

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DU 20 AOUT 1955 SKIKDA

Faculté de Technologie

Département : Pétrochimie



Mémoire

En vue de l'obtention de diplôme de

Master.

Filière: Industries Pétrochimiques

Spécialité:

Pétrochimie et procédés polymères

Thème:

**Etude du vieillissement naturel des mélanges de PEHD
(vierge et recyclé) contenant l'amidon et le grignon d'olive**

Réalisée par:

Bouricha Meriem Ahlem

Haffaf Mansouria

Encadré par:

Dr. Z. Djetoui

Année universitaire: 2022/2023

Résumé

Ce travail a pour objectif de préparer des biocomposite à base de 80 % de PEHD vierge et 20 % de PEHD recyclé contenant de faible quantité de deux charge bio à savoir l'amidon et le grignons d'olive sur un mélangeur interne. Des différentes analyses ont été effectuées tels que: spectroscopie FTIR, test de gonflement et test de vieillissement naturel. Les résultats obtenus montrent que la résistance à l'eau augmente légèrement avec l'augmentation de l'addition des quantités de ces deux charges bio et aucune variations notables sur la structure des composites n'a été observé.

Mots-clés: PEHD, Amidon, Grignon d'olive, Biocomposite, biodégradables.

Abstract

The aim of this work is to prepare biocomposites based on 80% virgin HDPE and 20% recycled HDPE containing small quantities of two organic fillers, namely starch and olive pomace on an internal mixer. Various analyses were carried out, including FTIR spectroscopy, a swelling test and a natural ageing test. The results show that water resistance increases slightly as the quantities of these two organic fillers are added, and no significant variations were observed in the structure of the composites.

Keywords: HDPE, Starch, Olive pomace, Biocomposite, biodegradable.

الملخص

الهدف من هذا العمل هو تحضير المركبات الحيوية على أساس 80% بولي إيثيلين عالي الكثافة و 20% بولي إيثيلين عالي الكثافة معاد تدويره يحتوي على كمية صغيرة من حشوتين حيويتين ، وهما النشا و ثفل الزيتون على خلاط داخلي. تم إجراء تحليلات مختلفة ، بما في ذلك التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء واختبار امتصاص الماء واختبار الشيخوخة الطبيعي. أظهرت النتائج أن مقاومة الماء تزداد بشكل طفيف مع إضافة كميات من هذين الحشو العضوي ، ولم يلاحظ أي اختلافات كبيرة في بنية المركبات.

الكلمات المفتاحية: بولي إيثيلين عالي الكثافة ، نشا ، ثفل الزيتون ، مركب حيوي ، قابل للتحلل

Remerciements :

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nos sincères gratitudee à Dr. Djatoui pour accepter de nous encadrer, et pour ses instructions incontestables, sa compréhension, sa patience, ses compétences, et finalement pour nous avoir diligentés tout au long de ce travail.

Nos remerciements les plus vifs à tous les enseignants de notre département et tous nos collègues de la promotion 2023

Les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nos derniers remerciements à ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de notre mémoire



Dédicace

Le plus grand merci revient à dieu qui lui seul nous a guidé dans le bon sens durant notre vie et qui nous a aidés à réaliser ce travail.

Toutes nos infinies gratitudee à notre encadreur,
Dr. Djabatou pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et les Conseils qu'elle nous a fournis.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour

L'aboutissement de ce travail et en particulier.

Ma chère mère, Mes frères, Ma cher sœur
Mes amies Chebel.R qui m'ont donné le courage et le soutien toujours

A toute la famille et à toutes les personnes dans ma vie.



Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale	1
I.1- Introduction	3
I.2-Types de plastiques	3
I.2.1-Les thermoplastiques	3
I.2.2-Les thermodurcissables	5
I.2.3-Les élastomères	5
I.3-Origine et répartition des plastiques	6
I.4-Les application et description des plastiques	6
I.5-Définition et types de déchet	8
I.6-Le processus de collecte et de tri	9
I.7-Le processus de recyclage des déchets	10
I.7.1- Définition de recyclage	10
I.7.2- Les types du procédé de recyclage	10
I.7.2.2- Le recyclage chimique	12
I.7.2.3- Le recyclage post-dissolution	12
I.7.3-Étapes du recyclage des déchets plastiques	12
I.7.3.1-Le broyage, lavage et séchage	12
I.7.3.2-La fonte et le filtrage	13
I.7.3.3-La granulation	14
I.8-Les limites de recyclage	14
I.9-Conclusion	14
II.1- Introduction	17
II.2- Le polyéthylène	17
II.2.1- Les différents types de polyéthylène	17
II.2.2-Obtention du PEHD	18
II.2.3- Propriétés du PEHD	18
II.2.3.1 Les propriétés mécaniques	18
II.2.3.2- Les propriétés chimiques	19
II.2.3.3- Propriétés rhéologiques	19
II.2.3.4- Propriétés thermiques	19
II.2.3.5- Propriétés électriques	19
II.2.4- Production	20

II.2.5-Principales applications du PEHD	20
II.2.5.1- Films	20
II.2.5.2- Les objets moulés	21
II.2.5.3- Extrusion-soufflage	21
II.2.5.4- Tuyaux	21
II.2.6- Avantages et inconvénients du PEHD	21
II.2.6.1- Avantages	21
II.2.6.2- Inconvénients	21
II.2.7- Le polyéthylène un choix durable	21
II.3- Classification des mélanges	22
II.3.1- Mélanges de polymères totalement incompatibles	22
II.3.2- Mélange de polymères miscibles	22
II.3.3-Mélange de polymères partiellement miscibles	23
II.3.4-Mélange de polymères compatibles	23
II.4-L'amidon	23
II.4.1- Structure granulaire de l'amidon	24
II.4.2- Utilisations industrielles de l'amidon	25
II.3- Les renforts	27
II.3.1- Fibres végétales	27
II.3.2- Le grignon d'olive	28
II.3.2.1- Les types des grignons d'olive	28
II.3.2.3-Les valorisations des grignons	29
III.1- Définition de vieillissement	32
III.2-Les types de vieillissement	32
III.2.1- Vieillissement physique	32
III.2.2- Le vieillissement chimique	32
III.2.3- Vieillissement hydrique	33
III.2.4- Vieillissement thermique des polymères	33
III.3- Le terme de dégradation	34
III.3.1- La dégradation des polymères	34
III.3.1.1-Dépolymérisation	34
III.3.2-Les types de dégradation	37
III.3.2.1-La dégradation thermique	37
III.3.2.2-La dégradation oxydante	38

Sommaire

III.3.2.3-La dégradation mécanique	38
III.4- Produits émis lors de la dégradation	38
III.5 -Risques liés aux produits de dégradation thermique	40
III.5.1- Inflammabilité	40
III.5.2- Asphyxie	40
III.5.3 -Toxicité	41

Chapitre I : LE RECYCLAGE DES DECHETS PLASTIQUES

Figure I.1: Schématisation d'un polymère ramifié.....	4
La figure I.2: Types de polymère.....	6
Figure I.3: Les différents procédés de recyclage des matières plastiques.....	11
Figure I.4: Photo du broyeur.....	13
Figures I.5: Lavage et séchage des paillettes en plastique.....	13

Chapitre II: LE PEHD, L'AMIDON ET LE GRIGNON D'OLIVE

Figure II.1: La matière première PEHD granulée.....	18
Figure II.2: Destination de production de polyéthylène à haute densité PEHD.....	20
Figure II.3: Schéma de la structure du grain d'amidon à différents niveaux d'organisation [22,23].....	24
Figure II.4: Les applications d'amidon natif dans différentes industries (1990).....	25
Figure II.5: Origines des fibres végétales.....	27
Figure II.6: Le traitement de l'olive et les déchets produits.....	28

Chapitre III : LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

Figure III.1: Formation de radicaux peroxy et de radicaux primaires lors de l'oxydation d'un polymère.....	33
Figure III.2: Réaction de dépolymérisation amorcée par coupure statistique	35

Chapitre I : LE RECYCLAGE DES DECHETS PLASTIQUES

Tableau I.1: Propriétés des thermoplastiques4

Tableau I.2: Applications et description des plastiques recyclés et vierges7

Chapitre II: LE PEHD, L'AMIDON ET LE GRIGNON D'OLIVE

Tableau II.1: Propriétés mécaniques des PEHD19

Tableau II.2: Caractéristique principales des amidons et féculés.....23

Tableau II.3: Composition chimique de divers amidons tropicaux25

Tableau II.4: Effet des blocs nutritionnels sur la croissance d'animaux (en pourcentage de variation pondérale)29

Tableau II.5: Composition des grignons de centrifugation et de pression.....30

Chapitre III : LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

Tableau III.1:Produits de dégradation thermique des composés thermoplastiques.....39

Tableau III.2: Symptômes provoqués par la seule diminution de la concentration atmosphérique en oxygène.....41

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

De nos jours, les plastiques sont présents dans la vie de chaque individu puisque nous les trouvons sous forme de biens de consommation, dans tous les domaines de notre vie quotidienne. Alors, il est nécessaire de collaborer les matrices polymère avec un ou plusieurs autres composants (fibres, renforts,..) pour avoir des matériaux améliorées à propriétés modifiées [1].

Ces mélanges peuvent être une solution utile pour les barrières de recyclage. Faisant partie de ces biomatériaux, les biocomposites ou les composites biodégradables se présentent comme une solution qui peut résoudre partiellement les problèmes de déchets plastiques, notamment par leur aptitude à la dégradation naturelle sous l'action des organismes vivants et leurs faibles taux d'émissions de gaz à effet de serre, ce qui leur donne un net avantage sur les composites traditionnels [2-4].

Les plastiques synthétiques ne sont pas depuis trop longtemps apparus, et sont évolués avec le développement de la chimie organique. Il y a 30 ou 40 différents types de plastiques qui sont industriellement plus utilisés, représentés par environ 25000 marques commerciales. Parmi ces derniers, le polyéthylène à haute densité (PEHD) a une grande importance, il est utilisé dans plusieurs domaines comme l'emballage, les revêtements de câbles et tuyauteries pour transport de gaz et de liquides: c'est l'un des polymères les moins chers avec une très simple structure chimique [5].

Vu son importance au niveau industriel et domestique, nous avons choisi le PEHD pour faire l'objet dans notre présente étude.

Cette étude est constituée de deux parties, une partie théorique sectionnée en trois chapitres:

- Le premier chapitre, consacré à une étude sur les généralités des polymères, les déchets et le processus de recyclage.
- Le deuxième chapitre est une étude bibliographique sur le PEHD, l'amidon et le grignon d'olive.
- Le troisième chapitre portera sur la dégradation et le vieillissement des polymères.

Et une partie expérimental sur laquelle on à représenter les matériaux utilisés, les modes opératoires suivis d'une étude des propriétés rhéologique, physiques et de biodégradabilité de ces composites à base de PEHD vierge et recyclé et on termine par la discussion des résultats.

Références

- [1]: A.E.G.Merdas, "Utilisation du Tissu de Fibre de Carbone (TFC) dans la Réparation et le Renforcement des Poutres en Béton armé, Thèse Doctorat, : Université Des Frères Mentouri Constantine, 2005,
- [2]: S.Y.Zainuddin, I.Ahmad, H.Kargarzadeh, I.Abdullah, A.Dufresne, "Potential of Using Multiscale Kenaf Fibers as Reinforcing Filler in Cassava Starch-kenaf Biocomposites Carbohydrate Polymers", Vol. 92, pp. 2299-2305, 2013,
- [3]: G.S.Cristina, A.L.Priscila, Campini, B.R.Daniel, S.R.Derval, "The Influence of Treated Eucalyptus Microfibers on the Properties of PLA Biocomposites", Composites Science and Technology, Vol. 179, pp. 54-62, 2019,
- [4]: L.Yongshang, W.Lihui, C.Xiaodong , " Morphological, Thermal and Mechanical Properties of Ramie Crystallites Reinforced Plasticized Starch Biocomposites", Carbohydrate Polymers, Vol. 63, pp. 198-204, 2006,
- [5]: S.Sadoun, "Contribution à l'Etude Expérimentale d'un Polyéthylène à Haute Densité (PEHD)Effet de la Température et de la Vitesse de Déformation", Mémoire de magister, Université de Badji Mokhtar Annaba, 2007.

CHAPITRE I:
LE RECYCLAGE DES
DECHETS PLASTIQUES

I.1- Introduction

L'augmentation de la consommation de plastiques s'accompagne d'une augmentation des déchets plastiques dans la nature. Cela soulève des problèmes liés à l'environnement: les plastiques usagés connaissent plusieurs destins: abandonnés dans la nature, mis en décharge, incinérés, et au mieux recyclés,... Actuellement, la recherche travaille également à la fabrication de nouveaux plastiques moins problématiques au niveau environnemental : « les bioplastiques ». Le recyclage, des déchets ménagers comme des déchets industriels, est une pratique de plus en plus intensive que les autorités publiques cherchent à encourager. Ce qui incite les entreprises à valoriser leurs déchets de production dans des voies de recyclage, c'est de diminuer les coûts (coûts d'élimination, coût d'achat de matières premières, prix de revente des matières) tout en développant une image verte et en prévenant les évolutions législatives, toujours plus exigeantes dans ce domaine [1].

I.2-Types de plastiques

I.2.1-Les thermoplastiques

Les polymères composés de chaînes macromoléculaires linéaires voir la **figure I.2** ou avec ramifications sont désignés sous le terme des thermoplastiques. Sous l'effet de la chaleur, ils se fondent et reprennent leur rigidité en se refroidissant. Ils se ramollissent, peuvent se déformer et être mis en forme tant que la température de décomposition n'est pas atteinte. Cette transformation est réversible et peut être réalisée de façon répétée: à nouveau chauffé, le polymère redevient malléable et peut être remis en forme. Ces matériaux sont caractérisés par la présence d'un bain de fusion lorsqu'ils sont chauffés au-dessus d'une certaine température appelée température de ramollissement (T_R). Les caractéristiques de cette famille de polymères tels que: le polyéthylène téréphtalate (PET), le polyéthylène à haute densité (PEHD) et à basse densité (PEBD), le polychlorure de vinyle (PVC), le polypropylène (PP) et le polystyrène (PS) sont présentées dans le **tableau I.1**[2-5].

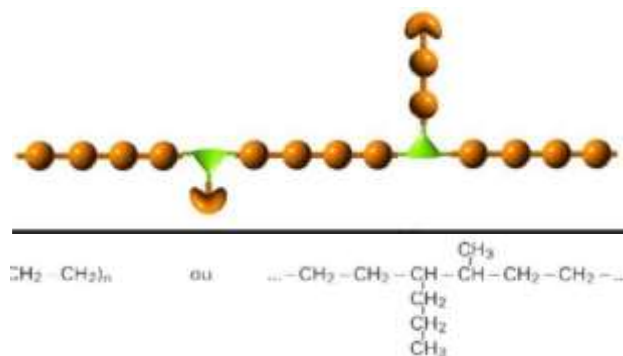


Figure I.1: Schématisation d'un polymère ramifié [6].

Tableau I.1: Propriétés des thermoplastiques [2-4].

Thermoplastes	PET	PEHD	PVC	PEBD	PP	PS
Densité	1.34-1.39	0.94-0.965	1.35-1.45	0.91-0.925	0.89-0.94	1.1
Température de transition vitreuse (°C)	70	-110	80	-110	-20	95
Température de fusion (°C)	245	130	250	115	160	200
Résistance au choc J/mm ²	40	100-120	50	100-120	70	20
Résistance à la rupture (traction) (daN/mm ²)	7.5	2.2-2.8	5	2.2-2.8	3.1	0.25
Résistance à la rupture par flexion (daN/mm ²)	12	2.7-4	8	2.7-4	4.5	0.67

I.2.2-Les thermodurcissables

Ce sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. A l'inverse des thermoplastiques, la mobilité thermique est réduite. Des matières plastiques qui sous l'action de la chaleur, se durcissent progressivement pour atteindre un état solide irréversible. Ces

matières ne peuvent être recyclées. Exemples: le polyuréthane (PUR), le silicone, les polyesters insaturés (UP) pour les coques de bateaux. Les thermodurcissables sont des polymères tridimensionnel dont les macromolécules vont dans les trois directions de l'espace la **figure I.2**, ils sont plus rigides que les thermoplastiques et résiste même au fluage ou déformation [7].

I.2.3-Les élastomères

Ce sont des macromolécules unies par des liaisons chimiques tridimensionnelles faiblement réticulées. Les élastomères présentent des propriétés de déformation exceptionnelles et réversibles lorsqu'ils sont utilisés entre leur température de transition vitreuse et leur température de décomposition. Ils s'étirent sous l'effet d'une action mécanique et reviennent à leur forme initiale lorsque l'action mécanique cesse. Les élastomères les plus utilisés sont:

- Les polybutadiènes et leurs copolymères avec le styrène et l'acrylonitrile,
- Les polyisobutènes et leurs copolymères avec des diènes appelés caoutchouc butyl,
- Les néoprènes ou les chloroprènes [8].

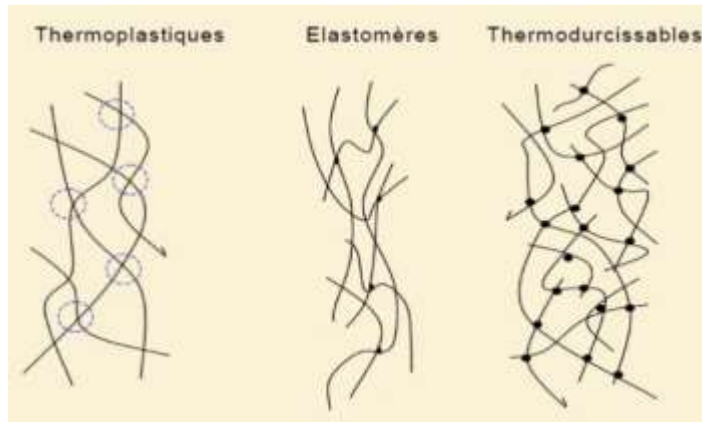


Figure I.2: Types de polymère [9].

I.3-Origine et répartition des plastiques

Les déchets de matières plastiques sont classés par catégories selon leurs secteurs d'applications:

- Déchets industriels,
- Déchets de distribution (transport, emballage),
- Déchets des consommateurs finaux [10].

I.4-Les application et description des plastiques

Tous les types de plastique utilisés dans la vie quotidienne finissent par devenir déchets et ne peuvent pas être entièrement recyclés immédiatement, et des tonnes de déchets de plastique ont besoin de grandes superficies de terre pour le stockage. La réutilisation et le recyclage des déchets contribuent à la réduction: de production d'énergie, de la pollution environnementale et de l'utilisation de ressources naturelles qui ne peuvent être reconstituées [11]. Les quantités des plastiques consommés dans le monde a connu une grande croissance dans l'emballage, les applications industrielles, les systèmes de livraison médicaux, les implants artificiels, les applications de soins sanitaires, préservation et distribution alimentaire, les bâtiments, la communication et l'industrie électronique, etc. Le **tableau I.2** détaille les utilisations des matières plastiques vierges et recyclés [12].

Tableau I.2: Applications et description des plastiques recyclés et vierges [13,14].

Nom du plastique	Elaboration	Applications du plastique recyclé	Applications du plastique vierge
PET: polytéréphtalate d'éthylène	Plastique transparent et dur, peut être utilisé pour fibres synthétique.	Bouteilles de boissons gazeuses, bouteilles de détergent, film transparent (emballage), fibre de tapis, etc.	Bouteilles pour boissons et eaux minérales, rembourage pour sacs de couchage et oreillers, fibres textiles.
UPVC: Polychlorure de vinyle Nonplastifié.	plastique dur (transparent, clair)	Bouteilles de détergent, raccords de tuyauterie et tuyaux.	Bouteilles de jus et tuyaux de plomberie, raccords.
PEHD: Polyéthylène à haute densité	Plastique très fréquent blanc ou couleur.	Bouteilles de détergent, bacs à compost, caisses, mobiles poubelles	Sacs de congélation ondulée, bouteilles de lait et de crème
PEBD: Polyéthylène à basse densité	Plastique mou et flexible.	film pour l'industrie du bâtiment, emballage et pépinières, et sacs	Sacs à ordures, poubelles, couvercles des pots de crème
PPVC: Poly chlorure de vinyle plastifié	Plastique flexible et transparent.	Revêtement de sol industriel et âme	Semelles de chaussures, tuyau d'arrosage, tubes et

		intérieure de tuyau	sacs de sang
PS: Polystyrène	plastique fragile et rigide, clair et vitreux.	Accessoires de bureau, cintres, bobines et règles et chevilles de vêtements, boîtes de cassette vidéo/CD	Couvercles en plastique, pots de yaourts etc.
PP: Polypropylène	plastique dur mais souple et de nombreuses utilisations.	Caisses aux bords des trottoirs de récupération pour le recyclage et bacs à compost.	Des sachets de pommes de terre croquantes, des pots de crème glacée, sacs de chips.
PSE: Polystyrène expansé	Léger, mousseux, isolation thermique et absorption d'énergie.	Non recyclé	Plateaux de viande et emballages, plats à emporter et gobelets de boissons chaudes
ABS: acrylonitrile Butadiène Styrene	Non rigide, opaque, brillant dur, faible propriétés de température.	Meubles tels que des chaises et des tables, Valises conteneurs.	Combinés téléphoniques, bagages rigides, pièces électroplaques, grilles de radiateur
PC: Polycarbonate	Transparence, forte, thermique stabilité, raide dur, dur et très rigide.	Stockage de données, y compris CD et DVD, et les matériaux de construction.	Automobile, vitrage, électronique, support optique et médical, éclairage.
HIPS: polystyrène (Impact élevé)	Dur, rigide, translucide, impact élevé force.	Présentoirs de comptoir et panneaux intérieurs.	Pots de yaourts, armoires de salle de bains, sièges de toilette et réservoirs.
PA: Polyamides (nylon)	Matériaux très résistants avec de bonnes résistances thermiques et chimiques.	Peignes à cheveux, vis de machine, joints, et autres composants de faible à moyenne contrainte.	Ligne de pêche, tapis, emballages alimentaires.
TPE: thermoplastique Élastomères	Flexible, transparent, élastique, résistant à l'usure et imperméable.	Éléments d'amortissement, surfaces de préhension, éléments de conception et	Semelles et talons pour chaussures de sport, têtes de marteau, joints d'étanchéité, joints et roues de planche à

		interrupteurs et surfaces rétro éclairés	roulettes.
--	--	--	------------

I.5-Définition et types de déchet

Généralement, plusieurs termes coexistent pour définir la notion de déchet, certains relèvent plus de la langue familière, d'autres de la langue administrative. Que l'on soit simple citoyen, éboueur, fonctionnaire ou expert en environnement, les mots utilisés pour désigner un déchet varient: déchet ménager, détritus, poubelle, matière résiduelle, ordures, résidus, rebutes, immondices, débris, ... etc.

Un déchet peut être défini de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état de ce déchet. La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 de journal officiel de la république algérienne N°77 (2001), définit le déchet comme: Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien ou meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a obligation de se défaire ou de l'éliminer. La diversité des produits de consommation excède maintenant la biodiversité [15].

L'Union Européenne en propose la définition suivante: « toute substance ou objet dont le titulaire se défait ou a l'intention ou est tenu de se défaire » [16].

L'article 541-1 du code de l'environnement définit le déchet comme: « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon » [17].

Un déchet est un objet en fin de vie ou une substance issue d'un processus, jugés devenus inutiles ou dangereux ou encombrants, et dont on veut se débarrasser. Ou plus simplement, un bien devenu inutile dont le propriétaire cherche à se défaire.

La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux définit les déchets comme les «substances ou objets qu'on élimine, qu'on a l'intention d'éliminer ou qu'on est tenu d'éliminer en vertu des dispositions du droit national [18].

Selon leur nature, on distingue deux grandes catégories de déchets: les déchets dangereux selon le risque qu'ils font courir à l'homme ou à l'environnement et les déchets non dangereux,

Selon leur origine ou leur producteur, on distingue: ménages, activités économiques et services publics [19].

I.6-Le processus de collecte et de tri

Les déchets plastiques produits doivent d'abord être collectés, triés avant d'être recyclés:

I.6.1-La collecte

La collecte est le procédé fondamental par lequel les matières recyclables sont détournées des dépotoirs et acheminées vers des établissements de transformation ou de manutention. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centre d'enfouissement technique, Les modes de collecte sont différents:

La collecte en apport volontaire,

La collecte sélective en porte-à-porte,

La collecte des encombrants [20].

I.6.2-Le tri

Quelle que soit l'origine du plastique collecté (bouteilles, tubes, châssis de fenêtres...), un traitement préalable de tri, nettoyage, purification, peut être nécessaire pour assurer une valorisation judicieuse.

Première étape: Les habitants déposent leurs bouteilles dans des poubelles adaptées, des camions spéciaux les emmènent dans des centres de tri,

Deuxième étape: Ils sont chargés dans un tapis roulant, on les secoue dans des cribles pour ôter les petits déchets,

Troisième étape: Les matériaux sont séparés mécaniquement ou manuellement, ils sont triés par catégories (bouteilles, flacons plastiques, couleur),

Quatrième étape: Ils sont compactés, pour les transporter plus facilement dans des usines de recyclage [21].

I.7-Le processus de recyclage des déchets

I.7.1- Définition de recyclage

Le recyclage peut être défini comme recouvrement ou réutilisation des matériaux ou articles. En d'autres mots toute méthode extraction de valeur en forme d'énergie ou matière à partir de déchets à n'importe quel moment du cycle de vie d'un produit peut être incluse dans la définition. C'est la valorisation des déchets [22].

I.7.2- Les types du procédé de recyclage

La **figure I.4** représente un organigramme récapitulant les diverses options d'exploitation et de gestion des déchets plastique:

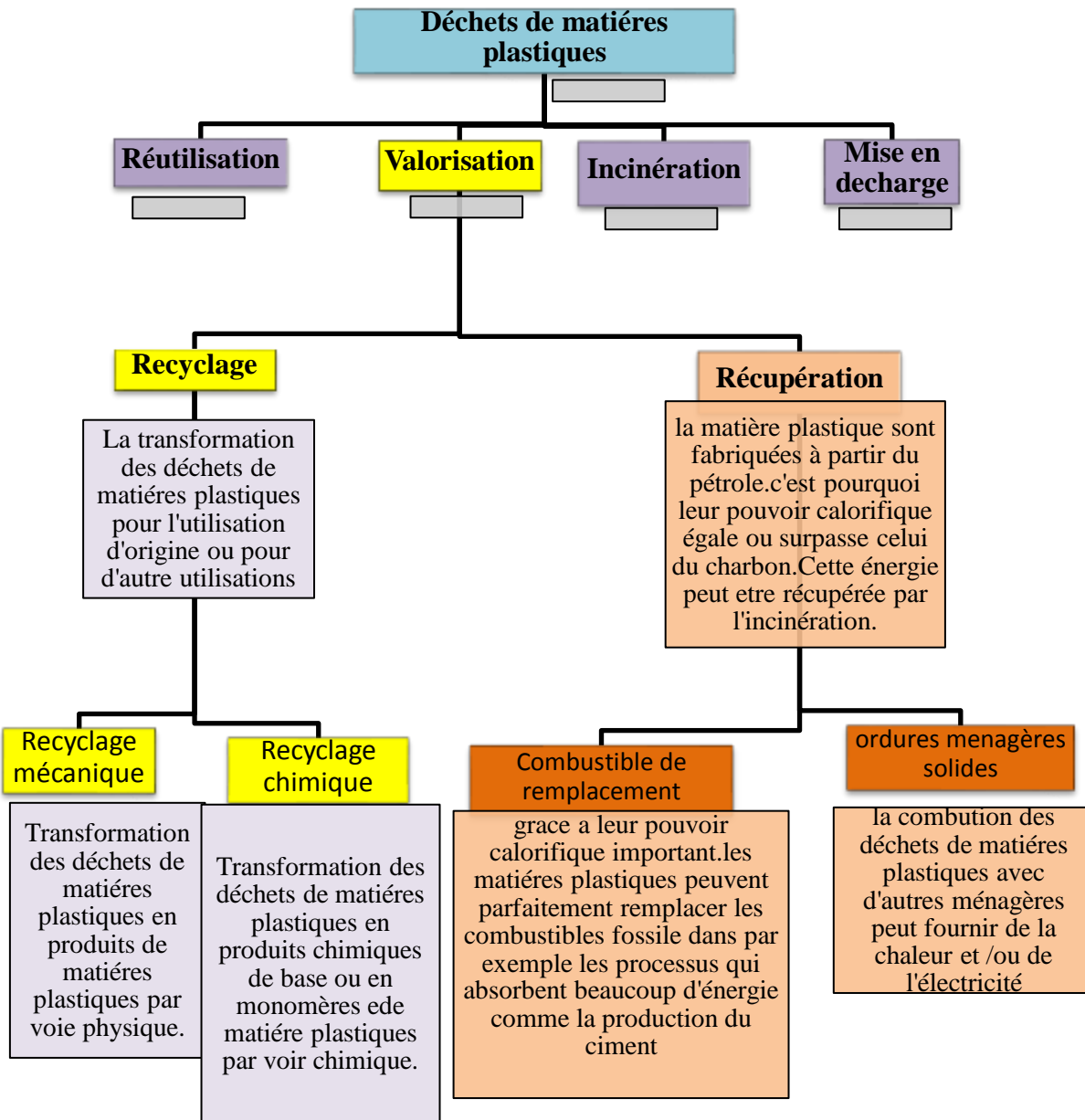


Figure I.3: Les différents procédés de recyclage des matières plastiques [23].

I.7.2.1-Le recyclage mécanique

Il s'agit de la fusion et de la transformation de déchets de matières plastiques en nouveaux produits. Le plastique utilisé est d'abord trié, nettoyé et lavé puis extrudé pour donner des granulés. Parfois, il ne faut pas extruder la matière, mais uniquement la lacérer ou la broyer. Les granulés servent de matière première secondaire pour la production de nouveaux produits plastiques. On parle alors de recyclage de la matière. Le recyclage mécanique n'est réalisable économiquement et écologiquement parlant que si des quantités suffisantes de déchets homogènes, séparés et triés sont présentes [24].

I.7.2.2- Le recyclage chimique

Les matières plastiques sont constituées de longues chaînes, elles-mêmes composées d'une succession de petites molécules, les monomères. Lors du recyclage chimique, ces longues chaînes sont scindées en petites chaînes comme des cires ou des huiles ou en monomères comme l'éthylène et le propène. Les matières premières sont alors de nouveau utilisées dans les raffineries comme produits de base pour de nouvelles matières plastiques ou produits chimiques. C'est pourquoi le terme de recyclage de matières premières est aussi employé [25].

I.7.2.3- Le recyclage post-dissolution

Ce type de recyclage touche aux plastiques ayant été contaminés par le contact avec des déchets d'une autre nature. C'est un recyclage qui intervient généralement après la dissolution du polymère principal au sein d'une sorte de fluide supercritique ou encore d'un genre de solvant organique. Le recyclage d'après dissolution ne saurait se faire effectif s'il n'y a pas eu séparation entre le polymère des matières non dissoutes secondaires et le solvant, élimination de tout solvant, précipitation du polymère puis séchage des différentes particules qui constituent le polymère [26].

Le recyclage mécanique est plus adapté, car il permet d'obtenir une matière homogène et propre. Ce recyclage transforme cette matière en produits finis ou semi-finis. Il ne se modifie pas la structure chimique des plastiques.

I.7.3-Etapes du recyclage des déchets plastiques

Nous allons examiner ces étapes chacune son tour:

I.7.3.1-Le broyage, lavage et séchage

Après la collecte et tri des déchets plastiques, ils sont broyés la **figure I.4** et transformés en paillettes. Puis ils sont lavés à chaud et séchés puisque toute humidité résiduelle peut affecter la qualité du produit fini [27].



Figure I.4: Photo du broyeur [28].



Figures I.5: Lavage et séchage des paillettes en plastique [28].

I.7.3.2-La fonte et le filtrage

Les paillettes séchées sont passés dans une extrudeuse où la chaleur et la pression font fondre le plastique. Le plastique fondu subit un filtrage serré. Cette étape permet d'enlever tout contaminant qui aurait résisté au cycle de lavage.

I.7.3.3-La granulation

Les pailles sont refroidies puis coupées en granules. Les granules obtenues serviront de matière première pour de nouveaux produits, ils sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi [27].

I.8-Les limites de recyclage

Il existe plusieurs limites, on les illustre comme suit:

-La première limite est politique: Il est souvent utilisé pour la communication d'entreprises qui vendent des produits ayant une durée de vie limitée. Ils produisent des déchets, mais l'entreprise communique sur le fait qu'ils sont recyclables, et sous couvert d'écologie, les distribuent à grande échelle. Le recyclage sert d'alibi et de masquer la seule volonté de produire plus, sans pour autant accorder l'importance et le budget nécessaire à la réduction des déchets.

-Le recyclage coûte cher: il entraîne d'ailleurs plusieurs types de coûts, parmi lesquels des coûts de transports et de traitements en générale assez élevés [29].

-Le coût de la main-d'œuvre: la collecte et le tri et le traitement des déchets nécessitent en général beaucoup de personnel. Si le coût de la main-d'œuvre est élevé, les déchets recyclés seront moins compétitifs en termes de prix sur le marché [28].

-Le processus de recyclage consommation d'énergie: les procédés de broyage, lavage, séchage, extrusion et granulation nécessitent une grande consommation d'énergie. Donc, une charge importante pour l'entreprise.

I.9-Conclusion

Le plastique, né il y a une cinquantaine d'années, est considéré comme le matériau du troisième millénaire. Il peut être polluant s'il n'est pas traité. Donc c'est à nous, citoyens, de le recycler afin de préserver la stabilité de notre environnement. Le plastique est notre avenir car nous l'utilisons en permanence. Toutes les nouvelles technologies, les domaines de l'innovation, la recherche de nouveaux objets, utilisent les matières plastiques. Les plastiques sont financièrement à la portée de tous, car fabriqués industriellement. De plus nous pouvons le trouver partout. Mais nous polluons la planète si nous ne recyclons pas les matières plastiques et que nous les jetons dans la nature.

Le recyclage des déchets en général et des déchets plastiques en particulier représente un secteur presque vierge en Algérie. La collecte, le tri, et la valorisation sont trois tronçons qui se succèdent mais qui peuvent être dissociées, ce qui offre des opportunités d'investissement promoteurs pour les jeunes algériens qui désirent se lancer dans ce domaine [28,29].

- [1]: L.Bedrane, "Déchets Plastique dans le Cadre de Développement Durable", Mémoire master, Université Mouloud Mammeri, 2016,
- [2]: M.Bidon, "Transformation des Plastiques", Aide-mémoire, DUNOD: Paris, 2010,
- [3]: V.Chaffraix, "Ouverts Etude de l'Extrusion du Polyéthylène Téréphtalate et de ses Non-Compatibilités avec le Polyéthylène Haute Densité", Ecole des mines, Paris, 2002,
- [4]: M.Melas, "Etat de l'Art Concernant les Grandes Procèdes de Mise en œuvre des Matières Plastiques Issues de Processus de Régénération de Déchets. Efficacité Economique des Filières de Recyclage des Plastiques", Rapport final, CEREMAP, 2013,
- [5]: S.Sadoun, "Contribution à l'Etude Expérimentale d'un Polyéthylène à Haute densité (PEHD) Effet de la Température et de la Vitesse de Déformation", Mémoire de magister, Université de Badji Mokhtar Annaba, 2007,
- [6]: B.Gasmi, "Influence du Vieillissement Naturel et Artificiel sur les Propriétés Mécaniques du polyamide PA 6-6", Mémoire de fin étude, Université du 8 mai 1945 Guelma, 2020,
- [7]: D.Alain, M.Carayol, "Usinage des Matières Plastiques des Matériaux Composites et des Etats Elastomères", Ed, CETM, Dessarthe, 1996,
- [8]: F.A.Ramaolahy, "Etude Propriété Mécanique d'un Matériaux Polymer (cas bouteille emballages produits star)", Mémoire licence, Université d'Antananarivo, Madagascar, 2018,
- [9]: A.E.M.Slaim, H.M.E.A.Arabiche, "Etude du Comportement Mécanique et Détermination des Paramètres Limites des Tubes en PVC", Mémoire Master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 2019,
- [10]: P.Gautron, "Valorisation et Recyclage des Déchets", ENP, Algérie 2001,
- [11]: R.Sharma, P.P.Bansal, " Use of Different Forms of Waste Plastic in Concrete", J.Cleaner. Prod. 112 473–482, 2016,
- [12]: M.T.Gouasmi, "Effet d'Agrégats Légers a Base de Poly Téréphtalate d'Ethylène Sur les Propriétés des Mortiers", Université d'Oran1 Ahmed Ben Bella, 2013,

- [13]: R.Siddique, J.Khatib, I.Kaur, "Use of Recycled Plastic in Concrete: A review", Waste Management, Vol. 28, pp. 1835–1852, 2008,
- [14]: British Plastic Federation, Polymer Thermoplastics, <https://www.bpf.co.uk>,
- [15]: S.Laameche, D.Mimouni, "Création d'une Entreprise de Tri et de Recyclage de Plastique et d'Aluminium", Mémoire master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2016,
- [16]: Y. Pesqueux; Développement des Systèmes d'Organisation ", Mémoire doctorat, Université de Paris 1, 2016,
- [17]: Code de l'Environnement, partie législative, article L541-1; France, 2007,
- [18]: S.Bensmail, " la Problématique de la Gestion des Déchets Solide à Travers les Modes de Traitement des Déchets Ménagers et Hospitaliers : Cas de la Commune de Bejaia ", Mémoire magistère, Université Abderrahmane mira Bejaia, 2010,
- [19]: I.Kadour, M.Douah, " Etude de la Pollution de la Cote de 'el Ouardania' par les Déchet de plastique", Mémoire de Master, Université Aboubakr Belkaid Tlamcen, 2020,
- [20]: C.Desachy, " Les Déchets Sensibilisation à une Gestion Ecologique ", 2^{ème} édition, TEC et DOC, 2001,
- [21]: M.Hestin, "Analyse des Contraintes Juridiques et Techniques pour un Marquage des Produits Portant sur les Recommandations de Tri ", (WWW.ademe.fr), 2013,
- [22]: N.Cherfa," Résistance a l'Impact d'un Polypropylène Recyclé", Mémoire master, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 2007,
- [23]:A.Tahmi, S.Mahdi, "Etude de la Récupération et de la Valorisation de quelques déchets plastiques destinés à l'Emballage", Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 2020,
- [24]: C.Germine," plastique - déchets et recyclage", 2019, Disponible sur: <https://www.charlesgermain.fr/blogs/news/plastique-dechets-et-recyclage>, consulté le: 20/05/2023
- [25]: Guide de l'Emballage Alimentaire," Conseil de Transformation Agroalimentaire et des Produits de Consommation , « Informer, Guider et Préparer les Industriels dans leur Décisions d'Emballage », Canada, 2017,

[26]: MENS, une vision incisive et éducative sur l'environnement, approche didactique et scientifique, dossier sur l'environnement « mens sana in terra sana », " le Recyclage des Plastiques, Premier Attaché à l'Office Wallon des Déchets", en France, 201er trimestre 2001,

[27]: Gaburault , "Etude de Valorisation des Déchets Plastiques de Déchèterie", 2013,

[28]: H.Djaffal, Y.C.Youghourfa, "Le Recyclage des Plastique dans le Cadre du Développement Durable cas des Entreprise de Recyclage de la Wilaya de Tizi-Ouzou", Mémoire de master, Université Mouloud hammri , Tizi ousou , 2016,

[29]: T.Tietenberg et L.Lewis, "Economie de l'Environnement et de Développement Durable", 6^{ème} édition, 2013.

**CHAPITRE II: LE PEHD,
L'AMIDON ET
LE GRIGNON D'OLIVE**

II.1- Introduction

Les polyoléfines sont des matériaux résultant de la polymérisation d'oléfines c'est-à-dire de monomères hydrocarbonés [1].

Les polyoléfines semblent a priori un polymère destiné à produire des sacs poubelles. Ces polymères ont toutefois un gros avantage: leur prix. Mais, outre cette caractéristique bassement matérielle, ils sont très employés en raison de leurs propriétés liées à leur structure, elle-même liée à la nature chimique de la macromolécule [2].

Les principales polyoléfines industrielles sont : Les polyéthylènes (PE); les polypropylènes (PP) et les polyisobutylènes (P-IB) [1].

Le polyéthylène (PE) permet quant-à-lui de faire des fibres remarquables, justement par absence de CH_3 latéral du PP. En effet, dans le PE, les macromolécules parallèles vont être très proches les unes des autres, d'où des interactions supérieures en moyenne à ce qu'elles sont dans le PP [2].

II.2- Le polyéthylène

Le polyéthylène est un matériau thermoplastique obtenu par polymérisation de l'éthylène menant à des macromolécules composées de la répétition d'un motif monomère (C_2H_4) [3]. Le PE est un solide incolore, inodore, d'aspect cireux de famille des polyoléfines. Il fond vers 120-140°C. Il devient cassant vers -25°C . Il n'est généralement pas plastifié [4]. Le Polyéthylène à Haute Densité (PEHD) est un polymère linéaire ne comportant aucune ramification courte et une fraction de branches longues très faible. Ce polymère, est obtenu à basse pression. En revanche, pour le Polyéthylène à Basse Densité (PEBD) obtenu par polymérisation sous haute pression, les ramifications ont des tailles très dispersées [3].

II.2.1- Les différents types de polyéthylène

Les polyéthylènes sont classés en fonction de leur densité qui dépend du nombre et de la longueur des ramifications présentes sur les chaînes moléculaires.

Il existe différents types de polyéthylène où les plus communs sont:

- PE-BD, polyéthylène basse densité (en anglais LDPE, low-density polyethylene),
- PE-MD, polyéthylène à moyenne densité (en anglais MDPE, medium density polyethylene),
- PE-HD, polyéthylène haute densité (en anglais HDPE, high-density polyethylene) [4].

II.2.2-Obtention du PEHD

Pendant les années 1950, de nouvelles techniques ont été développées pour la production de polyéthylène avec différents catalyseurs et conditions d'opération tel que des productions à basse pression, les systèmes développés furent:

- a) Le procédé Standard Oil (procédé Zletz), basé sur l'emploi d'un catalyseur à l'oxyde de molybdène, maintenant il est abandonné,
- b) Le procédé de Phillips utilise un catalyseur d'oxyde de chrome sur alumine de silice,
- c) Le procédé Ziegler qui emploie un catalyseur de métal alkylo aluminium. Le polyéthylène produit par les procédés précédemment cités, s'identifie comme polyéthylène linéaire ou polyéthylène à haute densité (PEHD). Comme son nom l'indique, le polyéthylène est essentiellement linéaire dans sa structure [5].

La forme de la matière première PEHD est représentée sur la **figure II.1**:



Figure II.1: La matière première polyéthylène haute densité granulés [6].

II.2.3- Propriétés du PEHD

II.2.3.1 Les propriétés mécaniques

A la température de 23°C, les polyéthylènes à haute densité sont au-dessus de leur température de transition vitreuse ($T_g = -100\text{ °C}$), leur phase amorphe est caoutchoutique, et ceci est sensible au niveau des propriétés mécaniques. La nature paraffine du polyéthylène à haute densité, en fait un matériau avec de bonnes propriétés de frottement (surtout sous forme injectée), les facteurs de frottement dynamique pour une vitesse donnée sont indépendants de la pression de surface varie de 0.15 à 0.25, pression admissible $\leq 10\text{N/mm}^2$, vitesse $\leq 2\text{m/s}$. Le **tableau II.1**, ci dessous représente quelques propriétés mécaniques du PEHD:

Tableau II.1: Propriétés mécaniques des PEHD [7].

Propriété	Unité	PEHD
Contrainte au seuil d'écoulement	MPa	25-30
Résistance à la rupture	MPa	30-35
Allongement à la rupture	%	500-1100
Module d'élasticité	MPa	800-1100

II.2.3.2- Les propriétés chimiques

Les PEHD possèdent une grande stabilité chimique, à des températures inférieures à 60 °C, ils sont pratiquement insolubles, ils ne sont attaqués ni par les acides (sauf oxydants), ni par les bases, ni par les solutions de sel. Ils sont insolubles dans l'eau, mais ils sont sensibles à l'état naturel à l'action des ultraviolets en présence d'oxygène (air), pour cela, ils sont chargés de poudres de carbone, 2 et 3 % ou de stabilisants contre les rayonnement ultra violet. Ils sont sensibles au feu et à la fissuration sous contrainte en présence de savon, alcool...etc. [7].

II.2.3.3- Propriétés rhéologiques

Le PEHD à l'état fondu présente un comportement viscoélastique non linéaire, cela signifie que sa viscosité diminue avec l'augmentation du cisaillement. Lors de l'extrusion, le polyéthylène est soumis à un gradient de vitesse de cisaillement, du cylindre de l'extrudeuse à la filière. Il est donc important de connaître la courbe de viscosité-vitesse de cisaillement sur l'étendue de la plage de cisaillement. La mesure de l'indice de fluidité à chaud (IF) permet d'estimer la viscosité à une vitesse de cisaillement donnée.

II.2.3.4- Propriétés thermiques

Le point de fusion du PEHD se situe entre 120 et 136°C. La conductivité thermique et le coefficient de dilatation thermique linéaire sont fonction du taux de cristallinité, ils sont plus élevés pour les homopolymères que les copolymères.

II.2.3.5- Propriétés électriques

Le PE présente d'excellentes propriétés d'isolation électrique quelles que soient sa masse moléculaire et sa cristallinité. Sa faible permittivité relative et son faible facteur de dissipation diélectrique font de lui un matériau de choix en isolation électrique [8].

II.2.4- Production

En Algérie, c'est la société POLYMED (Société Méditerranéenne des Polymères), située dans la zone industrielle SONATRACH de la wilaya de Skikda, qui produit le PEHD suivant le procédé PHILIPS, d'une densité comprise entre 0,94 et 0,965 . Sa production est de 130.000 Tonne/ An, d'où 54 % est exportée (**figure II.2**) [5].



Figure II.2: Destination de production de polyéthylène à haute densité polyéthylène a haute densité [5].

II.2.5-Principales applications du PEHD

Le polyéthylène à haute densité (PEHD) est utilisé dans les secteurs où la rigidité est recherchée, comme l'emballage de substitution du papier, certaines propriétés sont intéressantes, d'autres sont nettement inférieures à celles du polyéthylène à basse densité.

II.2.5.1- Films

Films thermo rétractables: On fige à la sortie de l'étirage, les macromolécules à un état déformé, un réchauffement pourra leur permettre de reprendre leur état stable conduisant à une rétraction (diminution des dimensions) et d'épouser ainsi parfaitement l'objet emprisonné (emballage, conditionnement....etc.) [9].

Films étirés: On utilise le film dans le domaine des allongements de 5 à 20 % pour maintenir des charges en palette de manutention [9].

II.2.5.2- Les objets moulés

Dans le domaine des objets moulés, le polyéthylène à haute densité se développe dans le secteur industriel: manutention, seaux, bouchonnage, et dans les applications techniques telles que les mobiliers urbains. On peut obtenir de grands récipients de forme complexe à partir de poudre [10].

II.2.5.3- Extrusion-soufflage

Le domaine d'extrusion-soufflage est réservé principalement au polyéthylène à haute densité, les secteurs sont l'embouteillage rigide: bouteilles, flacons, bidons de lait, récipients pour lessive et les grands récipients

II.2.5.4-. Tuyaux

Le polyéthylène à haute densité (PEHD) est employé pour la réalisation de tuyauteries de gaz et aussi étiré pour les tuyaux sous pression, eau chaude, chauffage par le sol. L'indice de fluidité à chaud doit être ≤ 2 . La fabrication de tube de diamètre ≤ 6 mm ne nécessite pas de calibration, mais pour les tubes jusqu'à un diamètre égale à 110 mm on utilise un conformateur à vide, et pour les diamètres plus importants en calibre par surpression à l'intérieur de l'extrudât [10].

II.2.6- Avantages et inconvénients du PEHD

II.2.6.1- Avantages

- Haute résistance chimique,
- Sans assouplissement et sans halogène,
- Haute résistance à l'usure,
- Moindre densité comparé au pvc plus léger,
- Résistant aux intempéries,
- Résistant au microorganisme, aux racines et aux rongeurs,
- Haute flexibilité,
- Neutralité physiologique.

II.2.6.2- Inconvénients

- Sensibilité aux UV en présence d'oxygène,
- Sensibilité à la fissure sous contrainte,
- Mauvaise tenue à la chaleur [11].

II.2.7- Le polyéthylène un choix durable

Le PEHD est utilisé depuis plus de 35ans à grande échelle pour la réalisation des réseaux hydrauliques de toutes sortes et sa fiabilité exceptionnelle n'est plus à démontrer. Le PEHD possède donc des caractéristiques mécaniques supérieures et permet de fabriquer des tubes de pression nominale plus élevée (jusqu'à 25 bar) avec épaisseurs réduites. La contribution du PE à l'amélioration du rendement des réseaux est importante et durable:

- Homogénéité des tubes et raccord offrant la garantie d'une absence de corrosion par le terrain,
- Flexibilité lui permettant d'accepter sans dommage les éventuels mouvements du terrain,
- Raccordement par soudage permet d'éliminer le maximum de joints enterrés tout en renforçant mécaniquement la canalisation [12],
- Résistance durable à la pression et aux surpressions alliées à une durée de vie importante: 16 à 50 bar à 20°C et avec un coefficient de sécurité à l'éclatant supérieur à 3,
- Performance hydraulique durable: encrassement insignifiant, pertes de charges réduites et haute résistance à l'abrasion [13].

II.3- Classification des mélanges

Plusieurs types de mélanges de polymères existent :

- Les systèmes homogènes obtenus à partir de polymère miscibles,
- Les systèmes hétérogènes obtenus à partir de polymères non miscibles,
- Les systèmes obtenus par mélange de polymères partiellement miscibles.

Ils peuvent consister en deux phases continues ou en une phase continue et une phase dispersée dans la première [14].

Du point de vue miscibilité et compatibilité, il est possible de diviser les mélanges de polymères en quatre groupes :

II.3.1- Mélanges de polymères totalement incompatibles

L'incompatibilité des composants est due soit à la masse molaire relative très élevée, soit à la structure chimique complètement différente, comme dans le cas du mélange PVC/PE [15].

II.3.2- Mélange de polymères miscibles

C'est un mélange de composants mutuellement solubles à toute proportion, capables de former une seule phase dans une gamme bien déterminée de température, de pression et de composition [16].

II.3.3-Mélange de polymères partiellement miscibles

Se sont les mélanges dont la miscibilité mutuelle est conditionnée de certains rapports. On peut citer comme exemple le mélange de polystyrène avec le polycarbonate [17].

II.3.4-Mélange de polymères compatibles

C'est un groupe de mélanges de polymères mutuellement non miscibles mais compatibles de telle sorte qu'un malaxage convenable permet de former des structures dont la taille des domaines de phases miscibles est inférieure aux domaines de phases des polymères incompatibles. Les propriétés mécaniques, surtout la résistance aux chocs, sont améliorées grâce aux forces d'adhésion inter faciales [18].

II.4-L'amidon

L'amidon est un homopolyoside de formule chimique $(C_6H_{10}O_5)_n$, composé de deux fractions principales : l'amylose et l'amylopectine. L'amidon natif correspond au produit brut, extrait sans modification de la molécule. Il est synthétisé à partir du D-glucose, sucre simple produit pendant la photosynthèse des plantes [19]. L'amidon est toujours d'origine végétale. Sur les plantes, il peut se concentrer à différents endroits : dans les racines, les bulbes ou les tubercules comme dans le cas de la pomme de terre et le manioc ; dans les graines comme dans le cas du maïs, du blé, du riz, etc. ; et dans la moelle de la tige : chez le sagoutier et le zamier [20]. D'une manière générale, ce glucide est l'une des principales sources d'énergie de l'alimentation humaine et animale, mais c'est aussi un élément de structure, de texture ou de consistance de beaucoup de préparations culinaires.

Tableau II.2: Caractéristique principales des amidons et féculés [21].

Origine	Forme du grain d'amidon	Diamètre (µm)	Humidité à 66% et 20°C	Amylose (%)	Amylopectine (%)
Blé	Lenticulaire, rond	2_38	13	24-26	76-74
Maïs	Angulaire, polyédrique	5_25	13	24-28	76-72
Maïs cireux	Angulaire, polyédrique	5_25	13	<1	>99
Amylomaïs	Sphérique, déformé	4_22	13	70	30
Riz	Polyédrique	3_8	13	17	73
Pois	Réniforme	5_10	13	35	65
Pomme de terre	Ellipsoïdale	15_100	18	23	77

II.4.1- Structure granulaire de l'amidon

Les granules d'amidon sont des particules blanches semi-cristallines, insolubles dans l'eau à température ambiante et dont la taille varie entre 2 et 100 µm. La taille et la forme des granules sont spécifiques de chaque espèce végétale. De façon très simplifiée, l'organisation du grain d'amidon résulte de l'agencement de l'amylose et de l'amylopectine en zones amorphes et cristallines disposées de manière concentrique à partir du hile. La cristallinité des amidons serait due essentiellement aux chaînes en doubles hélices de l'amylopectine; la cohésion des zones cristallines est assurée par des liaisons hydrogène intermoléculaires [22,23]

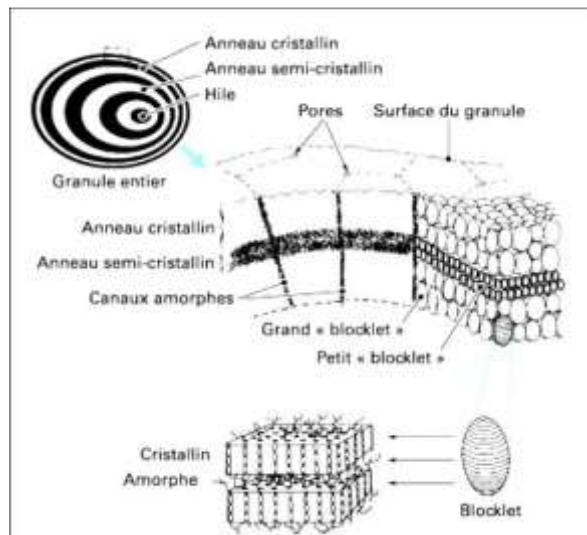


Figure II.3: Schéma de la structure du grain d'amidon à différents niveaux d'organisation [22,23].

II.4.2- Utilisations industrielles de l'amidon

Les amidons jouent un rôle important en technologie alimentaire du fait de leurs propriétés physicochimiques et fonctionnelles. En effet, 60% de la production mondiale en amidon sont utilisés en alimentation humaine et 40% dans le domaine pharmaceutique et les utilisations non alimentaires [24]. Hormis leurs utilisations comme aliments énergétiques, les amidons du maïs sont utilisés comme épaississants, gélifiants, stabilisants, liants et agents de rétention d'eau [25]. Ils peuvent également être employés comme composites des polymères utilisés comme emballages biodégradables [26].

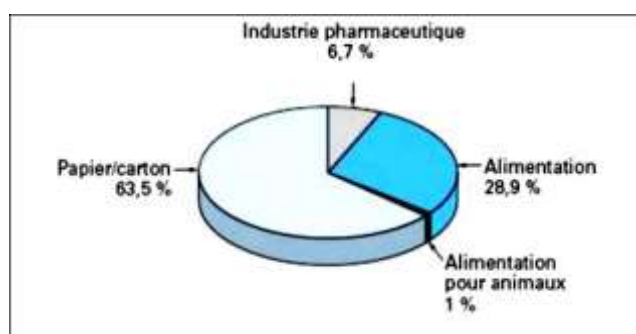


Figure II.4: Les applications d'amidon natif dans différents industries (1990) [3].

L'amidon issu des céréales est utilisé pour produire des édulcorants. L'amidon de pomme de terre possède un poids moléculaire élevé par rapport aux autres amidons, ce qui lui confère la particularité de développer une plus haute consistance dans les mélanges.

Les amidons de tapioca (manioc), de pomme de terre et de maïs cireux gonflent bien, donnent une viscosité élevée et ne rétrogradent que peu, même à froid. Ils sont utilisés dans certains condiments et sauces, et comme agents épaississants temporaires pendant les opérations de remplissage, afin de maintenir divers ingrédients ou particules en suspension homogène. Lorsqu'aucun amidon naturel ne répond aux critères fonctionnels recherchés, on peut lui faire subir des modifications [23,27-29].

Tableau II.3:Composition chimique de divers amidons tropicaux[30].

Résultat exprimés en g pour 100g d'amidon extrait (matière sèche)					
Origine de l'amidon	Amidon	Matières minérales	protéines	liquides	Insoluble formique
MANIOC					
Manihot esculenta					
Rouge	98.3	0.01	0.21	0.57	0.14
Blanc	99.4	0.01	0.24	0.22	0.12
PATATES DOUCES					
Ipomea batatas	98.7	0.08	0.51	0.26	0.07
Jaune ex america	98.8	0.10	0.54	0.60	0.13
Blanc ex Menjo	98	0.10	0.48	0.06	0.18
Rouge ex					

Nkolbisson					
MACABOS Xanthosoma sagittifolium	98.5	0.11	1.11	0.08	0.52
Rouge	98.1	0.08	0.57	0.14	0.41
Blanc					
TAROS Colocasia antiquorum	97.4	0.18	1.08	0.18	0.28
Blanc gros	94.3	0.31	2.42	0.28	1.37
tubercules	97.7	0.30	2.09	0.25	0.54
Rouge ex Nkambe					
Petite taille ex Bafou					
CAROTTE LOCALE Coleus esculentus	97.9	0.11	0.97	-	-
HARICOT IGNAME Pachyrrhizus crosus	98.8	0.10	0.28	-	0.16
ARBRE A PAIN Artocarpus communis	97	0.19	0.46	0.14	0.71
Apyrena (pulpe)	93.3	0.35	0.63	0.34	0.46
Seminifera (graines)					
JACQUIER Artocarpus-integra (graines)	97.7	0.01	0.26	-	0.16

II.3- Les renforts

Le renfort représente la phase discontinue d'un matériau composite, il contribue à améliorer la résistance mécanique de ce dernier et peut se présenter sous forme de particules ou de fibres. On peut citer par exemple: les fibres de verre, de carbone, ainsi que les fibres

végétales (lin, coton, farine de bois, jute, chanvre, grignon d'olive... etc.) [31-33]. Dans cette présente étude, nous nous intéressons aux renforts végétaux.

II.3.1- Fibres végétales

Les fibres naturelles sont des structures biologiques principalement composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. Dans une proportion beaucoup plus faible elles contiennent aussi des extractibles, des protéines et certains composés inorganiques. Il existe différentes classifications de ces fibres. Les fibres dures forment un groupe à part entière qui représente 90 % de la production mondiale. Ce sont ces fibres dures ou rigides qui sont utilisées lors de la fabrication des composites bois-plastique (WPC) et les fibres naturelles peuvent être mélangées à 30% à 80% du polymère [34,35]. Le schéma de l'origine des fibres végétales s'affiche dans la **figure II.5**.

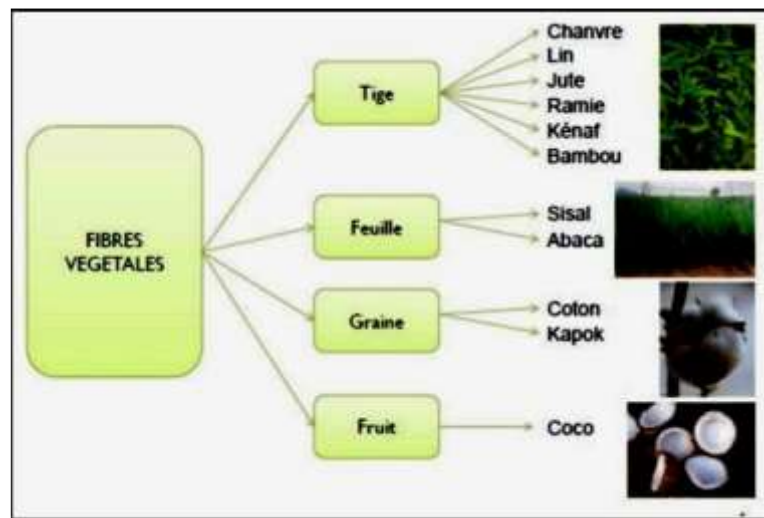


Figure II.5: Origines des fibres végétales [36].

II.3.2- Le grignon d'olive

Les grignons sont des résidus solides issus de la première pression ou centrifugation et ils sont formés des pulpes et noyaux d'olives. Ils peuvent être transformés en un produit destiné à l'alimentation animale ou en huile dite de grignons d'olive après extraction chimique [37].

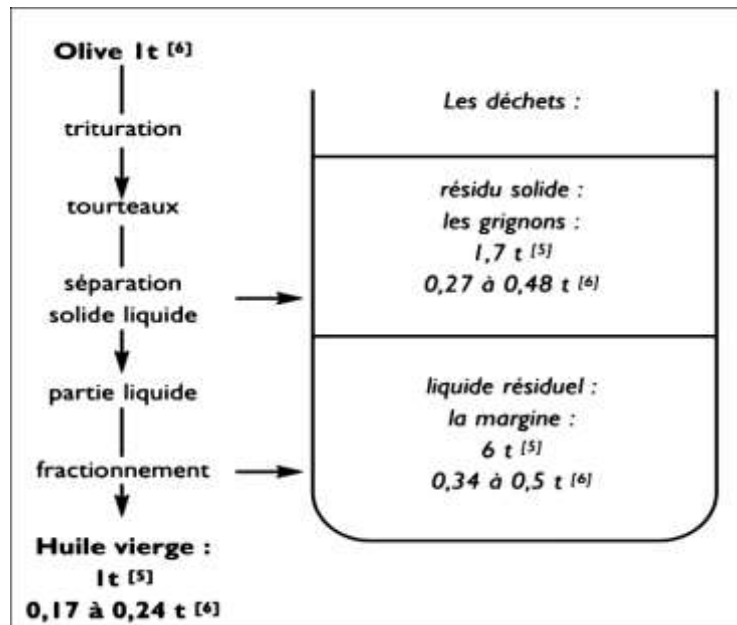


Figure II.6: Le traitement de l'olive et les déchets produits [38].

II.3.2.1- Les types des grignons d'olive

Il est possible de distinguer trois types de grignons :

- Le grignon brut: C'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière, ses teneurs relativement élevées en eau (24 %) et en huile (9 %) favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.
- Le grignon épuisé: C'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane. Il diffère, essentiellement, par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'il ait été déshydraté au cours du processus de l'extraction.
- Le grignon partiellement dénoyauté: Résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation, il est dit «gras» si son huile n'est pas extraite par solvant il est dit dégraissé ou épuisé si son huile est extraite par solvant [37].

II.3.2.2- Les valorisations des grignons

La description des voies de valorisations possibles mais non retenues est complétée par une réflexion sur le procédé :

II.3.2.2.1- Utilisation dans l'alimentation animale

Pour compléter l'alimentation des ovins dans la période sèche où la paille est le fourrage de base, une étude a été menée sur l'utilisation des grignons dans la confection de

blocs nutritionnels complémentaires à la paille en Algérie. Trois blocs nutritionnels ont été comparés. Le premier bloc qui est le bloc de référence contient 61,25 % d'orge. Dans le deuxième qui est celui des grignons, l'orge est remplacée par 16,85 % de grignons et 35,17 % de mélasse de canne à sucre. Dans le troisième bloc qui est celui des fientes, les grignons sont remplacés par des fientes. Sur des brebis taries d'un poids moyen de 49 kg et des agneaux en croissance d'un poids moyen de 22 kg, les gains en poids relatifs des animaux nourris par les trois types de blocs sont donnés dans le **tableau II.4**.

Tableau II.4: Effet des blocs nutritionnels sur la croissance d'animaux (en pourcentage de variation pondérale) [38].

Animaux	Bloc à l'orge (%)	Bloc aux grignons (%)	Bloc aux fientes (%)
Brebis	+0.4	-1.7	+1.2
Agneaux	+44	+37	+46

La valeur nutritionnelle supérieure du bloc aux fientes est expliquée par la disponibilité de l'azote dans ce bloc.

La faible valeur nutritionnelle du bloc aux grignons est expliquée par la faible digestibilité de sa matière organique dont la cellulose brute, d'une part, et par la présence de tanin et de lignine, d'autre part.

II.3.2.2-Utilisation en tant que combustible

Le grignon brut a un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de l'ordre de 700 kJ/kg et est utilisé comme combustible par deux savonneries à Sfax en Tunisie qui le brûlent dans des fours à grille. Mais cette incinération qui nécessite un fort débit d'air s'accompagne d'un rejet de poussières très important. Afin de limiter ce rejet, les auteurs ont d'abord cherché à améliorer le combustible en ne retenant que la coque parce que son PCI (près de 1000 kJ/kg) est trois fois supérieur à celui de la pulpe, son taux d'imbrûlés (4 %) est deux fois inférieur et que sa cinétique de séchage est plus rapide. Néanmoins, les calculs montrent que l'incinération de la coque nécessite de maintenir un fort débit d'air qui entraîne autant de poussières. Ils préconisent d'utiliser des foyers-cyclones.

II.3.2.3-Utilisation dans le tannage des peaux

Pour mémoire, l'ancien procédé de tannage des peaux utilisait un mélange de grignons et de fientes de pigeons parce que les grignons ont des teneurs en tanins et composés phénoliques importantes. Il est encore en service dans quelques petites tanneries à vocation touristique.

II.3.2.2.4-Le compostage

Des études sur le compostage de grignon épuisé ont été effectuées à Sfax. Le grignon épuisé est la partie solide restant après extraction à l'hexane de l'huile contenue dans le grignon brut (0,1 tonne d'huile peut être extraite de 1,1 tonne de grignon brut). La teneur en matière grasse du grignon épuisé est inférieure à 2 %. Ces études ont été menées parce qu'il manque du fumier dans des zones du centre et sud tunisien. La composition du grignon épuisé séché est donnée dans le **tableau II.5 [38]**.

Tableau II.5: Composition des grignons de centrifugation et de pression [38].

Grignon humide	Grignon de centrifugation	Grignon de pression
Humidité (%)	40 à 50	20 à 30
Concentration en huile (%)	2 à 3	4 à 6
Pourcentage de résidu sec (%)	47 à 58	64 à 76

[1]: C.Vincent, "Etude de L'extrusion du Polyéthylène Téréphtalate et de Ses Mélanges Non Compatibilisés avec le Polyéthylène Haute Densité", Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines Paris, 2002,

[2]: V.Pierre, D.Florence, Ecole nationale supérieure d'ingénieurs Sud Alsace (ENSISA), l'actualité chimique n° 348349, 2011,

[3]: R.Arieby, "Caractéristique Mécanique et Modélisation Thermodynamique du Comportement Anisotrope du PEHD", Thèse doctorat, Nancy. 2007,

- [4]: Z.Sakhri, "Connaissance de Polyéthylène ", Documentation technique de la société ELF ATCHEM, 1995,
- [5]: S.Sadoun, Dr.N.Zeghib,"Contribution à L'étude Expérimentale d'un PEHD - effet de la température et de la vitesse de déformation», Mémoire Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, 2007,
- [6]: M.Frontanille, Y.Gnanou, "Chimie et Physico Chimie des Polymères", 2eme et 3eme cycle école d'ingénieur, Dunod: Paris, 2002,
- [7]: G.W.Ehrenstein, F.Montagne," Matériaux Polymères: Structure, Propriétés et Application", Hermès Science publication, 2000,
- [8]: M.Bouterfa, "Etude de la Détermination du Paramètre d'Interaction Entre Deux Polymères par Voie Mécanique "Effet du Compatibilisant Sur Ce Paramètre", Mémoire magister, Université Ferhat Abbas-Setif, 2011,
- [9]: R.Arieby, "Caractéristique Mécanique et Modélisation Thermodynamique du Comportement Anisotrope du PEHD ", TH/DOC: Nancy, 2007,
- [10]: B.Yosef, "Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials",ASTM E8, Norme ISO 6892 : Matériaux métalliques – Essai de traction, U.S.A , Mémoire master, Université Msila, 2021,
- [11]:B, Aghiles, H.A.Belkacem, "Caracterisation de la Géomembrane PEHD: Application à L'étanchéité d'un Bassin d'une Station d'Epuration des Eaux Usées", Mémoire master, Université Mouloud Mammeri-Tizi Ouzou, 2017,
- [12]: S.J.K. Ritchie, P. Davis, P.S.Leevers," Brittle-Tough Transition of Rapid Crack Propagation in Polyethylene, Polymer", Vol: 39, pp. 6657 – 6663, 1998,
- [13]: H.H. Kausch, R Gensler, C. Grein, C.J.G. Plummer, P. Scaramuzzino, "Crazing in Semicrystalline Thermoplastics", Journal de macromolecules science, partie B-Physiques, pp. 803-81, 1999,
- [14]: D. R. Paul et J. W. Barlow, " Polymer blends or alloys ", International plastiques Exposition Conférence, Chicago, 1979,
- [15]: O. Olabisi, L. M. Robeson et M. T. Shaw, " Polymer-Polymer miscibility ", Academique Presse , New York, 1979,
- [16]:W. J. Work, K. Horie, al., "Definition of Terms related to Polymer Blends Composites and Multiphase Polymeric Materials ", Pure Appl. chem., Vol. 76, pp: 1985-2007, 2004,
- [17]: C. Z. Chaui, K. Almadal, I. Johannsen, « Miscibility Evolution of Polycarbonate/ Polystyrene Blends During Compounding», Poly. Eng. Sci. Vol. 42, pp. 961-968, 2002,
- [18]: J. E. McGrath, L. M. Robenson , M. Matzner, " Recent Advanced in Polymer Blends, Block and Grafts», Plenum Press: New York, 1975,
- [19]: R.Oggier, "Etude de Conception d'une Unité d'Extraction d'Amidon d'Igname", Science de l'ingénieur, Orientation technologie alimentaire, Gembloux, 2007,

[20]: Wurzburg, O. B., "Modified Starches: Properties and Uses", 4, CRC Press, Florida, U.S.A, 1986,

[21]: A. Dospinescu, M. Rosu, "Synthèse et Etude d'Amidons Modifiés Pour le Développement de Procédés d'Oxydation du Benzo[a]pyrène: Un Modèle de Polluant Organique Persistant", Thèse doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 2011,

[22]: D. J. Gallant, B. Bouchet, P. M. Baldwin, "Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate polymers", Vol. 32, pp. 177–191, 1997,

[23]: M. Al Haddad, "Contribution Théorique et Modélisation des Phénomènes Instantanés dans les Opérations d'Autovaporisation et de Déshydratation", thèse doctorat, Université Rochelle France, 2007,

[24]: L. Copeland, J. Blazek, H. Salman, M. C. Tang, "Form and Functionality of Starch", Food Hydrocolloids, Vol. 23, pp. 1527-1534, 2009,

[25]: N. Singh, J. Singh, L. Kaur, N. Sodhi, Gill, B.S. "Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources", Food Chemistry, Vol. 81, pp. 219-231, 2003,

[26]: K.P. Malumba, "Influence de la Lempérature Lors du Séchage sur Les Propriétés Technofonctionnelles du Maïs", Thèse de Doctorat, Université des Sciences agronomiques Gembloux, 2008,

[27]: J.C. Cheftel et H. Cheftel, "Introduction à la Biochimie et à la Technologie des Aliments", Vol 1, Technique et Documentation-Lavoisier., 130-141, 1992, 1977,

[28]: M. Frénot et E. Vierling, "Biochimie des Aliments, Diététique du sujet bien portant, doinéditeurs", 57-65, Cndp. 2ème édition, 2001,

[29]: E. Vierling, "Aliments et boissons-Technologies et Aspects Réglementaire, Doin Editeurs", BS et T: Paris, 1998,

[30]: F. Delpeuch, J.C. Favier, R. Charbonniere, " Etude de Quelques Propriétés Physico-Chimiques de l'Amidon de Diverses Plantes Alimentaires du Cameroun", Onarest Scientific Papers, Vol 2, , 1979,

[31]: S. Huguet, "Application de Classificateurs aux Données d'Emission Acoustique : Identification de la Signature Acoustique des Mécanismes d'Endommagement dans les Composites à Matrice Polymère ", Thèse Doctorat, Institut national des sciences appliquées-Lyon, 2002,

[32]: M. Hernandez A Vila, " Etude de Mélanges Tertiaires Epoxyde/PMMA/Montmorillonite: Elaboration, Contrôle de la Morphologie et des Propriétés ", Thèse Doctorat, Ecole doctorale matériaux-Lyon, 2007,

[33]: M. Pracella, D. Chionna, I. Anguillesi, Z. Kulinski, E. Piorkowska, "Fictionalization, Compatibilization and Properties of Polypropylene Composites With Hemp Fibers", Composites Science and Technology, Vol. pp. 66, 2218–2230, 2006,

[34]: D.Sedan, "Etude des Interactions Physico-Chimiques aux Interfaces Fibres de Chanvre/Ciment: Influence sur les Propriétés Mécaniques du Composite", Thèse de doctorat, Université de Limoges, 2007,

[35]: F.Michaud, "Rhéologie de Panneaux Composites Bois/Thermoplastiques Sous Chargement Thermomécanique: Aptitude au Postformage", Thèse doctorat, Université Laval Québec-Canada et université Bordeaux-France, 2003,

[36]: P.Bono, "Fibres Végétales dans les Matériaux: Quelles Ressources Disponibles, Quelles Performances, Pour Quelles Applications ? ", Fibres Recherche Développement –Troyes-France, 2012,

[37]: R.Rezgui, D.Rezgui, "Influence des Fibres Naturelles sur les Propriétés Mécaniques et Dynamiques des Composites à Base de PVC (cas DPLF-noix d'olives)", Mémoire master, Université Mohamed Khider-Biskra, 2018,

[38]: A.Sebban, A.Bahloul, M.Saadoune, A.Ait Kassi, M.Berrada, J.-L.Pineau, S.Kitane "Schema de Valorisation des Grignons d'Olives Produits par les Maasras Marocaines", , École nationale de l'industrie minérale, Rabat,Maroc, 2021.

CHAPITRE
III: .DEGRADATION ET
VIEILLISSEMENT
DES POLYMERES

Chapitre III LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

III.1- Définition de vieillissement

Le terme de vieillissement définit l'ensemble des processus chimiques et physiques irréversibles se produisant, au cours du temps, dans un matériau. Pour des conditions extérieures comme la température, les agents chimiques, les radiations UV ...).

Le polymère subit ces contraintes, au cours de la mise en forme et à l'usage [1].

III.2-Les types de vieillissement

III.2.1- Vieillissement physique

Le vieillissement physique est généralement réversible. Il est reproductible sur le même échantillon. Ce vieillissement du polymère conduit à l'altération des propriétés du matériau, mais il n'y a pas de modification chimique du matériau. Le vieillissement physique peut causer la modification de la conformation du réseau macromoléculaire, le changement de volume, le changement des propriétés mécaniques etc...

Le vieillissement physique est un phénomène qui ne touche que la partie amorphe du matériau. L'origine de ce vieillissement est qu'à une température supérieure à la température de transition vitreuse (T_g), le polymère amorphe a une grande mobilité moléculaire, son volume libre et son enthalpie varient avec la température. Quand on refroidit le polymère de la T_g à une température T_a ($T_a < T_g$), cette situation entraîne l'instabilité du système du polymère, les molécules restent figées et le volume ne change pas. Si on maintient la température T_a , le polymère cherche à revenir dans un état plus stable. On observe donc une diminution du volume avec le temps.

Le vieillissement physique peut être caractérisé par le transfert de masse, par la relaxation du volume et d'enthalpie ou peut être provoqué par l'absorption de solvants ou par la migration d'adjuvants [2].

III.2.2- Le vieillissement chimique

Le vieillissement chimique concerne tout phénomène impliquant une modification chimique de manière irréversible du matériau des liaisons covalentes rompues, d'autres nouvelles liaisons formées, etc... Le vieillissement chimique regroupe plusieurs phénomènes qui peuvent parfois être complémentaires entre eux, ce qui complique considérablement l'analyse.

Chapitre III LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

Ils se traduisent principalement par des phénomènes d'hydrolyse, d'oxydation, de lessivage ou de diffusion et peuvent conduire à une altération du squelette macromoléculaire suivant trois mécanismes distincts:

Les coupures du squelette peuvent induire une baisse de la masse molaire du polymère, ce qui entraîne une chute des propriétés mécaniques. Ces réactions peuvent intervenir simultanément au cours du vieillissement [3].

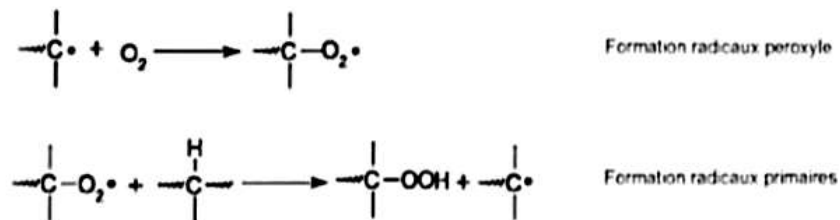


Figure III.1: Formation de radicaux peroxydes et de radicaux primaires lors de l'oxydation d'un polymère [3].

III.2.3- Vieillissement hydrique

Le vieillissement hydrique correspond à la modification de propriétés en présence d'humidité. La présence d'eau dans les polymères se traduit par des modifications macroscopiques et une diminution des propriétés mécaniques est généralement constatée. En présence d'eau ou d'humidité, on observe dans les polymères un phénomène de gonflement qui se traduit par des modifications dimensionnelles [4].

III.2.4- Vieillissement thermique des polymères

Une élévation de température, que ce soit pendant l'utilisation du matériau ou pendant sa mise en œuvre entraîne une dégradation thermique des matières plastiques dû à la modification de la structure des chaînes macromoléculaires. La dégradation thermique peut provoquer une combustion, réaction fortement exothermique [5].

III.3- Le terme de dégradation

La dégradation est l'acte de réduire quelque chose ou quelqu'un à un état moins respecté [6], on peut distinguer:

III.3.1- La dégradation des polymères

La dégradation est un processus irréversible entraînant un changement significatif dans la structure du matériau, ce changement est souvent caractérisé par une perte des propriétés initiales (poids moléculaire, structure moléculaire, résistance à la traction) et/ou une fragmentation. La dégradation est affectée par les paramètres environnementaux et procède par une ou plusieurs étapes [7].

III.3.1.1-Dépolymérisation

La dépolymérisation intervient de façon plus ou moins importante dans les divers types de dégradation. Les phénomènes mis en jeu et les relations qui les régissent présentent une très grande analogie avec ceux relatifs aux polymérisations mais comme l'indique son nom la dépolymérisation est l'inverse de la polymérisation. Ses réactions font donc intervenir une élimination séquentielle de molécules de monomère:

-à partir d'un site particulièrement instable préexistant (par exemple extrémité de chaîne) avec un rendement en gaz très élevé puisque chaque acte chimique de dépolymérisation conduit au dégagement d'une molécule de monomère gazeux.

- résultant d'une coupure statique comme représenté dans **la figure III.2**, avec la variation de la masse molaire plus importante:

- de M_0 à $M_0/2$ dans le cas des coupures statiques
- de M_0 à $M_0(1 - 1/DP_{no})$ pour la dépolymérisation en extrémités de chaîne [8].

- M_0 : La masse molaire d'un monomère.

- DP_{no} : Le degré de polymérisation représente le nombre d'unités monomères constitutives d'une chaîne polymère.

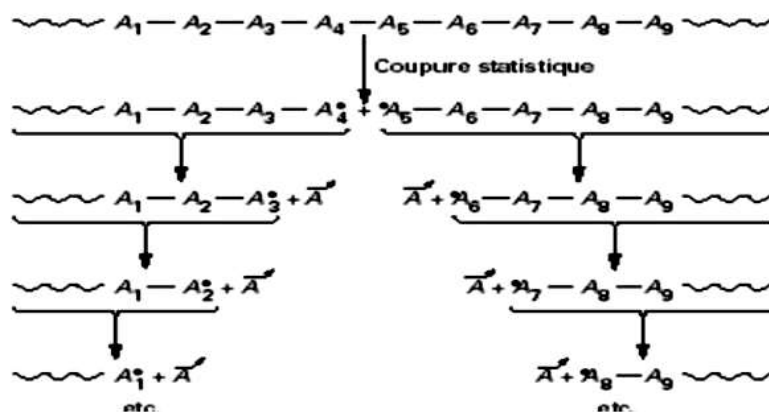
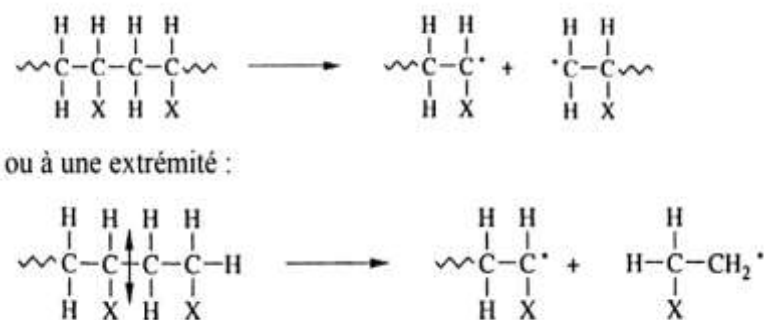


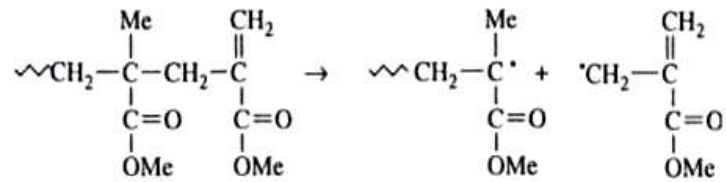
Figure III.2: Réaction de dépolymérisation amorcée par coupure statistique [8].

A. Amorçage

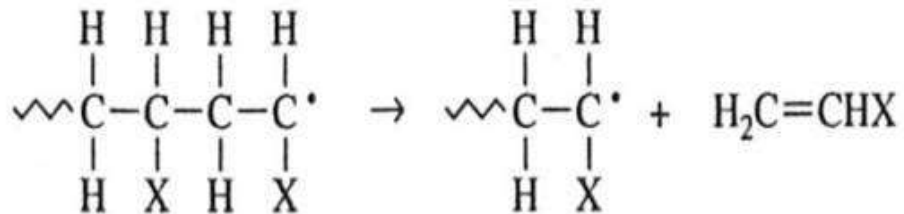
La majorité des scissions primaires sont d'origine thermique ou photochimique. Elles se produisent à un endroit quelconque de la chaîne:



Les ruptures initiales dépendent de divers facteurs [9], tels que la présence de restes catalytiques, de l'incorporation d'oxygène (dans la chaîne ou dans les groupes latéraux), de l'existence de liaisons faibles (particulièrement aux extrémités des chaînes) et de l'existence d'une liaison double terminale, due à une terminaison par dismutation, favorise une coupure en bout de chaîne:



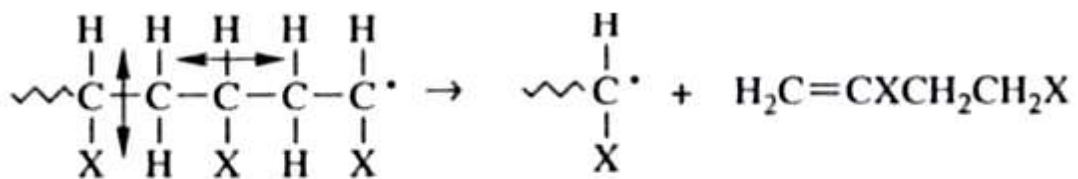
B. Dépropagation



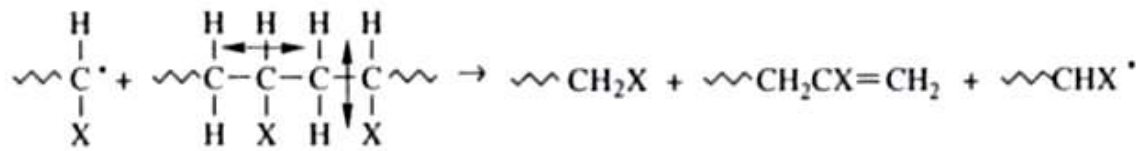
B. Transfert

Comme en polymérisation, il y a transfert d'une chaîne en cours de dépropagation qui perd son activité au profit d'une autre entité. Le transfert au polymère, le plus fréquent, peut être intra-ou intermoléculaire:

Transfert intramoléculaire:



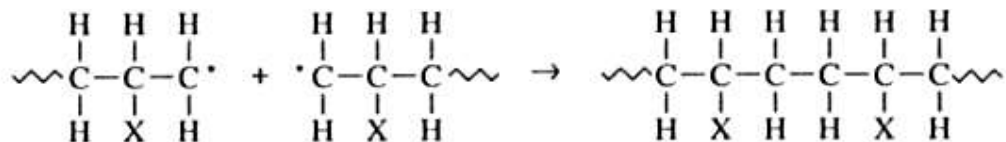
Transfert intermoléculaire:



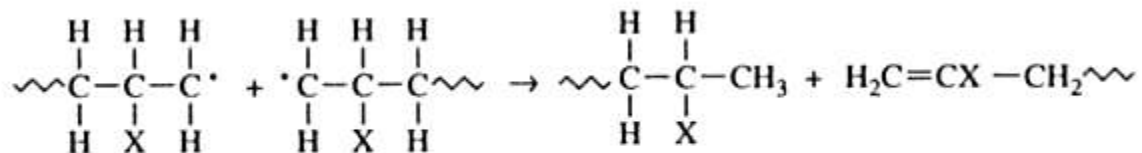
D. Terminaison

Comme en polymérisation, les modes de terminaison les plus courants sont bimoléculaires et font intervenir deux types de réaction:

Combinaison:



Dismutation:



III.3.2-Les types de dégradation

III.3.2.1-La dégradation thermique

La dégradation thermique a lieu quand le polymère est exposé à de hautes températures. Le taux de dégradation dépend de la stabilité thermique du polymère.

En général, une dégradation purement thermique est rare, la plus fréquente est la dégradation thermochimique. Trois températures caractérisent la dégradation thermique :

–La température plafond T_c : correspond à l'équilibre polymérisation- dépolymérisation pour les chaînes porteuses d'au moins une extrémité active,

Chapitre III LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

– La température de décomposition T_d : température à laquelle la vitesse de décomposition du polymère dans le vide est de 1% par minute. A cette température, il y a formation d'extrémités actives radicalaires par scission de chaînes [10].

III.3.2.2-La dégradation oxydante

L'oxygène entrant en réaction est pratiquement toujours situé dans les zones amorphes. La vitesse de la dernière réaction «R» varie avec la nature de l'hydrogène arraché, ainsi $R_{\text{tertiaire}} > R_{\text{secondaire}} > R_{\text{primaire}}$. La première espèce chimique thermiquement formée dans la plupart des dégradations oxydantes de polymères est le groupe hydroperoxydes qui est très instable car l'énergie de la liaison O-O est faible. Les macro-radicaux formés par coupure d'un hydro-peroxyde ou d'un peroxyde peuvent arracher un hydrogène sur un des sites réactifs [9].

III.3.2.3-La dégradation mécanique

Les films thermoplastiques peuvent subir plusieurs dégradations mécaniques sous les conditions de terrain. Fréquemment, au niveau macroscopique, les dommages ne sont pas visibles immédiatement, mais la dégradation pourrait commencer au niveau moléculaire. Les facteurs mécaniques ne sont pas prédominants pendant le processus de biodégradation, mais les dommages mécaniques peuvent l'activer ou l'accélérer [10].

III.4-Produits émis lors de la dégradation

Pour les chaque famille de polymères ex: les familles polyoléfinés, Le **tableau III.1**, montre les principaux produits dégagés au cours de la dégradation thermique. Aucune indication de pourcentage ne peut être donnée, en effet, certains produits sont formés en quantité importante, d'autres en quantité minime, suivant les conditions réelles rencontrées. Indépendamment des proportions de chaque constituant, les quantités totales des mélanges gazeux engendrés augmentent généralement avec la température. Ces quantités peuvent être inexistantes ou minimales aux températures les plus basses de la dégradation et devenir notables ou même importantes aux températures les plus élevées; certains de ces produits étant combustibles, leur concentration peut baisser en cas de feu déclaré [11].

Tableau III.1:Produits de dégradation thermique des composés thermoplastiques.

Matieres plastiques (polyoléfine)	Aux température de mise en oeuvre	En cas de pyrolyse ou de combustion
polyéthylène	<p>(150-300 °C)</p> <p>A partir de 200 °C:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hydrocarbures aliphatiques saturés et insaturé légers (méthane,éthylène,butènes...) -Cétones (acétone, méthyléthylcétone...) -Aldéhydes (formaldéhyde,acétaldéhyde, acroléine...) -Acide gras volatils 	<ul style="list-style-type: none"> -Monoxyde de carbure -Dioxyde de carbure -Hydrocarbures aliphatiques (méthane, hydrocarbures insaturés légers) et aromatiques
Polypropylène	<p>(150-300 °C)</p> <p>A partir de 200-250 °C:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hydrocarbures aliphatiques, principalement insaturés (éthylène,buténe...) -Aldéhydes (formaldéhyde, crotonaldéhyde...) -Cétones (méthylcétone...) -Acides gras volatils. 	<ul style="list-style-type: none"> -Monoxyde de carbure -Dioxyde de carbure -Hydrocarbures aliphatiques (méthane, hydrocarbures insaturés légers) et aromatiques.

III.5 -Risques liés aux produits de dégradation thermique

Les effets des gaz engendrés en cas de dégradation de matières plastiques sont principalement de trois types:

III.5.1- Inflammabilité

Chapitre III LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

Sous l'effet de la température, les matières plastiques, comme tous les combustibles, se décomposent en émettant des gaz inflammables, principalement des hydrocarbures légers (méthane, pentane), mais aussi de l'hydrogène en faible quantité. Cette émission favorise la propagation de l'incendie.

III.5.2- Asphyxie

Les dégagements de gaz et vapeurs aux propriétés variables, il faut souligner également, dans le cas d'un incendie, la raréfaction de l'oxygène. La baisse de concentration de l'oxygène dans l'air respiré présente des dangers et le manque d'oxygène provoque l'asphyxie.

Le taux normal d'oxygène dans l'air étant de 21 % (cette concentration diminue rapidement lors d'un incendie), la limite de sécurité respiratoire se situe à 17 %. Au-dessous de cette valeur, se manifestent des troubles et à 10 % le risque peut devenir mortel. Le **tableau III.2**.

Tableau III.2: Symptômes provoqués par la seule diminution de la concentration atmosphérique en oxygène [11].

Teneur de O ₂ dans l'atmosphère à la pression atmosphérique normale (en %)	Effet
17	Baisse de la vision nocturne, Accroissement de la quantité d'air inspiré, Accélération du rythme cardiaque.
16	Vertiges
15	Troubles de l'attention, du jugement et de la coordination, Episodes d'apnée, Fatigabilité Perte du contrôle de la motricité.
12	Fortes perturbations du jugement et de la coordination musculaire, Perte de conscience, Lésions cérébrales irréversibles.

10	Incapacité de se mouvoir Nausées, Vomissements.
6	Respiration spasmodique, Mouvements convulsifs, Mort en 5 à 8 minutes.

III.5.3 -Toxicité

Dans ce paragraphe, seuls les effets de concentrations importantes lors d'une exposition unique seront mentionnés. Des concentrations auxquelles peuvent s'observer les effets, sont indiquées pour certains gaz. Ces valeurs sont valables lorsque le gaz est inhalé seul (sans autre toxique) et avec une concentration en oxygène normale.

Les effets peuvent apparaitre pour des concentrations inférieures en cas d'exposition simultanée à plusieurs gaz [11].

Chapitre III LA DEGRADATION ET VIEILLISSEMENT DES POLYMERES

- [1]: Dr.L.Bouchlaleg, "Cour Dégradation Polymers", Cours master 1, Université Batna, 2020,
- [2]: Y.Dong, "Vieillissement des Cordes D'assurance Utilisées de Protection contre les Chutes de Hauteur", Mémoire magister, Ecole de technologie supérieure, Montréal, 2013,
- [3]: F.Audrey, "Caractérisation de l'Effet du Vieillissement en Milieu Aqueux sur les Propriétés Mécaniques de Composites à Matrice Elastomère", Mémoire magister, Université de Montréal école polytechnique, Montréal, 2013,
- [4]: B.Gasmi, "Influence du Vieillissement Naturel et Artificiel sur les Propriétés Mécaniques du polyamide PA 6-6 , Mémoire de fin étude, Université du 8 mai 1945 Guelma, 2020,
- [5]: L.Bouchlaleg, " Dégradation et Stabilisation des Polymères", Mémoire master, Université Batna 2, 2020,
- [6]: J.Vohlidal, "Polymer Dégradation" Review article, Département physique et macromoléculaire chimie, facultés de sciences, charles université, CZ-128 43 praha 2, m Czech republic, 2020,
- [7]: U. Pagga, D.B.Beimborn, M.Yamamoto, "Biodegradability and Compostability of Polymers- est Methods and Criteria for Evaluation", Journal Environmental Polymer Degradation, Vol 4, pp. 173-178, 1996,
- [8]: J.Verdu, " Vieillissement Chimique des Plastiques : Aspects Généraux", Ed Techniques de l'Ingénieur,2002
- [9]: J.P.Mercier,Ernest maréchal, " Chimie des Polymères » ,Vol.13,chap.10, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes ,1993,
- [10]: S. Kinzy ,R .Falcone , "Thermogravimétric Analysis of Polymers",dans: H. Labo and J.V.Bonilla (Ed.) ,livrer de "lastics Analysis" ,Marcel Dekker: New York, 2003,
- [11]: M.Mairesse ,J.M.Petit, J.Chéron , M.Falcy , " Produits de Dégradation Thermique des Matières Plastiques", INRS, Paris, 1979.

CHAPITRE IV:
MATERIAUX ET METHODES

IV.1-Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation des travaux expérimentaux réalisés dans ce mémoire tels que la préparation des mélanges à base de HDPE vierge et recyclé contenant de petites quantités de grignons d'olive et l'amidon et la caractérisation des matériaux élaborés.

IV.2-Matériaux utilisés

IV.2.1-Le polyéthylène haute densité (vierge et recyclé)

Les différents mélanges préparés dans cette étude sont à base du PEHDV (polyéthylène haute densité vierge) du code F00952 (**Figure IV.1**) et matière recyclée obtenue par broyage des bouchons de bouteilles en PEHD (**Figure IV.2**) produits par une entreprise Algérienne de production d'emballages plastiques, SARL (SAREP Plastique). Les caractéristiques de ce PEHD sont indiquées dans le **tableau IV.1**.

Tableau IV.1: Les propriétés du PEHD F00952.

PEHD F00952			
Propriétés	Unités	Valeurs	Test
Propriétés du polymère			
A 190°C et 2.16Kg	g/10min	0.05	ISO 1133
Densité	-	952	ISO 1183
Propriétés thermiques			
Température de ramollissement	°C	125	ASTM D 1525
Propriétés mécaniques			
Essai de traction	MPa	33	ASTM D 882
Limite d'élasticité	MPa	1250	-
Module d'élasticité	MPa	60	-
Contrainte à la rupture	%	400	-



Figure IV.1: Polyéthylène a haute densité vierge en forme de granulé.



Figure IV.2: illustration des bouchons en polyéthylène a haute densité broyés.

IV.2.2-L'amidon

L'amidon utilisé dans cette étude est celui de maïs (la maïzena), grade commercialisé, voir la **figure IV.3:**



Figure IV.3: Représentation de l'amidon de maïs.

IV.2.3-Grignons d'olive (GO)

La deuxième charge utilisée dans cette étude est le grignon d'olive brut récupéré au niveau d'une huilerie moderne dans la région de collo (nord Algérie) voir la **figure IV.4**. Ce grignon a subi les prés traitements:

- lavage avec de l'eau tiède pour le séparer de la margine et de la pulpe d'olive,
- séchage naturel à l'air libre pendant deux jours pour éliminer l'humidité,
- broyage en utilisant un moulin manuel (traditionnel) pour obtenir une poudre très fine,
- tamisage par un tamis afin d'obtenir une farine ayant un diamètre supérieur à 125nm.



Figure IV.4: Différentes étapes de préparation de grignon d'olive.

IV.3-Préparation des mélanges

Les mélanges étudiés sont à base de polyéthylène haut densité (vierge et recyclé) avec des faibles charges de grignon d'olive et de l'amidon.

On a préparé trois différentes formulations. Leur composition massique est représentée sur le **tableau IV.2**, ci dessous:

Tableau IV.2: La composition en pcr des mélanges élaborés.

Echantillon	PEHDR (pcr)	PEHDV (pcr)	Amidon (pcr)	Grignon d' olive (pcr)
EVRG0	20	80	0	0
EVRG1	20	80	1	0.5
EVRG2	20	80	2	1

EVRG3	20	80	3	1.5
-------	----	----	---	-----

IV.4- Analyses rhéologique

IV.4.1- Préparation des mélanges sur plastographe brabender

Le plastographe Brabender est un rhéomètre à couple de torsion très utile pour le suivi de la fusion des polymères, leur gélification ainsi que leur dégradation. Il joue le rôle d' appareil de base qui permet de faire de nombreux et différents essais sur les propriétés de transformation des thermoplastiques, des thermodurcissables et des caoutchoucs.

L' étude rhéométrique sur plastographe Brabender permet de voir comment la présence de faible quantité de grignons d' olives et d' amidon vont-ils affecter les propriétés de transformation des mélanges préparés.

Dans ce travail on a utilisé un plastographe brabender du type GmbH (Allemagne) équipé de rotors spécialement confectionnés aux thermoplastiques (**Figure IV.5**). La chambre de ce malaxeur interne est de 55 cm³ comme volume. Les mélanges ont été préparés à la température de 180 °C et à la vitesse de 45 tours /min pendant un temps de 10 min.



Figure IV.5: Dispositif expérimentale de mélangeur interne Brabender.

IV.4.2- L'indice de fluidité

Dans un fluidimètre MI2.2 de marque GOTTFERT suivant la norme ASTM D1238, les mélanges sont extrudés à travers une filière de diamètre 2.09 mm et de longueur de 8 mm avec une charge de 2.16 Kg à la température de 190 °C (**Figure IV.6**).

Le protocole expérimental

On nettoie le cylindre du plastomère avec du coton et le piston puis on le préchauffe à une température de 190 °C pendant en moins 15 min. On nettoie aussi la filière, on verse entre une masse entre 2.5 et 3 grammes de l'échantillon dans le cylindre et introduit le piston avec une légère pression et on le préchauffe sans poids pendant 3 minutes (temps de préchauffage). Ensuite, après 3 autres minutes, on coupe la partie extrudée qui contient des bulles d'air et on laisse le produit s'écouler pendant 10 minutes et on la coupe puis la pèse pour la détermination du IF de notre échantillon.



Figure IV.6: Illustration du protocole expérimental de l'indice de fluidité

IV.5 Analyses physique

IV.5.1 Le test de gonflement

Des mesures de gonflement sont effectuées à la température de 25 °C sur les différents composites préparés. Pour cela, deux échantillons de l'ordre de 0.1 g, coupés sous forme parallél épipédique, de chacune des formulations, sont sécher dans une étuve à 80 °C pendant 24h puis ils sont mis dans des petits flacons contenant l' eau (**Figure IV.7**). On pèse régulièrement les échantillons à différents intervalles de temps pendant 10 jours. On définit le taux de gonflement TG par la formule suivant:

$$TG(\%) = \frac{m_t - m_0}{m_0} * 100 \dots \dots \dots (IV.2)$$

Avec:

m_0 : La masse des échantillons avant immersion.

m_t : La masse des échantillons à différents temps après immersion dans l' eau.



Figure IV.7: Illustration du protocole expérimental du test de gonflement.

IV.5.2-La densité

A l'aide d'un équipement de marque CEAST de type 6001 selon la norme ASTM D-1505, on mesure la densité à 23 °C par la technique de la colonne à gradient de densité, cette colonne est constituée d'un mélange de deux liquides miscible: eau+éthanol.

Le protocole expérimental

On prend environ 7g de PEHD et fait une petite plaque circulaire de 3 mm d'épaisseur et de 3 cm de diamètre à l'aide de la presse. On coupe des petits morceaux et on les rince dans l'isopropanol puis les on les plonge dans la colonne de densité (**Figure IV.8**). Après 15 minutes on lit la hauteur pour déterminer la valeur moyenne de densité des deux essais.

Un fichier Excel est installé sur le PC (**Figure IV.9**) pour faire les calculs de la densité suivant la formule:

$$\text{Densité} = (Y/Z) \times (B - A) + A$$

Avec:

Y: Distance entre le spécimen et le flotteur de densité basse,

Z: Distance entre les deux flotteurs (petites boules),

A: Densité du 1er flotteur,

B: Densité du 2ème flotteur.



Figure IV.8: Dispositif des deux colonnes à gradient de densité.



Figure IV.9: Le PC avec le fichier Excel.

IV.5.3-Analyse Infrarouge

La spectroscopie infrarouge (IR) permet, à partir de la détection des modes de vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'analyser qualitativement et quantitativement les fonctions chimiques présentes au sein du polymère. La Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau étudié. Cette technique est largement utilisée pour la caractérisation des polymères. Deux modes principaux permettent de réaliser des spectres infrarouges: en transmission (le faisceau traverse l'échantillon) et en réflexion totale atténuée (ATR) (le faisceau traverse un cristal avant d'être réfléchi par l'échantillon). La plupart des

spectromètres actuels opérant dans l' IR détectent et analysent le signal de l' échantillon à l' aide de la transformée de Fourier. A la sortie de l' échantillon, un interféromètre de Michelson transforme le rayonnement en une série de signaux dont les longueurs d' ondes et les intensités sont différentes. Le signal total est détecté et traité mathématiquement (transformée de Fourier) par un ordinateur relié au spectromètre. Les spectres fournis dans notre étude proviennent d' un FTIR modèle Cary 650 où la technique en ATR a été appliquée pour des films prises des différentes formulations préparées (Figure IV.10).



Figure IV.10: Image du spectrophotomètre infrarouge Cary 650.

IV.6-Etude de la biodégradabilité

En étudiant la biodégradabilité de nos matières on a utilisé de petits morceaux d'environ 1 cm² des trois échantillons. On a mit une pièce de chaque formulation individuellement:

- dans l'eau de mer,
- sous la terre,
- sous les rayons du soleil (UV).

La figure IV.11 montre les photos des échantillons qu' on a suivi leurs changements de masse pendant quatre mois, depuis le mois de mars jusqu' à le mois de juin.



Figure IV.11: Illustration des échantillons.

IV.7-Résumé du plan de travail

Le résumé de notre travail est présenté par l'organigramme dans la **figure IV.12:**

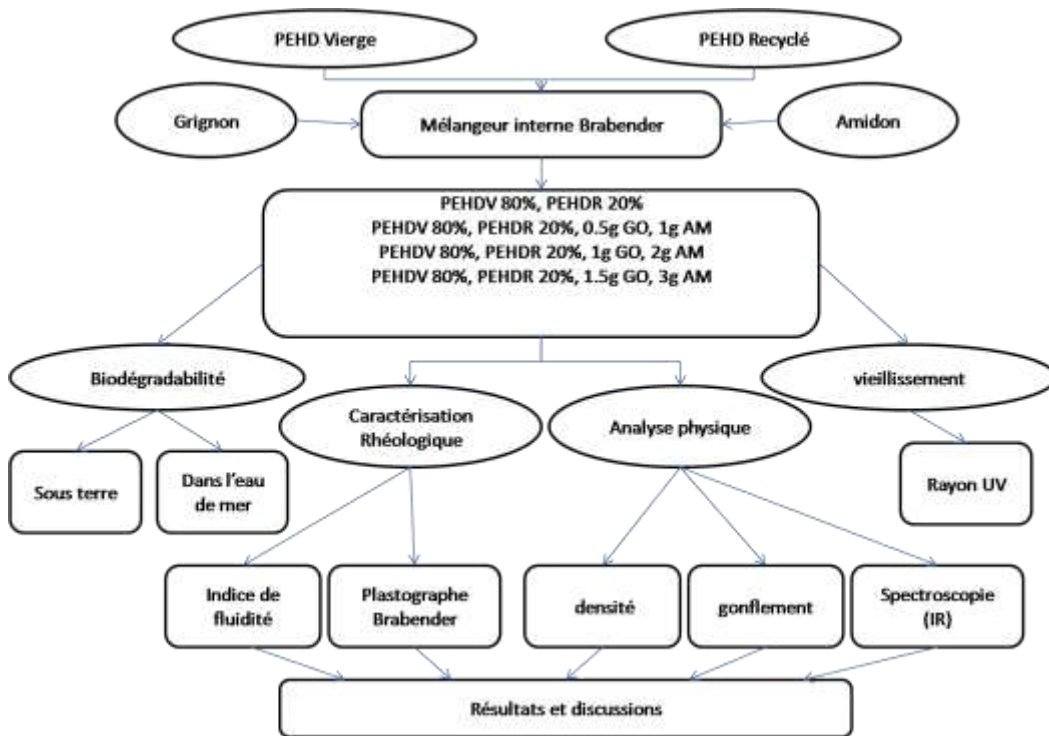


Figure IV.12: Organigramme de la procédure expérimentale.

CHAPITRE V:
RESULTATS ET DISCUSSIONS

V.1- Propriété rhéologique

V.1.1- Etude rhéométrique sur plastographe brabender

Lors de la préparation des mélanges contenant différentes teneurs en amidon et grignon d'olive, le plastographe Brabender a été utilisé pour suivre l'évolution du couple engendré. Les variations du torque en fonction du temps des mélanges EVR0, EVRG1, EVRG2 et EVRG3 sont représentées respectivement dans les **figures V.1-V.4**.

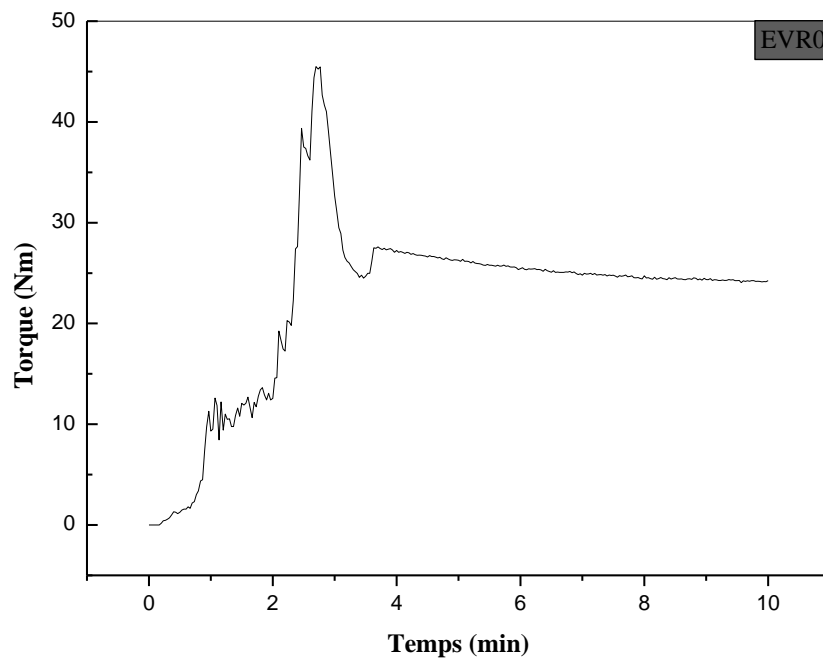


Figure V.1: Courbe de la variation de torque en fonction du temps d'EVR0.

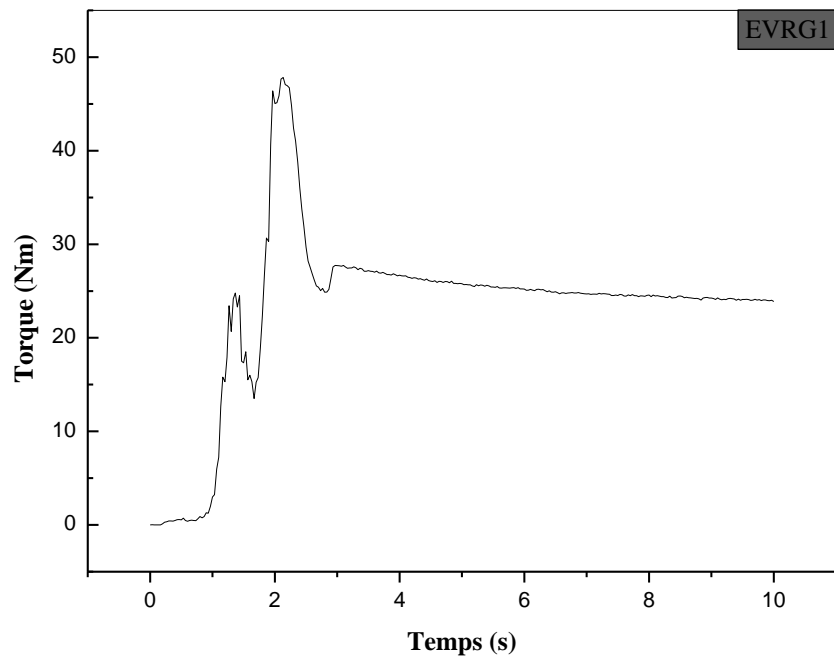


Figure V.2: Courbe de la variation de torque en fonction du temps d'EVRG1.

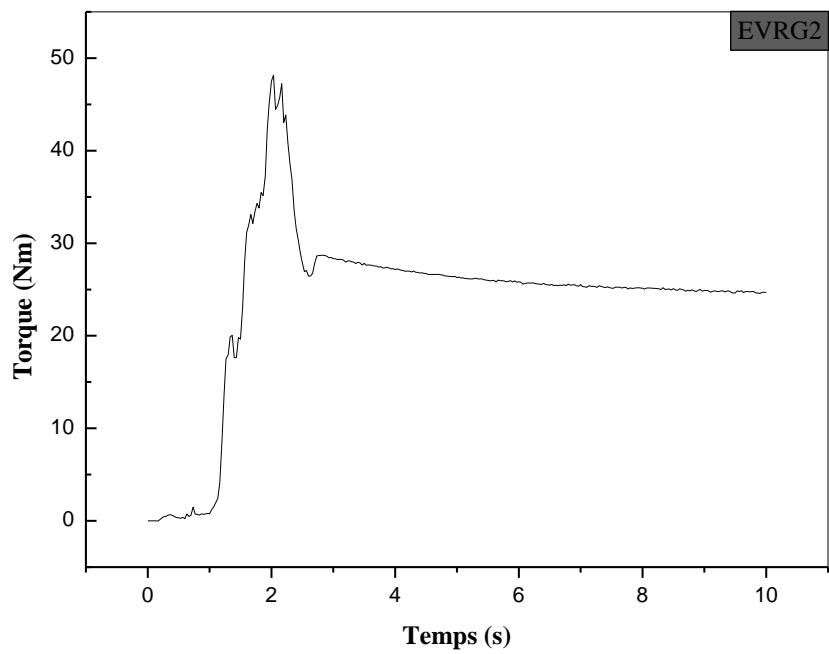


Figure V.3: Courbe de la variation de torque en fonction du temps d'EVRG2.

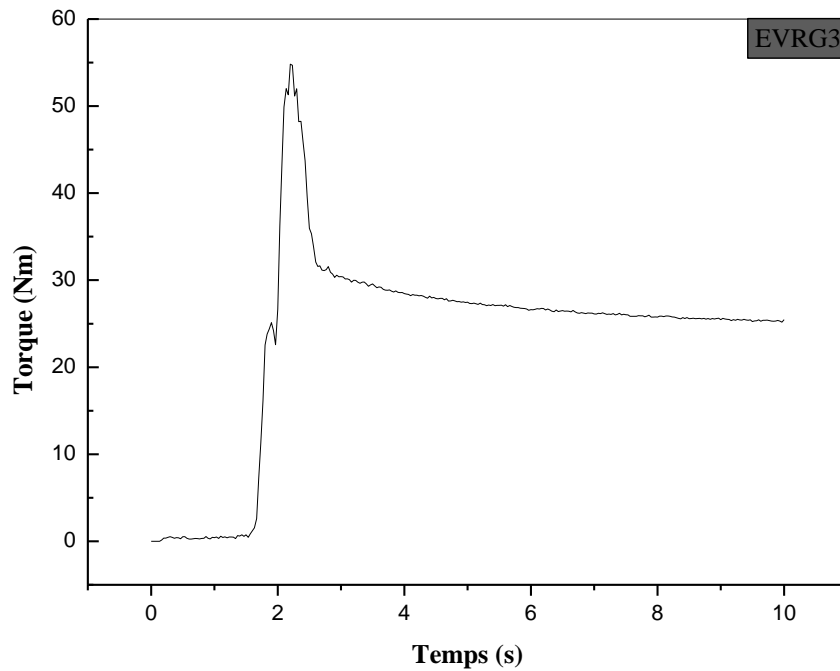


Figure V.4: Courbe de la variation de torque en fonction du temps d'EVRG3.

L'analyse de ces courbes montre que les rhéogrammes sont de formes proches pour tous les formules. On note deux étapes principales apparus:

- Dans la première étape, le couple augmente rapidement après chargement de matrice polymérique et le début du mouillage de la matrice par les deux charges bio d'AM et de GO et le torque atteint des valeurs de l'ordre de 20-25 N.m puis diminue rapidement. Ce pic qui apparait est plus aigue pour l'échantillon EVRG1 contenant 1 pcr d'AM et 0.5 pcr de GO. Le mouillage de la matrice par les deux charges réduit rapidement le volume du mélange entre les rotors et les parois de la chambre.

- La deuxième étape correspond à une augmentation du couple, plus prononcé que la première, et le torque atteint des valeurs de l'ordre de 45-50 N.m. Dans cette partie du rhéogramme le couple représente la phase d'homogénéisation de la matière par effet de cisaillement. Puis on assiste à une diminution du couple jusqu'à un état quasi-stationnaire qui manifeste sous la forme d'un plateau. La matrice thermoplastique commence à fondre à un temps supérieur à 2 minutes. Cette analyse des plastogrammes affiche une augmentation de T_{max} avec l'augmentation des charges. Les valeurs de torque maximum et de torque stationnaires après un temps de 10 min pour les différents mélanges sont résumées dans le **tableau V.1**.

Tableau V.1: Les valeurs maximales du torque des différents mélanges.

Echantillon	EVR0	EVRG1	EVRG2	EVRG3
T _{max} (N.m)	45.53	47.75	48.17	54.83
T _{stat} (N.m)	24.08	23.96	24.65	25.42

V.1.2- L'indice de fluidité

Les résultats du test IF pour les différents mélanges, déterminés à la température de 190 °C, sont présentés dans le **tableau V.2**.

Tableau V.2: Les résultats de test IF.

Echantillon	PEHD	EVGR1	EVGR2	EVGR3
Quantité de charge (pcr)	0	1.5	3	4.5
IF (g/10min)	0.05	0.14	0.15	0.14

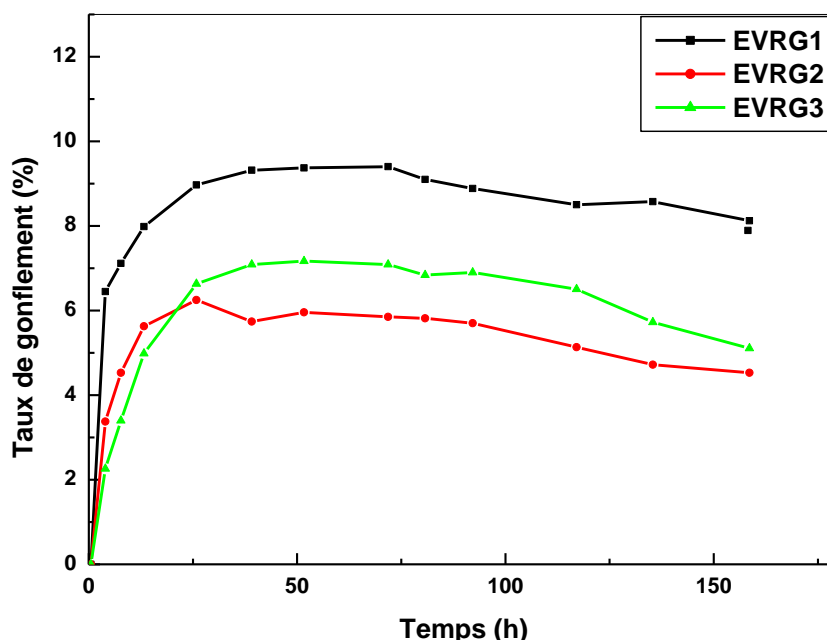
Les résultats de l'indice de fluidité des différents mélanges montre une augmentation pour l'indice d'écoulement, les trois formule ont des résultats très proches alors on dit que le mélange PEHD+GO+AM ont un écoulement peu plus facile par rapport à l'échantillon non chargé qui est égal à 0,05 g/10min et peut être attribué à la formation à la bonne dispersion des deux charges dans la matrice.

V.2- Analyses physique

V.2.1- Le test de gonflement

La pénétration de l'eau dans les composites se produit principalement en raison d'un mécanisme de diffusion qui est caractérisé par la capacité des molécules d'eau à se déplacer parmi les micro-espaces entre les segments des chaîne du polymère.

Les courbes EVRG1, EVRG2 et EVRG3, (**figure V.5**), représentent les résultats obtenus après l'immersion des échantillons dans l'eau distillée à la température ambiante pendant 8 jours ont.



V.5: Les courbes de gonflement des composite (EVRG1- EVRG3).

D'après la Figure V.5, on observe que tous les composites absorbent de faible quantité d'eau avec des proportions différentes due à la nature hydrophobe de la matrice en PEHD. Le composite EVRG1 a atteint un taux de gonflement maximum de 9 % alors que les deux composites, EVRG2, montrent une légère résistance à l'eau avec l'augmentation de la teneur de la charge dû aux interactions entre l'amidon et le grignon d'olive de caractère hydrophile. Ces deux derniers échantillons ne peuvent absorber qu'une quantité de l'ordre de 7 à 6 %. Les valeurs les plus élevées de taux de gonflement sont atteints durant les deux premiers jours puis on observe une réduction qui peut être attribuée à une perte des deux charges dans la matrice.

V.2.2- La densité

Les résultats du test de densité pour les différents mélanges sont présentés dans le **tableau V.2**.

Tableau V.2: les résultats de test de densité.

Echantillon	PEHD	EVGR1	EVGR2	EVGR3
Quantité de charge (pcr)	0	1.5	3	4.5
Densité à 23°C	0.952	0.9457	0.9495	0.9486

Les résultats obtenus montrent que la densité de matière chargée par le (GO+AM) est inférieure à celle de la matrice vierge (PEHD) égale à 0.952 cela signifie que les mélanges sont très

légers et ceci peut être probablement lié à la diminution du taux de cristallinité de la matrice. De même une étude antérieure [1], montre que l'addition simultanément de faible teneurs de ces deux charge à savoir l'amidon et le grignons d'olive à la matrice vierge (PEHD) diminuent la densité du matériau et donne une densité inférieure à 0.91 g/cm^3 lors de l'incorporation d'une quantité de 4,5 pcr des deux charge c'est à dire de 2.25 pcr de chacune.

V.2.3- Analyse par spectroscopie infrarouge

V.3.1- Analyse infrarouge de l'amidon

La **figure V.6** présente les spectres infrarouges à transformée de Fourier de l'amidon.

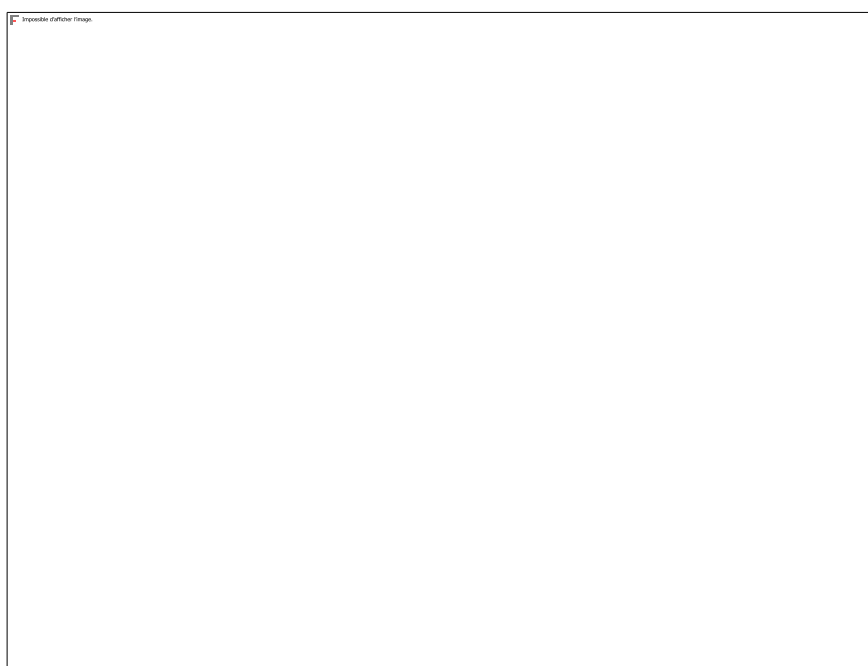


Figure V.6: Spectre FTIR d'amidon.

On observe une bande d'absorption large et forte centrée à 3425 cm^{-1} correspondant aux étirements des groupes OH et une bande à 2930 cm^{-1} due aux vibrations d'étirement C-H. L'absorbance à 1653 cm^{-1} est due à la vibration de flexion de la liaison O-H de l'eau absorbée dans les régions amorphes de l'amidon. A 1470 et 1375 cm^{-1} se trouvent les vibrations de flexion C-H, la bande successive à 1162 cm^{-1} est caractéristique de la liaison glucose (C-O-C α -1,4), les pics à 1023 et 1081 cm^{-1} sont attribués à la vibration de la flexion C-H et C-O-H, respectivement, les vibrations du squelette (C-O-H) apparaissent à 935 - 524 cm^{-1} .

V.3.2 Analyse infrarouge du grignon d'olive

Le spectre Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF) de grignon d'olive est représenté par la **figure V.7**.



Figure V.7: Spectre FTIR de grignon d'olive.

D'après la **figure V.7**, on observe que la bande qui s'étend de 3200 à 3600 cm^{-1} est assignée aux vibrations d'élongation des groupements hydroxyles (-OH), et l'aire de ce pic est plus grande. Les bandes d'intensité moyenne centrées vers 2852 et 2924 cm^{-1} traduisent les vibrations d'élongation symétrique et asymétrique des liaisons C-H du groupe $-\text{CH}_2$ des segments de la cellulose et de la lignine [2, 3].

Ce spectre, de grignon d'olive, révèle aussi des bandes d'absorption à 1711 et 1243 cm^{-1} associées aux vibrations d'élongation des groupements carbonyles C=O et C-O présentes dans les hémicelluloses et lignine extractives [4]. La bande d'absorption à 1645 cm^{-1} assignée à la déformation (H-O-H) de l'eau absorbée par la farine de grignon d'olive par suite à son caractère hydrophile très prononcé. On note également l'apparition des bandes d'absorption entre 1374 et 1455 cm^{-1} qui sont essentiellement dues aux vibrations de déformation des groupements $-\text{CH}_2$ et $-\text{CH}_3$, contenus dans les structures de la lignine et l'hémicellulose. La bande d'absorption à 1510 cm^{-1} qui traduit la vibration de déformation de C=C de la lignine [5]. L'intensité des pics à 1033 cm^{-1} attribués aux vibrations d'étirement des groupes hydroxyles O-H de la cellulose et de l'hémicellulose [6].

V.3.3 Analyse infrarouge du PEHD

Le spectre obtenu par spectroscopie infrarouge de PEHD vierge est présenté sur la **figure V.8**.

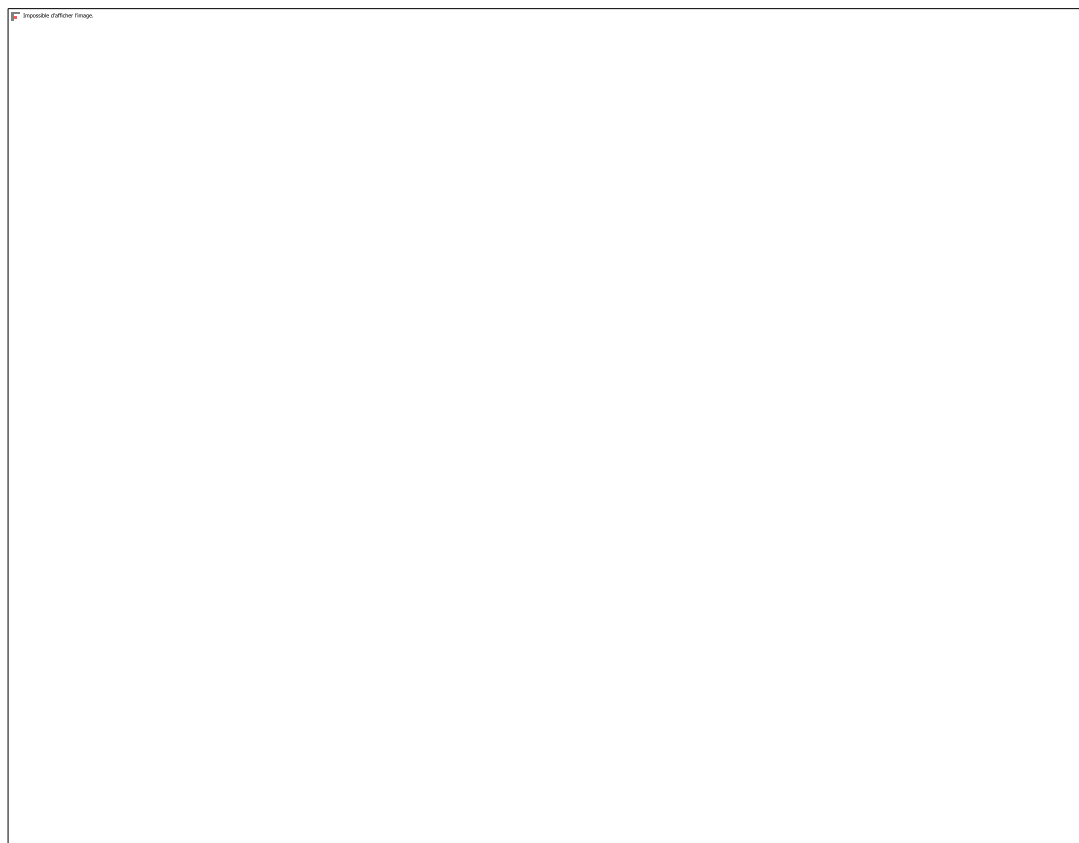


Figure V.8: Spectre FTIR de PEHD vierge.

Le PEHD est constitué de liaisons (-C-H) et de groupement (-CH₂). Le motif C-H de (CH₂) présente une absorption d'élongation dans la gamme située entre 2950-2830 cm⁻¹ (asymétrique et symétrique) et il montre une absorption de déformation vers 1468 cm⁻¹ (cisaillement). Le motif C-H présente une absorption de déformation à 2634 cm⁻¹ et une absorption d'étirement à 1352 cm⁻¹. La bande d'absorption à 719 cm⁻¹ représente la vibration de rotation plane du (CH₂)_{n>4}.

V.3.4 Analyse infrarouge des mélanges (EVRG1 - EVRG3)

Les résultats obtenus par spectroscopie infrarouge des formulations EVRG1, EVRG2 et EVRG3 sont présentés dans les **figures V.9-V.11**.

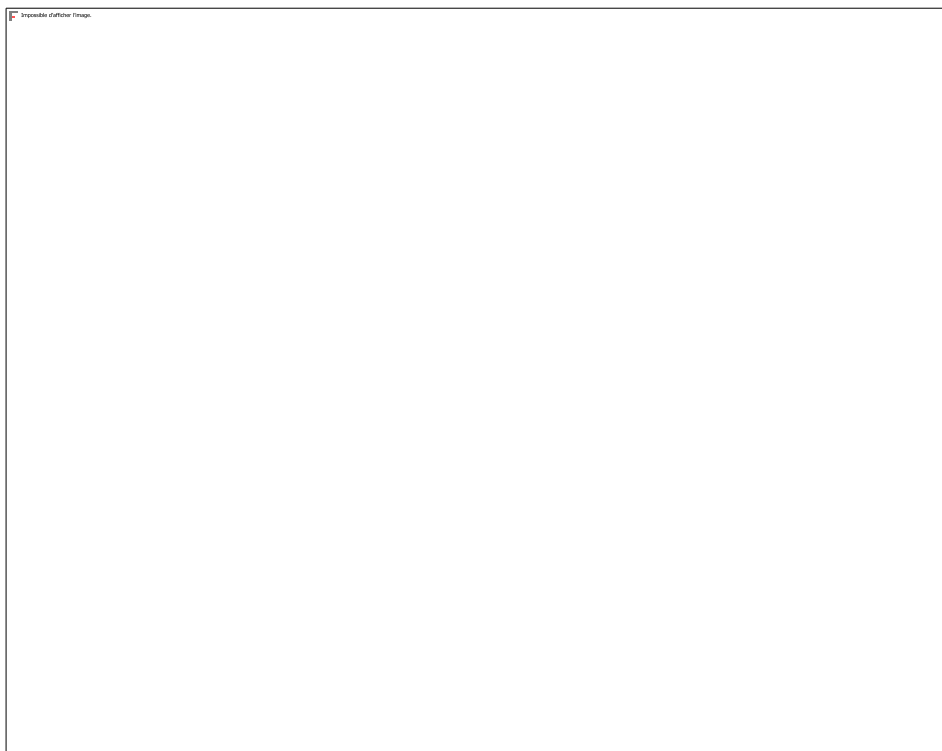


Figure V.9: Spectre FTIR de EVRG1.

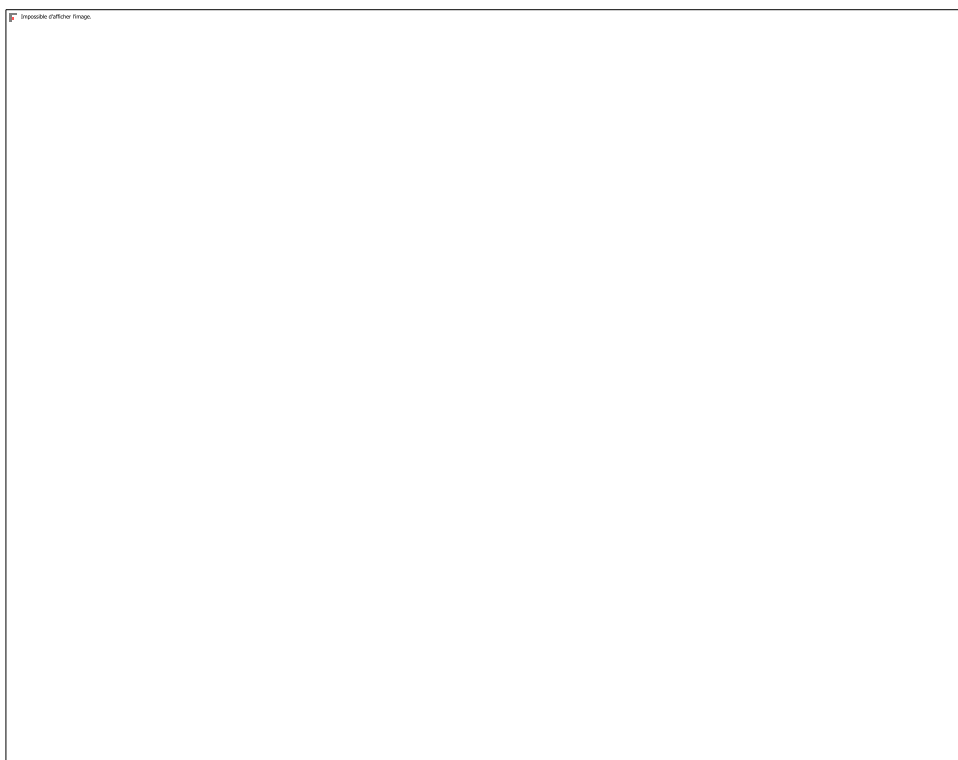


Figure V.10: Spectre FTIR de EVRG2.



Figure V.11: Spectre FTIR de EVRG3.

Les spectres obtenus montrent que la bande qui s'étend de 3100 à 3600 cm^{-1} est assignée aux vibrations d'élongation des groupements hydroxyles (-OH) et on observe qu'elle devient plus large avec l'augmentation de la quantité des deux charge bio ajoutée de nature hydrophile riche en groupement -OH. La bande située entre 2967 et 2817 cm^{-1} traduit les vibrations d'élongation symétrique et asymétrique des liaisons C-H du groupe -CH₂ de la matrice PEHD. Le motif C-H présente une absorption de déformation à 2638 cm^{-1} , Le spectre révèle aussi une bande centrée à 1712 cm^{-1} , associée aux vibrations d'élongation des groupements carbonyles C=O, le pic d'absorption à 1642 cm^{-1} représente les liaisons O-H, les deux bandes d'absorption 1464 et 1369 cm^{-1} représente des vibrations de déformation des groupements -CH₂ et -CH₃, La bande d'absorption à 1071 cm^{-1} attribués aux vibrations d'étirement des groupes hydroxyles O-H, la bande d'absorption à 721 cm^{-1} représente la vibration de rotation plane du (CH₂)_{n>4}. Donc on note que les valeurs des bandes de transmittance sont pratiquement les mêmes dans tous les spectres. Ces résultats sont observés dans une étude antérieure [7] pour des composites à base de PEHD vierge avec augmentation des hauteurs des bandes de transmittance avec l'augmentation de la teneur des deux charge bio (l'amidon et le grignons d'olive) ajoutée qui varie de 5 à 50 pcr dans la matrice.

V.4-La biodégradabilité

La biodégradation des matériaux est influencée par un certain nombre de facteurs. Parmi ces facteurs, on peut distinguer les facteurs biologiques de la biodégradation, les facteurs physicochimiques du milieu de la biodégradation, la structure et les propriétés du substrat, la présence ou non d'oxygène.... La biodégradation peut avoir lieu dans tous les types de milieux, si des microorganismes ou des enzymes capables de dégrader le matériau sont présents [8].

V.4.1-Dans l'eau de mer

Les méthodes de mesure de la biodégradabilité en milieu aqueux sont les plus utilisées. Dans cette étude on a choisit de voir l'effet de l'eau de mer sur nos échantillons. La **figure V.12** montre la variation de la masse des trois composites en fonction du temps (4 mois).

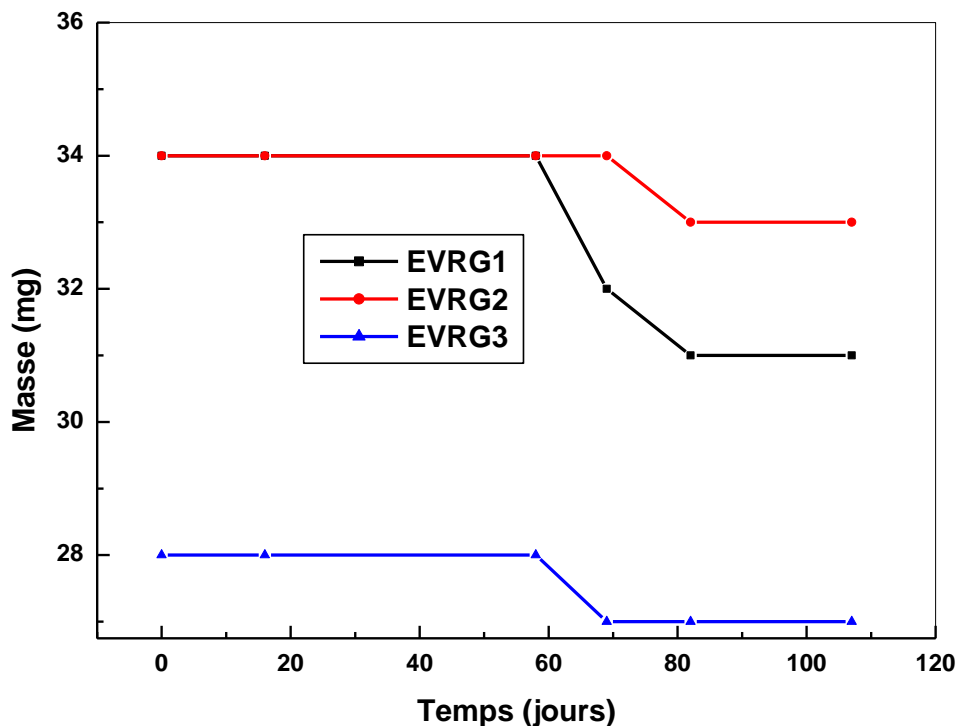


Figure V.7: Courbe montrant la variation de masse des mélanges en fonction du temps dans l'eau de mer.

Les courbes obtenues montrent une faible perte de masse des trois échantillons durant le temps qui peut être liée à l'effet de l'eau de mer et du PH sur les deux charges de nature bio incorporés dans la matrice.

V.4.2-Dans le sol

La biodégradation des matériaux est influencée par les facteurs biologiques. Les microorganismes et les enzymes sont capables de dégrader différents types de composés chimiques. La **figure V.13** montre la variation de la masse des trois composites en fonction du temps (4 mois).

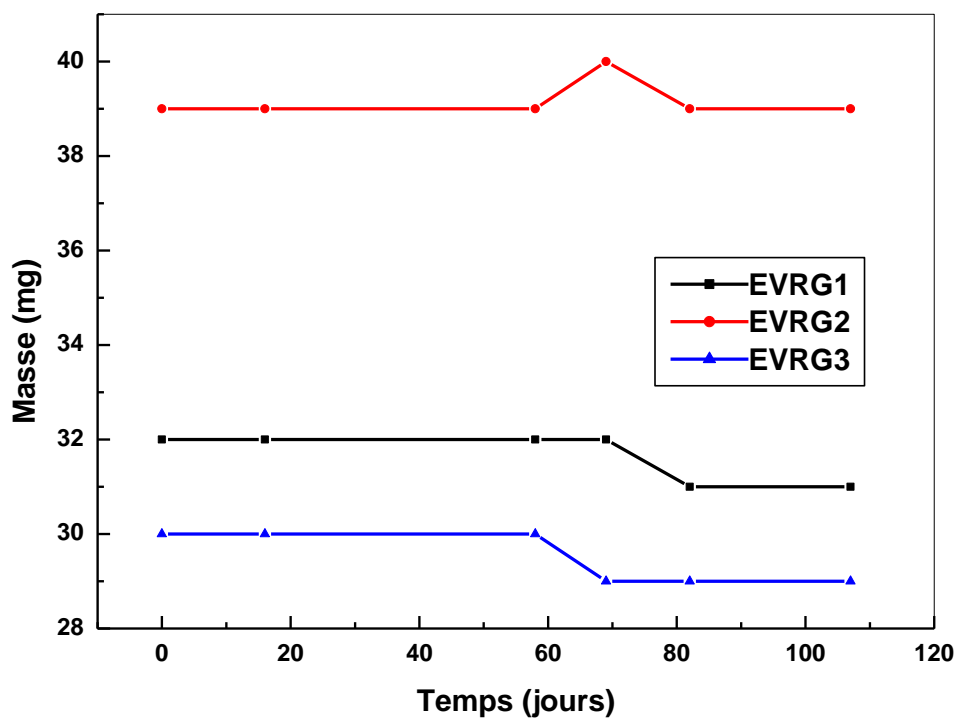


Figure V.13: Courbe de la variation de mass des mélanges en fonction du temps sous terre.

Les courbes obtenues montrent une faible perte de masse des trois échantillons durant le temps qui peut être liée à l'effet des microorganismes sur les deux charges de nature bio incorporés dans la matrice.

V.4.3- Le vieillissement naturel

Parmi les conditions atmosphériques qui influent sur la dégradation des chaînes macromoléculaires d'un plastique on peut citer: l'action du soleil, de la chaleur, de l'humidité et de l'oxygène. L'influence de ces facteurs environnementaux résultant la coloration, la

fissuration de la surface, la diminution de la Tg, le changement dans la résistance et l'allongement à rupture... du matériau. La **figure V.14** montre une légère variation de la masse des trois composites laissés à l'aire libre pendant quatre mois. Cette perte de masse due à la présence des deux charges organique dans la matrice de biopolymère peut être liée à l'initiation d'une dégradation. On note qu'aucun changement de couleur ou de forme n'a été remarqué sur les échantillons étudiés.

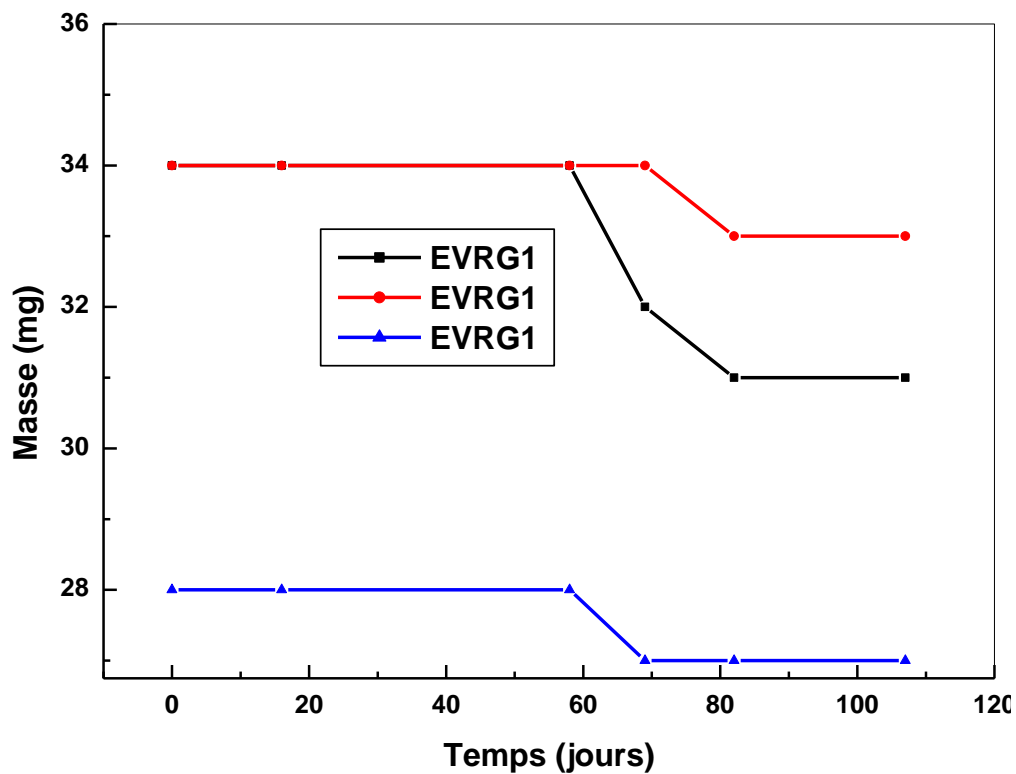


Figure V.14: Courbe de la variation de mass des composites en fonction du temps, sous rayonnements UV de soleil.

Références

- [1]: A. Said Nawel et S. Nekakaa, préparation et étude du comportement rhéologiques des mélanges de PEHD contenant de grignon d'olive et d'amidon, Mémoire master Université de 20 Août 1955 de Skikda, 2021.
- [2]: A. C. H. Barreto, D. S. Rosa, P. B. A. Fachine et S. E. Mazzetto, Properties of sisal fibers treated by alkali solution and their application into cardanol-based biocomposites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 42, 2011, pp. 492–500.
- [3]: M. Kazayawoko, J. J. Balatinez, L.M. Matuana, Surface modification and adhesion mechanisms in woodfiber-polypropylene composites, *Journal of Materials Science*, Vol. 34, 1999, Vol. 6189-6199.
- [4]: H. Djidjelli, A. Boukerrou, R. Founas, A. Rabouhi, M. Kaci, J. Farenc, J. J. Martinez-Vega et D. Benachour, Preparation and characterization of poly(vinyl chloride)/virgin and treated sisal fiber composites, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 103, 2007, pp. 3630-3636.
- [5]: G. Madhuban, S. K. Bhaduri, K. P. Sao, Acetylation of jute and infrared spectra of acetylated jute, *Indian Journal of Textile Research*, Vol. 10, 1985, pp. 68–70.
- [6]: K. BledzkiGassan, Composites reinforced with cellulose based fibres, *Review, Progress in Polymer Science*, Vol. 241, 999, pp. 221-274.
- [7]: A. Khalfa, A. Zouiti, Préparation et études des propriétés des composites à base de PEHD chargé de l'amidon et de grignon d'olive, Université 20 Août 1955 Skikda, 2022.
- [8]: F. Khalifa, «Elaboration et Caractérisation d'un Composite à Base d'Amidon /Charge Naturelle», Mémoire master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2020.

Bibliographie

- I.[1]:** " Déchets Plastique dans le Cadre de Développement Durable", Memoir, Cas des entreprises de recyclage, Tizi Ouzo, 2016,
- I. [2]:** M.Bidon, "Transformation des Plastiques", Aide-mémoire, DUNOD, L'usine nouvelle, Paris, 2010,
- I. [3]:** V.Chaffraix, "Ouverts Etude de l'Extrusion du Polyéthylène Téréphtalate et de ses Non-Compatibilités avec le Polyéthylène Haute Densité", HALAL archives,
- I. [4]:** M.Melas, "Etat de l' Art Concernant les Grandes Procèdes de Mise en œuvre des Matières Plastiques Issues de Processus de Régénération de Déchets. Efficacité Economique des Filières de Recyclage des Plastiques", Rapport final,CEREMAP, Janvier 2013,
- I. [5]:** S.Sadoun, "Contribution à l'Etude Expérimentale d'un Polyéthylène à Haute dDnsité (PEHD) Effet de la Température et de la Vitesse de Déformation", Mémoire de magister, Université de Badji Mokhtar-Annaba, 2007,
- I. [6]:** |B.Gasmi, "Influence du Vieillissement Naturel et Artificiel sur les Propriétés Mécaniques du polyamide PA 6-6 , Mémoire de fin étude, Université du 8 mai 1945, Guelma,2020,
- I. [7]:** "Usinage des Matières Plastiques des Matériaux Composites et des Etats Elastomères", Ed, CETM, DESSARTHE, 1996,
- I. [8]:** F.A.Ramaolahy , "Etude Propriété Mécanique d'un Matériaux Polymer(cas bouteille emballages produits star)" , Memoir licence, 2018,
- I. [9]:** A.E.M.Slaim, H.M.E.A.Arabiche, "Etude du Comportement Mécanique et Détermination des Paramètres Limites des Tubes en PVC ",Mémoire De Fin D'étude De Master Académique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem,2019,
- I.[10]:** P.Gautron," Valorisation et Recyclage des Déchets", 2001,
- I. [11]:** R.Sharma, P.P.Bansal," Use of Different Forms of Waste Plastic in Concrete", J. Cleaner. Prod. 112 473–482, 2016,
- I. [12]:** M.T.Gouasmi, "Effet d'Agrégats Légers a Base de Poly Téréphtalate d'Ethylène Sur les Propriétés des Mortiers", Université d'Oran (faculté sciences exactes et appliquées), 2013,

Bibliographie

- I. [13]: R.Siddique, J.Khatib, I.Kaur, "Use of Recycled Plastic in Concrete: A review", Waste Manag. 28 (10) 1835–1852, 2008,
- I. [14]: British Plastic Federation, Polymer Thermoplastics, <https://www.bpf.co.uk>,
- I. [15]: S.Laameche, D.Mimouni, "Création d'une Entreprise de Tri et de Recyclage de Plastique et d'Aluminium", Mémoire de Master, Tlemcen, 2016,
- I. [16]: HAL, Professeur titulaire de la chaire, Yvon Pesqueux; Développement des systèmes d'organisation", Mémoire doctorat, France, juin 2016,
- I. [17]: Code de l'Environnement, partie législative, article L541-1; France, 24 déc2007,
- I. [18]: S.Bensmail, "la Problématique de la Gestion des Déchets Solide à Travers les Modes de Traitement des Déchets Ménagers et Hospitaliers : Cas de la Commune de Bejaia", Mémoire de magistère, université Abderrahmane mira de Bejaia, 2010,
- I. [19]: I.Kadour, M.Douah, "Etude de la Pollution de la Cote de 'el Ouardania' par les Déchet de plastique", Mémoire de Master, Université Aboubakr Belkaid Tlamcen, 2020,
- I. [20]: MENS, une vision incisive et éducative sur l'environnement, approche didactique et scientifique, dossier sur l'environnement « mens sana in terra sana », "le Recyclage des Plastiques, Premier Attaché à l'Office Wallon des Déchets", en France, 20 1er trimestre 2001,
- I. [21]: C.DESACHY, "Les Déchets Sensibilisation à une Gestion Ecologique", éd. TEC et DOC, 2001,
- I. [22]: N.Cherfa, "Résistance a l'Impact d'un Polypropylène Recyclé", Mémoire master, Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, 2007,
- I. [23]: A.Tahmi, S.Mahdi, "Etude de la Récupération et de la Valorisation de quelques déchets plastiques destinés à l'Emballage", Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 2020,
- I. [24]: S.Mahdi, A.Tahmi, "Etude de la Récupération et de la Valorisation de quelques Déchets Plastiques Destinés à l'Emballage,
- I. [25]: C.Germine, "plastique - déchets et recyclage", 22 aout 2019, https://www.charlesgermain.fr/blogs/news/plastique-dechets-et-recyclage*

Bibliographie

I. [26]: Guide de l'Emballage Alimentaire," Conseil de Transformation Agroalimentaire et des Produits de Consommation , « Informer, Guider et Préparer les Industriels dans leur Décisions d'Emballage », Canada, 2017,

I. [27]: M.HESTIN, "Analyse des Contraintes Juridiques et Techniques pour un Marquage des Produits portant sur les Recommandations de Tri ", ([WwW.ademe.fr](http://www.ademe.fr)), Juin 2013,

I. [28]: Gaburault , "Etude de Valorisation des Déchets Plastiques de Déchèterie", juin 2013,

I. [29]: Tietenberg et al, "Economie de l'Environnement et de Développement Durable", 6^{ème} édition, 2013,

I. [30]:idem

[31]: M.Touhami Gouasmi , " Effets d'Agrégats Légers à Base de Polytéraphthalate d'Ethylène sur les Propriétés des Mortiers", Mémoire de magister, Université d'oran Mohamed-Boudiaf USTOMB, 2013,

I. [32]: C.Marc , "Matières plastiques", Aide-mémoire, 2ème édition, Dunod, pp. 96-97,Paris, 2005, 2009*

II.[1]:C.Vincent, "Etude de L'extrusion du Polyéthylène Téréphtalate et de Ses Mélanges Non Compatibilisés avec le Polyéthylène Haute Densité", Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines Paris, 2002

II. [2]: V.Pierre, D.Florence, Ecole nationale supérieure d'ingénieurs Sud Alsace (ENSISA), l'actualité chimique n°348349 , 2011,

II. [3]: R.Arieby, Caractéristique Mécanique et Modélisation Thermodynamique du Comportement Anisotrope du PEHD , TH/DOC. Nancy. 2007,

II. [4]: "Connaissance de Polyéthylène ", Documentation technique de la société ELF ATCHEM, octobre 1995,

II.[5]: S.Sadoun, Dr.N.Zeghib,"Contribution à L'étude Experimentale d'un PEHD - effet de la température et de la vitesse de déformation",Mémoire Magister, Université Annaba,

II.[6]: M.Frontanille, Y.Gnanou, "Chimie et Physico Chimie des Polymères", 2eme et 3eme cycle école d'ingénieur,

Bibliographie

- II. [7]:** A.Lahrech, I.Boudene, "Préparation et Etude du Comportement Rhéologiques des Mélanges de PEHD (vierge et recycle) Contenant Grignon d'Olive",
- II. [8]:** M.Bouterfa, "Etude de la Détermination du Paramètre d'Intéraction Entre Deux Polymères par Voie Mécanique "Effet du Compatibilisant Sur Ce Paramètre", Mémoire magister, Université Ferhat Abbas-Setif, 2011,
- II. [9]:**R.Arieby, "Caractéristique Mécanique et Modélisation Thermodynamique du Comportement Anisotrope du PEHD ", TH/DOC, Nancy, 2007,
- II. [10]:**"Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials",ASTM E8, Norme ISO 6892 : Matériaux métalliques – Essai de traction, U.S.A ,
- II. [11]:** M.Salhla, "Caracterisation de la Géomembrane PEHD: Application à L'étanchéité d'un Bassin d'une Station d'Epuration des Eaux Usées",Mémoire fin d'études, Univ Mouloud Mammeri-Tizi Ouzou,
- II. [12]:**S.J.K. Ritchie, P. Davis , P.S, "Leevers, Brittle-Tough Transition of Rapid Crack Propagation in Polyethylene, Polymer", 1998, vol: 39,
- II. [13]:**H.H. Kausch, R Gensler, C. Grein, C.JG Plummer, P. Scaramuzzino, "Crazing in Semicrystalline Thermoplastics", Journale de macromolecules science, partie B-Physiques,1999,
- II. [14] :** D. R. Paul et J. W. Barlow, " Polymer blends or alloys ", International plastiques Exposition Conférence, Chicago, 1979,
- II. [15] :** O. Olabisi, L. M. Robeson et M. T. Shaw, " Polymer-Polymermiscibility ", Academic Presse , New York, 1979,
- II. [16] :**W. J. Work, K. Horie, al., "Definition of Terms related to Polymer BlendsComposites and Multiphase Polymeric Materials ", Pure Appl. chem., Vol. 76, N° 11,2004, pp:1985-2007,
- II. [17] :** C. Z. Chaui, K. Almadal, I. Johannsen, « Miscibility Evolution ofPolycarbonate/ Polystyrene Blends During Compounding», Poly. Eng. Sci. Vol. 42, N°5, (2002), pp: 961-968
- II. [18] :** J. E. Mcgrath, L. M. Robenson , M. Matzner, " Recent Advanced inPolymer Blends, Block and Grafts», Plenum Press, New York, 1975,
- II. [19]:** R.Oggier, "Etude de Conception d'une Unité d'Extraction d'Amidon d'Igname", Science de l'ingénieur, Orientation technologie alimentaire, Gembloux, 2007,

Bibliographie

- II. [20]:** Wurzburg, O. B., "Modified Starches: Properties and Uses", 4, CRC Press, Florida, U.S.A, 1986,
- II. [21]:** A. Dospinescu, M. Rosu, "Synthèse et Etude d'Amidons Modifiés Pour le Développement de Procédés d'Oxydation du Benzo[a]pyrène: Un Modèle de Polluant Organique Persistant", These de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 2011,
- II. [22]:** D. J. Gallant, B. Bouchet, P. M. Baldwin, "Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate polymers", 32, 177–191, 1997,
- II. [23]:** M. Al Haddad, "Contribution Théorique et Modélisation des Phénomènes Instantanés dans les Opérations d'Autovaporisation et de Déshydratation", PhDthesis, University of La Rochelle, France, 2007,
- II. [24]:** L. Copeland, J. Blazek, H. Salman, M. C Tang, "Form and Functionality of Starch", Food Hydrocolloids, 23, 1527-1534, 2009,
- II. [25]:** N. Singh, J. Singh, L. Kaur, N. Sodhi, Gill, B.S. "Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources", Food Chemistry, 81, 219-231, 2003,
- II. [26]:** K.P. Malumba, "Influence de la Lempérature Lors du Séchage sur Les Propriétés Technofonctionnelles du Maïs", Thèse de Doctorat, Université des Sciences agronomiques Gembloux. 185 p, 2008,
- II. [27]:** J.C. Cheftel et H. Cheftel, "Introduction à la Biochimie et à la Technologie des Aliments", Vol 1, Technique et Documentation-Lavoisier., 130-141, 1992, 1977,
- II. [28]:** M. Frénot et E. Vierling, "Biochimie des Aliments, Diététique du sujet bien portant, doinéditeurs", 57-65, Cndp. 2ème édition, 2001,
- II. [29]:** E. Vierling, "Aliments et boissons-Technologies et Aspects Réglementaire, Doin Editeurs", BS et T, Paris, 1998,
- II. [30]:** F. Delpeuch, J.C. Favier, R. Charbonniere, " Etude de Quelques Propriétés Physico Chimiques de l'Amidon de Diverses Plantes Alimentaires du Cameroun", 1979,
- II. [31]:** S. Huguet, "Application de Classificateurs aux Données d'Emission Acoustique : Identification de la Signature Acoustique des Mécanismes d'Endommagement dans les

Bibliographie

Composites à Matrice Polymère ", Thèse Doctorat, Institut national des sciences appliquées-Lyon, 2002,

II. [32]: M.Hernandez A Vila, " Etude de Mélanges Tertiaires Epoxyde/PMMA/ Montmorillonite: Elaboration, Contrôle de la Morphologie et des Propriétés ", Thèse Doctorat ,Ecole doctorale matériaux-Lyon, 2007,

II. [33]: M.Pracella, D.Chionna, I.Anguillesi, Z.Kulinski, E.Piorkowska, "Fictionalization, Compatibilization and Properties of Polypropylene Composites With Hemp Fibers", Composites Science and Technology 66, 2218–2230, 2006,

II. [34]:D.Sedan, "Etude des Interactions Physico-Chimiques aux Interfaces Fibres de Chanvre/Ciment: Influence sur les Propriétés Mécaniques du Composite", Thèse de doctorat, Université de Limoges, 2007,

II. [35]: F.Michaud, "Rhéologie de Panneaux Composites Bois/Thermoplastiques Sous Chargement Thermomécanique : Aptitude au Postformage", Thèse de doctorat, université laval Québec-Canada et université Bordeaux-France, 2003,

II. [36]: P.Bono, "Fibres Végétales dans les Matériaux: Quelles Ressources Disponibles, Quelles Performances, Pour Quelles Applications ? ", Fibres Recherche Développement –Troyes-France, 2012,

II. [37]: R.Rezgui, D.Rezgui, "Influence des Fibres Naturelles sur les Propriétés Mécaniques et Dynamiques des Composites à Base de PVC (cas DPLF-noix d'olives)", Mémoire de master II, Université Mohamed Khider-Biskra, 2018,

II. [38]: A.Sebban, A.Bahloul, M.Saadoune, A.Ait Kassi, M.Berrada, J.-L.Pineau, S.Kitane "Schema de Valorisation des Grignons d'Olives Produits par les Maasras Marocaines", Faculté des Sciences Ben M'Sik-Casablanca, Maroc, CNRS ENS Géologie - Vandœuvre-les-Nancy, École nationale de l'industrie minérale, Rabat, Maroc.

III. [1]: Dr.L.Bouchlaleg, "Cour Dégradation Polymers", Université Batna, 2020,

III. [2]: Y.Dong, "Vieillissement des Cordes D'assurance Utilisées de Protection contre les Chutes de Hauteur" ,Mémoire, Ecole de technologie supérieure, Le 14 Octobre 2013,

Bibliographie

III. [3]: F.Audrey, "Caractérisation de l'Effet du Vieillissement en Milieu Aqueux sur les Propriétés Mécaniques de Composites à Matrice Elastomère",Mémoire de magister,Université de montréal école polytechnique de montréal,Avril 2013,

III. [4]: B.Gasmi, "Influence du Vieillissement Naturel et Artificiel sur les Propriétés Mécaniques du polyamide PA 6-6 , Mémoire de fin étude, Université du 8 mai 1945, Guelma,2020,

III. [5]: Dr L.Bouchlaleg," Dégradation et Stabilisation des Polymères" ,Cour Chapitre 2 Dégradation des Polymère Master 1 , Université Batna 2,1 septembre 2020,

III. [6]: J.Vohlidal, "Polymer Dégradation" Review article, Département physical and macromolecular chemistry, faculty of sciences, charles university, CZ-128 43 praha 2, m Czech republic, email:Vohlidal@nature.ceni. cz

III. [7]: U. Pagga, D.B.Beimborn, M.Yamamoto,"Biodegradability and Compostability of Polymers-est Methods and Criteria for Evaluation", J.Onviron ,Polym ,Degrade Vol 4 No3 173-178, 1996,

III. [8]: J.Verdu, " Vieillissement Chimique des Plastiques : Aspects Généraux", Techniques de l' Ingénieur,

III. [9]: J.P.Mercier,Ernest maréchal, " Chimie des Polymères » ,Vol.13,chap.10, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes ,1993,

III. [10]: S. Kinzy ,R .Falcone , "Thermogravimétric Analysis of Polymers",dans: H. Labo and J.V.Bonilla (Ed.) ,livrer de "lastics Analysis" ,Marcel Dekker ,New York, 2003,

III. [11]: M.Mairesse ,J.M.Petit," Service Risque Chimique et Protection Individuelle", J.Chéron , " Service Controle des Produits", M.Falcy,"Service Etudes et Assistance Médicales",INRS, Paris.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Dans ce travail trois différents mélanges, contenant chacun 80 % de PEHD vierge et de 20 % de PEHD recyclé, ont été préparés dans un mélangeur interne (Brabender) à la température de 180 °C et durant un temps de 10 min.

Le présent travail a pour objectifs l'étude des effets induit par l'incorporation de faible quantités simultanément de l'amidon de l'ordre de 1, 2 et 3 pcr et de grignon d'olive égale à 0.5, 1 et 1.5 pcr sur les propriétés rhéologique, physiques et de biodégradabilité de ces composites à base de PEHD vierge et recyclé.

De cette partie, il peut être conclu que:

- La forme des rhéogrammes obtenus sont identiques pour tous les mélanges préparés,
- Des couples qui sont élevés ont été enregistrés d'où une consistance du matériau.

Les résultats obtenus de l'étude faite sur le fluidimètre montrent que:

- Des indices de fluidités jugés faibles ont été obtenus et l'addition de ces deux charges bio a apporté une légère amélioration à écoulement du matériau. La combinaison entre les particules d'amidon et les fibres de grignons d'olive diminue légèrement la consistance du matériau et diminue la viscosité et rend le matériau plus ductile.

Les résultats obtenus du test de gonflement montrent que l'imperméabilité de l'eau dans la matrice de ce biopolymère élaboré augmente légèrement avec l'augmentation de l'ajout des quantités d'amidon et de fibre de grignon d'olive ce qui conduit à une meilleure dispersion de faible quantité des deux charges dans la matrice.

Les résultats de l'analyse FT-IR n'ont pas mis en évidence des variations notables sur la structure des composites. Cela garantit qu'aucune réaction chimique ne se produit pendant le processus de mélange. Effectivement, nous avons d'une part les matrices thermoplastiques qui sont de nature hydrophobe et d'autre part la nature hydrophile des charges et fibres végétales, cette différence de nature entraîne une mauvaise et faible adhésion matrice-renfort.

Aussi les résultats de vieillissement naturel montrent qu'aucun changement de couleur ou de forme n'a été remarqué sur les différents échantillons.

Perspectives

Comme perspectives et pour bien mener à terme le travail, nous proposons de mener d'autres études sur des mélanges en faisant varier les compositions de PEHD vierge et recyclé respectivement de 50/50 %, 20/80 %, 35/65 % et 65/35 %. Aussi, pour une meilleure compréhension des interactions charge/ charge et matrice/charge, une étude morphologique à la microscopie électronique pourra éventuellement être utilisée.