, phenols	EVOH	3610–3640 3200–3600
N–H	Amines	PA6	3300–3500
C–N	Amines	PA6	1180–1360
C≡N	Nitriles		1515–1560
$-NO_2$	Nitro compounds		1345–1385

Les techniques FTIR sont très utiles pour identifier le type de polymères présents. Ils peuvent ne pas être en mesure de différencier les types ou les qualités de polymère au sein d'une famille de polymères. Par exemple, différents types de polyéthylène [polyéthylène haute densité (HDPE), polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE), polyéthylène basse densité (LDPE)] ont des spectres IR similaires. Il en va de même pour certains types de polyamide et de qualités d'EVOH.

Les mélanges de polymères peuvent également constituer un défi, surtout si les spectres se chevauchent. Parfois, FTIR peut identifier qualitativement si un type de polymère ou de groupe fonctionnel est présent, mais sans des courbes d'étalonnage soigneuses générées à partir d'étalons connus, il peut être impossible de déterminer la quantité présente dans un mélange ou une coextrusion. Si le film peut être décollé, l'ATR peut être appliqué sur la surface exposée pour déterminer la composition de cette couche.[12]

Les échantillons préparés ont été analysés par FTIR à l'aide d'un appareil de type (FTIR-8400 SHIMADZU), du hall technologique de l'université de Médéa. Les analyses ont été faite dans le domaine infrarouge entre 4000cm^{-1} et 400cm^{-1}, sans préparation préalable sous forme de film.

III.4.2. Transparence et opacité

La transmittance est le pourcentage de lumière incidente qui traverse l'échantillon. Elle est déterminée par l'intensité des effets d'absorption et de diffusion. L'absorption dans les polymères est généralement insignifiante. Par conséquent, si la diffusion est nulle, l'échantillon sera transparent. Un matériau opaque a une faible transmittance et, par conséquent, un grand pouvoir diffusant. Le pouvoir diffusant d'un polymère résulte d'inhomogénéités morphologiques et / ou de la présence de cristaux. Un polymère homogène amorphe tel que le polystyrène « cristal » aura un pouvoir diffusant faible ou nul et sera donc transparent. Un polymère hautement cristallin tel que le HDPE sera principalement opaque. La transmittance peut être déterminée selon la norme ASTM D1003. Un matériau transparent est défini comme ayant une valeur de transmittance supérieure à 90%. [13]

III.4.3. Propriétés mécaniques des films

Les polymères présentent un ensemble de comportements mécaniques dont les valeurs changent considérablement avec la température et la rapidité des tests, ainsi qu'avec la structure intrinsèque du polymère. La résistance à la traction, la résistance à la déchirure, la résistance aux chocs et à l'éclatement, la résistance au pliage, la résistance aux trous d'épingle et à l'abrasion revêtent toutes une importance pratique dans les emballages en plastique.

a. Propriétés de traction [13]

Nous utilisons souvent une courbe de charge de déformation en traction (voir Figure III.17) pour examiner le comportement mécanique d'un matériau d'emballage. Cette courbe relie la charge appliquée à la déformation résultante d'un échantillon. Généralement, il est mesuré à l'aide d'un appareil qui fournit un taux de déformation lent et constant et utilise un capteur de force pour mesurer et enregistrer la force requise pour produire cette déformation.

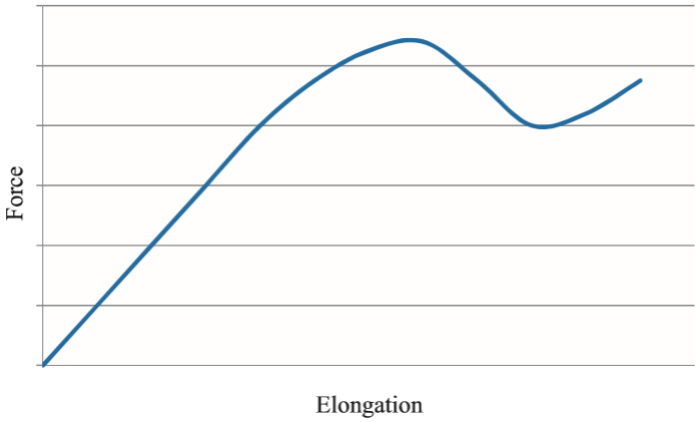


Figure III.17. Un exemple de courbe de charge-déformation

Une courbe contrainte-déformation (Figure III.18) standardise la courbe de charge-déformation en normalisant la charge en fonction de la surface transversale de l'unité et en normalisant la déformation à une longueur unitaire. La contrainte est alors la charge de traction appliquée divisée par la surface transversale initiale de l'échantillon et la déformation correspond à l'augmentation de la longueur divisée par la longueur initiale de l'échantillon.

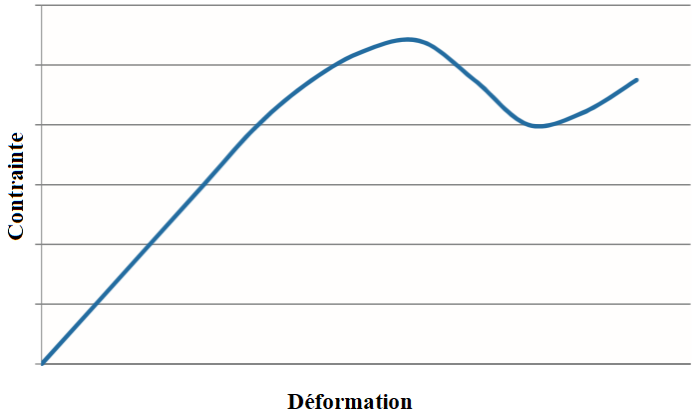


Figure III.18. Un exemple de courbe contrainte-déformation

L'équation de base pour la contrainte, la force par unité de surface, est la suivante :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Où σ est la contrainte, F est la force et A la surface de la section transversale (la surface perpendiculaire à la direction de la contrainte). Le stress est exprimé en unités de pascal ou psi. La déformation, ϵ, est l'augmentation de longueur fractionnaire sans dimension :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Où ΔL est le changement de longueur et L_0, la longueur d'origine. Dans les essais de traction, la longueur initiale n'est pas la longueur totale de l'échantillon, mais plutôt la distance entre les poignées ou la longueur de la jauge, car il s'agit de la longueur effective de l'échantillon, la partie de l'échantillon affectée par la force d'étirage.

Comme c'est mentionné, le comportement de l'échantillon est affecté par le taux d'étirement, les courbes de contrainte-déformation sont généralement obtenues à de faibles taux de déformation. Une courbe de contrainte-déformation nous donne une représentation graphique de la réponse du matériau à une contrainte de traction appliquée et nous permet d'identifier certains points et certaines régions d'intérêt. Pour pratiquement tous les matériaux, y compris les plastiques, il existe une période initiale de déformation dans laquelle il existe une

relation linéaire entre contrainte et déformation. Dans cette région, une augmentation du stress produit une augmentation proportionnelle de la contrainte.

À un moment donné, la courbe contrainte-déformation commence à s'écarter d'une ligne droite, signalant la fin de ce comportement directement proportionnel. Le point qui marque la fin de la partie droite de la courbe contrainte-déformation est appelé limite proportionnelle.

Dans la limite proportionnelle, la constante de proportionnalité détermine la relation quantitative entre contrainte-déformation. Cette constante de proportionnalité est appelée module d'élasticité ou module de Young et est communément désignée par E. Elle est égale à la pente de la partie linéaire initiale de la courbe contrainte-déformation.

L'équation permettant de déterminer le module d'élasticité, le rapport entre la contrainte appliquée et la déformation produite dans la partie élastique du comportement du matériau, E, est la suivante :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Où la contrainte et la déformation sont toutes deux mesurées dans la partie linéaire de la courbe.

Au fur et à mesure que le module de Young augmente, la contrainte requise pour atteindre une déformation donnée augmente. Généralement, cela signifie que le matériau est plus raide ou plus rigide. Strictement parlant, la raideur (ou rigidité) fait référence à la résistance à la flexion, plutôt qu'à l'étirement.

En pratique, il existe une relation étroite entre le module de flexion, qui mesure la résistance à la flexion, et le module de traction, qui mesure la résistance à l'étirement. Par conséquent, le terme rigide est souvent utilisé pour décrire un matériau à haut module d'élasticité, une grande pente dans la partie élastique de la courbe contrainte-déformation, car cela signifie qu'une grande contrainte est nécessaire pour produire une faible quantité de déformation à la traction. Par exemple, E du LDPE est de 250 mPa, alors que pour le «cristal» PS, il est de 2500 mPa. Les valeurs de module de traction dans les polymères.

Dans la partie élastique de la courbe contrainte-déformation, lorsqu'une contrainte appliquée est supprimée, la déformation produite disparaît et le matériau reprend ses dimensions d'origine. Nous définissons la limite d'élasticité comme le dernier point de la courbe contrainte-déformation pour lequel cela est vrai. De même, l'allongement élastique est défini comme la contrainte maximale sous laquelle le comportement élastique est maintenu ; ainsi, l'allongement élastique est la contrainte correspondant à la déformation à la limite élastique. Les valeurs d'élongation sont généralement exprimées en pourcentage.

Si nous dépassons la limite élastique, le matériau subira un certain degré de déformation permanente et ne retrouvera pas entièrement ses dimensions d'origine lorsque la contrainte appliquée sera supprimée.

La détermination de la limite d'élasticité sur une courbe contrainte-déformation nécessite des expériences répétées afin de déterminer à quel point la déformation permanente commence à apparaître. On ne peut pas le distinguer d'un simple examen de la courbe. Cependant, on peut affirmer avec certitude que la limite élastique n'est pas antérieure à la limite proportionnelle.

Le point d'élasticité est le point auquel le matériau commence à subir une augmentation de la déformation sans nécessiter une augmentation de la contrainte. Le point d'élasticité, s'il existe, se situe toujours après la limite d'élasticité et indique la déformation plastique (permanente). Par conséquent, nous pouvons rétrécir l'emplacement de la limite d'élasticité à la région située entre la limite proportionnelle et le point d'élasticité.

Comme le comportement dupoint d'élasticité reflète les réarrangements des molécules dans la matière plastique, les plastiques testés à des températures bien inférieures à leur Tg peuvent ne pas avoir de limite d'élasticité.

Le point de rupture de la courbe contrainte-déformation est le point de rupture du matériau. À ce stade, la contrainte tombe à zéro et le matériau est divisé en deux parties déconnectées. L'allongement final ou allongement à la rupture est la déformation au point de rupture, généralement indiquée en pourcentage. La résistance ultime ou la résistance à la traction d'un plastique est la contrainte la plus élevée qu'il puisse supporter sans défaillance. Par conséquent, il apparaît comme le point le plus élevé de la courbe contrainte-déformation.

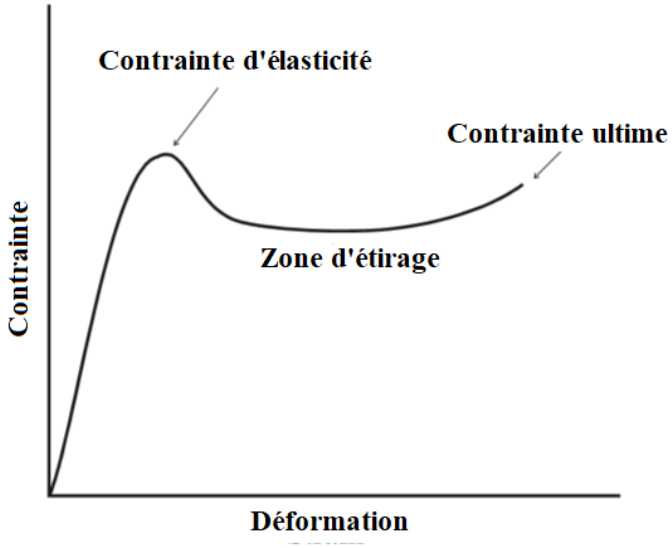


Figure III.19. Courbe contrainte-déformation, lorsque la résistance à la traction est indiquée à la limite d'élasticité

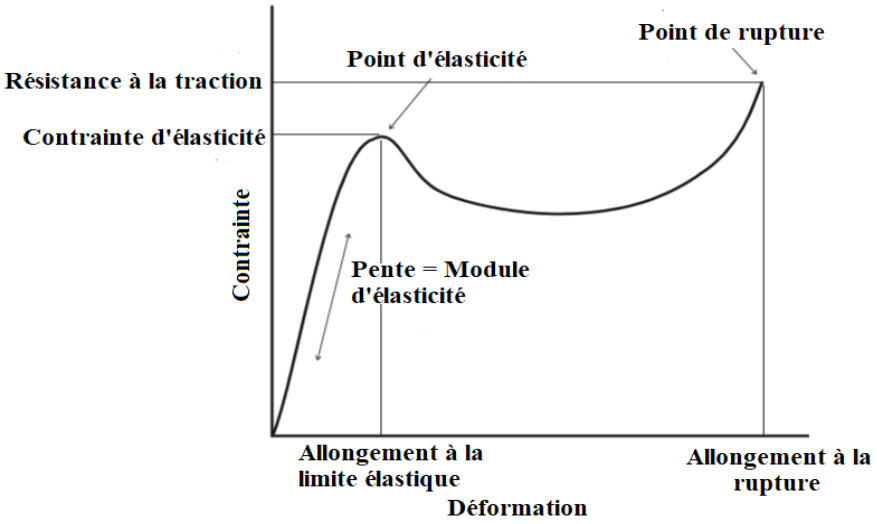


Figure III.20. Courbe contrainte-déformation, lorsque la résistance à la traction est indiquée à la rupture

La résistance à la traction est généralement soit à la limite d'élasticité (Figure III.19), soit au point de rupture (Figure III.20) du plastique. Si la résistance à la traction du matériau est atteinte à la rupture, un autre paramètre important est la limite d'élasticité, la contrainte au point d'élasticité.

La résilience est la capacité d'un matériau à absorber de l'énergie puis à revenir à ses dimensions d'origine. La résilience est une propriété largement des régions amorphes d'un polymère. L'augmentation de la cristallinité et de l'orientation a tendance à diminuer la résilience. La réticulation (sauf si elle est trop importante) augmente la résilience en empêchant la déformation plastique et en renforçant ainsi la capacité du matériau à revenir à ses dimensions d'origine. La résilience est mesurée par l'aire sous la partie élastique de la courbe contrainte-déformation (jusqu'à la limite élastique).

La ténacité est l'énergie qu'un matériau peut absorber avant de se rompre. Elle est mesurée par l'aire sous la courbe de contrainte-déformation totale. Une mesure significativement différente de la ténacité lorsque les polymères sont testés à des vitesses de déformation élevées, comme dans les tests de résistance aux chocs.

La brièveté est définie comme l'impossibilité de faire l'expérience d'une quantité importante de contrainte sans rupture. Ainsi, il est souvent associé à un manque de ténacité, bien que ce ne soit pas identique à cela. Les polymères amorphes et semi-cristallins deviennent fragiles lorsqu'ils sont refroidis en dessous de leur température de transition vitreuse. Un matériau fragile a une courbe contrainte-déformation courte. En revanche, un matériau ductile pourra être déformé de manière extensive sans rupture, ce qui lui donnera une longue courbe contrainte-déformation. Il convient de noter que le fait qu'un matériau soit ductile ou fragile ne

concerne pas directement sa résistance à la traction. Un matériau fragile peut être soit faible et fragile, soit très fort etfragile, en fonction de la force nécessaire pour produire la faible élongation qu'elle est capable de subir. De même, un matériau ductile peut avoir une résistance à la traction élevée ou faible.

Le fluage fait référence à la tendance d'un matériau à continuer à se déformer avec le temps lorsqu'il est soumis à une charge constante. En raison de la nature viscoélastique des plastiques, les molécules ont tendance à changer lentement de position lorsqu'elles sont soumises à une telle contrainte, ce qui peut entraîner une déformation importante dans le temps. Ceci est important dans des domaines aussi divers que les palettes en plastique et les bouteilles en plastique contenant des contenus sous pression.

La relaxation des contraintes est la tendance d'un matériau, lorsqu'il est exposé à une déformation constante, à subir une réduction de la quantité de contrainte nécessaire pour maintenir cette déformation. Cela aussi est une conséquence du réarrangement moléculaire dans le polymère qui se produit lentement sur une longue période. La relaxation des contraintes est particulièrement importante pour les films étirables, car leur « pouvoir de maintien » diminue avec le temps.

Les tests relatifs aux propriétés de traction sont décrits dans la norme ASTM D882 ; Les tests de propriétés de flexion sont décrits dans les normes ASTM D790 et ASTM D6272. Le tableau 3.4 indique la relation entre la douceur ou la ténacité d'un matériau et les valeurs de module d'élasticité, de limite d'élasticité, de résistance et d'allongement.

Tableau III.7. Les matériaux peuvent être mous ou durs en fonction des propriétés de résistance à la traction [13]

Type de polymère[1]	**Module d'élasticité**	**Contrainte d'élasticité**	**Contrainte ultime**	**Allongement à la rupture**
Doux et faible	Faible	Faible	Faible	Modéré
Doux et robuste	Faible	Faible	Modéré	Haut
Fragile et dur	Haut		Modéré	Faible
Dur et fort	Haut	Haut	Haut	Modéré
Dur et robuste	Haut	Haut	Haut	Haut

[1] Robuste : résiste à l'échec, même après déformation ;
Fort - résiste à la fois à la déformation et à l'échec ;
Ductile - se déforme avant la rupture ;
Fragile - se brise avant de se déformer ;
Dur - résiste aux bosses, aux égratignures et à toute modification permanente sous la force de compression.

Le comportement observé sur la courbe contrainte-déformation correspond au comportement viscoélastique typique des matériaux polymères. Le comportement viscoélastique dépend fortement de la température à laquelle le test est effectué et de sa relation avec la Tg de l'échantillon. Cela dépend également du taux de déformation, comme mentionné précédemment. En général, une déformation très rapide ne laisse pas le temps nécessaire au réarrangement moléculaire et conduit au comportement caractéristique d'un matériau plus fragile. Les effets de la température et de la vitesse des tests sur les matières plastiques sont illustrés aux Fig. III.21 et III.22 respectivement.

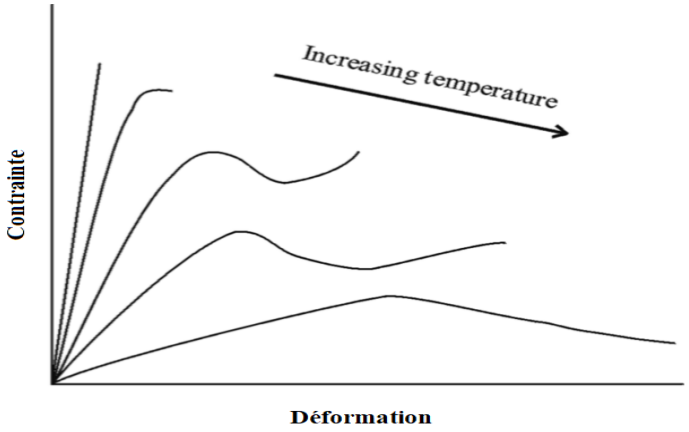


Figure III.21. Effet de la température sur la courbe contrainte-déformation

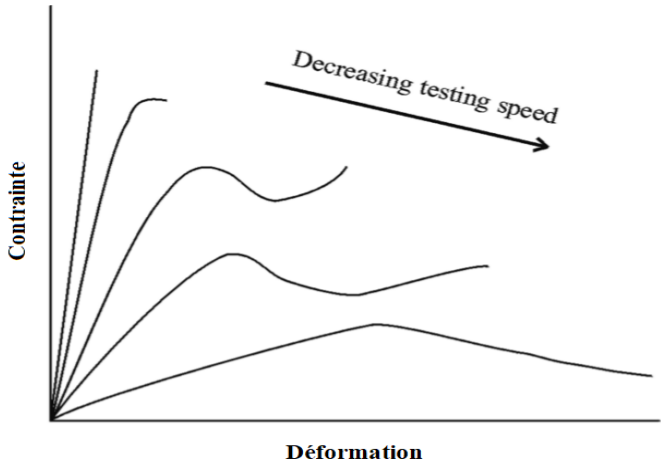


Figure III.22 Effet de la vitesse des tests sur la courbe contrainte-déformation

b. Résistance à la déchirure [13]

La mesure de la résistance à la déchirure d'un matériau évalue l'énergie absorbée par l'échantillon lors du déclenchement et / ou de la propagation de la déchirure. Deux méthodes ASTM standards sont disponibles : les méthodes D1004 et D1922. Le premier est conçu pour mesurer la force nécessaire pour initier la déchirure. Il couvre la détermination de la résistance à la déchirure d'un échantillon en plastique souple à des taux de charge très faibles, c'est-à-dire

51 mm / min. La norme ASTM D1922 mesure l'énergie nécessaire à la propagation d'une déchirure après son déclenchement par un petit trou dans l'échantillon. La valeur de la résistance au déchirement d'un film dépend du taux d'étirement de l'orientation et du fait que la mesure soit effectuée dans le sens de la machine ou dans le sens opposé. La résistance à la déchirure des films peut également être évaluée dans le sens machine et dans le sens travers à l'aide d'un appareil de traction ; La norme ASTM D1938 décrit cette procédure standard.

Les propriétés mécaniques d'un polymère peuvent être fortement influencées par son degré de cristallinité. Lorsque la cristallinité du polymère augmente, les propriétés qui dépendent principalement de la force des attractions entre les molécules voisines, telles que la résistance à la traction et le module d'élasticité, augmentent. Cependant, les propriétés qui dépendent principalement de la capacité des molécules à absorber de l'énergie en modifiant temporairement ou en permanence leur position, telles que la résistance au choc et la résistance au déchirement, diminuent.

Les échantillons préparés (Figure III.23) ont été analysés par la machine d'essais universelle (ou machine d'essais mécaniques) de la filiale Sofiplast[Annexe 03 (d)] de Sétif du groupe ENPC (Figure III.24).

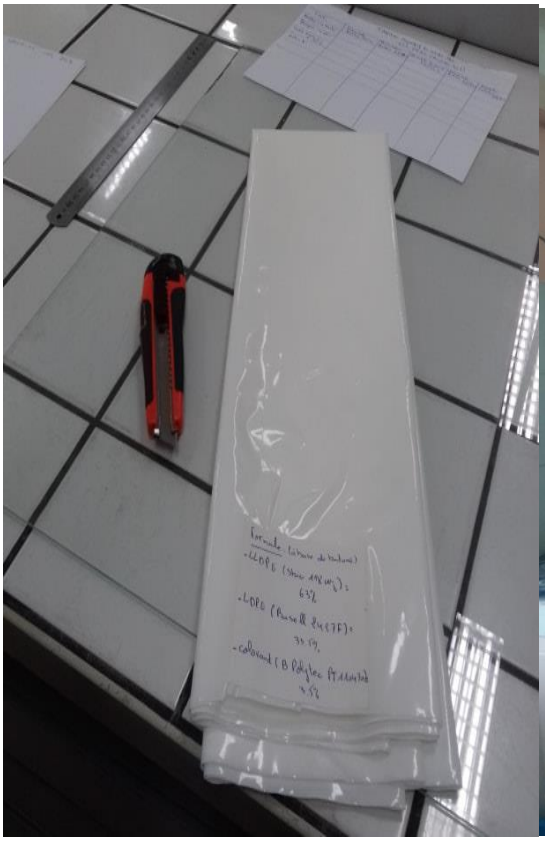


Figure III.23. Films élaborés



Figure III.24. Machine d'essais universelle

Cet appareil est utilisé pour réaliser les divers essais mécaniques sur nos différents échantillons élaborés, en général normalisés, sur des éprouvettes bien découpées.

Pour l'essai de traction : Il consiste à soumettre une éprouvette à un effort de traction suivant son axe, généralement jusqu'à la rupture en vue de déterminer une ou plusieurs caractéristiques mécaniques. Cet essai normalisé par ISO 527-3 [Annexe 13] qui spécifie les conditions permettant de déterminer les propriétés de traction de films ou de feuilles en plastique d'une épaisseur inférieure à 1 mm, sur la base des principes généraux énoncés dans la partie 1 de cette même norme.

Pour l'essai de déchirement sur films plastique, les normes ISO 34-1, ISO 6383-1, EN 495-2 et DIN 53363 nous sont notamment proposées. L'essai simule le comportement des films d'emballage à ouverture des emballages. La force de déchirure, à ouverture d'un sachet d'emballage, doit être à peu près identique à la force d'arrachement. Si la force maximale jusqu'à rupture de l'éprouvette est trop haute, cela peut provoquer l'arrachement brutal du sachet d'emballage après déchirure et le déversement de son contenu. Le comportement idéal n'est toutefois pas facile à déterminer, car la résistance à arrachement (ainsi que la force de traction) dépend très fortement de la direction d'étirement du film.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressées à décrire l'objectif de notre étude, les différents matériaux utilisés dans l'élaboration de nos films, et les différentes formules proposées afin de retirer les facteurs pouvant influencer sur la qualité d'un film tri-couche de pochette de lait. Le procédé de l'extrusion gonflage a été détaillé dans ce chapitre afin de poursuivre littéralement les différentes étapes parcourues lors de la mise en forme de nos préparations. Les différentes techniques utilisées ont été montrées afin de donner leurs principe et mode opératoires dans le but d'éclaircir leurs rôles dans la caractérisation de nos échantillons.

CHAPITRE IV :

RESULTATS & DISCUSSION

CHAPITRE IV : RESULTATS & DISCUSSION

IV.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à exposer les résultats obtenus des analyses faites de nos échantillons, et les discuter afin de répondre à la problématique composée dans le chapitre précédent qui était d'« extraire les facteurs déterminant la qualité d'un film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur l'élaboration de plusieurs formulations, et en choisir la meilleure qui donne de bons résultats de caractérisation ».

Nos discussions se basent sur des comparaisons entre les résultats obtenus des différentes formulations, en commençant d'abord par vérifier leur appartenance dans la gamme des exigences de la fiche technique reconnue de Giplet. Des projections des notions cités dans les chapitres précédant vont être utiles afin de pouvoir enrichir les discussions, en citant aussi des travaux précédents d'autres auteurs qui ont abordé cette même problématique plus ou moins modifiée selon leurs intérêts.

IV.2. Interprétation des spectres FTIR

La figure IV.1 nous montre les spectre FTIR superposés de nos échantillons 01, 04 et 05, nous remarquons que cette technique ne peut pas être en mesure de différencier les types ou les qualités de polymère au sein d'une famille de polymères. Par exemple, différents types de polyéthylène [polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE), polyéthylène basse densité (LDPE) et polyéthylène méthallocène (mPE)] ont des spectres IR similaires.

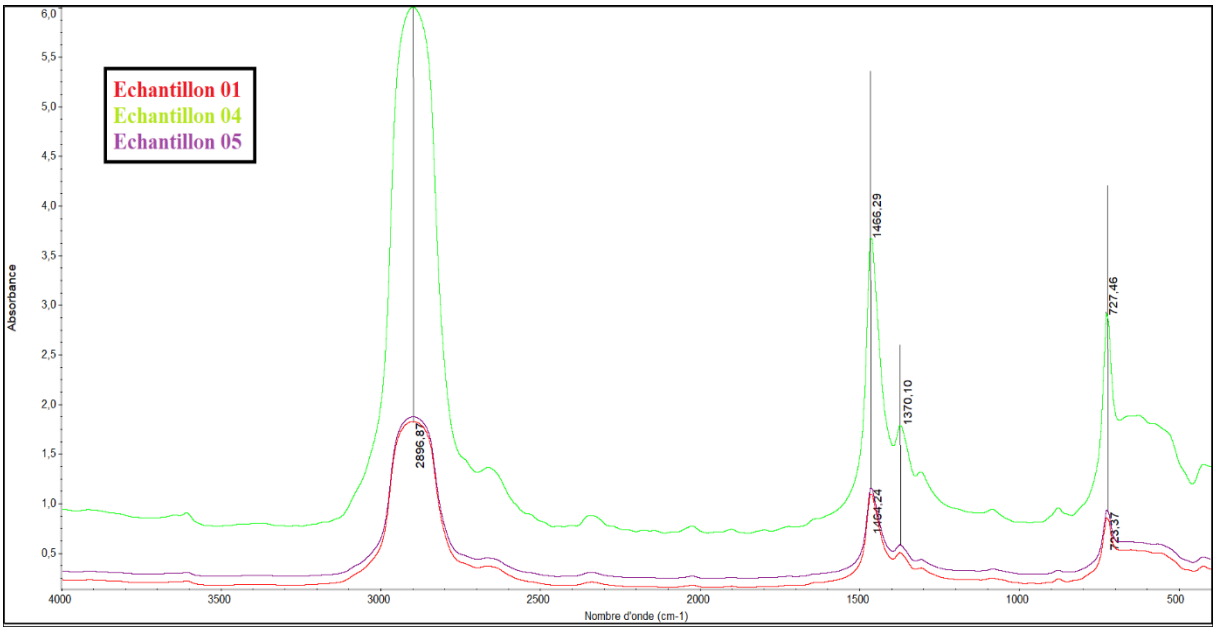


Figure IV.1. Spectres FTIR des échantillons 01, 04 et 05

Nous remarquons de ces spectres reflètent bien qu'on est dans le cas du polymère polyéthylène en montrant les pics caractéristiques de ce polymère. La bande apparue qui

s'étendde 2915 et 2848 cm^{-1}est affectée aux vibrations d'étirement asymétrique et symétrique de CH_2. [14] La bande d'absorption à 1466 cm^{-1}est due à la déformation des groupes CH_2 dans les molécules. La division du pic a été observée dans chaque spectre. La bande d'absorption à 1370 cm^{-1} indique la déformation symétrique du CH_3 terminal. [15] Cette bande semble faible dans la majeure partie du spectre.

Des bandes fortes dans la région 720-730 cm^{-1} indiquent le mode de basculement du méthylène. [16] La teneur en cristallinité des échantillons de polyéthylène peutêtre déterminée en calculant le rapport d'absorbance à 730 et 720 cm^{-1}. [17]

Pour confirmer la présence du colorant, on essaie de chercher les bandes caractéristiques du TiO_2, nous voulons détecter les vibrations des liaisons Ti – O. Ce qui nous entraîne par conséquent à nous intéresser aux basses fréquences. Selon certains autres auteurs [18] que c'est dans la bande spectrale [400 cm^{-1},800 cm^{-1}] que peuvent être éventuellement les vibrations de telles liaisons. Alors que pour d'autres, elle se situe entre [400 cm^{-1},1000 cm^{-1}], qui est associée aux vibrations de déformation des liaisons (Ti – O). [19-21]

Donc, en comparaison nos spectres avec le spectre d'un polyéthylène pur dans la littérature [17], on remarque une bande caractéristique situant aux basses fréquences aux alentours de [400 cm^{-1},700 cm^{-1}], qui peut être attribuée à la liaison Ti – O, confirmant la présence du colorant dans les films élaborés.

Le tableau ci-contre résume les différentes bandes d'absorption observée de nos échantillons :

Tableau IV.1. Bandes FTIR caractéristiques des échantillons

Mode de vibration		Valeur (Cm^{-1})
Vibrations d'étirement et de CH_2	Asymétrique	2915
	Symétrique	2848
Déformation des groupes CH_2		1466
Déformation du CH_3 terminal	Symétrique	1370
Basculement du méthylène		720-730
Vibrations de déformation des liaisons (Ti – O)		400-700

VI.3. Interprétation du test de l'opacité

La riboflavine est une substance clé pour tous les problèmes de photosensibilité et de photodégradation du lait et des produits laitiers. Cette vitamine possède plusieurs bandes

d'absorption dont les maximas sont situés vers 223 et 268 nm dans l'UV ainsi que vers 359-375, 446 et 475 nm dans le visible.

Dans les bandes d'absorption les plus critiques, comprises entre 350 à 520 nm approximativement, ce sont surtout les longueurs d'onde situées entre 415 et 455 nm qui sont responsables de l'altération de la riboflavine [22-24] et de l'apparition du défaut de goût dit « de lumière » [25].

Le choix de l'emballage doit obéir aux mêmes règles que celui de la source de lumière. En raison de la troisième bande d'absorption de la riboflavine, on veillera aussi à éviter autant que possible les emballages laissant passer les bandes bleu-vert au profit d'emballages teintés ou pigmentés en brun-rouge, si toutefois une certaine translucidité est souhaitée pour rendre le produit plus attractif.

Le tableau IV.2 rapporte les valeurs de transmission de la lumière artificielle pour les échantillons 01, 02 et 03 (contenant 3, 4 et 2% de colorant respectivement) :

Tableau IV.2. Translucidité de divers matériaux d'emballage du lait à la lumière fluorescente

Echantillon	**Transmission (%)**
01 : (3% en colorant)	70
02 : (4% en colorant)	68
03 : (2% en colorant)	72

Les résultats sont rationnels, plus on augmente le taux de colorant, plus la transmission de la lumière diminue, mais cela ne veut pas dire qu'on pourra librement agir sur l'augmentation du taux de colorant, car sa variation influe négativement sur la variation de l'épaisseur c a d, en augmentant le pourcentage du colorant conduit à l'augmentation du Sigma2[1], à cause de la charge incorporée dans le colorant qui se compose des substances qui provoquent l'hétérogénéité dans le film.

Donc il faut avoir un bon colorant qui va nous donner une opacité acceptable avec un faible pourcentage pour conserver le sigma2.

D'un point de vue économique, le prix du colorant est très cher, donc il faut optimiser le pourcentage, sans influencer sur les caractéristiques du film (opacité+ sigma2)

[1]Une valeur indiquant la variation de l'épaisseur à travers toute la circonférence du film.

IV.4. Interprétation des résultats des tests mécaniques

IV.4.1. Résistance de l'impression

La capacité d'un substrat à adhérer à des encres, des revêtements ou des adhésifs est directement liée à son énergie de surface. Si l'énergie de surface du substrat ne dépasse pas de manière significative la tension de surface du fluide qui doit le recouvrir, le mouillage sera entravé et une mauvaise liaison en résultera. Dans un test à la dyne, des liquides à tension de mouillage sont étalés sur une surface de film afin de déterminer l'imprimabilité, le dépôt du revêtement et la thermosoudabilité des films traités. Des solutions de tensions de mouillage croissantes sont appliquées sur le film polymère jusqu'à ce qu'une solution qui mouille simplement la surface du polymère soit trouvée. La détermination du mouillage se fait comme suit

1. Choisir un niveau de dyne moyen de la gamme disponible (38 dynes/cm est conseillé).

2. Utiliser une touche tactile pour aspirer la solution de colorant sur l'échantillon à tester en deux ou trois passes parallèles. Ne tenir pas compte de la ou des premières passes ; éliminer toute contamination provenant d'essais précédents. Afin de s'assurer que la couche de fluide de test est suffisamment fine pour permettre une mesure précise, évaluez uniquement le dernier passage.

3. Si la bande d'encre tient pendant trois secondes ou plus avant de perdre son intégrité, répétez l'étape 2 avec le marqueur de niveau de colorant immédiatement supérieur. Ce processus doit être répété en utilisant des niveaux de dyne de valeurs croissantes jusqu'à ce que la solution perle après environ 2 secondes d'application. Si la bande d'encre forme des perles, se déchire ou se rétrécit en une mince ligne en une seconde ou moins, répéter l'étape 2 avec le marqueur de niveau de colorant inférieur suivant. Si la bande d'encre mouille la surface pendant environ 2 secondes, puis se brise en perles, le niveau de dyne du marqueur correspond étroitement à celui de l'échantillon. Le tableau ci-contre montre les résultats de ce test pour les cinq échantillons :

Tableau IV.3. Résistance de l'impression des cinq échantillons [Annexes 14-18]

Echantillon	Résultat	Norme
01	Bien	38 dyn/cm
02	Bien	38 dyn/cm
03	Bien	38 dyn/cm
04	Bien	38 dyn/cm
05	Bien	38 dyn/cm

De changer la formulation n'a pas agi sur l'imprimabilité des différents films élaboré, donc cette caractéristique est loin d'être influencé par le changement de formulation (taux de colorant, taux de polyéthylène ramifié/laminaire, différents polymères linéaires).

IV.4.2. Epaisseur moyenne

L'épaisseur moyenne du film doit être prise en considération selon la norme ISO 527-1, elle doit répondre à l'exigence de l'épaisseur « sigma2 » (0.075+/-5%), son homogénéité est importante pour la soudabilité du film, car :

- Epaisseur faible du film : brulure lors du soudage ;
- Epaisseur importante : non soudabilité du film.

Le tableau ci-contre montre les résultats de ce test pour les cinq échantillons :

Tableau IV.4. Epaisseur moyenne des cinq échantillons [Annexes 14-18]

Echantillon	Unité	Résultat	Norme
01	mm	0.074	ISO 527-1
02	mm	0.069	ISO 527-1
03	mm	0.0705	ISO 527-1
04	mm	0.068	ISO 527-1
05	mm	0.069	ISO 527-1

Les résultats montrent que tous les échantillons sont conformes aux exigences de l'épaisseur, ce qui facilitera par la suite la soudabilité des films, nous remarquons que l'épaisseur est presque identique pour tous les échantillons, et ce surtout grâce au plastcontrôle, qui consiste à régler l'épaisseur en se basant sur deux facteurs : la température + l'air froid, le point fort se règle avec l'augmentation de la température, tandis que le point faible se règle avec l'air froid.

IV.4.3. Coefficient de frottement

Cette méthode d'essai couvre la détermination des coefficients de frottement de départ et de glissement du film plastique et des feuilles lors du glissement sur lui-même ou d'autres substances dans des conditions d'essai spécifiées. La procédure permet l'utilisation d'un traîneau fixe avec un plan mobile ou d'un traîneau mobile avec un avion fixe. Les deux procédures donnent les mêmes coefficients de frottement pour un échantillon donné.

Le coefficient de frottement est sans dimension et il n'a aucune unité. C'est un scalaire, ce qui signifie que la direction de la force n'affecte pas la quantité physique.

Le coefficient de frottement dépend des objets à l'origine du frottement. La valeur est généralement comprise entre 0 et 1 mais peut être supérieure à 1. Une valeur de 0 signifie qu'il

n'y a pas de frottement du tout entre les objets ; c'est possible avec la superfluidité. Tous les objets, sinon, auront des frottements quand ils se toucheront. Une valeur de 1 signifie que la force de friction est égale à la force normale. On croit à tort que le coefficient de frottement est limité à des valeurs comprises entre zéro et un. Un coefficient de frottement supérieur à 1 signifie simplement que la force de friction est plus forte que la force normale. Un objet tel que le caoutchouc de silicone, par exemple, peut avoir un coefficient de frottement beaucoup plus grand qu'1.

Le tableau ci-contre montre les résultats des coefficients de frottement pour les cinq échantillons :

Tableau IV.5. Coefficients de frottement des cinq échantillons [Annexes 14-18]

Echantillon	Unité	Résultat	Norme
01	-	0.18	ASTM D1894
02	-	0.19	ASTM D1894
03	-	0.21	ASTM D1894
04	-	0.24	ASTM D1894
05	-	0.30	ASTM D1894

Les coefficients de frottement répondent à l'exigence de la norme ASTM D1894, qui est entre 0 et 1, mais on remarque bien que ce coefficient s'accroit légèrement dans le cas de l'échantillon 04, et ce à cause de l'augmentation du taux de LDPE dans la formulation. LDPE est un polymère plus ramifié que les autres polymères linéaires (LLDPE et mPE), une raison probable qui laisse à penser que ce sont les ramifications qui rendent le film plus rigoureux, ce qui fait augmenter le coefficient de frottement.

IV.4.4. Test de traction

Nous utilisons souvent une courbe contrainte-déformation pour examiner le comportement mécanique d'un matériau d'emballage. Cette courbe relie la contrainte appliquée à la déformation résultante d'un échantillon sous forme d'allongement. Généralement, cette déformation est mesurée à l'aide d'un appareil qui fournit un taux de déformation lent et constant et utilise un capteur de force pour mesurer et enregistrer la force requise pour produire cette déformation.

La résistance à la traction est généralement soit à la limite d'élasticité, soit au point de rupture du plastique. Dans notre cas, nous remarquons que toutes les courbes contrainte-déformation obtenues de nos échantillons, sont du deuxième type, c'est-à-dire que la résistance

à la traction est au point de rupture du plastique, ce qui engendre d'autres paramètres importants qui sont la limite d'élasticité et la contrainte au point d'élasticité.

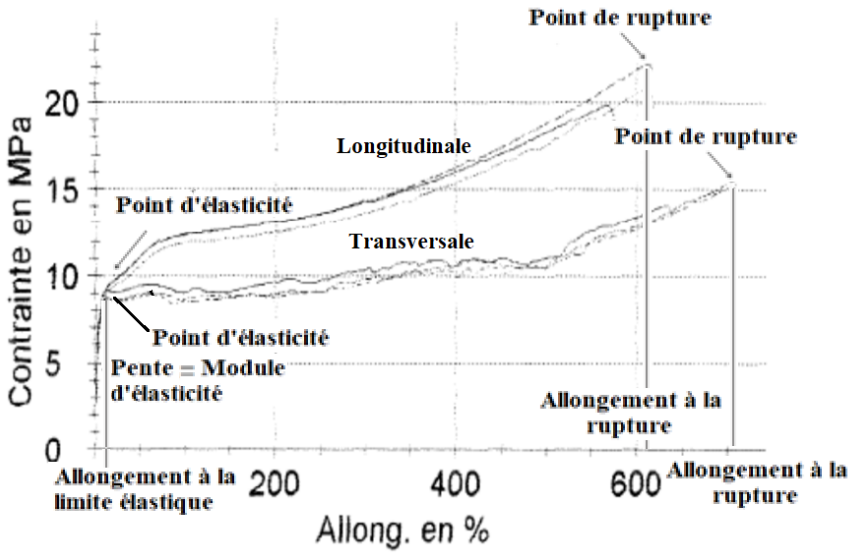


Figure IV.2. Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale du 1er échantillon [Annexe 19]

Les courbes de contrainte-déformation sont généralement obtenues à de faibles taux de déformation. Elles nous donnent une représentation graphique de la réponse du matériau à une contrainte de traction appliquée et nous permet d'identifier certains points et certaines régions d'intérêt. Le test a été appliqué sur plusieurs éprouvettes afin de prendre la moyenne comme valeur représentatrice de l'échantillon.

Les figures suivantes montrent les courbes contrainte-déformation des autres échantillons :

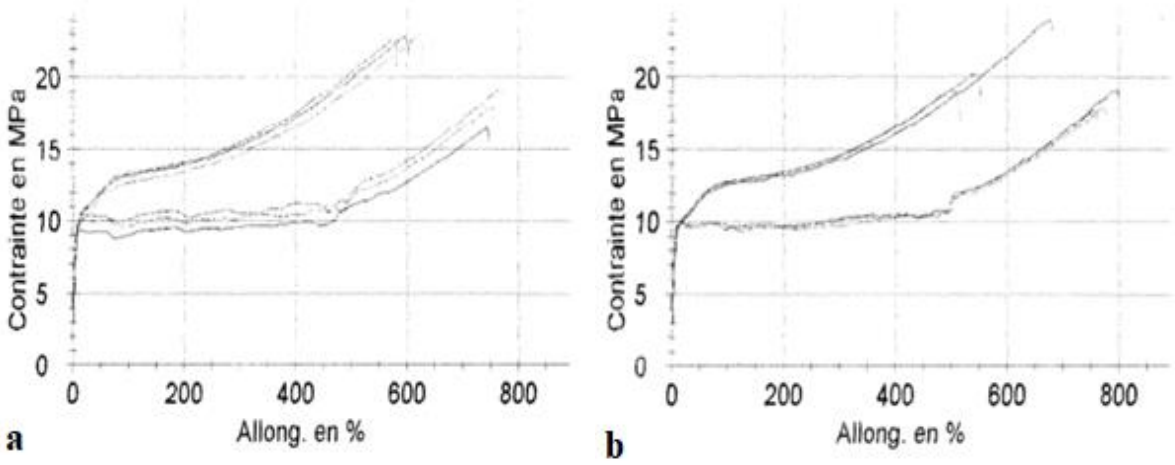


Figure IV.3. Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale : (a)2ème échantillon et (b) 3ème échantillon [Annexe 20, 21]

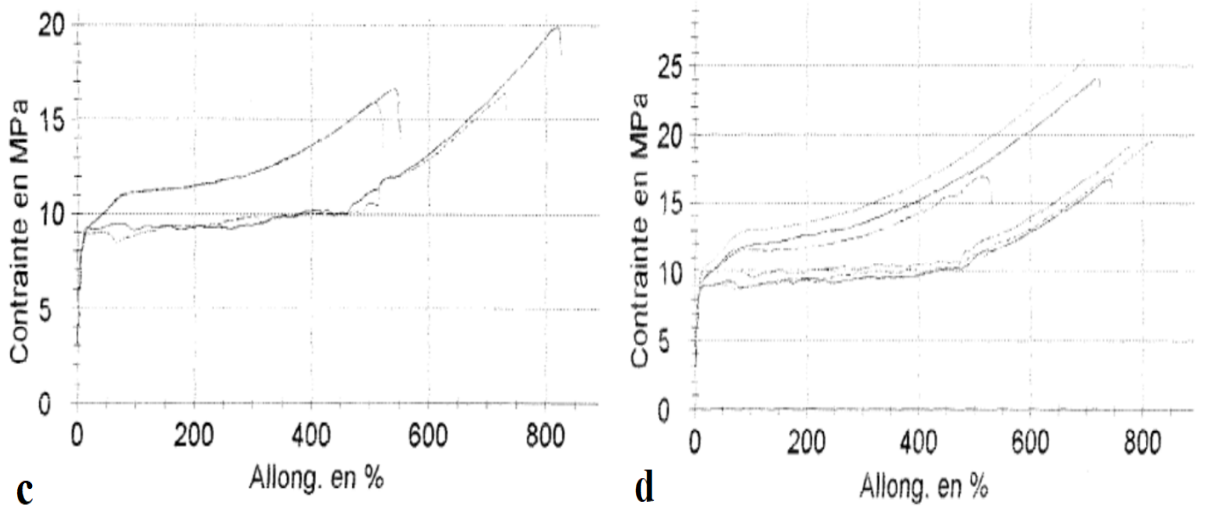


Figure IV.4. Courbes contrainte-déformation longitudinale et transversale : (c)4ème échantillon et (b) 5ème échantillon [Annexe 22, 23]

Le tableau suivant récapitule les différentes valeurs critiques qu'on pouvait extraire à partir des graphes précédents :[Annexes 14-18]

Tableau IV.6. Valeurs critiques des tests de traction des cinq échantillons [Annexes 14-18]

Test		Unité	Norme	Echantillons				
				01	02	03	04	05
Allongement à la rupture	Long.	%	ISO 527-1	603.64	603.70	583.06	535.52	649.3
	Trans.	%	ISO 527-1	684.82	756.23	777.4	778.22	781.34
Résistance à la traction	Long.	Mpa	ISO 527-1	20.9	22.63	21.2	16.17	22.40
	Trans.	Mpa	ISO 527-1	14.88	17.86	18.20	18.11	18.33
Module d'élasticité	Long.	Mpa	ISO 527-1	209.76	211	201.11	211.5	191.26
	Trans.	Mpa	ISO 527-1	279	304.51	304.25	255.8	272.75

On fait la comparaison entre les différentes valeurs afin de retirer les facteurs qui influent sur les propriétés de traction des différents films :

Nous remarquons que l'effet du colorant n'est pas clair sur les propriétés de traction des films, cela est dû à la production à l'échelle industrielle qui masque l'effet du 1% de différence entre les préparations. Le déroulement de mise en forme des films suit tout un parcours avant qu'il soit près à l'utilisation, ce qui rend la différence de formulation de 1% n'est pas précise.

Théoriquement l'ajout de colorant servira à ajouter de la charge qui peut influencer négativement sur l'homogénéité du film en créant des points forts ou faibles qui altèrent la structure du film. Le producteur essayera toujours de choisir un taux inférieur à 6%, pour des raisons économiques et surtout pour des raisons mécaniques.

CHAPITRE IV : RESULTATS & DISCUSSION

En comparant l'effet du taux radicalaire/linéaire sur les propriétés de traction du film, on trouvera que les résultats ont été clairement amélioré dans le cas d'un pourcentage important en LDPE, et ce a cause de la ramification des chaînes dans le LDPE, qui lui confère un certain nombre de caractéristiques souhaitables telles que la flexibilité, la bonne résistance aux chocs, la bonne usinabilité, la bonne résistance à l'huile et aux produits chimiques, les bonnes caractéristiques de thermoscellage.

La raison pour laquelle, on utilise un taux élevé en LLDPE, par rapport au LDPE, malgré son impact bénéfique sur les propriétés mécaniques des films, c'est le côté économique et l'intérêt quotidien de l'emballage pochette de lait. L'augmentation des propriétés mécanique ne rend pas la pochette de lait plus importante dans la vie quotidienne car c'est un emballage prêt à être jeté dès l'utilisation de son contenu qui ne soit pas durer longtemps avant utilisation.

L'utilisation de LLDPE laissera les propriétés du film lait dans les exigences des normes, ce qui ne laisse pas à penser à améliorer ses propriétés, surtout pour un emballage qui est vite jetable.

La comparaison entre les polyéthylènes linéaires, LLDPE et mPE, nous donne des résultats améliorés pour les essais transversaux, alors que les caractéristiques ont diminué pour les essais longitudinaux, et cela est dû probablement à ce que les catalyseurs métallocènes, quant à eux sont des catalyseurs à site unique, donc ils produisent le copolymère souhaité, en incorporant le comonomère proportionnellement à la quantité ajoutée au réacteur. Cela se traduit par de meilleures propriétés.

Comparés aux catalyseurs de Ziegler-Natta, les catalyseurs à base de métallocène, en fournissant un meilleur contrôle de la teneur en comonomères, produisent une incorporation plus uniforme et un contrôle amélioré de la DPM. Cela se traduit par une résistance à la traction et la résistance à la déchirure toutes deux améliorées.

L'impact du linéaire est apparu dans les essais transversales, ce qui montre que lors de la production du film et son étirement lors du gonflage, la migration du linéaire se fera transversalement, alors que le radicalaire se fera longitudinalement.

L'utilisation du métallocène a augmenté les propriétés de traction transversale, mais il est peu utilisé pour des raisons économiques, et techniques car ce polymère demande des exigences de puissance plus élevées pour l'extrudeuse, car sa distribution du poids moléculaire est plus étroite, se traduisant par une viscosité plus élevée à des taux de cisaillement élevés.

IV.4.5. Test de résistance au déchirement

La mesure de la résistance à la déchirure d'un matériau évalue l'énergie absorbée par l'échantillon lors du déclenchement et / ou de la propagation de la déchirure. Le tableau suivant récapitule les différentes valeurs de la résistance à la déchirure pour les cinq échantillons : [Annexes 14-18]

Tableau IV.7. Résistance à la déchirure des cinq échantillons [Annexes 14-18]

Test		Unité	Norme	Echantillons				
				01	02	03	04	05
Résistance à la déchirure	Long.	gr	ISO 527-1	3102.67	3175.66	3022	2245	3093.33
	Trans.	gr	ISO 527-1	2278.33	2541.33	2625.3	2545	2630

On fait la comparaison entre les différentes valeurs afin de retirer les facteurs qui influent sur les propriétés de déchirure des différents films :

Nous remarquons que l'effet du colorant n'est pas clair aussi sur les propriétés de déchirure des films, pour les mêmes raisons que les tests de traction.

En comparant l'effet du taux radicalaire/linéaire sur les propriétés de déchirure du film, on trouvera que les résultats pour la déchirure transversale ont été clairement améliorés dans le cas d'un pourcentage important en LDPE, et ce pour les mêmes raisons décrites pour les tests de traction.

La comparaison entre les polyéthylènes linéaires, LLDPE et mPE, nous donne des résultats améliorés pour les essais transversaux, alors que les caractéristiques ont diminué pour les essais longitudinaux, et cela est dû probablement aux mêmes raisons décrites auparavant pour les tests de traction.

IV.5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à discuter les différents résultats des différentes caractérisations qui ont été réalisées sur nos films élaborés afin d'extraire les facteurs qui peuvent influencer sur la qualité des films tri-couches de conditionnement : pochette de lait.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bekbölet, M. (1990). Light effects on food. Journal of food protection, 53(5), 430-440.

[2] Stull, J. W. (1953). The effect of light on activated flavor development and on the constituents of milk and its products: a review1. Journal of Dairy Science, 36(11), 1153-1164.

[3] Sattar, A., deMan, J. M., & Furia, T. E. (1975). Photooxidation of milk and milk products: A review. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 7(1), 13-37.

[4] Bradley Jr, R. L. (1980). Effect of light on alteration of nutritional value and flavor of milk: A review. Journal of food protection, 43(4), 314-320.

[5] Dimick, P. S. (1982). Photochemical effects on flavor and nutrients of fluid milk. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 15(4), 247-256.

[6] Bojkow, E. (1984). Praxisbezogene Beurteilung der Lichtschutzeigenschatten von Verpakkungen für Molkereiprodukte. Dtsch Molk Ztg, 105, 1592-1598.

[7] Janda JM (1990) Effect of fluorescence Iight on certain milk - a review. Agric Rev 11, 94-96

[8] Bosset, J. O., Gallmann, P. U., & Sieber, R. (1993). Influence de la translucidité de l'emballage sur la conservation du lait et des produits laitiers. Le Lait, 73(1), 3-49.

[9] Bojkow, E. (1970). Lichtschutz und Milchverpackung. I. Mitteilung: allgemeine Grundlagen. Osterr Milchwirt.

[10] Selke, S. E., &Culter, J. D. (2016). Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

[11] Morris, B. A. (2016). The science and technology of flexible packaging: multilayer films from resin and process to end use. William Andrew.

[12] Morrison, R. T., & Boyd, R. N. (1976). Organic chemistry.[3]. Transparencies for organic chemistry. Allyn and Bacon.

[13] Selke, S. E., &Culter, J. D. (2016). Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

[14] Fox, J. J., & Martin, A. E. (1940). Investigations of infra-red spectra. Determination of CH frequencies (~ 3000 cm.-1) in paraffins and olefins, with some observations on "polythenes". Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences, 175(961), 208-233.

[15] Tschamler, H. (1954). Frequency Assignments for Normal Aliphatic Compounds: I. The Normal Paraffins in the Range 1450 cm—1 to 650 cm—1. The Journal of Chemical Physics, 22(11), 1845-1854.

[16] Sheppard, N., & Sutherland, G. B. B. M. (1947). Infra-Red Spectrum of C n D 2n+ 2 and the'Long-Chain Frequency'in Paraffins. Nature, 159(4048), 739.

[17] Wong, J. X., Gan, S. N., & Aishah, M. J. (2011). Chromium (III) based Ziegler-Natta catalysts for olefin polymerization. SainsMalaysiana, 40(7), 771-779.

[18] McDevitt, N. T., &Baun, W. L. (1964). Infrared absorption study of metal oxides in the low frequency region (700-240 cm− 1). Spectrochimica Acta, 20(5), 799-808.

[19] Larbot, A., Laaziz, I., Marignan, J., & Quinson, J. F. (1992). Porous texture of a titanium oxide gel: evolution as a function of medium used. Journal of Non-Crystalline Solids, 147, 157-161.

[20] Vives, S., & Meunier, C. (2008). Influence of the synthesis route on sol–gel SiO2–TiO2 (1: 1) xerogels and powders. Ceramics International, 34(1), 37-44.

[21] Beranek, R., &Kisch, H. (2008). Tuning the optical and photoelectrochemical properties of surface-modified TiO 2. Photochemical & photobiological sciences, 7(1), 40-48.

BIBLIOGRAPHIE

[22] Sattar, A., DeMan, J. M., & Alexander, J. C. (1977). Wavelength effect on light-induced decomposition of vitamin A and β-carotene in solutions and milk fat. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 10(1), 56-60.

[23] Sattar, A., DeMan, J. M., & Alexander, J. C. (1977). Light-induced degradation of vitamins I. Kinetic studies on riboflavin decomposition in solution. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 10(1), 61-64.

[24] Sattar, A., DeMan, J. M., & Alexander, J. C. (1977). Light-induced degradation of vitamins II. Kinetic studies on ascorbic acid decomposition in solution. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 10(1), 65-68.

[25] Bekbölet, M. (1990). Light effects on food. Journal of food protection, 53(5), 430-440.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de recherche a été consacré à répondre à la problématique qui est d'extraire les facteurs déterminant la qualité d'un film tri-couche de conditionnement pochette de lait en se basant sur l'élaboration de plusieurs formulations, et en choisir la meilleure qui donne de bons résultats de caractérisation.

L'élaboration des différents échantillons a été réalisée par la mise en forme appropriée (extrusion gonflage), en détaillant toutes les étapes de cette mise en forme. De diverses analyses ont permis la caractérisation des films préparés à savoir : l'infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF), la résistance de l'impression, l'épaisseur moyenne, les tests de traction et les tests de déchirure.

La caractérisation par FTIR ne peut pas être en mesure de différencier les types ou les qualités de polymère au sein d'une famille de polymères. Les spectres reflètent bien qu'on est dans le cas du polymère polyéthylène en montrant les pics caractéristiques de ce polymère. On remarque une bande caractéristique situant aux basses fréquences qui peut être attribuée à la présence du colorant dans les films élaborés.

Concernant le test d'opacité, les résultats ont été rationnels, plus on augmente le taux de colorant, plus la transmission de la lumière diminue, mais cela ne veut pas dire qu'on pourra librement agir sur l'augmentation du taux de colorant, carsa variation influe négativement sur la variation de l'épaisseur, donc il faut avoir un bon colorant qui va nous donner une opacité acceptable avec un faible pourcentage pour conserver le sigma2.D'un point de vue économique, le prix du colorant est très cher, donc il faut optimiser le pourcentage, sans influencer sur les caractéristiques du film.

La capacité d'un substrat à adhérer à des encres, des revêtements ou des adhésifs est directement liée à son énergie de surface. Si l'énergie de surface du substrat ne dépasse pas de manière significative la tension de surface du fluide qui doit le recouvrir, le mouillage sera entravé et une mauvaise liaison en résultera. Dans notre cas, de changer la formulation n'a pas agi sur l'imprimabilité des différents films élaboré, donc cette caractéristique est loin d'être influencé par le changement de formulation (taux de colorant, taux de polyéthylène ramifié/laminaire, différents polymères linéaires).

L'épaisseur moyenne du film doit être prise en considération selon la norme ISO 527-1, elle doit répondre à l'exigence de l'épaisseur « sigma2 » (0.075+/-5%), son homogénéité est importante pour la soudabilité du film. Les résultats montrent que tous les échantillons sont conformes aux exigences de l'épaisseur, ce qui facilitera par la suite la soudabilité des films, nous remarquons que l'épaisseur est presque identique pour tous les échantillons, et ce surtout

grâce au plastcontrôle, qui consiste à régler l'épaisseur en se basant sur deux facteurs : la température + l'air froid, le point fort se règle avec l'augmentation de la température, tandis que le point faible se règle avec l'air froid.

Les coefficients de frottement répondent à l'exigence de la norme ASTM D1894, qui est entre 0 et 1, mais on remarque bien que ce coefficient s'accroit légèrement dans le cas de l'échantillon 04, et ce à cause de l'augmentation du taux de LDPE dans la formulation. LDPE est un polymère plus ramifié que les autres polymères linéaires (LLDPE et mPE), une raison probable qui laisse à penser que ce sont les ramifications qui rendent le film plus rigoureux, ce qui fait augmenter le coefficient de frottement.

Dans le cas des essais de traction, on a fait la comparaison entre les différentes valeurs afin de retirer les facteurs qui influent sur les propriétés de traction des différents films, nous remarquons que l'effet du colorant n'est pas clair sur les propriétés de traction des films, cela est dû à la production à l'échelle industrielle qui masque l'effet du 1% de différence entre les préparations. Le déroulement de mise en forme des films suit tout un parcours avant qu'il soit près à l'utilisation, ce qui rend la différence de formulation de 1% n'est pas précise.

Théoriquement l'ajout de colorant servira à ajouter de la charge qui peut influencer négativement sur l'homogénéité du film en créant des points forts ou faibles qui altèrent la structure du film. Le producteur essayera toujours de choisir un taux inférieur à 6%, pour des raisons économiques et surtout pour des raisons mécaniques.

En comparant l'effet du taux radicalaire/linéaire sur les propriétés de traction du film, on trouvera que les résultats ont été clairement amélioré dans le cas d'un pourcentage important en LDPE, et ce a cause de la ramification des chaînes dans le LDPE, qui lui confère un certain nombre de caractéristiques souhaitables telles que la flexibilité, la bonne résistance aux chocs, la bonne usinabilité, la bonne résistance à l'huile et aux produits chimiques, les bonnes caractéristiques de thermoscellage.

La raison pour laquelle, on utilise un taux élevé en LLDPE, par rapport au LDPE, malgré son impact bénéfique sur les propriétés mécaniques des films, c'est le côté économique et l'intérêt quotidien de l'emballage pochette de lait. L'augmentation des propriétés mécanique ne rend pas la pochette de lait plus importante dans la vie quotidienne car c'est un emballage prêt à être jeté dès l'utilisation de son contenu qui ne soit pas durer longtemps avant utilisation.

L'utilisation de LLDPE laissera les propriétés du film lait dans les exigences des normes, ce qui ne laisse pas à penser à améliorer ses propriétés, surtout pour un emballage qui est vite jetable.

La comparaison entre les polyéthylènes linéaires, LLDPE et mPE, nous donne des résultats améliorés pour les essais transversaux, alors que les caractéristiques ont diminué pour les essais longitudinaux, et cela est dû probablement à ce que les catalyseurs métallocènes, quant à eux sont des catalyseurs à site unique, donc ils produisent le copolymère souhaité, en incorporant le comonomère proportionnellement à la quantité ajoutée au réacteur. Cela se traduit par de meilleures propriétés.

Comparés aux catalyseurs de Ziegler-Natta, les catalyseurs à base de métallocène, en fournissant un meilleur contrôle de la teneur en comonomères, produisent une incorporation plus uniforme et un contrôle amélioré de la DPM. Cela se traduit par une résistance à la traction et la résistance à la déchirure toutes deux améliorées.

L'impact du linéaire est apparu dans les essais transversales, ce qui montre que lors de la production du film et son étirement lors du gonflage, la migration du linéaire se fera transversalement, alors que le radicalaire se fera longitudinalement.

L'utilisation du métallocène a augmenté les propriétés de traction transversale, mais il est peu utilisé pour des raisons économiques, et techniques car ce polymère demande des exigences de puissance plus élevées pour l'extrudeuse, car sa distribution du poids moléculaire est plus étroite, se traduisant par une viscosité plus élevée à des taux de cisaillement élevés.

Concernant le test de déchirement, nous remarquons que l'effet du colorant n'est pas clair aussi sur les propriétés de déchirure des films, pour les mêmes raisons que les tests de traction.

En comparant l'effet du taux radicalaire/linéaire sur les propriétés de déchirure du film, on trouvera que les résultats pour la déchirure transversale ont été clairement améliorés dans le cas d'un pourcentage important en LDPE, et ce pour les mêmes raisons décrites pour les tests de traction.

La comparaison entre les polyéthylènes linéaires, LLDPE et mPE, nous donne des résultats améliorés pour les essais transversaux, alors que les caractéristiques ont diminué pour les essais longitudinaux, et cela est dû probablement aux mêmes raisons décrites auparavant pour les tests de traction.

I. ANNEXES

Annexe 01 : Fiche technique d'un film pochette lait tri-couches fabriqué par la société SOEXPLAST

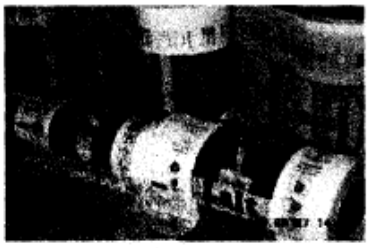
SOEXPLAST SOCIETE D'EXTRUSION PLASTIQUE EPE / SPA
FILIALE DU GROUPE ENPC
AU CAPITAL SOCIAL DE 150 000 000 DA
Tel : +(213) 25 61 01 52/58/66 Fax : 025 61 02 08
Email : soexplast @ yahoo .com. Site : www.soexplast.com.

FICHE TECHNIQUE

PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT TRI-COUCHES

1. ***Matière Première :***

Le film à usage pochette de lait est fabriqué à partir de deux matières de base Polyéthylène Basse Densité, dont une est de type radicalaire (LDPE) et une de type Linéaire (LLDPE) et d'un colorant blanc de qualité alimentaire.



Propriétés :

Le film tri couches d'emballage conditionnement du lait est tenu de satisfaire un Certain nombre de critères :

- Alimentarité.
- Résistance à la traction et allongement.
- Glissement du film.
- Opacité (barrière à la perméabilité des gaz, rayonnement etc.....)
- Soudabilité, souplesse et brillance du film.

- **Couche externe** : Blanche traitée et brillante recevant les encres d'impression alimentaires, et convenable à la soudure.

- **Couche intermédiaire :** Opaque blanche assurant une barrière à la Perméabilité, Permettant une meilleure conservation du produit.

- **Couche interne** : Neutre, au contact avec l'aliment (lait, l'ben) du film bobiné.

2. ***Spécifications Techniques :***

- Laize :.....324 mm ± 1 mm.
- Epaisseur :.....80 microns ± 2 µ.
- Couleur du film :..... selon la demande du client.
- Impression :.....selon maquette. (jusqu'à 08 couleurs).
- Diamètre intérieur mandrin :..... .....en carton : 76 mm.
- Diamètre extérieur bobine :.....350 mm : Max.
- Poids bobine :.....23 à 25 kg.
- Densité du PEBD : .....0.92 grs/cm^3 à 23° C.

SOEXPLAST SOCIETE D'EXTRUSION PLASTIQUE EPE / SPA

FILIALE DU GROUPE ENPC

AU CAPITAL SOCIAL DE 150 000 000 DA

Tel : +(213) 25 61 01 52/58/66 **Fax :** 025 61 02 08

Email : soexplast @ yahoo .com. **Site :** www.soexplast.com.

3. *propriétés physiques* :

- Allongement à la rupture en longitudinale :.....370 %	**Norme ISO *R527***
- Allongement à la rupture transversale :.....720 %	
- Résistance à la traction longitudinale :.....24 Mpa	
- Résistance à la traction transversale :.....21Mpa	
- Module d'élasticité longitudinale : .....230 Mp	
- Module d'élasticité transversale : .....260 Mpa	
- Elongation ultime longitudinale : .....970 %	
- Elongation ultime transversale : .....1220 %	
- Grade du PEBD utilisé : .....0.7 à 1g /10mn	***Norme ISO R292***
- Rétractabilité à chaud longitudinale :.....75 %	**Norme CENT CM24**
- Rétractabilité à chaud transversale :.....15 %	
- Dart test :.....800 grs	**Norme ASTMD 1709**
- Cœfficient de friction : .....0.3.	**Norme ASTMD 1894**
- Résistance à la soudure à 115°C : .....18 N/ 15 mm.	

4. *Propriétés chimiques* :

- Le film ne présente aucun effet aux sels, aux bases et à la plupart des acides.
- Le film ne présente aucune odeur sensible, ni saveur aux températures courantes, et exempt d'action toxique ni par contact ou ingestion.
- Perméabilité à la vapeur : très faible, et absorption d'eau : inférieur à 0.4 %.

5. *Présentations commerciales* :

- La bobine est cylindrique plane avec des joues parfaitement coupée et sans débordement des pires.
- Les bobines sont enveloppées dans un sachet PEBD avec une étiquette d'identification du produit et Livrée sur palettes sous housse étirable.

<u>Annexe 02 :</u> Exigences de la fiche technique de Giplait pour un film pochette lait tri-couches

Désignations des tests et analyses	Unités	Exigences de la fiche technique de Giplait
Largeur (Laize)	mm	320 à 324± 2
Epaisseur	mm	0,07 à 0,08±5
Résistance à la traction longitudinale	MPa	16 à 24
Résistance à la traction transversale	MPa	10 à 22
Allongement à la rupture longitudinale	%	400 à 700
Allongement à la rupture transversale	%	690 à 860
Module d'élasticité longitudinale	MPa	13 à 15
Module d'élasticité transversale	MPa	10 à 13
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	900 à 1000
Résistance à la déchirure transversale	gr	1000 à 1200

Annexe 03 : A propos des différentes sociétés

a. ENPC :

Le Groupe Industriel des Plastiques & Caoutchoucs **"ENPC"**, est spécialisé dans la transformation et la commercialisation des produits plastiques et caoutchoucs. Il est composé de 11 filiales réparties à travers trois (03) régions du pays : Est (Sétif), Centre(Alger, Médéa et Tizi-Ouzou) et Ouest (Chlef).

1- Société Mère (SETIF)

2- Filiales Pôle EST (SETIF)

- **SOFIPLAST – SETIF**

Produits: Film agricole, Film pochette lait, Film conditionnement, Film retractable / Etirable, Sacherie, Mailles, Bande PEBD,...

- **SIPLAST – SETIF**

Produits: Injection / Soufflage, Emballage, Caisse 24/12 bouteilles, Casier, Caisses 1/2/3 planches (OFLA), Bac à lait 10/12/20 litres, Articles techniques,...

- **ALMOULES – SETIF**

Produits: Moules, Pièces de rechange, Prestations)

- **CALPLAST – SETIF**

Produits: Protège cahier, Feuilles souples PVC: Maroquinerie, Transparente, tapis véhicule, Etanchéité,...

3- Filiales Pôle CENTRE

- **TRANSPOLYMERES – ALGER**

Produits: Film agricole, Gaines, Sacherie, Tuyaux d'arrosage, Gaine électricité, Compound, Injection, Caisse à sardine, Caisses 12/24 bouteilles, Caisses 1/2/3 planches, Bacs à lait,...

- **TRECYPLAST – ALGER**

Produits: Produits injectés, Film agricole, Articles Caoutchoucs:Feuille néoprène, Defense d'accostage, Tuyaux, Flexibles,...

- **SOEXPLAST – MEDEA**

Produits: Film pochette lait, Film agricole, Film conditionnement, Film suremballage, Sacherie,...

- **SISCOPLAST - DRAA-EL-MIZAN**

Produits: Tube PEBD, Tube PEHD, Produits injectés, Gaine électrique, Articles souples,...

4- SOCOPLAST:Filiale de commercialisation et de distribution

- **Centre de distribution ALGER**
- **Centre de distribution ORAN**
- **Centre de distribution GUELMA**
- **Centre de distribution LAGHOUAT**

5- Filiales Pôle OUEST (CHLEF)

- **SOTUPLAST – CHLEF**

Produits: Tube PEHD, Tube PEBD, Produits injectés,...

- **FIPEXPLAST – CHLEF**

Produits: Film agricole, Film rétractable, Plaques Polystyrène Exponsé, Pistolage: Barques, Réservoires, Plaques TN40, Grande Ondulation, Usinage,...

b. SOEXPLAST :

Société d'extrusion plastique, entreprise publique économique, filiale de l'entreprise nationale des plastiques et caoutchoucs ENPC. Créée en 1981, située à 80 km de la capitale, spécialisée dans la production et la commercialisation des films multicouches, leader dans le secteur de l'emballage flexible.À la base d'une entreprise solide avec un personnel très compétents et une logistique technologique, Soexplast est en mesure de fournir les service et prestation en fonction des besoins spécifiques :

- Extrusion soufflage de films semi finis spécifique.
- Prestation d'impression sur différents supports.
- Contre collage de films.
- Découpage et rembobinage des films selon les dimensions désirées assurant une parfaite qualité du produit.
- Soudage sacheries.

Parmi ses produits : le film paillage noir, le film tunnel, le film agricole serre, le film complexe BOPP/ PP Caste & BOPP /PE, le film conditionnement PEBD, le film pochette de lait tri-couches, le film thermo rétractable PEBD, le film étirable, les sachets en PEBD, les sacs poubelles.

c. CNTC :

Le Centre National de Technologies et de Consulting EPE/Spa CNTC (Boumerdes ville), c'est une unité du Centre Des Techniques de l'Information et de la Communication CETIC, qui a été créé le 30 mai 1998 à partir des actifs de l'Entreprise Nationale de Développement des

Industries Manufacturière «ENEDIM» qui a été créée à partir de la Société Nationale des industries textiles «SONITEX». Ses activitéssont les suivantes :

- Métrologie : Etalonnage des appareils de mesure.
- Analyses chimiques.
- Les essais physico-mécaniques et physico-chimiques des produits plastiques, cuirs et textiles.
- Les essais de conformité et de qualité.
- Etude et conseils.

d. SOFIPLAST :

C'est une entreprise algérienne SPA, localisée à la zone industrielle de Sétif, une filiale du groupe ENPC, parmi ses produits : les films agricoles, les films pochettes lait, les films conditionnement, les films rétractables/étirables, les sacheries, les mailles, les bandes PEBD, ...

Annexe 04 : Fiche technique du fournisseur de la matière DOWLEX ™ 2106GC

Technical Information

DOWLEX™ 2106GC
Linear Low Density Polyethylene Resin

Overview

DOWLEX™ 2106GC is processable at high line speeds. Films made from DOWLEX 2106GC Polyethylene Resin exhibit excellent stretchability, tear and impact resistance, as well as exceptional optical properties.

Applications:
- Cast Stretch Wrap Film

Main Characteristics:
- Linear Low Density Polyethylene

Complies with:
- U.S. FDA FCN 424
- EU, No 10/2011

Consult the regulations for complete details

Additive

- Antiblock: No
- Slip: No
- Processing Aid: No

Physical	Nominal Value (English)		Nominal Value (SI)		Test Method
Density	0.917	g/cm³	0.917	g/cm³	ASTM D792
Base Density [1]	0.917	g/cm³	0.917	g/cm³	Dow Method
Melt Index (190°C/2.16 kg)	3.3	g/10 min	3.3	g/10 min	ISO 1133
Films	**Nominal Value (English)**		**Nominal Value (SI)**		**Test Method**
Film Thickness - Tested	0.91	mil	23	µm	
Tensile Strength [2]					ASTM D882
MD : Yield, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	899	psi	6.20	MPa	
TD : Yield, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	798	psi	5.50	MPa	
MD : Break, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	5510	psi	38.0	MPa	
TD : Break, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	3050	psi	21.0	MPa	
Tensile Elongation [2]					ASTM D882
MD : Break, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	500	%	500	%	
TD : Break, 0.91 mil (23 µm), Cast Film	780	%	780	%	
Dart Drop Impact [2]					ASTM D1709A
0.91 mil (23 µm), Cast Film	140	g	140	g	
Elmendorf Tear Strength [3]					ASTM D1922
MD : 0.91 mil (23 µm), Cast Film	320	g	320	g	
TD : 0.91 mil (23 µm), Cast Film	530	g	530	g	
Film Stretch Performace - Max Elongation - Cast Film [4]					Dow Method
0.9 mil (23.0 µm)	260	%	260	%	
Film Stretch Performace - Max Stretch to Puncture - Cast Film [5]					Dow Method
0.9 mil (23.0 µm)	160	%	160	%	
Optical	**Nominal Value (English)**		**Nominal Value (SI)**		**Test Method**
Gloss [2] (45°, 0.906 mil (23.0 µm), Cast Film)	93		93		ASTM D2457
Haze [2] (0.906 mil (23.0 µm), Cast Film)	0.60	%	0.60	%	ASTM D1003

Extrusion	Nominal Value (English)		Nominal Value (SI)	
Melt Temperature	428 to 536	°F	220 to 280	°C

® ™ Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow.

Form No. 400-00145760en
Rev: 2013-12-16

Extrusion Notes
Fabrication Conditions For Cast Film: • Melt Temperature: 220 - 280°C • Chill Roll Temperature: 20 - 60°C • Haul-Off Speed: 150 - 450 m/min • Recommended Gauge Range: 10 - 60 µm

Notes

These are typical properties only and are not to be construed as specifications. Users should confirm results by their own tests.

[1] Base density is estimated using the assumption that every 1000 ppm of antiblock in the finished product raises the density of the polymer by 0.0006 g/cm³. Base density is the estimated density of the polymer if it did not contain any antiblock.

[2] 250 m/min; Chill roll 25°C

[3] Method B; 250 m/min; Chill roll 25°C

[4] 250 m/min; Chill roll 25°C; Measured on test stand

[5] 250 m/min; Chill roll 25°C; Measured on test stand; Max pre-stretch before sharp probe penetrates

® ™ Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow.
Form No. 400-00145760en
Rev: 2013-12-16

Product Stewardship

The Dow Chemical Company and its subsidiaries ("Dow") has a fundamental concern for all who make, distribute, and use its products, and for the environment in which we live. This concern is the basis for our Product Stewardship philosophy by which we assess the safety, health, and environmental information on our products and then take appropriate steps to protect employee and public health and our environment. The success of our Product Stewardship program rests with each and every individual involved with Dow products – from the initial concept and research, to manufacture, use, sale, disposal, and recycle of each product.

Customer Notice

Dow strongly encourages its customers to review both their manufacturing processes and their applications of Dow products from the standpoint of human health and environmental quality to ensure that Dow products are not used in ways for which they are not intended or tested. Dow personnel are available to answer your questions and to provide reasonable technical support. Dow product literature, including safety data sheets, should be consulted prior to use of Dow products. Current safety data sheets are available from Dow.

Medical Applications Policy

NOTICE REGARDING MEDICAL APPLICATION RESTRICTIONS: Dow will not knowingly sell or sample any product or service ("Product") into any commercial or developmental application that is intended for:

a. long-term or permanent contact with internal bodily fluids or tissues. "Long-term" is contact which exceeds 72 continuous hours;
b. use in cardiac prosthetic devices regardless of the length of time involved ("cardiac prosthetic devices" include, but are not limited to, pacemaker leads and devices, artificial hearts, heart valves, intra-aortic balloons and control systems, and ventricular bypass-assisted devices);
c. use as a critical component in medical devices that support or sustain human life; or
d. use specifically by pregnant women or in applications designed specifically to promote or interfere with human reproduction.

Dow requests that customers considering use of Dow products in medical applications notify Dow so that appropriate assessments may be conducted. Dow does not endorse or claim suitability of its products for specific medical applications. It is the responsibility of the medical device or pharmaceutical manufacturer to determine that the Dow product is safe, lawful, and technically suitable for the intended use. **DOW MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, CONCERNING THE SUITABILITY OF ANY DOW PRODUCT FOR USE IN MEDICAL APPLICATIONS.**

Disclaimer

NOTICE: No freedom from infringement of any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, the Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for the Customer's use and for ensuring that the Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other governmental enactments. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. **NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.**

NOTICE: If products are described as "experimental" or "developmental": (1) product specifications may not be fully determined; (2) analysis of hazards and caution in handling and use are required; (3) there is greater potential for Dow to change specifications and/or discontinue production; and (4) although Dow may from time to time provide samples of such products, Dow is not obligated to supply or otherwise commercialize such products for any use or application whatsoever.

Additional Information

North America		**Europe/Middle East**	+800-3694-6367
U.S. & Canada:	1-800-441-4369		+31-11567-2626
	1-989-832-1426	Italy:	+800-783-825
Mexico:	+1-800-441-4369		
Latin America		**South Africa**	+800-99-5078
Argentina:	+54-11-4319-0100		
Brazil:	+55-11-5188-9000		
Colombia:	+57-1-219-6000	**Asia Pacific**	+800-7776-7776
Mexico:	+52-55-5201-4700		+603-7965-5392

www.dowplastics.com

This document is intended for use within Europe

Published: 2010-10-27

© 2016 The Dow Chemical Company

® ™ Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow.

Form No. 400-00145760en
Rev: 2013-12-16

Annexe 05 : Fiche technique du fournisseur de la matière Lupolen 2427F

Technical Data Sheet

Lupolen 2427F

Low Density Polyethylene

Product Description

Lupolen 2427 F is an additivated, low density polyethylene. It contains an antioxidant, slip and anti-blocking agent. It is characterized by a good melt strength leading to a good bubble stability during blown film extrusion. It is delivered in pellet form.

This product is not intended for use in medical and pharmaceutical applications.

Regulatory Status

For regulatory compliance information, see *Lupolen* 2427F Product Stewardship Bulletin (PSB) and Safety Data Sheet (SDS).

Status	Commercial: Active
Availability	Africa-Middle East; Asia-Pacific; Europe
Application	Bags & Pouches; Food Packaging Film; Hygiene Film; Shrink Film
Market	Flexible Packaging
Processing Method	Blown Film
Attribute	Antioxidant; Good Heat Seal; Good Melt Strength; Good Optical Properties; Good Processability; Low Friction; Unspecified Antiblocking; Unspecified Slip

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate, (190 °C/2.16 kg)	0.75	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.924	g/cm³	ISO 1183-1
Mechanical			
Tensile Modulus	260	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	11	MPa	ISO 527-1, -2
Film			
Dart Drop Impact Strength, F50	150	g	ASTM D1709
Tensile Strength			
MD	24	MPa	ISO 527-1, -3
TD	22	MPa	ISO 527-1, -3
Tensile Strain at Break			
MD	300	%	ISO 527-1, -3
TD	600	%	ISO 527-1, -3
Coefficient of Friction	<0.2		ISO 8295
Impact			
Failure Energy	5.5	J/mm	DIN 53373
Thermal			
Vicat Softening Temperature, (A/50 N)	96	°C	ISO 306
Peak Melting Point	111	°C	ISO 3146

Optical			
Haze, (50 µm)	<8	%	ASTM D1003
Gloss			
(20°)	>40		ASTM D2457
(60°)	>90		ASTM D2457
Additive			
Slip, Erucamide	500	ppm	LYB Method
Antiblock, Natural Silica	900	ppm	ISO 3451-1
Additional Information			
Test Specimen	Film		
Film properties tested using 50 µm thickness blown film extruded at a melt temperature of 180°C and a blow-up ratio of 2.5:1.			
Processing Parameters			
Extrusion Temperature	170-220	°C	

Notes

These are typical property values not to be construed as specification limits.

Processing Techniques

Users should determine the conditions necessary to obtain optimum product properties and suitability of the product for the intended application.

In cases where higher temperatures are required, please contact your appropriate technical contact for support.

Further Information

Health and Safety:
The resin is manufactured to the highest standards, but special requirements apply to certain applications such as food end-use contact and direct medical use. For specific information on regulatory compliance contact your local representative.

Workers should be protected from the possibility of skin or eye contact with molten polymer. Safety glasses are suggested as a minimal precaution to prevent mechanical or thermal injury to the eyes.

Molten polymer may be degraded if it is exposed to air during any of the processing and off-line operations. The products of degradation may have an unpleasant odor. In higher concentrations they may cause irritation of the mucus membranes. Fabrication areas should be ventilated to carry away fumes or vapours. Legislation on the control of emissions and pollution prevention should be observed.

The resin will burn when supplied with excess heat and oxygen. It should be handled and stored away from contact with direct flames and/or ignition sources. While burning, the resin contributes high heat and may generate a dense black smoke.

Recycled resins may have previously been used as packaging for, or may have otherwise been in contact with, hazardous goods. Converters are responsible for taking all necessary precautions to ensure that recycled resins are safe for continued use.

For further information about safety in handling and processing please refer to the Safety Data Sheet.

Conveying:
Conveying equipment should be designed to prevent production and accumulation of fines and dust particles that are contained in polymer resins. These particles can under certain conditions pose an explosion hazard. Conveying systems should be grounded, equipped with adequate filters and regularly inspected for leaks.

Storage:
The resin is packed in 25 kg bags, octabins or bulk containers protecting it from contamination. If it is stored under certain conditions, i. e. if there are large fluctuations in ambient temperature and the atmospheric humidity is high, moisture may condense inside the packaging. Under these circumstances, it is recommended to dry the resin before use. Unfavorable storage conditions may also intensify the resin's slight characteristic odor.

Resin should be protected from direct sunlight, temperatures above 40°C and high atmospheric humidity during storage. Higher storage temperatures may reduce the storage time.

The information submitted is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. This information does not remove the obligation of the customer to inspect the material on arrival and notify us of any faults immediately. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed.

Company Information

For further information regarding the LyondellBasell company, please visit http://www.lyb.com/.

© LyondellBasell Industries Holdings, B.V. 2017

Disclaimer

Before using a product sold by a company of the LyondellBasell family of companies, users should make their own independent determination that the product is suitable for the intended use and can be used safely and legally.
SELLER MAKES NO WARRANTY; EXPRESS OR IMPLIED (INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR ANY WARRANTY) OTHER THAN AS SEPARATELY AGREED TO BY THE PARTIES IN A CONTRACT.

Users should review the applicable Safety Data Sheet before handling the product.

This product(s) may not be used in the manufacture of any of the following, without prior written approval by Seller for each specific product and application:
(i) U.S. FDA Class I or II Medical Devices; Health Canada Class I, II or III Medical Devices; European Union Class I or II Medical Devices;
(ii) film, overwrap and/or product packaging that is considered a part or component of one of the aforementioned medical devices;
(iii) packaging in direct contact with a pharmaceutical active ingredient and/or dosage form that is intended for inhalation, injection, intravenous, nasal, ophthalmic (eye), digestive, or topical (skin) administration;
(iv) tobacco related products and applications, electronic cigarettes and similar devices.
(v) safety components in automotive applications, for example: air bags, air bag unit housings and covers, seat belt mechanisms, brake systems, pedals and pedal supports, steering systems.

The product(s) may not be used in:
(i) U.S. FDA Class III Medical Devices; Health Canada Class IV Medical Devices; European Class III Medical Devices;
(ii) applications involving permanent implantation into the body;
(iii) life-sustaining medical applications.

All references to U.S. FDA, Health Canada, and European Union regulations include another country's equivalent regulatory classification.

In addition to the above, LyondellBasell may further prohibit or restrict the use of its products in certain applications. For further information, please contact a LyondellBasell representative.

Trademarks

Adflex, Adstif, Adsyl, Akoafloor, Akoalit, Alastian, Alathon, Alkylate, Amazing Chemistry, Aquamarine, Aquathene, Avant, Catalloy, Clyrell, CRP, Crystex, Dexflex, Duopac, Duoprime, Explore & Experiment, Filmex, Flexathene, Fueling the power to win, Glacido, Hifax, Hiflex, Histif, Hostacom, Hostalen, Hyperzone, Ideal, Indure, Integrate, Koattro, LIPP, Lucalen, Luflexen, Lupolen, Luposim, Lupostress, Lupotech, Metocene, Microthene, Moplen, MPDIOL, Nerolex, Nexprene, Petrothene, Plexar, Polymeg, Pristene, Prodflex, Pro-fax, Punctilious, Purell, Refax, SAA100, SAA101, Sequel, Softell, Spherilene, Spheripol, Spherizone, Starflex, Stretchene, Superflex, TBAc , Tebol, T-Hydro, Toppyl, Trans4m, Tufflo, Ultrathene, Vacido and Valtec are trademarks owned and/or used by the LyondellBasell family of companies.

Adsyl, Akoafloor, Akoalit, Alastian, Alathon, Aquamarine, Avant, CRP, Crystex, Dexflex, Duopac, Duoprime, Explore & Experiment, Filmex, Flexathene, Hifax, Hostacom, Hostalen, Ideal, Integrate, Koattro, Lucalen, Lupolen, Metocene, Microthene, Moplen, MPDIOL, Nexprene, Petrothene, Plexar, Polymeg, Pristene, Pro-fax, Punctilious, Purell, Sequel, Softell, Spheripol, Spherizone, Starflex, Tebol, T-Hydro, Toppyl, Tufflo and *Ultrathene* are registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

Annexe 06 : Fiche technique du fournisseur de la matière SABIC LLDPE 118WJ

SABIC® LLDPE 118WJ

LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE
REGION ASIA

DESCRIPTION

SABIC® LLDPE 118WJ is a butene linear low density polyethylene resin typically used for general purpose applications. Films produced from this resin are tough with good puncture resistance, high tensile strength and good hottack properties. The resin contains slip and antiblock additive. SABIC® LLDPE 118WJ is TNPP free.
This product is not intended for and must not be used in any pharmaceutical/medical applications.

TYPICAL APPLICATIONS

Shipping sacks, ice bags, frozen food bags, stretch wrap film, produce bags, liners, carrier bags, garbage bags, agricultural films, laminated and coextruded films for meat wrap, frozen food and other food packaging, shrink film (for blending with LDPE), industrial consumer packaging, and high clarity film applications if blended with (10~20%) LDPE.

TYPICAL PROPERTY VALUES

Revision 20190118

PROPERTIES	TYPICAL VALUES	UNITS	TEST METHODS
POLYMER PROPERTIES			
Melt Flow Rate			
190°C and 2.16 kg	1	g/10 min	ASTM D1238
Density [1]	918	kg/m³	ASTM D1505
FORMULATION			
Slip agent	☑	-	-
Anti block agent	☑	-	-
MECHANICAL PROPERTIES			
Dart Impact Strength [2]	145	g/µm	ASTM D1709
OPTICAL PROPERTIES [2]			
Haze	10	%	ASTM D1003
Gloss			
at 60°	60	-	ASTM D2457
FILM PROPERTIES [2]			
Tensile Properties			
stress at break, MD	40	MPa	ASTM D882
stress at break, TD	32	MPa	ASTM D882
strain at break, MD	750	%	ASTM D882
strain at break, TD	800	%	ASTM D882
stress at yield, MD	11	MPa	ASTM D882
stress at yield, TD	12	MPa	ASTM D882
1% secant modulus, MD	220	MPa	ASTM D882
1% secant modulus, TD	260	MPa	ASTM D882
Puncture resistance	68	J/mm	SABIC method
Elmendorf Tear Strength			
MD	165	g	ASTM D1922
TD	300	g	ASTM D1922

© 2019 Copyright by SABIC. All rights reserved

CHEMISTRY THAT MATTERS™

PROPERTIES	TYPICAL VALUES	UNITS	TEST METHODS
THERMAL PROPERTIES			
Vicat Softening Temperature	100	°C	ASTM D1525

(1) Base resin
(2) Properties have been measured by producing 30 µm film with 2.5 BUR using 100% 118WI.

PROCESSING CONDITIONS

Typical processing conditions for 118WI are: Melt temperature: 195 - 215°C, Blow up ratio: 2.0 - 3.0

HEALTH, SAFETY AND FOOD CONTACT REGULATIONS

Detailed information is provided in the relevant Material Safety Datasheet and or Standard Food Declaration, available on the Internet (www.SABIC.com). Additional specific information can be requested via your local Sales Office.*

DISCLAIMER: This product is not intended for and must not be used in any pharmaceutical/medical applications.

QUALITY

SABIC Europe is fully certified in accordance with the internationally accepted quality standard ISO 9001.

STORAGE AND HANDLING

Polyethylene resin should be stored in a manner to prevent a direct exposure to sunlight and/or heat. The storage area should also be dry and preferably do not exceed 50°C. SABIC would not give warranty to bad storage conditions which may lead to quality deterioration such as color change, bad smell and inadequate product performance. It is advisable to process PE resin within 6 months after delivery.

ENVIRONMENT AND RECYCLING

The environmental aspects of any packaging material do not only imply waste issues but have to be considered in relation with the use of natural resources, the preservations of foodstuffs, etc. SABIC Europe considers polyethylene to be an environmentally efficient packaging material. Its low specific energy consumption and insignificant emissions to air and water designate polyethylene as the ecological alternative in comparison with the traditional packaging materials. Recycling of packaging materials is supported by SABIC Europe whenever ecological and social benefits are achieved and where a social infrastructure for selective collecting and sorting of packaging is fostered. Whenever 'thermal' recycling of packaging (i.e. incineration with energy recovery) is carried out, polyethylene -with its fairly simple molecular structure and low amount of additives- is considered to be a trouble-free fuel.

DISCLAIMER

Any sale by SABIC, its subsidiaries and affiliates (each a "seller"), is made exclusively under seller's standard conditions of sale (available upon request) unless agreed otherwise in writing and signed on behalf of the seller. While the information contained herein is given in good faith, SELLER MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING MERCHANTABILITY AND NONINFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY, NOR ASSUMES ANY LIABILITY, DIRECT OR INDIRECT, WITH RESPECT TO THE PERFORMANCE, SUITABILITY OR FITNESS FOR INTENDED USE OR PURPOSE OF THESE PRODUCTS IN ANY APPLICATION. Each customer must determine the suitability of seller materials for the customer's particular use through appropriate testing and analysis. No statement by seller concerning a possible use of any product, service or design is intended, or should be construed, to grant any license under any patent or other intellectual property right.

© 2019 Copyright by SABIC. All rights reserved

CHEMISTRY THAT MATTERS™

Annexe 07 : Fiche technique du fournisseur de la matière POLYTEC Blanc PT 110470

POLYTEC
MASTERBATCH LLC

TECHNICAL DATA SHEET

- Product reference : PT-110470
- Description : White Color Masterbatch
- Application : It is PE base Masterbatches suitable for all conventional process.
- Addition rate : Recommended to use LDR 2-5% depends on the application

Typical Properties	Actual	Test method
Base polymer	PE	PT STD
Base polymer & additives content, %	40	PT STD
White Pigment content %	60	PT STD
Melt flow index, gms/10 mins	30	ASTM D1238
Bulk density, gms/cc	1.24	ASTM D1895B
Heat stability, deg C	280	DIN 53772 & DIN 6174
L.F. full shade	7-8	DIN 53775 & DIN 53387
L.F. reduce shade	6-7	DIN 53775 & DIN 53387
Migration (*)	5	DIN 53775 PART 3
Moisture content, %	0.04	ASTM D6980
Food contact application (*)	YES	AP (89)1
Heavy metal free (*)	YES	Directive 2002/96/EC

(*) Measured Value as per the polymer & pigment supplier.

- Packaging : 25 kg net in PP woven bag with PE inner liner.
- Storage : Store in a cool and dry area protected from sunlight.
- Shelf life : Over 2 years.

The information presented herein is presented in good faith and to the best of our knowledge is true and accurate. It is intended as a guide and is offered for use at your discretion and risk. Polytec Masterbatch LLC does not grantee result and disclaim any liability incurred in connection with the use of the product described or the information presented.

Business Bay - XL Tower, P.O. Box 214861, Dubai, U.A.E.
Tel: 04 456 0833, Fax: 04 456 0834
Al Ghail Indl. Area, P.O. Box 8911, Ras Al Khaimah - U.A.E.
Tel: 07 258 9181, Fax: 07 258 9183
Email: sales@polytecmb.com | www.polytecmb.com

Annexe 08 : Fiche de production de l'échantillon 01

PRODUCTION REPORT 03/03/2019 13:31:19

Nom Produit	Film de conditionnement: Pochette de lait					Production Kgh	450,9
Code Produit	Echantillon 01					Epaisseur	75,6
Largeur	201,2	2 Sigma	3,70	Vitesse Ligne	26,6	Kw/Kg	0,38

		Kgh	Kgh %	Microns	Micr. %	kgh/Rpm	Rpm	Couple	Presion	°C
A	SP	81,0	18,0	13,5	18,0					
	PV	81,7	18,1	13,7	18,2	9,1	89,9	23,5	329	246
B	SP	261,0	58,0	43,2	57,6					
	PV	261,1	57,9	43,5	57,5	42,9	60,9	45,7	399	222
C	SP	108,0	24,0	18,3	24,4					
	PV	108,1	24,0	18,4	24,4	11,7	92,0	28,2	373	240

		Alimentat	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
A	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	59	195	204	207	208	210	208	210	
B	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	38	197	206	205	205	206	206	209	
C	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	131	197	207	207	206	205	205	206	
H	SP		206	206	206	206	206			
	PV		206	220	208	223	214			

	Anneau	Introduct	Extraction	Soupape	Capteur	Pompe 1	Pompe 2	Rotation Etiraqe Vitesse	Rotation Etiraqe Degrés
°C	10	9	72						
SP	72,0	62,0	78,0	15,0	5,5	35,0	35,0	40,0	170,0
PV	72,0	62,0	78,0	54,1	5,6	35,0	35,0	-40,0	61,6

	Calandre	Calandre	Enrouleur 1	Axial 1		Enrouleur 2	Axial 2	
Act %	0,4	-2,3	0,1			-0,3		
SP	28,0	24,0	20,0	100,0		20,0	100,0	
PV	28,0	24,1	21,2	92,0		20,3	92,1	
Taper				10,0			10,0	
Bar			1,00			1,00		

	Corbeille 1	Corbeille 2		Compteur Mètres 1	Compteur Mètres 2
SP				4000	4000
PV	1982	2128		3151	3144

	Type Matériel	Nom	Densité	SP %	PV %	kg
A1	sabic	lldpe 118wj	0,918	64,00	64,00	
A2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
A3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
A4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	3,00	3,00	
B1	sabic	lldpe 118wj	0,918	62,00	62,00	
B2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
B3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
B4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	5,00	5,00	
C1	sabic	lldpe 118wj	0,918	65,00	65,00	
C2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	35,00	35,00	
C3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
C4	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	

Annexe 09 : Fiche de production de l'échantillon 02

PRODUCTION REPORT 03/03/2019 13:31:19

Nom Produit	Film de conditionnement: Pochette de lait						Production Kgh	450,9	
Code Produit	Echantillon 02						Epaisseur	75,6	
Largeur	201,2	2 Sigma	3,70	Vitesse Ligne	26,6		Kw/Kg	0,38	

		Kgh	Kgh %	Microns	Micr. %	kgh/Rpm	Rpm	Couple	Presion	°C
A	SP	81,0	18,0	13,5	18,0					
	PV	81,7	18,1	13,7	18,2	9,1	89,9	23,5	329	246
B	SP	261,0	58,0	43,2	57,6					
	PV	261,1	57,9	43,5	57,5	42,9	60,9	45,7	399	222
C	SP	108,0	24,0	18,3	24,4					
	PV	108,1	24,0	18,4	24,4	11,7	92,0	28,2	373	240

		Alimentat	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
A	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	59	195	204	207	208	210	208	210	
B	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	38	197	206	205	205	206	206	209	
C	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	131	197	207	207	206	205	205	206	
H	SP		206	206	206	206	206			
	PV		206	220	208	223	214			

	Anneau	Introduct	Extraction	Soupape	Capteur	Pompe 1	Pompe 2	Rotation Etirage Vitesse	Rotation Etirage Degrés
°C	10	9	72						
SP	72,0	62,0	78,0	15,0	5,5	35,0	35,0	40,0	170,0
PV	72,0	62,0	78,0	54,1	5,6	35,0	35,0	-40,0	61,6

	Calandre	Calandre	Enrouleur 1	Axial 1		Enrouleur 2	Axial 2	
Act %	0,4	-2,3	0,1			-0,3		
SP	28,0	24,0	20,0	100,0		20,0	100,0	
PV	28,0	24,1	21,2	92,0		20,3	92,1	
Taper				10,0			10,0	
Bar			1,00			1,00		

	Corbeille 1	Corbeille 2		Compteur Mètres 1	Compteur Mètres 2
SP				4000	4000
PV	1982	2128		3151	3144

	Type Matériel	Nom	Densité	SP %	PV %	kg
A1	sabic	lldpe 118wj	0,918	63,00	63,00	
A2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
A3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
A4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	4,00	4,00	
B1	sabic	lldpe 118wj	0,918	61,00	61,00	
B2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
B3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
B4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	6,00	6,00	
C1	sabic	lldpe 118wj	0,918	65,00	65,00	
C2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	35,00	35,00	
C3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
C4	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	

Annexe 10 : Fiche de production de l'échantillon 03

PRODUCTION REPORT 03/03/2019 13:31:19

Nom Produit	Film de conditionnement: Pochette de lait					Production Kgh	450,9
Code Produit	Echantillon 03					Epaisseur	75,6
Largeur	201,2	2 Sigma	3,70	Vitesse Ligne	26,6	Kw/Kg	0,38

		Kgh	Kgh %	Microns	Micr. %	kgh/Rpm	Rpm	Couple	Presion	°C
A	SP	81,0	18,0	13,5	18,0					
	PV	81,7	18,1	13,7	18,2	9,1	89,9	23,5	329	246
B	SP	261,0	58,0	43,2	57,6					
	PV	261,1	57,9	43,5	57,5	42,9	60,9	45,7	399	222
C	SP	108,0	24,0	18,3	24,4					
	PV	108,1	24,0	18,4	24,4	11,7	92,0	28,2	373	240

		Alimentat	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
A	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	59	195	204	207	208	210	208	210	
B	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	38	197	206	205	205	206	206	209	
C	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	131	197	207	207	206	205	205	206	
H	SP		206	206	206	206	206			
	PV		206	220	208	223	214			

	Anneau	Introduct	Extraction	Soupape	Capteur	Pompe 1	Pompe 2	Rotation Etirage Vitesse	Rotation Etirage Degrés
°C	10	9	72						
SP	72,0	62,0	78,0	15,0	5,5	35,0	35,0	40,0	170,0
PV	72,0	62,0	78,0	54,1	5,6	35,0	35,0	-40,0	61,6

	Calandre	Calandre	Enrouleur 1	Axial 1		Enrouleur 2	Axial 2	
Act %	0,4	-2,3	0,1			-0,3		
SP	28,0	24,0	20,0	100,0		20,0	100,0	
PV	28,0	24,1	21,2	92,0		20,3	92,1	
Taper				10,0			10,0	
Bar			1,00			1,00		

	Corbeille 1	Corbeille 2		Compteur Mètres 1	Compteur Mètres 2
SP				4000	4000
PV	1982	2128		3151	3144

	Type Matériel	Nom	Densité	SP %	PV %	kg
A1	sabic	lldpe 118wj	0,918	65,00	65,00	
A2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
A3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
A4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	2,00	2,00	
B1	sabic	lldpe 118wj	0,918	63,00	63,00	
B2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
B3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
B4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	4,00	4,00	
C1	sabic	lldpe 118wj	0,918	65,00	65,00	
C2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	35,00	35,00	
C3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
C4	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	

Annexe 11 : Fiche de production de l'échantillon 04

PRODUCTION REPORT 04/03/2019 11:57:06

Nom Produit	Film de conditionnemen: Pochette de lait					Production Kgh	399,7
Code Produit	Echantillon 04					Epaisseur	75,4
Largeur	201,0	2 Sigma	2,10	Vitesse Ligne	23,9	Kw/Kg	0,39

		Kgh	Kgh %	Microns	Micr. %	kgh/Rpm	Rpm	Couple	Presion	°C
A	SP	72,0	18,0	13,5	18,0					
	PV	71,9	18,0	13,6	18,0	9,8	73,5	19,9	195	237
B	SP	232,0	58,0	43,2	57,6					
	PV	231,8	58,0	43,4	57,6	43,2	53,7	34,9	230	216
C	SP	96,0	24,0	18,3	24,4					
	PV	96,0	24,0	18,4	24,4	12,7	75,9	22,8	221	237

		Alimentat	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
A	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	61	197	206	203	207	208	205	208	
B	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	43	195	206	206	203	207	208	207	
C	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	126	194	207	204	207	206	205	205	
H	SP		206	206	206	206	206			
	PV		206	208	206	206	212			

	Anneau	Introduct	Extraction	Soupape	Capteur	Pompe 1	Pompe 2	Rotation Etirage	
								Vitesse	Degrés
°C	10	10	63						
SP	70,0	60,0	76,0	15,0	5,5	35,0	35,0	40,0	170,0
PV	70,0	60,0	76,0	53,3	5,6	35,0	35,0	-40,0	115,1

	Calandre	Calandre	Enrouleur 1	Axial 1		Enrouleur 2	Axial 2	
Act %	1,0	0,1	0,8			0,7		
SP	28,0	24,0	20,0	100,0		20,0	100,0	
PV	28,0	23,1	20,6	91,7		20,3	91,9	
Taper				10,0			10,0	
Bar			1,00			1,00		

	Corbeille 1	Corbeille 2		Compteur Mètres 1	Compteur Mètres 2
SP				4000	4000
PV	2049	2125		3768	3755

	Type Matériel	Nom	Densité	SP %	PV %	kg
A1	DOWLEX LLDPE	LLDPE 2106GC	0,918	64,00	64,00	
A2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
A3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
A4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	3,00	3,00	
B1	DOWLEX LLDPE	LLDPE 2106GC	0,918	62,00	62,00	
B2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	33,00	33,00	
B3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
B4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	5,00	5,00	
C1	DOWLEX LLDPE	LLDPE 2106GC	0,918	65,00	65,00	
C2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	35,00	35,00	
C3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
C4	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	

Annexe 12 : **Fiche de production de l'échantillon 05**

PRODUCTION REPORT 05/03/2019 13:02:21

Nom Produit	Film de conditionnement: Pochette de lait						Production Kgh	450,4	
Code Produit	Echantillon 05						Epaisseur	74,8	
Largeur	200,8	2 Sigma	4,20	Vitesse Ligne	26,5		Kw/Kg	0,44	

		Kgh	Kgh %	Microns	Micr. %	kgh/Rpm	Rpm	Couple	Presion	°C
A	SP	81,0	18,0	13,5	18,0					
	PV	81,3	18,1	13,5	18,1	8,9	91,9	23,1	336	244
B	SP	261,0	58,0	43,2	57,6					
	PV	261,0	57,9	43,0	57,5	43,1	60,6	45,1	393	222
C	SP	108,0	24,0	18,3	24,4					
	PV	108,1	24,0	18,2	24,4	11,7	92,4	28,2	373	241

		Alimentat	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
A	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	60	195	208	206	207	209	206	208	
B	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	49	197	207	207	205	206	205	209	
C	SP	40	196	206	206	206	206	206	206	
	PV	103	196	207	206	206	206	206	206	
H	SP		206	206	206	206	206			
	PV		207	220	209	223	213			

	Anneau	Introduct	Extraction	Soupape	Capteur	Pompe 1	Pompe 2	Rotation Etirage Vitesse	Rotation Etirage Degrés
°C	10	9	71						
SP	74,0	64,0	80,0	15,0	5,5	35,0	35,0	40,0	170,0
PV	74,0	64,0	80,0	54,6	5,6	35,0	35,0	-40,0	#####

	Calandre	Calandre	Enrouleur 1	Axial 1		Enrouleur 2	Axial 2	
Act %	0,7	-0,8	0,3			0,4		
SP	28,0	24,0	20,0	100,0		20,0	100,0	
PV	28,0	24,2	20,3	91,8		20,1	91,9	
Taper				10,0			10,0	
Bar			1,00			1,00		

	Corbeille 1	Corbeille 2		Compteur Mètres 1	Compteur Mètres 2
SP				4000	4000
PV	1961	2126		3852	3848

	Type Matériel	Nom	Densité	SP %	PV %	kg
A1	sabic	LLDPE 118wj	0,918	47,00	47,00	
A2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	50,00	50,00	
A3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
A4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	3,00	3,00	
B1	sabic	LLDPE 118wj	0,918	45,00	45,01	
B2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	50,00	50,00	
B3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
B4	COLORANT POLYTE	BLANC PT 110470	1,700	5,00	5,00	
C1	sabic	LLDPE 118wj	0,918	50,00	50,00	
C2	LYONDELLBASELL	LDPE 2427F	0,924	50,00	50,00	
C3	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	
C4	POLYTECH	PW60	0,910	0,00	0,00	

Annexe 13 : Norme internationale ISO 527-3

NORME INTERNATIONALE © ISO ISO 527-3:1995(F)

Plastiques — Détermination des propriétés en traction —

Partie 3:
Conditions d'essai pour films et feuilles

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 527 prescrit des conditions pour la détermination des propriétés en traction des films ou feuilles de moins de 1 mm d'épaisseur, basée sur les principes généraux établis dans l'ISO 527-1.

NOTE 1 Pour les feuilles ou les plaques de plus de 1 mm d'épaisseur, il convient de se reporter à l'ISO 527-2.

1.2 Voir ISO 527-1, paragraphe 1.2.

1.3 La présente partie de l'ISO 527 ne convient pas normalement pour la détermination des propriétés en traction

a) des matériaux cellulaires;

b) des plastique renforcés par des fibres textiles.

1.4 Voir ISO 527-1, paragraphe 1.5.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 527. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 527 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 527-1:1993, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 1: Principes généraux.*

ISO 4591:1992, *Plastiques — Film et feuille — Détermination de l'épaisseur moyenne d'un échantillon et de l'épaisseur moyenne d'un rouleau, ainsi que de sa surface par unité de masse, par mesures gravimétriques (épaisseur gravimétrique).*

ISO 4593:1993, *Plastiques — Film et feuille — Détermination de l'épaisseur par examen mécanique.*

3 Principe

Voir ISO 527-1, article 3.

4 Définitions

Voir ISO 527-1, article 4.

5 Appareillage

Voir ISO 527-1, article 5, en ajoutant les compléments suivants:

7.Oct. 2002 12:17 PROCHIMIR
N°.2165 P. 6/17

En 5.1.2, le dynamomètre doit être capable d'assurer les vitesses d'essai prescrites dans le tableau 1 de l'ISO 527-1. Il est normal d'essayer les films et les feuilles à une vitesse de 5 mm/min, 50 mm/min, 100 mm/min, 200 mm/min, 300 mm/min ou 500 mm/min. L'information du paragraphe 9.6 de l'ISO 527-1 est également applicable.

En 5.1.5, lorsque des films ou des feuilles sont essayés, le poids de l'extensomètre ne doit pas être supporté par l'éprouvette.

En 5.2, des dispositifs conformes aux exigences de l'ISO 4593 doivent être utilisés pour le mesurage de l'épaisseur, sauf dans le cas des films très minces (moins de 0,01 mm d'épaisseur) ou des films grainés, dont l'épaisseur doit alors être déterminée conformément à l'ISO 4591. Dans ce dernier cas, l'épaisseur moyenne de l'échantillon doit être prise pour épaisseur de l'éprouvette.

6 Éprouvettes

6.1 Forme et dimensions

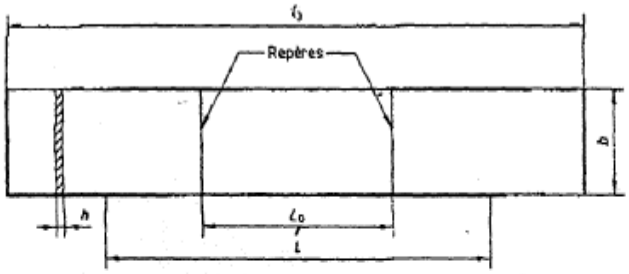
6.1.1 La forme d'éprouvette recommandée pour la détermination des propriétés en traction par cette méthode est une bande de 10 mm à 25 mm de largeur et d'au moins 150 mm de longueur (éprouvette de type 2 — voir figure 1), avec deux repères parallèles, à 50 mm l'un de l'autre, dans la partie centrale de l'éprouvette.

Le matériau de certains types de films a un très grand allongement à la rupture qui peut dépasser la capacité d'étirage du dynamomètre. Dans ce cas, la réduction de la distance initiale entre mâchoires à 50 mm est autorisée.

6.1.2 *Lorsque la spécification du matériau en essai* l'exige, ou pour les essais de contrôle, les éprouvettes haltères de types 5, 1B et 4, de forme et dimensions données aux figures 2, 3 et 4, peuvent être utilisées. Ces éprouvettes sont commodes à préparer et permettent les essais rapides de contrôle de qualité.

L'éprouvette de type 5 (voir figure 2) est recommandée pour les feuilles et les films à très haute contrainte à la rupture. L'éprouvette de type 5 est recommandée pour les autres feuilles thermoplastiques souples.

L'éprouvette de type 1B (voir figure 3) est recommandée pour les feuilles rigides.

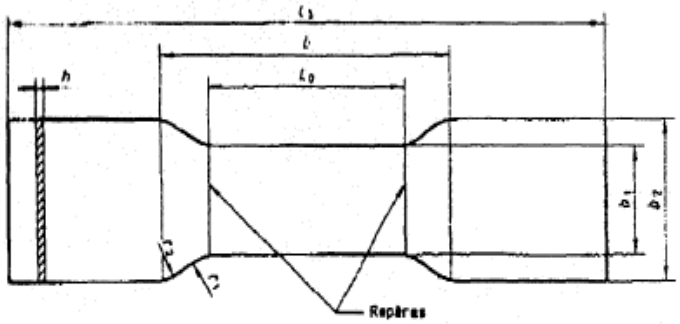


b Largeur: 10 mm à 25 mm
h Épaisseur: ⩽ 1 mm
L_0 Distance entre repères: 50 mm ± 0,5 mm
L Distance initiale entre mâchoires: 100 mm ± 5 mm
l_3 Longueur totale: ⩾ 150 mm

Figure 1 — Éprouvette de type 2

7.Oct. 2002 12:17 PROCHIMIR N°.2165 P. 7/17

© ISO



b_1 Largeur de la partie étroite: 25,4 mm ± 0,1 mm

b_2 Largeur des extrémités: 38 mm

h Épaisseur: ⩽ 1 mm

L_0 Distance entre repères: 50 mm ± 0,5 mm

L Distance initiale entre mâchoires: 73,4 mm

l_3 Longueur totale: 152 mm

r_1 Petit rayon: 22 mm

r_2 Grand rayon: 25,4 mm

Figure 4 — Éprouvette de type 4

6.2 Préparation des éprouvettes

6.2.1 Les éprouvettes décrites en 6.1.1 doivent être découpées ou estampées de sorte que les bords soient lisses et sans entailles; un examen avec une loupe de faible grossissement est recommandé pour vérifier l'absence d'entailles. Des lames de rasoir, des coupe-papier, des scalpels ou tout autre dispositif capable de découper les éprouvettes à la largeur convenable et de fournir des bords droits, propres, parallèles, sans imperfections visibles doivent être utilisés. Les filets de découpe doivent être régulièrement affûtés et une contrepartie adaptée doit être utilisée pour assurer une coupe nette des bords.

6.2.2 Les éprouvettes décrites en 6.1.2 doivent être réalisées par estampage en utilisant pour la contrepartie un matériau assurant une coupe nette des bords. Les filets de découpe doivent être régulièrement affûtés et les éprouvettes doivent être examinées avec une loupe à faible grossissement pour s'assurer de l'absence d'entailles. Rejeter toute éprouvette présentant des imperfections évidentes sur les bords découpés.

6.3 Repères

Voir ISO 527-1, paragraphe 6.3.

Le dispositif utilisé pour marquer les repères doit être constitué par deux lames parallèles adoucies par polissage, de 0,05 mm à 0,10 mm d'épaisseur sur leur fil et, biseauté sous un angle maximal de 15°. Un tampon encreur peut également être utilisé pour appliquer de l'encre sur la surface des repères, avant ou après les avoir marqués à l'aide du dispositif, avec une encre d'une couleur contrastante adaptée et qui est sans effet nuisible sur le film soumis à l'essai.

6.4 Vérification des éprouvettes

Rejeter toute éprouvette présentant des imperfections évidentes sur les bords découpés.

6.5 Anisotropie

Le matériau de certains types de films peut avoir des propriétés qui varient selon la direction dans le plan du film (anisotropie). Dans ce cas, il est essentiel de préparer deux groupes d'éprouvettes avec leurs

7.Oct. 2002 12:18 PROCHIMIR N°.2165 P. 9/17

grande axes respectivement parallèles et perpendiculaires à la direction d'orientation du film.

7 Nombre d'éprouvettes

Voir ISO 527-1, article 7.

8 Conditionnement

Voir ISO 527-1, article 8.

9 Mode opératoire

Voir ISO 527-1, article 9.

10 Calcul et expression des résultats

Voir ISO 527-1, article 10, à l'exception des paragraphes 10.3 «Calcul du module» et 10.4 «Coefficient de Poisson, μ».

11 Fidélité

La fidélité de cette méthode d'essai n'est pas connue car des données interlaboratoires ne sont pas disponibles. Dès que des données interlaboratoires auront été obtenues, une déclaration de fidélité sera ajoutée lors d'une prochaine révision.

12 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

a) la référence à la présente partie de l'ISO 527, en incluant le type d'éprouvette et la vitesse d'essai écrite sous la forme suivante:

Essai de traction ISO 527-3/1B/5

Type d'éprouvette

Vitesse d'essai, en millimètres par minute

b) à q) voir ISO 527-1, article 12, b) à q).

7.Oct. 2002 12:18 PROCHIMIR
7.Oct. 2002 12:18 PROCHIMIR N°.2165 P. 10/17

Annexe 14 : Résultats des tests mécaniques de l'échantillon 06

شركة الاكياس و الاسطح البلاستيكية
SOFIPLAST
EPE/SPA au Capital Social de 327.000.000DA
N° registre de commerce : 19/00 - 0093661 B 00
N° NIS : 0 999 1901 11396 21
N° NIF : 000019008356118
Code fiscal : 099919011139621
N° RIB : 00200063630536004822 B.E.A Agence 63
SOFIPLAST

SETIF LE 16 /06 /2019

DEPARTEMENT TECHNIQUE
LABORATOIRE SOFIPLAST

RESULTATS DES TESTS MECANIQUES

CLIENT : SOEXPLAST MEDIA
PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT BLANC 1000mm x 75 µm

CODE ECHANTILLON : 06
(6)..... 3.5% BUTANE

DESIGNATIONS DES TESTS ET ANALYSES	UNITE	RESULTATS	NORME
Résistance de l'impression (le traitement)	-	BIEN	38 Dyn/cm
Epaisseur moy	mm	0.074	ISO 527-1
Largeur	mm	1000	ISO 527-1
Allongement a la rupture longitudinale	%	603.64	ISO 527-1
Allongement a la rupture transversale	%	684.82	ISO 527-1
Résistance à la traction longitudinale	Mpa	20.9	ISO 527-1
Résistance à la traction transversale	Mpa	14.88	ISO 527-1
Module d'élasticité longitudinale	Mpa	209.76	ISO 527-1
Module d'élasticité transversale	Mpa	279	ISO 527-1
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	3102.67	ISO 527-1
Résistance à la déchirure transversale	gr	2278.33	ISO 527-1
Coefficient de Frottement	-	0.18	ASTM D1894

Le Chef De Département Technique :
M. FERDI

Annexe 15 : Résultats des tests mécaniques de l'échantillon 02

شركة الأكياس و الأشرطة البلاستيكية
SOFIPLAST
EPE/SPA au Capital Social de 327.888.888DA
N° registre de commerce : 19/00 - 0083561 B 00
N° NIS : 0 999 1901 11396 21
N° NIF : 000019008356118
Code fiscal : 099919011139621
N° RIB : 00200053530536004822 B.E.A Agence 63
SOFIPLAST

SETIF LE 16 /06 /2019

DEPARTEMENT TECHNIQUE
LABORATOIRE SOFIPLAST

RESULTATS DES TESTS MECANIQUES

CLIENT : SOEXPLAST MEDIA
PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT BLANC 1000mm x 75 µm

CODE ECHANTILLON : 02
(2)….. 62% LLDPE SABIC 118WJ + 33.5% LDPE BASEL 2427F + 4.5% COLORANT B PT 110470

DESIGNATIONS DES TESTS ET ANALYSES	UNITE	RESULTATS	NORME
Résistance de l'impression (le traitement)	-	BIEN	38 Dyn/cm
Epaisseur moy	mm	0.069	ISO 527-1
Largeur	mm	1000	ISO 527-1
Allongement a la rupture longitudinale	%	603.70	ISO 527-1
Allongement a la rupture transversale	%	756.23	ISO 527-1
Résistance à la traction longitudinale	Mpa	22.63	ISO 527-1
Résistance à la traction transversale	Mpa	17.86	ISO 527-1
Module d'élasticité longitudinale	Mpa	211	ISO 527-1
Module d'élasticité transversale	Mpa	304.51	ISO 527-1
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	3175.66	ISO 527-1
Résistance à la déchirure transversale	gr	2541.33	ISO 527-1
Coefficient de Frottement	-	0.19	ASTM D1894

Le Chef De Département Technique :
M. FERDI

Annexe 16 : Résultats des tests mécaniques de l'échantillon 03

شركة الأكياس و الأشرطة البلاستيكية
SOCIETE DES SACHERIES & FILMS PLASTIQUES
SOFIPLAST
EPE/SPA au Capital Social de 337.000.000DA
N° registre de commerce : 19/00 - 0083561 B 00
N° NIS : 0 999 1901 11396 21
N° NIF : 000019006356118
Code fiscal : 099919011139621
N° RIB : 00200053530636004822 B.E.A Agence 53
SOFIPLAST

SETIF LE 16 /06 /2019

DEPARTEMENT TECHNIQUE
LABORATOIRE SOFIPLAST

RESULTATS DES TESTS MECANIQUES

CLIENT : SOEXPLAST MEDIA
PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT BLANC 1000mm x 75 µm

CODE ECHANTILLON : 03

(3)..... 64% LLDPE SABIC 118WJ + 33.5% LDPE BASEL 2427F + 2.5% COLORANT B PT 110470

DESIGNATIONS DES TESTS ET ANALYSES	UNITE	RESULTATS	NORME
Résistance de l'impression (le traitement)	-	BIEN	38 Dyn/cm
Epaisseur moy	mm	0.0705	ISO 527-1
Largeur	mm	1000	ISO 527-1
Allongement a la rupture longitudinale	%	583.06	ISO 527-1
Allongement a la rupture transversale	%	777.4	ISO 527-1
Résistance à la traction longitudinale	Mpa	21.2	ISO 527-1
Résistance à la traction transversale	Mpa	18.20	ISO 527-1
Module d'élasticité longitudinale	Mpa	201.11	ISO 527-1
Module d'élasticité transversale	Mpa	304.25	ISO 527-1
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	3022	ISO 527-1
Résistance à la déchirure transversale	gr	2625.3	ISO 527-1
Coefficient de Frottement	-	0.21	ASTM D1894

Le Chef de Département Technique :
M. FERDI

Annexe 17 : Résultats des tests mécaniques de l'échantillon 04

شركة الأكياس و الأشرطة البلاستيكية
SOFIPLAST
EPE/SPA au Capital Social de 327.000.000DA
N° registre de commerce : 19/00 - 0093561 B 00
N° NIS : 0 999 1901 11396 21
N° NIF : 000019008356118
Code fiscal : 099919011139621
N° RIB : 00200063530536004822 B.E.A Agence 63
SOFIPLAST

SETIF LE 16 /06 /2019

DEPARTEMENT TECHNIQUE
LABORATOIRE SOFIPLAST

RESULTATS DES TESTS MECANIQUES

CLIENT : SOEXPLAST MEDIA
PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT BLANC 1000mm x 75 µm

CODE ECHANTILLON : 04

(4)..... 63% LLDPE SABIC DOWLEX 2106 GC + 33.5% LDPE BASEL 2427F + 3.5% COLORANT B PT 110470

DESIGNATIONS DES TESTS ET ANALYSES	UNITE	RESULTATS	NORME
Résistance de l'impression (le traitement)	-	BIEN	38 Dyn/cm
Epaisseur moy	mm	0.068	ISO 527-1
Largeur	mm	1000	ISO 527-1
Allongement a la rupture longitudinale	%	535.52	ISO 527-1
Allongement a la rupture transversale	%	778.22	ISO 527-1
Résistance à la traction longitudinale	Mpa	16.17	ISO 527-1
Résistance à la traction transversale	Mpa	18.11	ISO 527-1
Module d'élasticité longitudinale	Mpa	211.5	ISO 527-1
Module d'élasticité transversale	Mpa	255.8	ISO 527-1
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	2245	ISO 527-1
Résistance à la déchirure transversale	gr	2545	ISO 527-1
Coefficient de Frottement	-	0.24	ASTM D1894

Le Chef De Département Technique :
M. FERDI

Annexe 18 : **Résultats des tests mécaniques de l'échantillon 05**

شركة الأكياس و الأشرطة البلاستيكية
SOFIPLAST
EPE/SPA au Capital Social de 327.000.000DA
N° registre de commerce : 19/00 - 0083561 B 00
N° NIS : 0 999 1901 11396 21
N° NIF : 000019008356118
Code fiscal : 099919011139621
N° RIB : 00200063630536004822 B.E.A Agence 63
SOFIPLAST

SETIF LE 16 /06 /2019

DEPARTEMENT TECHNIQUE
LABORATOIRE SOFIPLAST

RESULTATS DES TESTS MECANIQUES

CLIENT : SOEXPLAST MEDIA
PRODUIT : FILM POCHETTE LAIT BLANC 1000mm x 75 µm

CODE ECHANTILLON : 05
(5)….. 50% LLDPE SABIC 118WJ + 50% LDPE BASEL 2427F

DESIGNATIONS DES TESTS ET ANALYSES	UNITE	RESULTATS	NORME
Résistance de l'impression (le traitement)	-	BIEN	38 Dyn/cm
Epaisseur moy	mm	0.069	ISO 527-1
Largeur	mm	1000	ISO 527-1
Allongement a la rupture longitudinale	%	649.3	ISO 527-1
Allongement a la rupture transversale	%	781.34	ISO 527-1
Résistance à la traction longitudinale	Mpa	22.40	ISO 527-1
Résistance à la traction transversale	Mpa	18.33	ISO 527-1
Module d'élasticité longitudinale	Mpa	191.26	ISO 527-1
Module d'élasticité transversale	Mpa	272.75	ISO 527-1
Résistance à la déchirure longitudinale	gr	3093.33	ISO 527-1
Résistance à la déchirure transversale	gr	2630	ISO 527-1
Coefficient de Frottement	-	0.30	ASTM D1894

Le Chef De Département Technique :
M. FERDI

<u>Annexe 19 :</u> Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 01

DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale

Tableau de paramètres:

Légende	: DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale
Nom de société	: SOFIPLAST LE 13/06/2019
Client	: SOEXPLAST MEDIA
Opérateur	: DEPARTEMENT LABORATOIRE
Norme	: DIN EN ISO 527-1
Matériau	: (6)...(3.5% Butane)
Production/Charge	: Technique
Traitement préparatoire	: film pochette lait a base de butane
Conditions d'essai	: TEMPERATURE: 23 C°
Mâchoires	: 100mm
Machine d'essai	: traction/friction (Zwick)

Précharge : 0,5 N Vitesse d'essai : 50 mm/min
Vitesse module : 20 mm/min

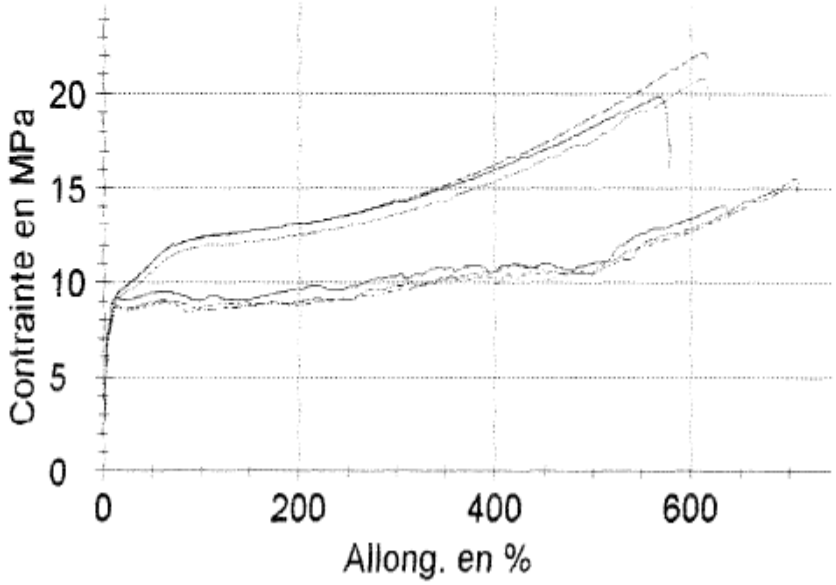
Résultats:

Légende	Nr	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa
———	1	0,07233	20	100,00	1,447	233,84	8,67	-
- - - - - - -	2	0,07033	20	100,00	1,407	225,59	8,62	-
.....	3	0,07533	20	100,00	1,507	169,85	8,35	-
-.-.-.-.-.	4	0,07533	20	100,00	1,507	273,87	8,46	-
-.-.-.-.-.	5	0,076	20	100,00	1,52	275,55	8,55	-
———	6	0,07367	20	100,00	1,473	287,69	8,98	-

Légende	Nr	εY %	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
———	1	-	19,85	565,98	16,07	577,63	565,98	577,63
- - - - - - -	2	-	22,15	611,25	21,35	615,97	611,25	615,97
.....	3	-	20,79	613,65	19,49	617,33	613,65	617,33
-.-.-.-.-.	4	-	15,20	703,98	14,61	707,66	703,98	707,66
-.-.-.-.-.	5	-	15,50	706,45	14,87	708,45	706,45	708,45
———	6	-	14,06	632,55	13,42	638,35	632,55	638,35

SOFIPLAST LE 13/06/2019 13.06.2019

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 6	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa	εY %
x	0,07383	20	100,00	1,477	244,40	8,60	-	-
s	0,002178	0,000	0,00	0,04356	44,13	0,22	-	-
ν	2,95	0,00	0,00	2,95	18,06	2,51	-	-

Série n = 6	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
x	17,92	638,98	16,64	644,23	638,98	644,23
s	3,40	55,78	3,11	53,18	55,78	53,18
ν	18,99	8,73	18,68	8,25	8,73	8,25

ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST ECH/06

Tableau de paramètres:

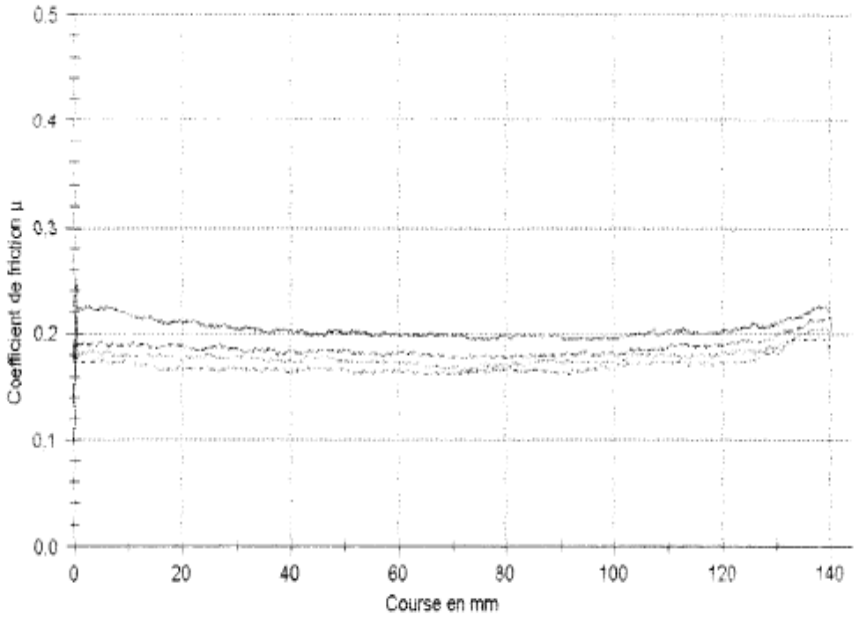
Légende	: ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST ECH/06
Nom de société	: SOFIPLAST le 16.06.2019
Client	: soexplast
Opérateur	: TECHNIQUE
Matériel	: FILM THERMORETRACTABLE
Norme	: ASTM D1894 DETERMINATION COEF FRICTION
Méthode d'essai	: echantillant 6
Couche de frottement	: Phase traite
Surface de frottement	: FILM pochette lait
Epaisseur de l'éprouvette	: DE 70 JUSQUA 80u

Résultats:

Nr	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
1	0,25	50,65	0,20	40,54	10,00	140,00
2	0,22	43,87	0,19	37,05	10,00	140,00
3	0,21	42,12	0,18	35,48	10,00	139,99
4	0,20	39,97	0,17	33,91	10,00	139,99

SOFIPLAST le 16.06.2019 16.06.2019

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 4	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
$\bar{x}$	0,22	44,15	0,18	36,74	10,00	140,00
s	0,02	4,62	0,01	2,84	0,00	0,00
v	10,45	10,45	7,73	7,73	0,00	0,00

<u>Annexe 20 :</u> Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 02

DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale

Tableau de paramètres:

Legende	: DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale
Nom de société	: SOFIPLAST LE 12/06/2019
Client	: SOEXPLAST MEDIA
Operateur	: DEPARTEMENT LABORATOIRE
Norme	: DIN EN ISO 527-1
Matériau	: (2)...(62%SABIC 118WJ +33.5% BASEL 2427F+4.5%colorant B Polytec PT 110470)
Production/Charge	: Technique
Traitement préparatoire	: film pochette lait
Conditions d'essai	: TEMPERATURE: 23 C°
Mâchoires	: 100mm
Machine d'essai	: traction/friction (Zwick)

Precharge : 0,5 N Vitesse d'essai : 50 mm/min
Vitesse module: 20 mm/min

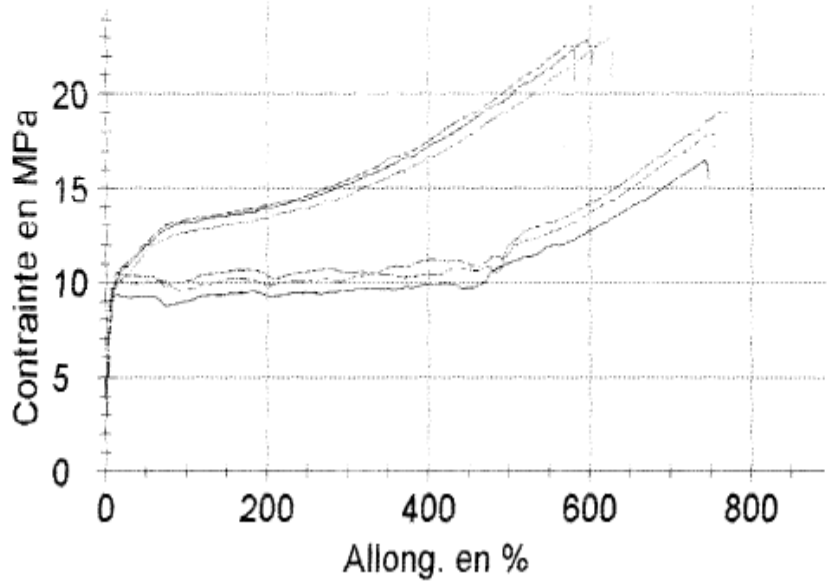
Résultats:

Légende	Nr	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa
———	1	0,06833	20	100,00	1,367	122,06	9,50	-
- - - - - - -	2	0,06667	20	100,00	1,333	269,54	9,71	-
.....	3	0,07	20	100,00	1,4	241,31	9,24	-
- - - - - - -	4	0,071	20	100,00	1,42	317,51	9,85	-
.....	5	0,068	20	100,00	1,36	308,52	10,20	-
———	6	0,071	20	100,00	1,42	287,50	9,06	-

Légende	Nr	εY %	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
———	1	-	22,82	597,28	21,41	602,11	597,28	602,11
- - - - - - -	2	-	22,71	576,36	20,54	580,83	576,36	580,83
.....	3	-	22,90	623,12	20,24	628,14	623,12	628,14
- - - - - - -	4	-	17,92	750,28	17,19	753,42	750,28	753,42
.....	5	-	19,13	766,49	18,83	768,39	766,49	768,39
———	6	-	16,42	741,61	15,41	746,88	741,61	746,88

SOFIPLAST LE 12/06/2019 12.06.2019

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 6	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa	εY %
x	0,06917	20	100,00	1,383	257,74	9,59	-	-
s	0,001773	0,000	0,00	0,03547	71,91	0,42	-	-
ν	2,56	0,00	0,00	2,56	27,90	4,34	-	-

Série n = 6	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
x	20,31	675,86	18,94	679,96	675,86	679,96
s	2,86	85,95	2,28	85,17	85,95	85,17
ν	14,09	12,72	12,02	12,53	12,72	12,53

Page 2/2

ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST
ECH/01

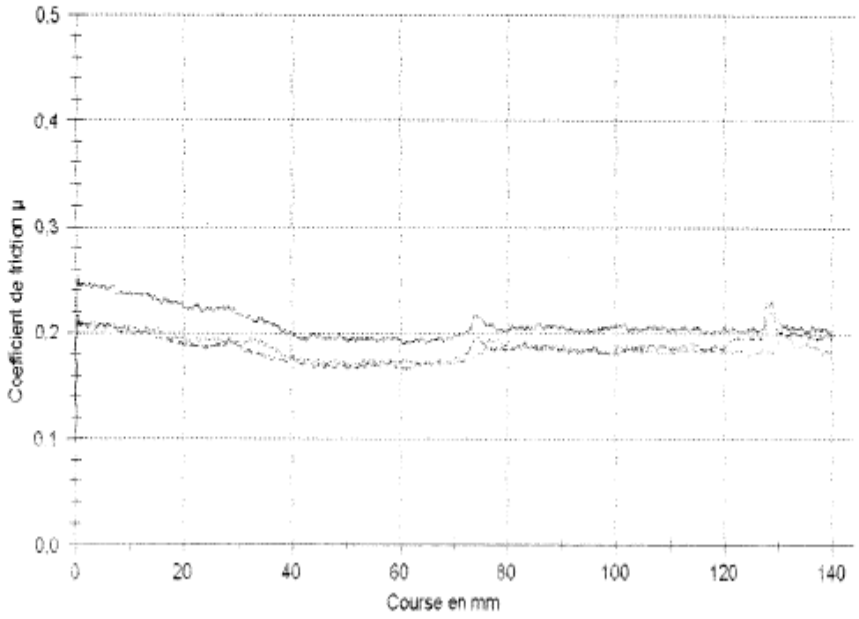
Tableau de paramètres:

Legende	: ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST ECH/01
Nom de société	: SOFIPLAST le 13.06.2019
Client	: soexplast
Opérateur	: TECHNIQUE
Matériel	: FILM THERMORETRACTABLE
Norme	: ASTM D1894 DETERMINATION COEF FRICTION
Méthode d'essai	: echantillant 2
Couche de frottement	: traité
Surface de frottement	: FILM pochette lait
Epaisseur de l'éprouvette	: DE 70 JUSQUA 80µ

Résultats:

Nr	μ_S	F_S g	μ_K	F_K g	Début de course mm	Fin de course mm
1	0,25	50,70	0,21	41,23	10,00	139,93
2	0,21	42,76	0,18	36,78	10,00	139,96
3	0,22	43,54	0,18	36,62	10,00	139,93

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 3	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
$\bar{x}$	0,23	45,67	0,19	38,21	10,00	139,94
s	0,02	4,38	0,01	2,61	0,00	0,01
v	9,58	9,58	6,84	6,84	0,00	0,01

Annexe 21 : Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 03

DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale

Tableau de paramètres:

Legende	: DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale
Nom de société	: SOFIPLAST LE 12/06/2019
Client	: SOEXPLAST MEDIA
Operateur	: DEPARTEMENT LABORATOIRE
Norme	: DIN EN ISO 527-1
Matériau	: (3)...(64%SABIC 118WJ +33.5%BASEL 2427F+2.5%colorant B Polytec PT 110470)
Production/Charge	: Technique
Traitement préparatoire	: film pochette lait
Conditions d'essai	: TEMPERATURE: 23 C
Mâchoires	: 100mm
Machine d'essai	: traction/friction (Zwick)

Précharge : 0.5 N Vitesse d'essai : 50 mm/min
Vitesse module : 20 mm/min

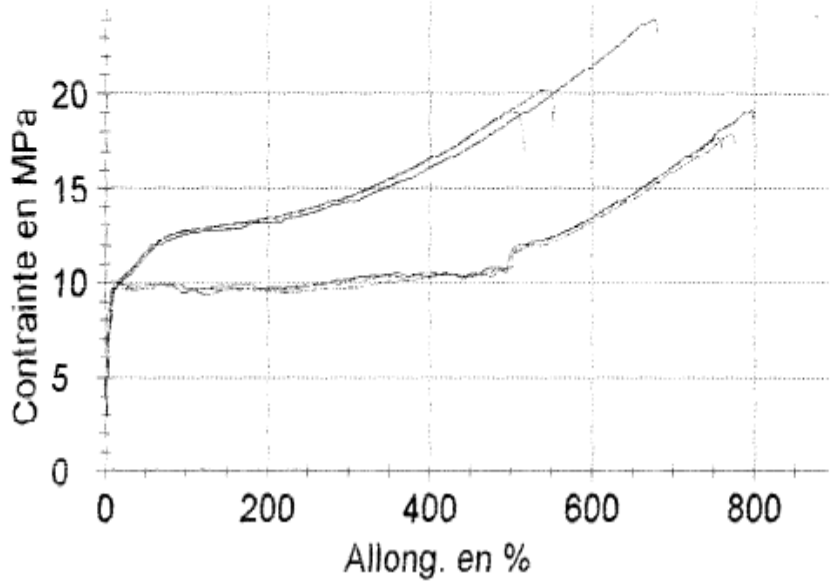
Résultats:

Légende	Nr	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa
———	1	0,071	20	100,00	1,42	158,22	8,99	-
– – – – –	2	0,07133	20	100,00	1,427	190,28	9,12	-
.....	3	0,06833	20	100,00	1,367	254,83	9,26	-
- - - - -	4	0,071	20	100,00	1,42	303,14	9,67	-
- - - - -	5	0,072	20	100,00	1,44	288,12	9,43	-
———	6	0,06933	20	100,00	1,387	321,50	9,73	-

Légende	Nr	εY %	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
———	1	-	23,95	674,41	23,27	680,42	674,41	680,42
– – – – –	2	-	20,27	543,13	18,24	552,94	543,13	552,94
.....	3	-	19,03	505,83	16,68	515,82	505,83	515,82
- - - - -	4	-	17,68	754,45	17,06	758,20	754,45	758,20
.....	5	-	17,83	771,60	17,34	774,67	771,60	774,67
.....	6	-	19,18	797,16	18,67	799,33	797,16	799,33

SOFIPLAST LE 12/06/2019 12.06.2019

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 6	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa	εY %
x	0,0705	20	100,00	1,41	252,68	9,37	-	-
s	0,001378	0,000	0,00	0,02757	65,36	0,30	-	-
ν	1,96	0,00	0,00	1,96	25,87	3,18	-	-

Série n = 6	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
x	19,66	674,43	18,54	680,23	674,43	680,23
s	2,31	123,75	2,43	120,35	123,75	120,35
ν	11,76	18,35	13,12	17,69	18,35	17,69

Page 2/2

ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST
ECH/03

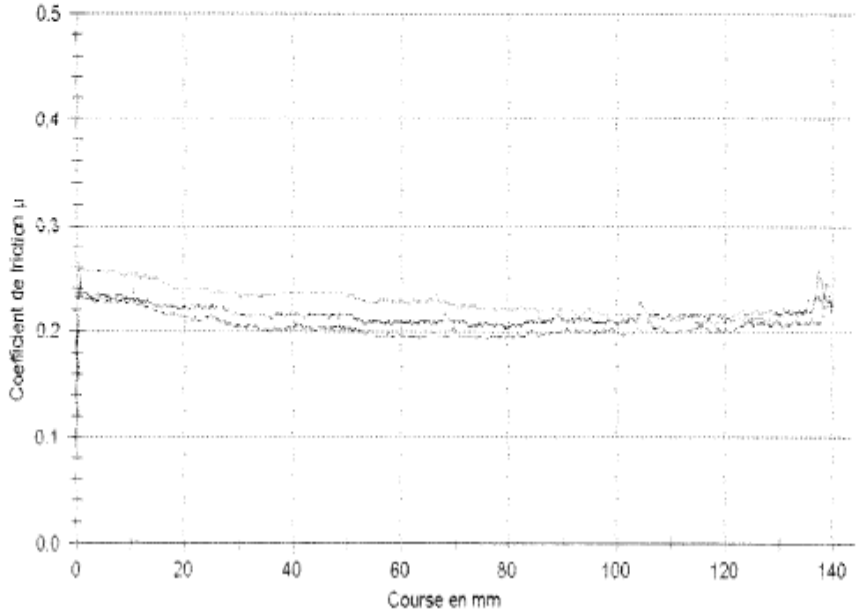
Tableau de paramètres:

Légende	: ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction - SOEXPLAST ECH/03
Nom de société	: SOFIPLAST le 16.06.2019
Client	: soexplast
Opérateur	: TECHNIQUE
Matériel	: FILM THERMORETRACTABLE
Norme	: ASTM D1894 DETERMINATION COEF FRICTION
Méthode d'essai	: echantillant 3
Couche de frottement	: Phase traité
Surface de frottement	: FILM pochette lait
Epaisseur de l'éprouvette	: DE 70 JUSQUA 80µ

Résultats:

Nr	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
2	0,25	50,44	0,21	42,87	10,00	139,93
3	0,24	48,05	0,20	40,66	10,00	139,98
4	0,27	53,44	0,23	45,01	10,00	140,00

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 3	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
x	0,25	50,64	0,21	42,85	10,00	139,97
s	0,01	2,70	0,01	2,18	0,00	0,04
v	5,33	5,33	5,08	5,08	0,00	0,03

Annexe 22 : Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 04

DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale

Tableau de paramètres:

Légende	: DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale
Nom de société	: SOFIPLAST LE 13/06/2019
Client	: SOEXPLAST MEDIA
Operateur	: DEPARTEMENT LABORATOIRE
Norme	: DIN EN ISO 527-1
Matériau	: (4)...(63%SABIC 118WJ +33.5%BASEL 2427F+3.5%colorant B polytec PT 110470)
Production/Charge	: Technique
Traitement préparatoire	: film pochette lait à base de butane
Conditions d'essai	: TEMPERATURE: 23 C°
Mâchoires	: 100mm
Machine d'essai	: traction/friction (Zwick)

Précharge : 0,5 N Vitesse d'essai : 50 mm/min
Vitesse module: 20 mm/min

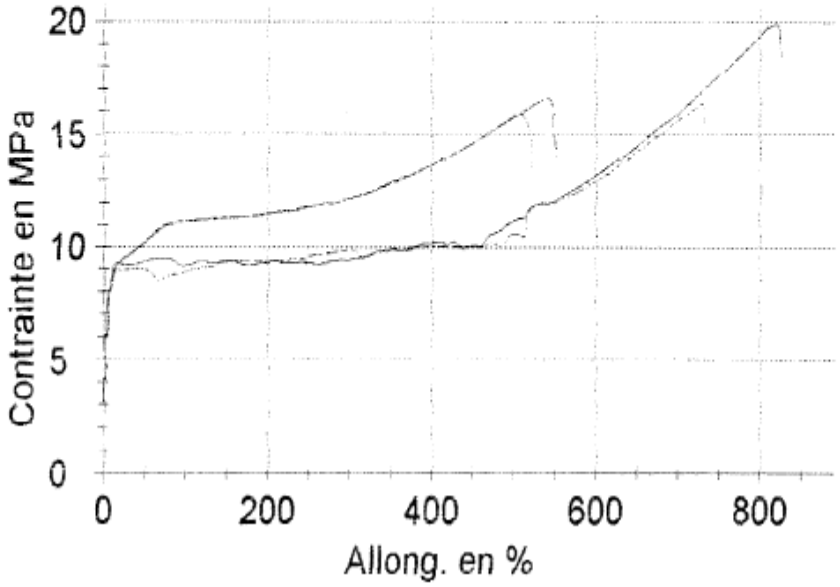
Résultats:

Légende	Nr	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa
———	1	0,06733	20	100,00	1,347	244,17	8,76	-
- - - - - - -	2	0,06933	20	100,00	1,387	197,87	8,30	-
.....	3	0,06667	20	100,00	1,333	225,14	8,36	-
- . - . - . -	5	0,071	20	100,00	1,42	265,42	8,64	-

Légende	Nr	εY %	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
———	1	-	19,90	819,64	18,35	824,28	819,64	824,28
- - - - - - -	2	-	16,55	539,62	13,99	549,67	539,62	549,67
.....	3	-	15,81	509,23	12,94	521,38	509,23	521,38
- . - . - . -	5	-	16,32	727,56	15,17	732,16	727,56	732,16

SOFIPLAST LE 12/06/2019 13.06.2019

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 4	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa	εY %
x	0,06858	20	100,00	1,372	233,15	8,51	-	-
s	0,00197	0,000	0,00	0,03939	28,70	0,22	-	-
ν	2,87	0,00	0,00	2,87	12,31	2,57	-	-

Série n = 4	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
x	17,14	649,01	15,11	656,87	649,01	656,87
s	1,86	149,21	2,34	145,53	149,21	145,53
ν	10,87	22,99	15,48	22,16	22,99	22,16

Page 2/2

ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction

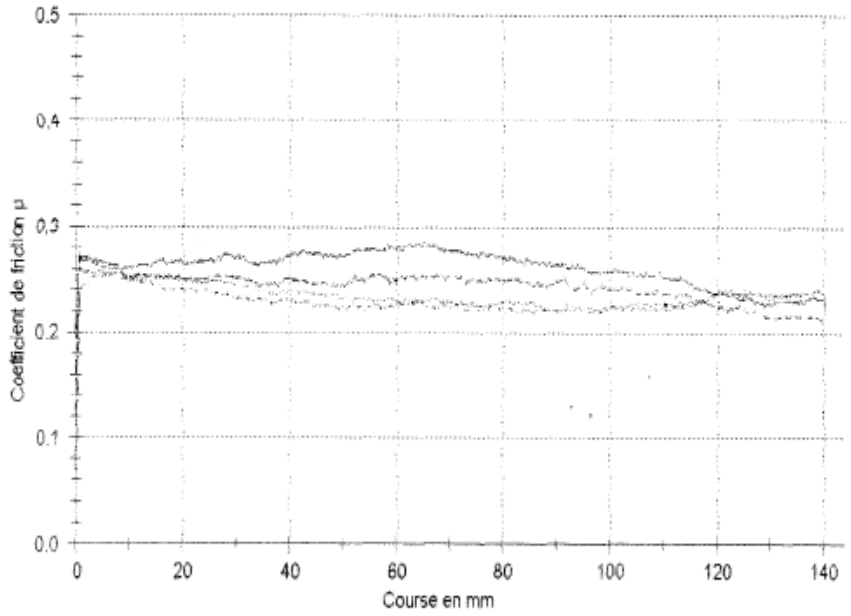
Tableau de paramètres:

Légende	: ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction ECH104
Nom de société	: SOFIPLAST 16.06.2019
Client	: FILM BLANC
Opérateur	: TECHNIQUE
Norme	: ASTM D1894 DETERMINATION COEF FRICTION
Méthode d'essai	: B
Couche de frottement	: PHASE TRAITE
Epaisseur de l'éprouvette	: DE 70 JUSQUA 75µ

Résultats:

Nr	µs	Fs g	µk	Fk g	Début de course mm	Fin de course mm
1	0,27	54,39	0,26	52,19	10,00	140,00
2	0,28	55,54	0,24	48,40	10,00	140,00
3	0,26	52,41	0,23	46,78	10,00	139,99
4	0,26	51,62	0,23	45,82	10,00	140,00

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 4	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
$\bar{x}$	0,27	53,49	0,24	48,30	10,00	140,00
s	0,01	1,80	0,01	2,81	0,00	0,01
v	3,36	3,36	5,81	5,81	0,00	0,00

Annexe 23 : Détermination des propriétés de traction et du coefficient de frottement de l'échantillon 05

DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale

Tableau de paramètres:

Légende	: DIN EN ISO 527-1 Détermination des propriétés de traction longitudinale et transversale
Nom de société	: SOFIPLAST LE 13/06/2019
Client	: SOEXPLAST MEDIA
Opérateur	: DEPARTEMENT LABORATOIRE
Norme	: DIN EN ISO 527-1
Matériau	: (5)...(50%SABIC 118WJ +50%BASEL 2427F)
Production/Charge	: Technique
Traitement préparatoire	: film pochette lait à base de butane
Conditions d'essai	: TEMPERATURE: 23 C°
Mâchoires	: 100mm
Machine d'essai	: traction/friction (Zwick)

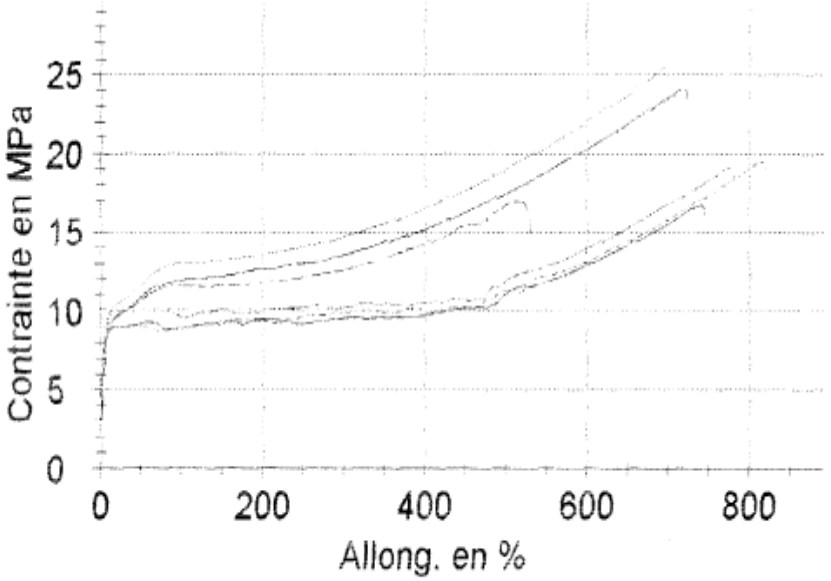
Précharge : 0.5 N Vitesse d'essai : 50 mm/min
Vitesse module : 20 mm/min

Résultats:

Légende	Nr	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa
———	1	0,07167	20	100,00	1,433	209,62	8,72	-
- - - - - -	2	0,06333	20	100,00	1,267	214,42	8,70	-
.....	3	0,07	20	100,00	1,4	149,76	9,35	-
·-·-·-·	5	0,07	20	100,00	1,4	257,78	8,61	-
·-·-·-·	6	0,07033	20	100,00	1,407	298,93	9,71	-
———	7	0,06967	20	100,00	1,393	261,53	8,67	-

Légende	Nr	εY %	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
———	1	-	24,08	718,08	23,40	722,18	718,08	722,18
- - - - - -	2	-	16,93	517,76	14,32	529,30	517,76	529,30
.....	3	-	25,32	694,88	24,14	696,42	694,88	696,42
·-·-·-·	5	-	19,50	816,00	18,80	818,89	816,00	818,89
·-·-·-·	6	-	19,10	775,81	18,41	780,05	775,81	780,05
———	7	-	16,68	741,50	16,03	745,08	741,50	745,08

Graphique de séries:



Statistiques:

Série n = 6	a0 mm	b0 mm	L0 mm	S0 mm²	Et MPa	σx MPa	σY MPa	εY %
x	0,06917	20	100,00	1,383	232,01	8,96	-	-
s	0,002942	0,000	0,00	0,05884	52,13	0,46	-	-
ν	4,25	0,00	0,00	4,25	22,47	5,11	-	-

Série n = 6	σM MPa	εM %	σB MPa	εB %	εtM %	εtB %
x	20,27	710,67	19,18	715,32	710,67	715,32
s	3,63	103,74	3,92	100,81	103,74	100,81
ν	17,93	14,60	20,41	14,09	14,60	14,09

ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction SOEXPLAST

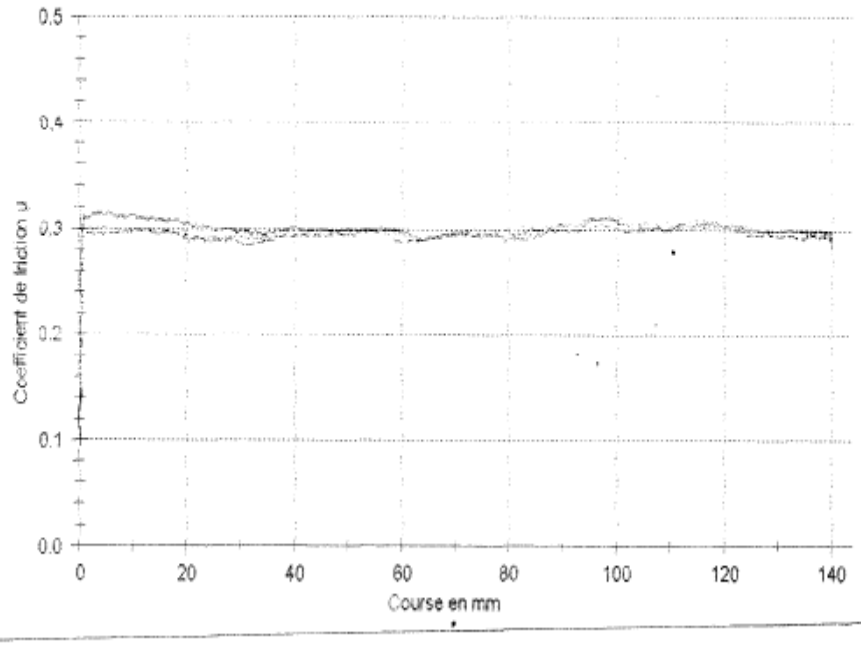
Tableau de paramètres:

Legende	: ASTM D 1894 Détermination du coeff. de frottement et de friction SOEXPLAST ECH105.
Nom de société	: SOFIPLAST 16.06.2018
Client	: SOEXPLAST
Opérateur	: TECHNIQUE
Matériel	: FILM BLANC
Norme	: ASTM D1894 DETERMINATION COEF FRICTION
Méthode d'essai	: B
Couche de frottement	: TRAITE
Surface de frottement	: FILM pochette lait
Epaisseur de l'éprouvette	: 70-75 µm
Direction	: Technique
Mâchoires	: 100mm

Résultats:

Nr	μ_S	F_S g	μ_K	F_K g	Début de course mm	Fin de course mm
2	0,32	63,19	0,30	59,88	10,00	140,00
3	0,30	59,61	0,30	59,06	10,00	140,00
4	0,31	61,02	0,30	59,81	10,00	139,99

Graphique de séries:



SOFIPLAST 16.06.2018 16.06.201

Statistiques:

Série n = 3	μ_s	F_s g	μ_k	F_k g	Début de course mm	Fin de course mm
$\bar{x}$	0,31	61,27	0,30	59,58	10,00	140,00
s	0,01	1,81	0,00	0,45	0,00	0,00
v	2,95	2,95	0,76	0,76	0,00	0,00

Page 9/9