

# Université Mohamed Boudiaf - M'sila

FACULTE DE SCIENCES  
DEPARTEMENT DE CHIMIE



Numéro de série.....

Numéro d'inscription.....

## Mémoire

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

## Master

Spécialité : Chimie

Option : Chimie de l'environnement

## THEME

---

**Etude de la récupération et de la valorisation de quelques  
déchets plastiques destinés à l'emballage**

---

Présenté par :

**MAHDI SELMA**

**TAHMI Amina**

Soutenu devant le jury composé de:

**Président**

**M. DJEHICHE**

**Rapporteur**

**SEGHOUANI-ALLIA HOURIA**

**Examineur**

**MELOUKI AZZEDINE**

Année Universitaire : **2019/2020**

# Dédicace

## *Selma*

*Louange à Dieu par-dessus tout*

*A celle qui a été comme une bougie qui fond pour m'éclairer les chemins de la vie depuis ma naissance et dont les mots sont insuffisants pour exprimer ma gratitude, ma reconnaissance et mon profond amour. A vous chère mère. \*Malika\**

*A celui qui m'a toujours encouragée et soutenue moralement et matériellement, celui qui m'a donnée de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie, mon très cher père \*ABD EL Aziz\**

*A mon frère \*Kossey\* et ma sœur \*sadjida\**

*Ames grands-parents, mes oncles et tantes*

*A tous mes amis (e)*

*A tous mes enseignants du primaire à l'université.*

*A tous ceux qui m'ont fait un jour un peu de bien et de bonheur*

***Je dédie ce modeste travail***

## *Amina*

***A : mes très chers parents ;***

*A mon mari, Saadi qui m'a encouragé et soutenu du début jusqu'à la fin ;*

*A Mes frères et mes sœurs qui m'ont encouragé pour finir mon travail dans les meilleures conditions.*

***Je dédie ce modeste travail***

# *Remerciements*

Avant tout, nous adressons mes remerciements en premier lieu, à Allah le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'Il nous a donné durant toutes ces longues années de formation.

Nous voudrions exprimer, par ce modeste travail, notre gratitude, notre reconnaissance, notre considération et nos grands remerciements à notre encadreur Mme **SEGHOUANI ALLIA HOURIA** Pour tous les efforts soutenus qu'elle n'a jamais cessé de fournir, et ses précieux conseils et qu'elle nous généreusement donnés, malgré les circonstances, Et M. **MELOUKI Azzedine** pour avoir suivi notre travail avec une attention soutenue, pour leur générosité et pour leur qualités scientifiques et humaines qui nous ont beaucoup aidé et guidé tout au long notre recherche.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous sont chères, en particulier nos parents et tous les membres de notre famille pour l'aide, la confiance et le soutien dont ils ont fait preuve tout au long de ces dernières années.

## **TABLE DES MATIERES**

Dédicace .....	I
Remerciements .....	II
Liste des figures .....	VI
Liste des tableaux.....	VI
Introduction .....	2

### *CHAPITRE I :Etudes et rappels bibliographiques*

<b>I.1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2 Définition de déchet.....</b>	<b>7</b>
<b>I.3 Classification de déchet.....</b>	<b>8</b>
I.3.1 Distinction en fonction de l'activité à l'origine du déchet .....	8
I.3.2 Distinction en fonction de la nature du déchet .....	9
I.3.3 Distinction en fonction du mode (filère) de traitement des déchets .....	10

### *CHAPITRE II : Généralités sur la matière plastique*

<b>II.1 I Définition des plastiques .....</b>	<b>12</b>
<b>II.2 Historique .....</b>	<b>12</b>
<b>II.3 La chimie du plastique.....</b>	<b>15</b>
<b>II.4 Les molécules de base .....</b>	<b>16</b>
II.4.1 Constitution des plastiques de polymérisation .....	16
II.4.2 Constitution des plastiques de polycondensation.....	17
<b>II.5 Fabrication du plastique.....</b>	<b>17</b>
II.5.1 Les Additifs utilisés pour la fabrication du plastique .....	20
II.5.2 Fabrication de plastiques aux propriétés variées .....	21
<b>II.6 Familles de plastiques et leurs usages .....</b>	<b>22</b>
<b>II.7 Les techniques d'identification des matériaux plastiques .....</b>	<b>27</b>
<b>II.8 Les transformations de plastique .....</b>	<b>32</b>
<b>II.9 Proprietes Des Matieres Plastiques .....</b>	<b>40</b>
<b>II.10 Interets Des Matieres Plastiques .....</b>	<b>41</b>

II.10.1 Avantages et inconvénients des matières plastiques .....	41
II.10.2 Domaines d'applications des matières plastiques .....	41

### ***CHAPITRE III : les emballages alimentaires***

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>44</b>
<b>III.2 Définition .....</b>	<b>44</b>
<b>III.3 Les différents types d'emballages .....</b>	<b>45</b>
<b>III.4 Les fonctions de l'emballage .....</b>	<b>45</b>
<b>III.5 Emballage alimentaire et santé.....</b>	<b>46</b>
III.5.1 La conservation des aliments .....	47
<b>III.6 Rôles de l'emballage alimentaire .....</b>	<b>51</b>
III.6.1 Rôle technique de l'emballage.....	51
III.6.2 Rôle marketing de l'emballage (création) .....	52
<b>III.7 Emballage en plastique .....</b>	<b>53</b>
<b>III.8 Législation alimentaire de l'emballage .....</b>	<b>55</b>

### ***CHAPITRE IV: Etude Le recyclage et valorisation du plastique***

<b>IV.1 Généralités .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.2 Historique .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.3 Définition du recyclage.....</b>	<b>59</b>
<b>IV.4 Les objectifs de recyclage .....</b>	<b>59</b>
<b>IV.5 Les principes du recyclage .....</b>	<b>60</b>
<b>IV.6 Les facteurs influençant le recyclage du plastique .....</b>	<b>61</b>
<b>IV.7 Les procédés de recyclage .....</b>	<b>61</b>
IV.7.1 le recyclage mécanique .....	62
IV.7.2 le recyclage chimique.....	62
IV.7.3 Le recyclage post-dissolution .....	62
<b>IV.8 Les différentes étapes du processus de recyclage .....</b>	<b>63</b>
IV.8.1 Processus de recyclage du plastique .....	65
<b>IV.9 Valorisation des emballages plastiques.....</b>	<b>68</b>
IV.9.1 La valorisation énergétique .....	68

IV.9.2 La valorisation mécanique.....	69
IV.9.3 La valorisation chimique .....	70
<b>IV.10 Critère à prendre en compte pour le recyclage des emballages en plastiques .....</b>	<b>71</b>
IV.10.1 Les composés ajoutés lors de la mise en œuvre.....	71
<b>Conclusion .....</b>	<b>74</b>
<b>References Bibliographiques .....</b>	<b>76</b>

## Liste des figures

Figure II.1 Structure chimique de polymères (D'après Krueger et al, 2015).....	15
Figure II.2 Les étapes de fabrications du plastique. ....	18
Figure II.3 Organigramme Des Essais.....	31
Figure II.4 Procédé de calandrage.....	33
Figure II.5 Principe Du Thermoformage .....	33
Figure II.6 Procédé Injection .....	35
Figure II.7 Procédé d'injection soufflage. ....	35
Figure II.8 Le procédé d'extrusion.....	36
Figure II.9 Procédé Extrusion soufflage.....	37
Figure II.10 Principe d'extrusion Gonflage .....	38
Figure II.11 Procédé d'expansion moulage .....	39
Figure III.1 Emballage plastique destinée au denrées alimentaires. ....	53
Figure IV.1 la chaine de recyclage.....	60
Figure IV.2 les différents procédés de recyclage des matières plastiques.....	61
Figure IV.3 stockages des balles. ....	65
Figure IV.4 Procédée de régénération des matières plastiques.....	69
Figure IV.5 Procédé de recyclage en produits finis.. ....	70

## Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques et usage des Thermoplastiques .....	24
Tableau .2 Caractéristiques et usage des Thermodurcissables .....	25
Tableau .3 Caractéristiques et usage des Alastomeres.....	27
Tableau 4 : rôles de l'emballage.....	51
Tableau 5 - Nomenclature et champ d'application des plastiques.....	54
Tableau 6 : Compatibilité et l'incompatibilité de l'association des matériaux plastique.....	71



---

# **Introduction**

---

## Introduction

La question de la gestion de déchet plastique est de plus en plus présente dans la problématique environnementale actuelle en Algérie. Les plastiques sont omniprésents dans notre vie. Ce sont des matières extrêmement pratiques et agréables. Les industries, surtout celles de haute technologie comme l'aérospatiale, la médecine, l'informatique et les télécommunications, dépendent de la mise au point de nouvelles matières plastiques. Par ailleurs, le pétrole brut est la principale matière première du plastique recyclé [1].

Le problème des déchets plastiques est un phénomène qui a une influence sur la santé publique, la qualité de l'environnement, et le milieu économique. Son enfouissement signifiait la préservation des matières nocives pour toujours [2]. Alors il faut obligatoirement trouver un moyen pour éviter les grands problèmes de déchet plastique, par le recyclage de déchet plastique puisque la technique de recyclage ayant plusieurs profits de la part de l'environnement et les économies.

Le recyclage ou la revalorisation des déchets plastiques pour le développement de nouveaux matériaux de construction tels que les composites cimentaires, apparaît comme l'une des meilleures solutions pour l'élimination des déchets plastiques, en raison de ses avantages économiques et écologiques. Un vaste travail a déjà été fait sur l'utilisation des déchets comme le polyéthylène téréphtalate (PET), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène haute densité (PEHD), thermoplastique, les déchets broyés et recyclés en plastique, mousse de polystyrène expansé (PSE), plastique renforcé de verre (PRV), en polycarbonate, mousse de polyuréthane, le polypropylène [2].

L'objectif visé par le travail présenté dans le cadre de cet mémoire est l'étude de la récupération et de la valorisation de quelques déchets plastiques destinés à l'emballage. Le mémoire est structuré autour de quatre chapitres organisés de la façon suivante :

Dans le premier chapitre est consacré à une bibliographie relative au déchet (une petite introduction, définition des déchets, classification des déchets).

Le deuxième chapitre est consacré à des généralités sur la matière plastique (définition du plastique, historique, la chimie du plastique, les molécules de base, fabrication du plastique, les familles de plastiques et leurs usages, la technique d'identification des matériaux plastiques, les transformations de plastique, propriétés des matières plastiques, intérêts des matières plastiques).

Dans le troisième chapitre de ce travail, nous présentons les emballages alimentaires (introduction, définition, les différents types d'emballages, les fonctions de l'emballage, emballage alimentaire et santé, rôles de l'emballage alimentaire, emballage en plastique, législation alimentaire de l'emballage.)

Enfin le quatrième chapitre de ce travail, présente le recyclage et la valorisation du plastique (historique, définition du recyclage, les objectifs de recyclage, les principes du recyclage, les facteurs influençant le recyclage du plastique, les procédés de recyclage, les différentes étapes du processus de recyclage, valorisation des emballages plastiques, critères à prendre en compte pour le recyclage des emballages en plastique .)

Le mémoire est terminé par une conclusion et des perspectives pour d'éventuels travaux futurs.

---

*CHAPITRE I*

*ETUDES ET RAPPELS*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

---

## I.1 Introduction

Il est possible de considérer le déchet comme étant un des analyseurs possibles du fonctionnement d'une société dans la mesure où ils sont représentatifs de rapports sociaux, de différences de classes, de la dualité hommes / femmes (les déchets masculins peuvent être substantiellement différents des déchets féminins), des différences culturelles entre sociétés (cf. l'archéologie des poubelles du paléolithique) ou encore des conceptions de l'hygiène venant fonder la différence entre le propre et le sale, le sale étant la première étape d'une sorte de cycle de vie du déchet.

La référence au déchet est un prisme qui permet d'entrer dans la double dimension de l'équilibre et de l'harmonie d'une société. Il est possible d'avancer l'hypothèse que la perception et la relation que nous avons par rapport au déchet dépend du contexte social, économique et culturel. « Dis-moi ce que tu jettes, je te dirai qui tu es »

De plus, le déchet est lié aux moyens mis en place à un lieu et à un moment donné pour s'en débarrasser. Dans les sociétés de consommation de masse, le déchet est généralement perçu comme une production normale. En dualité, dans les pays en développement, les déchets sont souvent considérés comme une ressource et comme un moyen d'obtenir un revenu pour ceux qui les ramassent. [3]

Et dans laquelle le critère d'« inutilité » ou « utilité » est déterminant (une première frontière). C'est ce franchissement qui fonde aujourd'hui le passage d'un statut de bien privé gratuit vers un bien public valorisable (le monde à l'envers !) (une deuxième frontière). C'est ce qui fonde la trilogie « récupérer – recycler - valoriser ». Une fois considéré par son propriétaire comme inutile le bien devenu déchet privé devient par rejet un bien public. Il est alors le plus souvent placé sur la voie publique et y reste jusqu'à ce que les services ad hoc ou le temps et les éléments l'emmènent vers une autre destination. Dans le cadre de la propriété individuelle, « l'espace public fonctionne comme une périphérie de l'habitat, reçoit les déchets et les fait s'évanouir, sous l'effet de la pluie ou de la circulation» [4]

Une autre ambiguïté inhérente à la notion de développement durable naît du statut des déchets au regard de ses logiques. D'abord, la notion de déchet, pour être valide, se fonde sur l'existence d'un intérieur et d'un extérieur (une troisième frontière), le déchet étant ce qui franchit la frontière de l'intérieur pour aller vers l'extérieur comme s'il s'agissait d'un retour à la nature. En franchissant cette frontière, il cesse d'être la propriété de celui qui le rejette. Ce processus de passage nourrit la dualité « vouloir – culpabilité » (une quatrième frontière), mauvais vouloir quand il s'agit de rejeter sans autre forme de procès, bon vouloir quand il s'agit

de trier, de conditionner. C'est donc un rejet. Cette notion est donc implicitement propriétaire, le propriétaire étant un mode de construction de cette frontière, le déchet étant ce qui franchit la frontière du privé (comme résultat d'une démarche structurée) pour aller vers la place publique (où il devient non structuré). C'est le passage entre ces deux univers qui en fonde la genèse et le cycle de vie. [3]

Loin du regard de son détenteur, son devenir le préoccupe peu. Ce n'est qu'au regard des avancées législatives locales et des travaux normatifs du type de ceux initiés par l'OCDE sur la Responsabilité Elargie du Producteur (REP) qu'il est question de restaurer la responsabilité privative (au producteur du déchet) par extensivité des législations de type « pollueur – payeur » qui se sont développées pour les activités industrielles et agricoles. De façon réciproque, lorsqu'il est récupéré dans une décharge par un récupérateur ou à travers un cycle de valorisation formel, le déchet ainsi recyclé peut revenir dans la sphère privée (une privatisation). [3]

Le déchet implique le « ramassage – collecte » c'est-à-dire un processus de type « ramassage par chargement – décharge par déversement ». C'est ce processus qui fonde aujourd'hui l'idée du passage du ramassage (le processus qui consiste à prendre les déchets et qui va être fondamentalement lié à leur nature) à la collecte, cette seconde dénomination contenant en germe l'idée de valorisation. C'est avec le processus de ramassage qu'il est question de technologie venant lier poubelles (ou non), objets encombrants, déchets « verts » ou végétaux, déchets toxiques, mode de ramassage, décharge, incinération (ou non). Traditionnellement, le déchet est un objet considéré comme sale ou inutile dont il faut se débarrasser, et l'éloigner de l'espace privé propre et qui se trouve ainsi purifié

Le déchet n'est pas seulement la déjection qui est incontournable et qui est traitée en tant que telle. La notion vaut avec celle de rebut, une forme spécifique de déchet qui est marquée par l'idée que l'on n'en veut plus, qu'il faut s'en débarrasser. C'est à partir de là que les thématiques de la récupération, de la réutilisation et du recyclage tentent de construire un retour de l'extérieur vers l'intérieur. Il est beaucoup moins question, dans ces logiques, de les réduire [3].

## I.2 Définition du déchet

Généralement, Plusieurs termes coexistent pour circonscrire 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, pelures, 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 déchets.

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 [5].

L'Union Européenne en propose la définition suivante : « any substance or object which the holder discards or intends or is required to discard » [3]

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 » [6].

Le déchet, substance d'apparence peu noble, véhicule des dangers d'infection non négligeables. 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 transfrontaliers 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 [7].

### **I.3 Classification de déchet**

Les déchets peuvent être solides, liquides ou gazeux. Ils peuvent être dangereux ou non dangereux. Ils peuvent aussi être classés selon leur provenance ou leur composition et leurs propriétés physiques et chimiques [7].

On peut classer les déchets selon plusieurs critères : en fonction de l'activité à l'origine du déchet, en fonction de la nature du déchet, en fonction du mode (filière) d'élimination du déchet.

#### **I.3.1 Distinction en fonction de l'activité à l'origine du déchet**

- Les déchets ménagers et assimilés :

Les déchets ménagers et assimilés sont les déchets produits par les ménages, les commerçants, les artisans, et même les entreprises et industries quand ils ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant : papiers, cartons, bois, verre, textiles, emballages. Ces déchets sont collectés par la commune si, eu égard à leurs caractéristiques et aux quantités produites, ils peuvent être éliminés sans sujétions techniques particulières et sans risques pour les personnes ou l'environnement

- Les déchets industriels :

Les déchets industriels non dangereux ou "banals". Ce sont les déchets des entreprises non dangereux qui sont aussi appelés "déchets assimilés aux déchets ménagers. Les déchets industriels dangereux ou "spéciaux". Ce sont les déchets des entreprises qui, en raison de leurs propriétés dangereuses, ils ne peuvent pas être déposés dans des installations de stockage recevant d'autres catégories de déchets.

- les déchets agricoles :

Sont les déchets issus de l'activité agricole. Il s'agit essentiellement de déchets organiques comme les déjections des animaux, les déchets de culture, etc.

- les déchets d'activité de soins de santé :

Se sont les déchets issus des hôpitaux et les autres établissements de soins, les laboratoires et les centres de recherches, les morgues et les centres d'autopsie, les banques de sang et les services de collecte de sang.

### **I.3.2 Distinction en fonction de la nature du déchet**

- Dans Les déchets dangereux :

Les déchets sont considérés comme dangereux s'ils présentent une ou plusieurs des propriétés suivantes : explosif, comburant, inflammable, irritant, nocif, toxique, cancérigène, corrosif, infectieux, toxique pour la reproduction, mutagène, écotoxique.

- Les déchets toxiques en quantités dispersées :

Sont des déchets dangereux produits en petites quantités par les ménages, les commerçants ou les PME (garages, coiffeurs, laboratoires photo, imprimeries, laboratoires de recherche...). Il peut s'agir de déchets banals souillés (chiffons, cartons,...), piles, résidus de peinture, etc.

- Les déchets non dangereux :

Les déchets non dangereux sont les déchets qui ne présentent aucune des caractéristiques relatives à la "dangerosité" mentionnées ci-dessus (toxique, explosif, corrosif, ...). Ce sont les déchets "banals" des entreprises, commerçants et artisans (papiers, cartons, bois, textiles...) et les déchets ménagers.

- Les déchets inertes :

Sont des solides minéraux qui ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante : pavés, gravats, carrelage. Ils proviennent des chantiers du bâtiment et des travaux publics, mais aussi des mines et des carrières.

- Les déchets ultimes :

Est ultime un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux.

### **I.3.3 Distinction en fonction du mode (filière) de traitement des déchets**

- Les déchets biodégradables ou compostables :  
Comme les résidus verts, boues d'épuration des eaux, restes alimentaires.... Ces déchets sont au moins pour partie détruits naturellement, plus ou moins rapidement, en général par les bactéries, champignons et autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques laissant des produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la nature, parfois néanmoins contaminés par certains résidus.
- Les déchets recyclables :  
Comme le verre, métaux, matières plastiques. Ces déchets peuvent être réutilisés tels quels dans d'autres domaines ou recyclés.
- Les déchets ultimes :  
Les déchets qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment. Eux seuls devraient être mis en décharge.
- Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux :  
dont font partie les déchets toxiques, les déchets radioactifs et déchets nucléaires qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité.

---

***CHAPITRE II***  
***GENERALITES SUR LA MATIERE PLASTIQUE***

---

## II.1 Définition des plastiques

Le terme plastique est généralement utilisé pour décrire un large éventail de matériaux synthétiques ou semi-synthétiques qui sont utilisés dans un éventail très étendu d'applications. Où que vous posiez les yeux, vous trouverez des plastiques. Nous utilisons des produits à base de plastiques pour rendre nos vies plus propres, plus faciles, plus sûres et plus agréables. Nous retrouvons des plastiques dans les emballages, les vêtements, les constructions, les appareils médicaux, les véhicules, les Smartphones, ....

Les plastiques sont des matières organiques tout comme le bois, le papier ou la laine. Les matières premières utilisées pour produire les plastiques sont des produits naturels comme la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien entendu, le pétrole brut. Les plastiques sont devenus le matériau moderne par excellence parce qu'ils permettent d'équilibrer les besoins d'aujourd'hui et les préoccupations environnementales.

Le terme "plastique" provient du mot grec "plastikos", qui signifie prêt à être moulé. Il fait référence à la malléabilité du matériau, sa plasticité durant sa fabrication, qui permet qu'il soit moulé, pressé, extrudé pour prendre les formes les plus diverses : des films, des fibres, des disques, des tubes, des bouteilles, des boîtes et tant d'autres encore [8].

## II.2 Historique

L'utilisation de matières plastiques remonte à l'antiquité : les égyptiens employaient des colles à base de gélatine d'os, de caséine de lait, d'albumine d'œuf, ... Plusieurs siècles av. J.C ; les hommes utilisaient les propriétés plastiques de la corne, des écailles de tortue, de l'ambre, du caoutchouc, ... chauffés et moulés pour fabriquer de nombreux objets [9].

Cependant, à partir de la fin du XIXe siècle débute la mise au point de nouvelles matières : les plastiques semi-synthétiques faits de polymères naturels modifiés chimiquement par des produits chimiques.

**1839** : Découverte de la vulcanisation, chauffage prolongé avec du soufre rendant le caoutchouc naturel beaucoup plus résistant à la chaleur, tout en lui conservant son élasticité aux basses températures. (Charles Goodyear)

**1862** : Fabrication de l'un des plus anciens plastiques artificiels, la Parkésine, à partir de cellulose des végétaux (Alexander Parkes). Présentée lors de l'Exposition universelle de Londres en 1862

**1869** : Fabrication d'un matériau de substitut à l'ivoire d'éléphant : le celluloïd (nitrate de cellulose végétale avec un agent plastifiant, le camphre). (A. Parkes et John Hyatt). Longtemps utilisé pour la fabrication des balles de tennis de table et des pellicules cinématographiques. Très inflammable, il n'est quasiment plus utilisé aujourd'hui.

**1884** : Premier fil artificiel à partir d'acétate de cellulose: viscose ou « soie artificielle » (Hilaire de Chardonnet). Remplace bas et sous-vêtements faits alors en coton et en laine.

**1889** : Fabrication de la « pierre de lait » par durcissement de la caséine du lait avec du formol (du chimiste français Jean-Jacques Trillat)

**1897** : Galalithe. Fabriquée à partir de caséine. Plus dure que la corne, plus brillante que l'os, colorable, elle sera très utilisée : manches de couteaux, boules de billard, boutons, bijoux fantaisie, stylos... (W. Krische et chimiste autrichien A. Spitteler)

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la fabrication de plastiques à partir de polymères naturels (cellulose et caséine notamment) fait place à la synthèse de nouvelles matières plastiques entièrement synthétiques. Les besoins militaires des première et seconde guerres mondiales entraînent un développement industriel et technologique de cette chimie de synthèse.

Depuis, les matériaux plastiques se développent et accompagnent l'histoire contemporaine.

**1907** : Fabrication du plus ancien plastique synthétique, la bakélite (phénoplaste composé de phénol-formaldéhyde) aux nombreuses propriétés mais aux couleurs opaques, ternes et brunâtres. Utilisée à l'époque pour les boîtiers de téléphone, poignées de casserole, prises électriques, cendriers,... (Belge L. H. Baekeland)

**1908** : Fabrication du premier matériau souple et parfaitement transparent : la cellophane (chimiste suisse J. Brandenberger)

**1926** : Départ du succès commercial du PVC (polychlorure de vinyle), fabriqué à partir de 57 % de sel et de 43 % de pétrole grâce à des additifs qui le rendent plus plastique (W. Semon).

**1927** : Fabrication de PMMA (polyméthacrylate de méthyle) remplaçant le verre pour des vitres incassables (O. Röhm et Haas, société IG Farben)

**1930** : Débuts de la fabrication industrielle du Polystyrène

**1933** : polyéthylène basse densité (PEBD) (ingénieurs E. Fawcett et R. Gibson). Utilisé comme isolant électrique performant pour protéger les câbles des radars.

**1935** : polyamide, fibre annoncée comme « aussi solide que l'acier, aussi fine que la toile d'araignée, et d'un magnifique éclat » du pont de Nemours. Ce plastique présente un coefficient de friction faible et fait ses preuves dans les parachutes des G.I. lors du débarquement de 45. Il sera utilisé dans la confection de bas.

**1937** : premiers polyuréthanes (Otto Bayer), utilisés comme adhésifs, « mousses » pour matelas et coussins, sièges d'automobile, ...

**1938** : poly tétra fluor éthylène (Téflon), isolant avec excellente résistance chimique et thermique (jusqu'à 250 °C avec pointes possibles à 300 °C). Sert dans l'industrie nucléaire militaire puis recouvre vers 1960 les poêles à frire (pouvoir antiadhésif) et est présent dans des tissus techniques (goretex,...) (Roy Plunkett, chimiste de Du Pont de Nemours)

**1940 et 41** : fabrication du silicone et du Caoutchouc synthétique qui répond aux besoins en matières premières des pays en guerre pendant la seconde guerre mondiale

Après la Libération en 1945 et avec les années 50, la consommation de masse et la diversification crée une explosion des demandes et confortent l'essor de cette industrie nouvelle. Les matières plastiques seront essentiellement fabriquées par la pétrochimie, à partir du pétrole ou du gaz naturel. Les usages sont très variés et entrent « dans les petits objets de la vie de tous les jours ».

**1949** : Les plastiques « mélamine-formol, MF » (Formica) découverts en 1941 envahissent les cuisines et le mobilier.

**1950** : polyester. Le plus connu est le polytéréphtalate d'éthylène : PET, PETE (John Rex Whinfield et James Tennant Dickson).

**1953** : polyéthylène haute densité (PEHD) par polymérisation de l'éthylène sous pression modérée (chimiste allemand Karl Ziegler, prix Nobel de chimie en 1963)

**1953** : polycarbonate (PC), plastique très transparent et extrêmement résistant aux chocs (a équipé le casque des astronautes pour la mission Apollo 11 en 1969 !) (Chercheurs Bottenbruch, Krimm et Schnell de Bayer AG)

**1954** : polypropylène (PP) (chimiste italien Giulio Natta, prix Nobel de chimie en 1963)

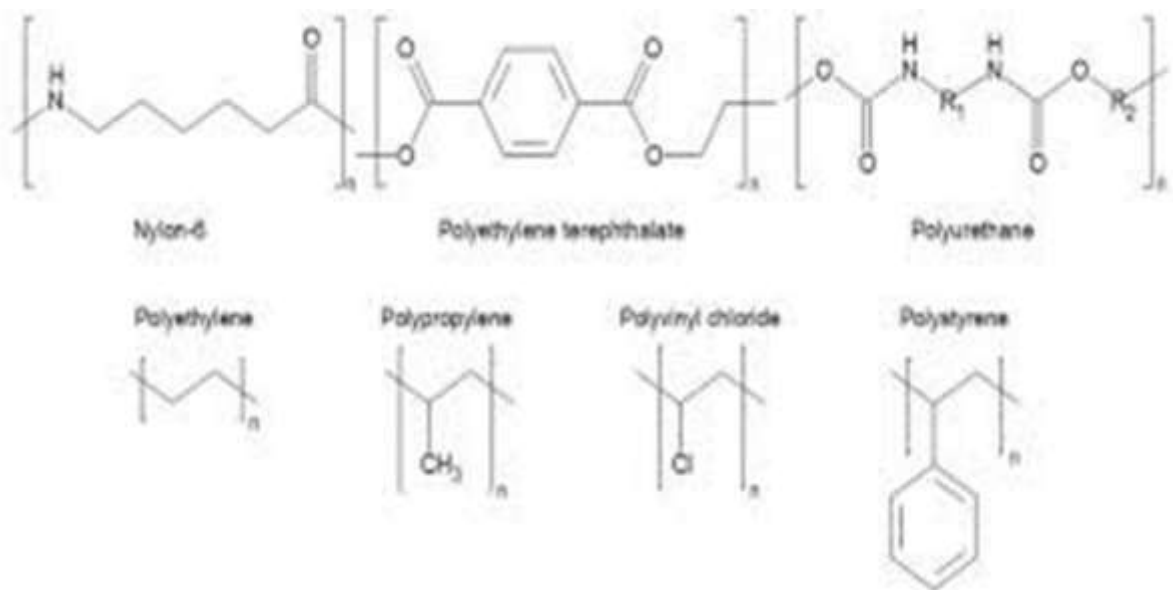
**1961** : polyuréthane thermoplastique (Estane) (BF Goodrich).

**1965** : polyamide léger et particulièrement résistant à la déchirure, aux chocs, au feu et à la corrosion (Kevlar). (Stephanie Kwolek et H. Blades de Du Pont de Nemours)

### II.3 La chimie du plastique

Les plastiques sont des polymères constitués d'enchaînement de groupes identiques d'atomes, les monomères. Ce sont donc des macromolécules qui sont d'ailleurs très grandes comparées à celles constituant les produits organiques courants [10].

Celles-ci sont principalement constituées de carbone, d'hydrogène, de silicium, d'oxygène, de chlore et d'azote [11]. Les polymères peuvent aussi comporter des monomères de natures différentes. Ils sont alors appelés copolymères, en opposition avec les homopolymères. Cette chaîne peut aussi comporter des ramifications. La structure chimique de certains polymères est reprise à la Figure 1.



**Figure II.1** Structure chimique de polymères [11].

La nature de la chaîne principale va en grande partie déterminer les propriétés mécaniques de la matière. Par exemple, les rotations autour des liaisons C-C sont plus aisées sans encombrement, c'est-à-dire avec de petits groupes latéraux. Cela donnera une plus grande souplesse à la matière. La présence de liaisons doubles C=C ou l'interaction avec les molécules voisines peuvent aussi diminuer cette souplesse.

Les polymères de synthèse ne sont pas tous produits avec la même longueur de chaîne dans un même échantillon. Les propriétés physiques du plastique dépendant de cette longueur, il est important d'en connaître la distribution. Au niveau de la structure, deux types de polymères peuvent être distingués :

les polymères amorphes, de masse moléculaire souvent élevées et les polymères semi-cristallins, pour lesquels un ordre cristallin est observé aux rayons X, qui présentent une plus grande cohésion et qui sont moins déformables [10].

## II.4 Les molécules de base

A part les plastiques naturelles, on distingue aussi les plastiques de polymérisation et les plastiques de polycondensation [15]

### II.4.1 Constitution des plastiques de polymérisation

La plupart des plastiques de polymérisation dérive des composés vinyliques de formule générale :

$\text{CH}_2 = \text{CH-X}$  avec **X** : radical variable

**Exemple:** si le radical est du chlore, on obtient du chlorure de vinyle.

Le degré de polymérisation désigne le nombre de motifs monomères présents dans une molécule, pouvant atteindre 1600 à 2000. La température, la pression, la nature et la quantité du catalyseur ont une influence sur le degré de polymérisation.

Les réactions de polymérisation sont des réactions en chaîne dans laquelle on distingue trois phases :

- **Phase d'activation :**

Apparition des molécules sous l'action d'un catalyseur ou à la lumière. C'est une phase lente par rapport aux autres phases.

- **Phase de propagation :**

C'est la formation des macromolécules par addition successive des molécules monomères.

- **Phase d'interruption :**

On interrompt la réaction à l'aide de la désactivation par dédoublement ou de la désactivation par transfert d'un atome d'hydrogène d'une molécule à l'autre.

### II.4.2 Constitution des plastiques de polycondensation

La condensation est l'union de deux molécules avec élimination de l'eau. Ainsi, on a la relation suivante :



Il y a deux manières de condenser les molécules : la polycondensation à partir d'un seul corps aboutissant à des composés monodimensionnels et à des polycondensations à partir de deux corps donnant naissance à des corps bidimensionnels. Les macromolécules tridimensionnelles sont obtenues si l'une des molécules comporte trois groupements fonctionnels.

### II.5 Fabrication du plastique

Dans Les plastiques sont dérivés de produits organiques. Les substances utilisées dans la production de plastique sont des produits naturels tels que la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien entendu, le pétrole brut.

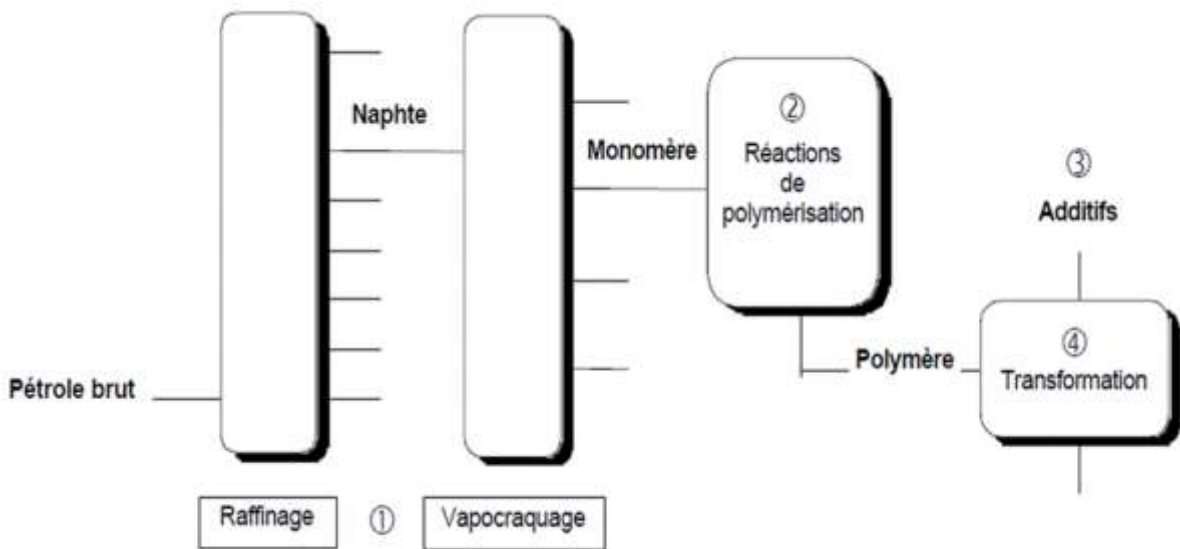
Le pétrole brut est un mélange complexe de milliers de composants. Il doit être traité, pour être utilisable [14].

#### **Du pétrole au plastique :**

Après avoir été extrait du sous-sol, le pétrole brut est envoyé dans une raffinerie pour séparer les différents constituants (raffinage). On obtient du fioul (utilisé pour le chauffage), du gazole, du kérosène et de l'essence (utilisés pour les transports) et du naphta. Le naphta subit une importante étape de transformation (le craquage) permettant d'obtenir de petites molécules, les monomères (éthylène, propylène, styrène, butadiène, benzène, éthanol, acétone, ...) qui seront la matière de base des matériaux plastiques.

Avec une réaction chimique de polymérisation, ces monomères s'assemblent et forment de longues molécules, les polymères (polyéthylène, polypropylène, polystyrène,...) qui sortiront de la raffinerie sous forme de granulés, de liquides ou de poudres.

En ajoutant des adjuvants et additifs à ces polymères, on obtient des matériaux plastiques variés à qui on donnera des formes variées (tuyau, pots, formes complexes,...) par moulage, extrusion, injection ou encore thermoformage dans les usines [15].



*Figure II.2 Les étapes de fabrication du plastique.*

a) Le Raffinage du pétrole :

- Séparation par distillation des différents constituants
- Plusieurs produits recueillis :
  - Gaz
  - Naphta
  - Super
  - Kérosène
  - Gazole
  - Fioul domestique
  - Fioul lourd

Le naphta est ensuite transformé par vapocraquage.

b) Le vapocraquage :

Procédé thermique qui permet de fractionner les hydrocarbures en molécules différentes de plus faibles tailles :

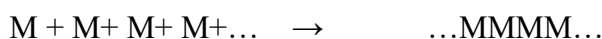
- l'éthylène
- le propylène
- le benzène
- les styrènes, ....

Ces molécules légères, qu'on va utiliser pour fabriquer les plastiques, sont appelées bases pétrochimiques.

c) La Polymérisation :

Les molécules d'éthylène, de propylène, de styrène dans certaines conditions de température et de pression vont se lier entre elles par réaction chimique appelée polymérisation. Il se forme ainsi des molécules de très grandes tailles comme le polyéthylène, le polypropylène et le polystyrène. C'est ce que l'on appelle des polymères [5].

### Polymérisation

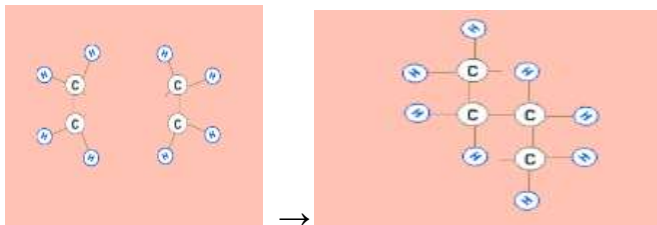
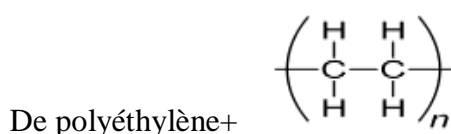


Les molécules simples (monomères M) s'assemblent en longues chaînes (Polymères ...MMMM...). Les mots « Monomère » et « Polymère » viennent du grec : « monos » : un seul ou une seule, « meros » : partie et « polus » : plusieurs.

Exemple de polymérisation du monomère éthylène (éthène)  $C_2H_4$  (formule semi-développée :  $H_2C=CH_2$ )

Les atomes de Carbone de cette molécule possèdent une double liaison qui peut se défaire et leur permettre de se lier à d'autres atomes ou molécules. Cette possibilité d'accrochage se fait lors de la polymérisation : chaque atome de Carbone a alors 4 liaisons en étant lié à 2 atomes de carbone et 2 atomes d'hydrogène.

Ainsi se constitue une chaîne polymère...  $-CH_2-CH_2-CH_2-\dots$



\*D'autres matières premières peuvent être utilisées, pourvu qu'elles contiennent du carbone.

\*\*Réaction de polymérisation :

Il existe 2 types de réactions de synthèse en fonction des monomères utilisés : la polymérisation par étapes (le polymère peut croître par réaction avec n'importe quels autres monomères ou

polymères) et la polymérisation en chaîne (le polymère ne peut croître que par ajout de monomères un à un à l'extrémité de la chaîne en croissance).

Les polymères peuvent être d'origine naturelle (animale ou végétale) comme le caoutchouc, la cellulose, le collagène, l'ADN, les protéines, la résine des arbres, la soie...) ou d'origine synthétique, comme la plupart des matériaux plastiques fabriqués industriellement

### **II.5.1 Les Additifs utilisés pour la fabrication du plastique**

D'autres éléments interviennent dans la composition de ces polymères, pour donner des caractéristiques spécifiques au produit [17]. Ces additifs sont de natures différentes et distingués par: [18].

- Les charges : elles améliorent la rigidité et l'adhésivité des matières plastiques. Elles influencent aussi leur résistance chimique ainsi que leur isolation électrique et thermique. Elles sont ajoutées à la résine à raison de 1 à 300%.
- Les plastifiants : ils diminuent la rigidité des matières plastiques. Ils peuvent être introduits de manière permanente ou temporaire, lors de la synthèse des polymères et ce pour faciliter la mise en œuvre.
- Les stabilisants : ils empêchent la dégradation des polymères en les stabilisants chimiquement face aux effets de la température, de l'oxygène ou du rayonnement. UV. Leur proportion par rapport à la résine varie de 0.1 à 1% selon l'effet demandé.
- Les lubrifiants : les cires et paraffines facilitent la fabrication des polymères et réduisent leur adhérence aux parois des machines de transformation. Les lubrifiants solides améliorent les propriétés de glissement et d'usure.
- Les pigments et colorants : ils colorent les matières plastiques et peuvent aussi se comporter comme des charges.
- Les ignifugeants ou retardeurs de flammes : ils permettent un meilleur comportement au feu
- Les agents antistatiques : ils réduisent le dépôt de poussières sur les produits finis. [13]

### **II.5.2 Fabrication de plastiques aux propriétés variées**

Les propriétés physiques des plastiques sont liées à la grande taille des molécules (polymères) qui les constituent et à leurs interactions, repliements dans l'espace, enchevêtrements... Selon les procédés de fabrication et les constituants de départ, les polymères formés auront des propriétés différentes :

#### **THERMOPLASTIQUES :**

On fabrique des polymères possédant des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes. Les polymères peuvent alors glisser les uns par rapport aux autres, le matériau est malléable. Quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent la forme du récipient dans lequel ils étaient. A température ambiante, la plupart des thermoplastiques sont solides. Quand on réchauffe un thermoplastique, les liaisons sont à nouveau rompues et on peut le recycler.

#### **THERMODURCISSABLES :**

Les monomères de départ subissent une transformation chimique au cours de leur chauffage, de leur refroidissement ou l'action de durcisseurs pour développer de nombreuses liaisons chimiques solides et tridimensionnelles. Ces liaisons ne peuvent pas être rompues et se renforcent quand le plastique est chauffé (c'est la réticulation). Ces plastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement : ils ne se ramollissent plus, en raison de ces liaisons très résistantes qui empêchent tout glissement entre les polymères. Ce durcissement est irréversible et sous de trop fortes températures, les thermodurcissables se dégradent et brûlent (carbonisation). Si les polymères fabriqués sont des chaînes régulières et symétriques, le thermodurcissable peut former des fibres formant des tissus extrêmement solides (nylon, polyester, Kevlar...)

#### **ELASTOMERES :**

Le caoutchouc devient liquide et collant si on le chauffe ; puis dur et cassant si on le refroidit. En lui ajoutant du soufre pendant le chauffage (procédé de vulcanisation), les polymères sont attachés ensemble grâce aux liaisons établies par le soufre. Refroidi, sous l'action d'une contrainte, les molécules glisseront les unes par rapport aux autres, se déformeront mais dès que la contrainte cesse, le système retournera à son état d'équilibre entremêlé. La vulcanisation avec du soufre, du carbone et différents agents chimiques permet ainsi de fabriquer de longs polymères repliés sur eux-mêmes avec des attachements et enchevêtrements, ce qui leur

donne une très grande élasticité. Différentes formulations permettent de produire des caoutchoucs de synthèse en vue d'utilisations spécifiques:

## II.6 Familles de plastiques et leurs usages

Les plastiques sont des matériaux déformables : ils peuvent être moulés ou modelés facilement, en général à chaud et sous pression. Leur facilité de mise en forme, résistance aux chocs, aux variations de température, à l'humidité, aux détergents,... les rendent utiles dans tous les domaines : emballage, bâtiment, automobile, électricité, etc. Il existe un grand nombre de plastiques aux propriétés différentes, on les classe en trois grandes catégories: les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

### LES THERMOPLASTIQUES.

Sous l'effet de la chaleur, les thermoplastiques ramollissent et deviennent souples. On peut alors leur donner une forme qu'ils garderont en refroidissant.

La transformation est réversible et renouvelable un grand nombre de fois, les thermoplastiques sont ainsi facilement recyclables. Cependant ils ne sont pas biodégradables et ont une « durée de vie » de plusieurs centaines d'années. Ce sont les matières plastiques les plus utilisées (notamment PE et le PV)

Nom, abréviation	Caractéristiques	Usages
<b>polyéthylène (PE)</b>	Translucide, inerte, facile à manier, résistant au froid. On distingue deux familles:  -le PEBD (polyéthylène basse densité) bonne résistance chimique, olfactivement, gustativement et chimiquement neutre, facilement transformé et soudé.  - le PEHD (polyéthylène haute densité)	Utilisé dans la moitié des emballages plastiques et dans les domaines les plus divers.  PEBD : produits souples : sacs, films, sachets, bidons, récipients et bouteilles souples (sauces, shampoing, crèmes ...)*  PEHD : objets rigides (bouteilles, flacons, bacs poubelles, tuyaux, jouets, ustensiles ménagers, boîtes de conservation, sacs plastiques**

<b>polypropylène (PP)</b>	Très facile à colorer. N'absorbe pas l'eau. Aspect brillant et résistant à la température (160°C). Difficile à recycler surtout s'il est imprimé	Pièces moulées d'équipements automobiles (pare-chocs, tableaux de bord, ...), mobilier de jardin, Film d'emballage, bouteilles rigides, boîtes alimentaires résistantes à la température du lave-vaisselle. Fibres de tapis, moquettes, cordes, ficelles
<b>polystyrène (PS)</b>	Dur et cassant. Trois types: - polystyrène "cristal" transparent - polystyrène "choc" (HIPS) ; acrylonitrile butadiène styrène (ABS) - polystyrène expansé (PSE), inflammable et combustible	Usages variés : mobilier, emballages, jouets, verres plastiques, pots de yaourt, ...  -"cristal": nombreux types de boîtes, boîtiers CD... -ABS : produits rigides, légers et moulés (bacs à douche...) -PSE : emballage « anti chocs », isolant thermique
<b>polycarbonate (PC)</b>	Excellentes propriétés mécaniques, bonne résistance thermique jusqu'à 120°C, très transparent, physiologiquement neutre Mauvaise résistance aux contacts prolongés avec l'eau, aux agents chimiques et aux rayons ultraviolets.	casques de moto, boucliers de police, CD et DVD, vitres pare-balle , phares, feux arrière et clignotants d'automobile, matériel médical et prothèses, biberons incassables, profilés de toiture, vitres de cabine téléphonique...
<b>Polyesters et polyéthylène téréphtalate (PET)</b>	mou à moyenne température.	Fabrication de fils textiles, de films et de bouteilles d'eau et de sodas. Usage limité par la température.
<b>poly acétals ou poly oxyméthylène (POM)</b>	Solides et avec des qualités de métaux. Résistant à la plupart des agents chimiques, faible coefficient de frottement. Densité élevée. Assez faible résistance thermique	Pièces à fortes exigences mécaniques : engrenages, poulies. La recherche vise à augmenter leur résistance au choc pour permettre la réalisation de plus grosses pièces.
<b>polychlorure de vinyle (PCV)</b>	Rigide ou souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore. PVC rigide : aspect lisse et dur	Dans l'industrie de l'ameublement, bâtiment, le génie civil et dans

		<p>l'alimentaire : pots de margarine, blisters, bouteilles d'eau, emballage alimentaire ...</p> <p>PVC rigide : utilisé pour les tuyaux de canalisation.</p> <p>PVC souple: recouvre certains manches de pinces...</p>
<b>polyamides (PA)</b>	<p>Différents types de PA (selon la longueur des chaînes) distingués par des chiffres.</p> <p>Bon compromis entre qualités mécaniques, thermiques et chimiques. Hydrophiles.</p>	<p>Pièces moulées dans l'appareillage ménager et automobile, tapis et moquettes, pièces de robinetterie, de serrurerie, engrenages, ...</p> <p>Textiles (lingerie et voilages)...</p>
<b>polyméthacrylate de méthyle (PMMA)</b>	<p>Transparent, même avec une très grande épaisseur (jusqu'à 33 cm d'épaisseur); à la différence du verre</p> <p>L'ajout de PMMA dissout permet aux huiles lubrifiantes et fluides hydrauliques de conserver leur liquidité au froid (jusqu'à -100°C !)</p>	<p>Nom commercial Plexiglas, Lucite, Altuglas, ...</p> <p>Utilisé pour remplacer le verre pour des vitres incassables, les surfaces des baignoires et des éviers, pour les vitres de grands aquariums résistantes à la pression de l'eau... feux arrière et clignotants, hublots d'avion, fibres optiques, enseignes lumineuses...</p>

Tableau 1. CARACTERISTIQUES ET USAGE DES THERMOPLASTIQUES

- La température de «ramollissement» étant moins élevée que celle du verre, les thermoplastiques ne peuvent pas être utilisés avec des produits chauds (comme par exemple la confiture qui, encore très chaude, sera mise dans des pots de verre)
- Les sacs plastiques en PEHD se froissent facilement sous la main, avec un bruit craquant et reviennent spontanément à sa forme d'origine, les sacs en PEBD se froissent sans bruit et se percent facilement et ont un toucher plus « soyeux ».

#### LES THERMODURCISSABLES :

Ces plastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement : ils deviennent durs et ne se ramollissent plus une fois moulés. La technique de fabrication est difficile à mettre en

œuvre mais elle produit des matériaux très solides et très résistants aux agressions chimiques et à la chaleur. Les aminoplastes sont les plastiques thermodurcissables les plus utilisés.

<b>Nom, abréviation</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Usages</b>
<b>polyuréthanes (PUR)</b>	Grande diversité de dureté et textures en fonction des associations chimiques de différents monomères	Mousses souples ou rigides grâce à des agents d'expansion, colles, fibres (Licra) Matelas, sièges de voiture, tableaux de bord, roues de patins à roulettes, chaussures de ski...
<b>polyesters insaturés</b>	Prix peu élevé, durcissement assez rapide sans élimination de produits secondaires. Imprégnation facile des fibres de verre.	Pièces plastiques renforcées par coulée : pales d'éoliennes, coques et cabines de bateaux, piscines, carrosseries d'automobiles,... Textiles (Dacron, Tergal, Térylène...)
<b>phénoplastes (PF)</b>	Bonne résistance aux produits chimiques et à la chaleur et électriquement isolantes. Transformable par moulage et par compression. Souvent colorés en brun foncé	Domaines scientifiques et réalisation d'objets: téléphones, postes de radio, pour fabriquer les poignées de casserole, de fer à repasser et des plaques de revêtement.
<b>aminoplastes (MF)</b>	Deux types principaux : urée-formaldéhyde (UF) et mélamine-formaldéhyde (MF) dont le plus connu est le formica. Dureté et rigidité exceptionnelles, peu sensibles à l'hydrolyse et à la lumière, résistance à l'abrasion, bonne tenue aux solvants, difficilement inflammables. Peuvent être produits en teintes claires	Usages variés : mobilier de cuisine, plans de travail, liants (adhésifs) dans les contreplaqués, bois agglomérés, mélaminés, etc.), moulage en stratifiés décoratifs de revêtements, pièces moulées d'ustensiles de cuisine (plateaux...), matériel électrique (interrupteurs, prises de courant...), vernis de parquets (vitrification), apprêts pour rendre les tissus in-défroissables ou plastifiés, peintures, etc.

**Tableau .2** CARACTERISTIQUES ET USAGE DES THERMODURCISSABLES

**LES ÉLASTOMÈRES.**

Les élastomères sont élastiques : ils se déforment et tendent à reprendre leur forme initiale et supportent de très grandes déformations avant rupture. Ce ne sont pas réellement des « Plastiques ». Issu du latex d'Hévéas (arbre d'Amazonie), le caoutchouc naturel est resté longtemps le seul élastomère connu mais les méthodes modernes de fabrication ont permis d'obtenir une grande diversité de matériaux en ajoutant des additifs, accélérateurs, agents protecteurs (anti UV, anti oxygène,...) et en les combinant à d'autres matériaux (métaux, textiles, autres plastiques...).

On distingue trois grandes catégories qui présentent chacune de nombreux produits aux propriétés variées :

<b>Catégories</b>	<b>Matériaux</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Caoutchoucs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- caoutchouc naturel, cis-1,4polyisoprène (NR) ;</li> <li>- copolymère styrène-butadiène (SBR) ;</li> <li>- polybutadiène (BR) ;</li> <li>- polyisoprène synthétique (IR)</li> </ul>	Chauffés au-dessus de 65 °C, ils commencent à vieillir et deviennent poisseux. Faible résistance à l'huile et à l'ozone. Propriétés d'amortissement et grande extensibilité (jusqu'à 750 % avant rupture). Excellente résistance au déchirement.
<b>élastomères spéciaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- co- ou terpolymères d'éthylène propylène et diène (EPM et EPDM)</li> <li>- copolymères d'isobutylène isoprène, chlorés ou bromés (IIR, BIIR, CIIR)</li> <li>- copolymères de butadiène acrylonitrile (NBR)</li> <li>- polychloroprènes (CR)</li> </ul>	Température maximum d'utilisation : 150 °C. Selon les matériaux : résistance aux produits pétroliers, aux solvants ; à l'oxydation (O <sub>2</sub> et O <sub>3</sub> ), aux intempéries, aux produits chimiques corrosifs et au vieillissement... Certains sont ininflammables et ont une grande imperméabilité aux gaz. Parfois sensible à la lumière et à l'ozone et au stockage (tendance à la cristallisation)
<b>élastomères très spéciaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- caoutchoucs de silicone (VMQ, FVMQ)</li> <li>- élastomères fluorés (FKM)</li> <li>- polyéthylènes chlorés et chlorosulfonés (CM, CSM)</li> <li>- polyacrylates (ACM)</li> <li>- copolymères éthylène</li> </ul>	Très variables en fonction des matériaux : - hautes performances chimiques : résistance aux carburants, à l'ozone, aux huiles, imperméabilité aux gaz et aux produits

	acétate de vinyle (EVM) - éthylène acrylate de méthyle (AEM) - caoutchoucs nitrile hydrogénés (HNBR) - épichlorhydrines (CO, ECO, GECO) - polyuréthanes malaxables (AU, EU)	chimiques agressifs - température de service continu allant de $-80^{\circ}\text{C}$ à $250^{\circ}\text{C}$ - Résistance au vieillissement, stabilité de couleur - Propriétés adhésives (colles thermofusibles)
--	---	---

**Tableau .3** CARACTERISTIQUES ET USAGE DES ALASTOMERES

Les élastomères présentent des caractéristiques bien spécifiques : grande élasticité, bonne étanchéité, fort pouvoir amortissant... Employés essentiellement en tant que pneumatiques, on les utilise également sous la forme de joints, de tubes et tuyaux, de membranes, de dispositifs antivibratoires,... Dans de nombreux domaines d'activités : automobile, industrie, aéronautique, médecine.

## II.7 Les techniques d'identification des matériaux plastiques [14]

### 1) Test de déformation :

Les plastiques sont classés en trois catégories : thermoplastiques, thermodurcissables et élastomères. Les élastomères sont capables de s'étirer fortement et de revenir à leur forme d'origine après quelques secondes.

- Tirer avec les doigts sur l'échantillon.
- S'il revient à sa forme d'origine après étirement, alors le test est positif : c'est un élastomère.

### 2) Test de chauffage :

Légèrement chauffés, les thermodurcissables restent rigides, et les thermoplastiques se ramollissent ou fondent.

- Chauffer l'agitateur en verre, tenu avec la pince en bois, dans la flamme du bec Bunsen et le poser sur l'échantillon.
- Si l'échantillon ramollit (ou garde une empreinte), alors le test est positif : c'est un thermoplastique. Sinon, c'est un thermodurcissable.

### 3) Test de densité

Nettement moins denses que les métaux, les plastiques ont des densités relatives à l'eau allant de 0,9 à 1,4. Ce test n'est pas valable pour les plastiques armés (contenant une armature) ou contenant de l'air (mousse, polystyrène expansé, fibre aérées).

- Plonger l'échantillon dans un bécher rempli d'eau et le maintenir immergé pendant une vingtaine de secondes, de façon à éliminer les bulles d'air accrochées en surface, puis le libérer.
- Si l'échantillon surnage, alors le test est positif (densité inférieure à 1).

### 4) Test de Belstein :

Utilisé pour mettre en évidence la présence de l'élément chlore dans un plastique (utilisé aussi pour les solvants chlorés).

- Chauffer au rouge le fil de cuivre tenu à l'aide d'une pince en bois.
- Poser le fil sur l'échantillon et le tourner afin de l'enrober de matière plastique.
- Réintroduire le fil de cuivre au sommet de la flamme du bec Bunsen.
- Si la flamme prend une couleur verte, alors le test est positif (présence de chlore dans le plastique).
- Dans le cas d'un test positif les vapeurs émises sont également acides (confirmer avec le test du papier pH).
- Nettoyer le fil de cuivre en le maintenant dans la flamme jusqu'à disparition de la couleur verte et le décaper à l'aide du papier de verre avant de l'utiliser pour un nouveau test

### 5) Test du solvant :

Les plastiques sont généralement insolubles dans l'eau; certains plastiques peuvent être solubles dans certains solvants organiques, comme l'acétone. Cette solubilisation se manifeste par une dégradation de l'état de surface du polymère, à la façon d'un acide qui attaquerait un métal, cependant la solubilisation ne change pas la structure des molécules du polymère.

À faire loin de toute flamme !

- Placer l'échantillon dans un tube à essai.
- Prélever à l'aide la pipette environ 2 mL d'acétone, et verser le liquide dans le tube.
- Attendre 10 minutes et verser quelques gouttes d'eau distillée dans le tube à essais.

- Si un trouble (précipité) apparaît, alors le test est positif.
- A l'issue du test, récupérer le solvant dans le bécher prévu à cet effet.

Il existe des polymères ayant une bonne affinité avec l'eau, et donc soluble même lentement, par exemple l'amidon ou les polymères biodégradables.

La solubilité dépend beaucoup de la longueur des chaînes du polymère.

#### **6) Test du papier pH et test de pyrolyse :**

La pyrolyse (décomposition thermique sans combustion) des plastiques produit du carbone et des dégagements gazeux qui peuvent être corrosifs, toxiques, voire mortels (chlorure d'hydrogène HCl, fluorure d'hydrogène HF, dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, cyanure d'hydrogène HCN , etc.). À faire sous la hotte aspirante !

- Placer l'échantillon dans un tube à essais
- Placer un morceau de papier pH humidifié à l'eau distillée à l'ouverture du tube.
- Chauffer doucement le tube jusqu'à obtention d'un dégagement gazeux.
- En comparant la couleur du papier pH à celle de l'échelle de couleurs, déterminer le pH des vapeurs obtenues :
- Si le pH est nettement basique, supérieur à 8, alors le test est positif, la vapeur contient probablement un amide ou une amine. Penser à un polymère de type polyamide.
- Si le pH est nettement acide, inférieur à 6, alors le test est négatif, la vapeur contient probablement HCl (à confirmer par le test de Belstein), HF, HCN ou SO<sub>2</sub>. (Réaliser des tests complémentaires.)

#### **7) Test de combustion :**

La combustion des plastiques produit toujours du dioxyde de carbone. Des gaz toxiques peuvent aussi être émis ; il est toujours déconseillé de brûler des plastiques inconnus. À faire sous la hotte aspirante !

- Placer l'échantillon, tenu à l'aide de la pince métallique, dans la flamme du bec Bunsen.
- Observer la combustion éventuelle de l'échantillon.
- Si la combustion est facile (avec ou sans fumées), alors le test est positif. Préciser :
  - ✓ avec fumées : AF
  - ✓ sans fumées : SF

**Remarque** : si, lors de la combustion, il y a une flamme vive et courte, avec production de fumée blanche de silice ( $\text{SiO}_2$ ) et formation sur le plastique d'une croûte de silice, alors le polymère est assurément de la famille des polysiloxanes (silicone).

### 8) Tests complémentaires :

Lors du test de pyrolyse, il est possible d'en savoir plus sur la nature du gaz dégagé :

- L'identification du dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$ , est possible avec un papier filtre humide imbibé d'amidon et d'iode, de couleur bleue (complexe amidon-diiodé) : la couleur bleue s'estompe. (Test cependant peu sensible.) Si le test est positif, penser à un polymère contenant du soufre (sous forme de sulfonate, sulfate...).
- L'identification du cyanure d'hydrogène  $\text{HCN}$ , peut se faire avec le papier de Schönbein. Si le test est positif, penser à un polymère de type polyuréthane, polyacrylonitrile, polyacrylamide, Nylon, Orlon...
- L'identification du chlorure d'hydrogène  $\text{HCl}$ , peut être confirmée par le test de Belstein (décrit dans cette page) qui montrera la présence de chlore.
- L'identification du fluorure d'hydrogène  $\text{HF}$ , est possible en observant si les vapeurs dépolissent le verre. Si le test est positif, penser à un polymère fluoré (Téflon...).

L'organigramme des essais et en respectant la chronologie des opérations et les consignes de sécurité.

- Les tests doivent être effectués sous la hotte aspirante ou en extérieur (éventualité de dégagements gazeux très toxiques).
- On ne passe au test suivant que si la réponse sur la nature du plastique n'a pas été obtenue..

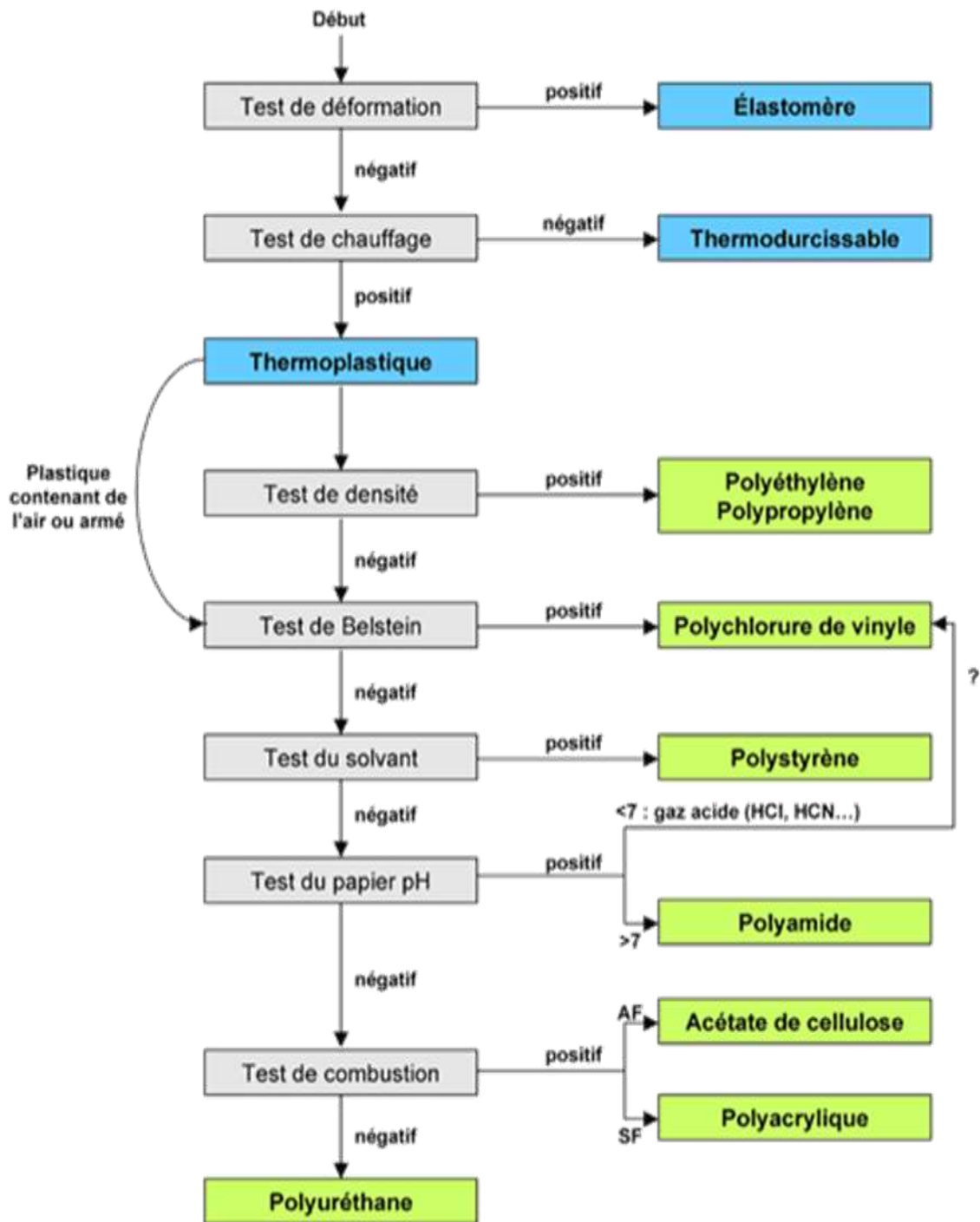


Figure II.3 ORGANIGRAMME DES ESSAIS

## II.8 Les transformations de plastique

Les techniques de transformation des plastiques dépendent de la nature des polymères et de la destination des produits finis. Quelques méthodes sont régulièrement utilisées pour la fabrication des pièces et des objets en polymère. Les principaux procédés de fabrication industrielle sont : le calandrage, thermoformage, l'injection, l'injection-soufflage, l'extrusion, ... [14][15].

### A) Le calandrage du plastique :

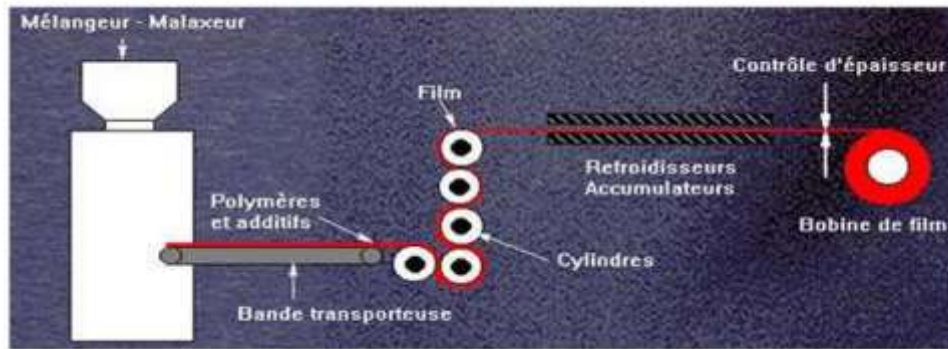
Des produits plats de plus grande largeur (feuilles, plaques) sont obtenus par calandrage d'un matériau thermoplastique ou élastique entre des cylindres éventuellement chauffants. Il suffit de faire passer la matière plastique à l'état pâteux sur la bande transporteuse. Celle-ci l'amène ensuite entre les cylindres chauffants. La matière passe ensuite dans les refroidisseurs, ou accumulateurs dans lesquels l'épaisseur du plastique sera contrôlée. Pour finir, elle est enroulée sur une bobine de film.

#### ✓ **Principe :**

- Elle passe plusieurs fois entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite, un peu comme une guimauve.
- Pour permettre la gélification de la matière, celle-ci passe entre 2 calandres chauffées, réglées selon différents paramètres (température calandres, pressions, vitesse rotation...).
- L'écartement, la pression et le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films (le grainage).
- Les films sont mis en bobine ou coupés et empilés pour faire des feuilles, aux dimensions et épaisseurs souhaitées des objets à former.

#### ✓ **Applications:**

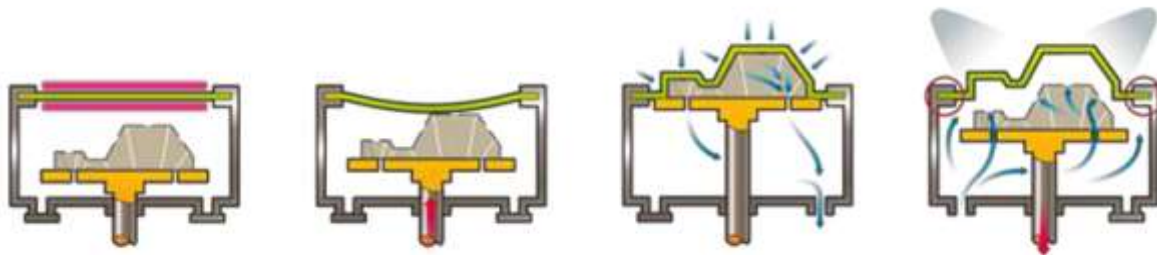
Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis: Par exemple utilisée pour fabriquer des revêtements de sols et de murs, des nappes, de l'ameublement, de la maroquinerie et des articles gonflables. Des feuilles ou des films qui seront transformés par la suite pour devenir des pots, des barquettes ou des gobelets.



*Figure II.4 Procédé de calandrage*

### B) Thermoformage :

Derrière ce terme compliqué se cache le procédé de fabrication qui permet de réaliser toutes sortes d'objets aux formes creuses. Concrètement, pour les emballages, le thermoformage permet de créer des barquettes, des gobelets ou encore des pots de yaourt. Mais au fait, comment ça marche



*Figure II.5 PRINCIPE DU THERMOFORMAGE*

#### ✓ Principe:

Le thermoformage est une technique de moulage.

- Mise en place de la feuille et chauffage par un plateau chauffant supérieur et inférieur.
- Montée du moule : la feuille est ramollie et le moule monte pour emboutir la feuille.
- Formage / Refroidissement : une fois le moule en position haute, le vide est fait entre le moule et la feuille.

- La feuille se plaque sur le moule et en prend sa forme. De l'air ou de petites gouttelettes d'eau sont projetées sur la pièce pour la refroidir et lui donner sa forme finale.
- De l'air est soufflée à l'intérieur du moule pour décoller la pièce du moule et celui-ci descend pour libérer la pièce.
- Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production (cercle rouge)

✓ **Applications :**

Jouets (bac à sable, toboggans...)

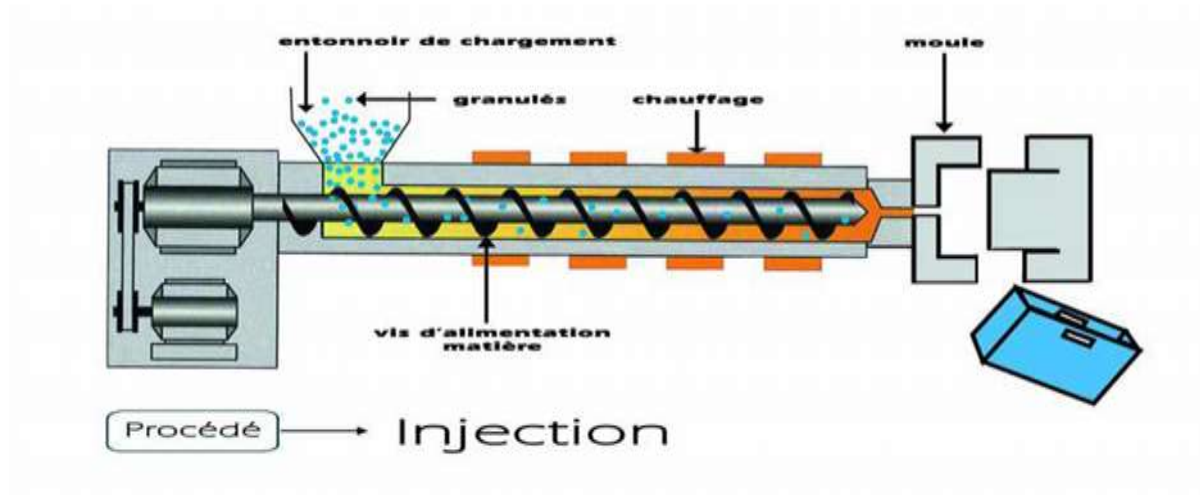
Pots de yaourt

Blister Gobelets et barquettes

**C) L'injection :**

La matière plastique sous forme de granulés, est versée dans une trémie pour alimenter une vis sans fin logée dans un tube chauffé. Elle y est comprimée, malaxée et chauffée. Ce traitement mécanique et thermique fournit une pâte fondante et homogène sans bulle qui est poussée par la vis en rotation vers un orifice. La matière expulsée sous pression par la vis d'injection à travers ce trou vient remplir un moule fermé et refroidi. Au contact des parois froides, elle prend la forme du moule et se solidifie. Le moule s'ouvre ensuite pour faire sortir la pièce. Pour changer la forme de la pièce, il suffit de changer de moule. Ce procédé permet une transformation des thermoplastiques.

On obtient après démoulage des produits finis ou semi-finis de formes complexes en une seule opération. C'est une méthode de production très rapide pour produire des objets en très grande quantité. La technique de fabrication est fréquente pour fabriquer des objets moulés de qualité, parfois de forme compliquée dans le domaine de l'automobile du jouet ou de l'électronique

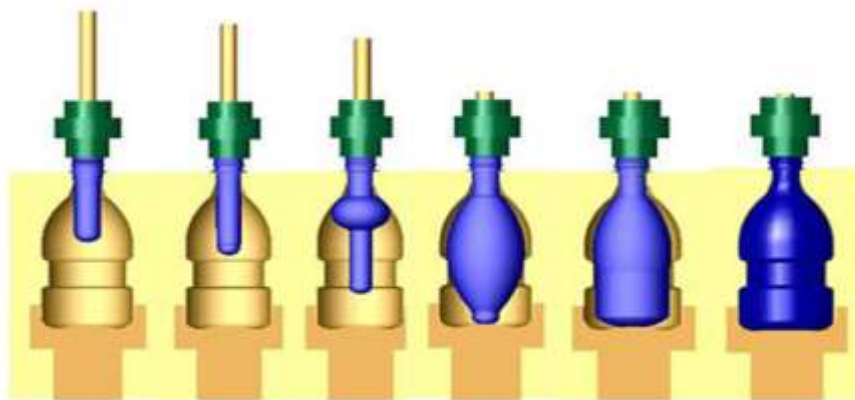


*Figure II.6 Procédé Injection*

#### D) L'injection soufflage :

L'injection soufflage est un procédé utilisé pour fabriquer la plupart des bouteilles et des flacons. On utilise des pièces semi-finies obtenues par injection, Le corps de la préforme est chauffé puis une tige étire la préforme jusqu'au fond du moule.

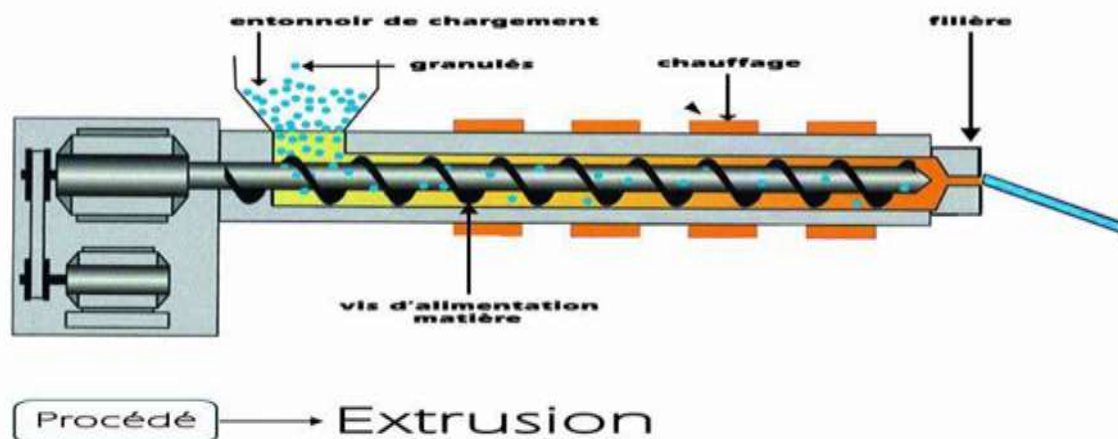
Enfin, un très puissant jet d'air plaque la matière contre les parois du moule, La préforme prend alors la forme et le moule est refroidi puis ouvert pour faire sortir la bouteille. Comme pour l'injection, pour changer la forme de la bouteille, il suffit de changer de moule



*Figure II.7 Procédé d'injection soufflage.*

**E) L'extrusion :**

L'extrusion associée au soufflage permet d'obtenir en « continu » la majorité des films plastiques utilisés pour l'emballage, l'agriculture, etc. L'extrusion occupe une place importante (40% du tonnage des thermoplastiques utilisés). On dispose pour cette technique d'une machine comportant essentiellement un fourneau cylindrique chauffé dans lequel tourne une vis qui pousse de façon continue la « pâte » a travers l'orifice de sortie qui constitue la filière ; un peu comme la machine à fabriquer des pâtes alimentaires. Les corps creux sont obtenus par un procédé hérité des verriers : le soufflage.



*Figure II.8 Le procédé d'extrusion*

✓ **Principe :**

On verse le polymère sous forme de granulés ou de poudre solide dans la trémie de l'extrudeuse.

- La matière est entraînée par la vis sans fin qui tourne dans un cylindre chauffé.
- Elle se liquéfie sous l'effet de la chaleur et de la friction.
- La vis entraîne le plastique vers la sortie. La tête de sortie (pièce en acier aux formes variées) donne sa forme au produit au plastique qui est ensuite refroidi.

✓ **Application :**

Bâtiment : profilés des fenêtres, gouttières, tubes d'évacuation...

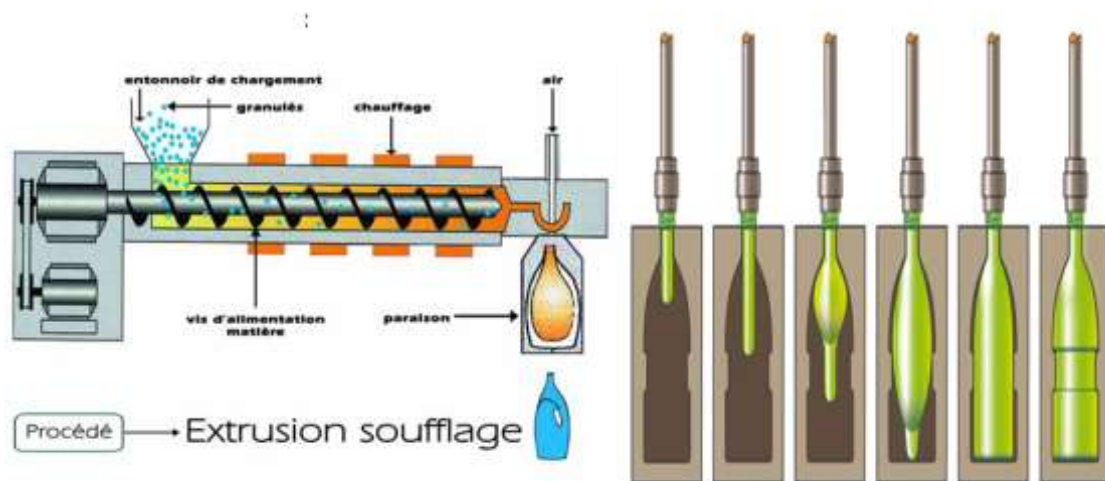
Médical : tubes perfusion...

Emballages : tubes, pailles...

### F) Le soufflage :

Dans le secteur de la transformation du plastique, le soufflage est la technique qui permet de fabriquer des corps creux, de formes simples, comme des flacons ou de formes plus complexes. Les utilisations des produits issus du soufflage sont multiples et concernent de nombreux secteurs d'activité, tels que la parfumerie, la pharmacie, l'automobile, l'alimentaire, etc.

On distingue deux techniques de soufflage dans le secteur de la transformation du plastique. Le soufflage par injection ou extrusion, techniques qui combinent les processus d'extrusion, ou d'injection à celui du soufflage, pour obtenir différents types de produits finis. Dans les 2 cas, la forme obtenue par injection ou par extrusion est dilatée par un jet d'air comprimé à l'intérieur d'un moule, puis refroidie. Comme toute technique de transformation du plastique, le soufflage n'est qu'une petite partie du processus.



*Figure II.9 Procédé Extrusion soufflage*

#### ✓ Principe :

On réalise d'abord un tube par extrusion si :

- Le tube extrudé (appelé paraison) est enfermé dans un moule de soufflage (2 demi-coquilles ayant la forme désirée).
- La paraison présente un orifice à son extrémité, qui est pincée (là où sera l'ouverture finale du récipient).

- Puis de l'air est injecté dans le moule afin que le tube adopte parfaitement les parois où il est très rapidement refroidi. Il suffit alors de démouler l'objet ainsi fabriqué et le tour est joué.

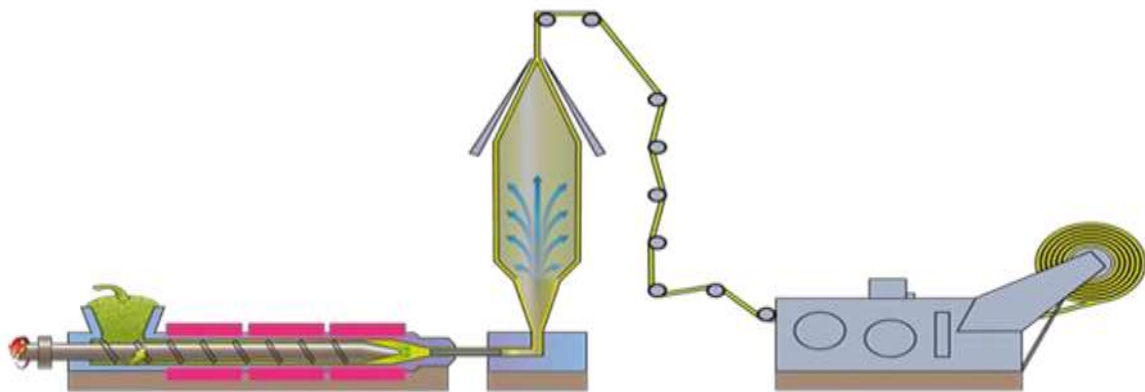
✓ **Applications :**

Flacons, bouteilles, bidons.

Pièces pour l'automobile

**G) Extrusion gonflage :**

Ce procédé est un dérivé de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air à l'intérieur d'un tube appelé paraison pour la faire gonfler. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé qui donne la forme et le refroidissement. Cette technique permet de fabriquer des sacs plastiques



*Figure II.10 PRINCIPE D'EXTRUSION GONFLAGE*

✓ **Principe :**

En phase initiale, le principe est le même que celui de l'extrusion classique mais il n'y a pas de forme à la sortie de l'extrudeuse.

- On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli.
- Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin. On le laisse ensuite refroidir.
- Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les sacs.
- On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux.

✓ **Applications :**

Fabrication des sacs plastiques, de sacs poubelles, films étirables

### H) L'expansion moulage :

Le dernier procédé de transformation est appelé expansion moulage. Il sert à fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé

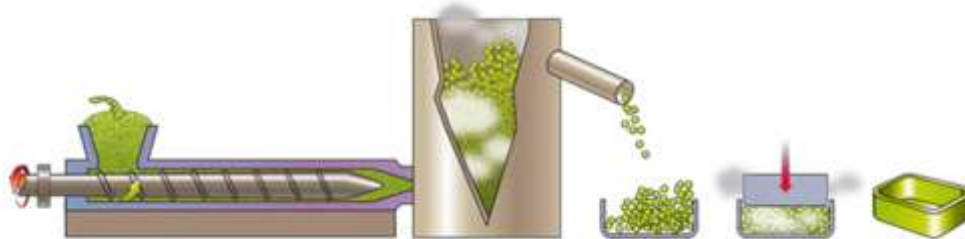


Figure II.11 Procédé d'expansion moulage

#### ✓ Principe :

- Avant d'être expansé, le polystyrène se présente sous forme de petites billes qui renferment des micro-inclusions de gaz (à l'état liquide).
- Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate.
- Les billes gonflent grâce à l'air qu'il contient, comme le pop-corn, mais avec une forme plus régulière.
- Cette première expansion est réalisée en usine dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des petites billes de polystyrène.
- Ensuite, on sèche les billes pré-expansées dans un silo et on les introduit dans un moule fermé, soumis à une nouvelle injection de vapeur d'eau. Les billes reprennent leur expansion, occupent tout l'espace du moule et se soudent entre elles pour obtenir la forme désirée de l'emballage.

#### ✓ Applications :

Caisses à poissons, barquettes

### I) L'enduction :

L'enduction est un traitement de surface qui consiste à appliquer un Revêtement généralement liquide (laque, peinture, huile) sur un substrat (papier, textile, film plastique, acier).

Généralement, l'enduction est suivie d'un séchage. C'est une opération de dépôt d'une matière spécifique sur une surface. Celle-ci réalisée sur un support textile, permet de lui conférer des

caractéristiques particulières. L'objectif de l'enduction est d'apporter aux textiles un renfort, une imperméabilisation, une ignifugation, une occultation, une protection de surface, une couleur, une base d'impression pour sérigraphie ou toutes autres propriétés

### **II.9 Propriétés des matières plastiques :**

Les propriétés des matières plastiques dépendent de la nature chimique du motif, du degré de polymérisation ou de polycondensation et aussi de l'adjuvant [15].

#### **✓ Propriétés physiques :**

Masse volumique : elle varie, en générale, de 1 à 1.7 kg/cm<sup>3</sup> mais augmente progressivement suivant le degré de polymérisation ou de condensation ;

Couleur : suivant la quantité de l'adjuvant ajoutée à la matière ;

#### **✓ Propriétés électriques :**

Bons isolants électriques avec des propriétés statiques dépendant des solutions antistatiques éventuelles ;

#### **✓ Propriétés thermiques :**

Bons isolants thermiques en général ;

Solubilité : selon leur nature, la matière plastique peut être soluble dans certains solvants. Cette solubilité décroît quand le degré de polymérisation ou de polycondensation augmente ;

#### **✓ Propriétés mécaniques :**

Principalement la résistance à la traction, à la compression, et à la flexion, l'allongement à la rupture. On peut ajouter à la liste la plasticité et l'élasticité. Propriétés chimiques : ces

#### **✓ propriétés chimiques :**

Sont très variables par rapport aux différents produits chimiques.

## **II.10 INTERETS DES MATIERES PLASTIQUES [15].**

### **II.10.1 Avantages et inconvénients des matières plastiques**

#### **➤ Avantages**

Les matières plastiques sont :

- Peu coûteux, facilement modelés ou moulés
- Légers, ayant une excellente isolation thermique
- Facile à nettoyer, relativement durable
- Economique en question d'énergie et de stockage de données
- Luttent contre le changement climatique

#### **➤ Inconvénients**

Elles sont :

- Polluantes, nécessitent des agents de nettoyage
- Sensibles à la température, inflammable

### **II.10.2 Domaines d'applications des matières plastiques**

On peut trouver l'application des matières plastiques dans les domaines suivants :

#### **✓ Génie civil**

- Conduites hydrauliques ou tuyaux
- Châssis des fenêtres
- Articles mobiliers
- Cloisons

#### **✓ Industrie**

- Sacs, bagages
- Appareils électriques et électroniques
- Plaque électronique
- Articles ménagers

#### **✓ Agriculture**

- Protection des produits
- Conservation d'eau
- Emballage

✓ **Médical**

- Seringues jetables
- Poches de sang, valves cardiaques
- Appareils orthopédiques et prothèses
- Boîte à comprimés

✓ **Sport**

- Ballons et autres
- Chaussures de sport
- Raquettes de tennis
- Filets

✓ **Transports**

- Voitures
- Trains
- Avions

---

***CHAPITRE III***  
***LES EMBALLAGES ALIMENTAIRES***

---

### III.1 Introduction

A la conception un emballage est destiné à contenir et à protéger des marchandises, allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Suivant son utilisation, l'emballage est qualifié d'emballage de vente, de groupage ou de transport. Sa grande diversité d'utilisation fait que l'emballage peut prendre diverses formes (feuille, sac, caisse, boîte, fût, bidon, etc.) et être réalisé à partir de papier, de carton, de matières plastiques, de bois, de verre ou de métal. Il est le cas échéant complété d'accessoires (accessoires d'assemblage, de bouchage, de préhension, de protection, etc.).

L'emballage, par ses fonctions, est un partenaire incontournable de tous les secteurs industriels. Le premier secteur utilisateur d'emballages est l'industrie agroalimentaire qui absorbe plus de 60 % des emballages produits, suivie par l'industrie pharmaceutique, les cosmétiques et la parfumerie (11%), puis viennent les détergents, les produits d'entretien, la chimie, les industries manufacturières, la distribution. Les emballages, à la fois protecteurs du contenu, garants de la sécurité, de la fonctionnalité, premier contact avec l'utilisateur ou le consommateur, messagers du produit vers l'utilisateur, ambassadeurs de la marque, doivent répondre à un grand nombre de fonctions, aussi bien techniques que de marketing [15].

### III.2 Définition

- La Emballage : étymologiquement vient du préfixe « en » et de « balle » lequel dérive lui-même de l'ancien allemand « balla » dont le sens était de serrer avec une idée de pelotonner ; emballer c'est donc mettre en balle et , par extension ,un emballage est donc un assemblage de matériaux destinés à protéger un produit qui doit être transporté.

Conditionner dérive du latin « condere » qui veut dire établir, stabiliser. Un conditionnement permet donc une présentation définitive et stable [16].

- L'emballage est défini comme tout objet constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et à protéger des marchandises données allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation[15].

### III.3 Les différents types d'emballages

Il y a trois types d'emballages :

- L'emballage de vente ou emballage primaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer, au point de vente, un article destiné à l'utilisateur final ou au consommateur.

L'emballage groupé ou emballage secondaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à réunir, au point de vente, un groupe d'un certain nombre d'articles, qu'il soit vendu à l'utilisateur final ou au consommateur (par exemple trois sachets de purée dans une boîte), ou qu'il serve seulement à garnir les présentoirs aux points de vente (par exemple, pack de 6 bouteilles d'eau). Il peut être séparé des marchandises qu'il contient ou protège sans en modifier les caractéristiques de conservation.

- L'emballage de transport ou emballage tertiaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'articles ou d'emballages secondaires, en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. Le plus souvent, c'est une palette avec une housse plastique qui regroupe plusieurs colis.

L'emballage de transport ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, fluvial, maritime ou aérien [16].

### III.4 Les fonctions de l'emballage

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

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

- Une fonction de service, dans la mesure où l'emballage apporte un service spécifique : flacon pulvérisateur ,flacon saupoudreur ,boite auto –chauffante ,etc. la notion de service s'étend également à la commodité d'emploi ,notamment à la facilité d'ouverture sans outils particulier .on pourrait inclure dans cette fonction de service une fonction de réutilisation , de nombreux emballages connaissant un second usage ,parfois imprévu ;réutilisation parfois utilisée comme argument de vente (on pense au verre à moutarde ,par exemple).
- Une fonction de sécurité alimentaire : protection vis-à-vis d'une contamination ou d'une population délictueuse (fraude, vol par substitutions, malveillance, etc.).
- Une fonction de protection physique vis-à-vis des chocs mécaniques (manutention, palettisation, transport), des variations de température (emballages isothermes),de la lumière(matériaux filtrant les UV par exemple).
- Enfin , la fonction principale : celle d'auxiliaire technologique de conservation et de protection de la qualité du produit alimentaire contre les agents extérieurs d'altération physico-chimique et biochimique des aliments associée à une obligation d'innocuité toxicologique et d'inertie chimique des matériaux constituant l'emballage vis –à-vis de son contenu (problème des transferts)[16].

### **III.5 Emballage alimentaire et santé**

De nos jours, le consommateur se préoccupe des aspects hygiène et santé des produits qu'il consomme. Pour répondre à ces nouvelles exigences, les transformateurs doivent enrichir leurs recettes de vitamines, d'antioxydants, ainsi que d'autres éléments nutritifs souvent très sensibles et volatiles.

Le procédé industriel joue aussi un rôle important pour garder les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments. L'emballage doit contribuer à la protection sanitaire des aliments, et ce, pour la plus longue durée possible.

La sélection de l'emballage est aussi fonction du procédé et du produit, chaque matériau d'emballage apporte un lot d'avantages et d'inconvénients pertinents [21].

### III.5.1 La conservation des aliments

Les aliments sont des produits périssables, sous l'influence du temps et de l'environnement. Le mécanisme de détérioration des aliments résulte d'une action biologique et/ou physicochimique.

La conservation implique habituellement d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres micro-organismes, de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement et l'autolyse par les propres enzymes des cellules de l'aliment. Contrôler ces niveaux de dégradations permet d'obtenir une durée de vie relativement plus longue. Les méthodes classiques de conservation de la nourriture incluent le séchage ou dessiccation, la congélation, la mise sous vide, la pasteurisation, l'appertisation, l'irradiation et l'ajout d'agents de conservation. D'autres méthodes aident à maintenir l'aliment et lui ajoutent du goût, comme la salaison et le fumage, par exemple. Une fois le procédé de conservation exécuté, l'emballage aura la fonction de protection et de conservation des aliments sans risque pour les consommateurs dans un délai acceptable.

Pour la conservation des aliments, nous utilisons la notion de barrière des emballages. Un emballage barrière empêche ou ralentit la perméabilité d'une composante volatile ou gazeuse (exemple : barrière à l'oxygène, à l'humidité, aux arômes, etc.). Parmi la multitude d'emballages existants sur le marché, seuls le métal et le verre offrent une barrière absolue.

Exemples : L'emballage du pain doit permettre de garder l'humidité du produit à l'intérieur ; celui des croustilles doit exclure l'humidité, l'oxygène et la lumière. L'emballage pour le café doit garder les huiles essentielles à l'intérieur, l'oxygène et l'humidité à l'extérieur.

L'emballage joue un rôle particulièrement important dans deux procédés de conservation : le traitement thermique et l'emballage sous atmosphère modifiée des aliments.

- **Produit et emballage avec traitement thermique**

Le processus thermique, couramment utilisé, diminue de manière considérable les micro-organismes afin d'augmenter la durée de vie du produit.

L'emballage s'exposera à la température du produit chaud ou à la combinaison produit/emballage chauffé par différents procédés afin de rendre le produit pasteurisé ou stérile.

Exemples : aliments pour enfants en bas âge, soupe en boîte de conserve, etc.

- **Emballage sous atmosphère modifiée (MAP) ou protectrice**

L'emballage sous atmosphère modifiée ou sous vide (MAP) permet d'évacuer l'air de l'emballage pour favoriser la conservation des aliments. Cependant, la viande a tendance à grisailier en l'absence d'oxygène.

Pour remédier à ce problème, un mélange en proportions différentes de gaz inertes est injecté en fonction de l'aliment à conserver. Les gaz utilisés sont l'azote, le dioxyde de carbone et l'oxygène. Chacun de ces gaz joue un rôle particulier en rendant l'emballage plus efficace.

- **Les bénéfices de l'emballage sous atmosphère modifiée (MAP) :**

- Réduire le rythme de respiration des aliments ;
- Réduire la sensibilité à l'éthylène ;
- Rallonger la vie du produit en entrepôt.

Ce mode de conditionnement gagne en popularité et concerne désormais les sandwiches comme les plats cuisinés ou les fruits secs.

Par ailleurs, l'hygiène constitue aussi un élément primordial pour les aliments qui sont emballés au moment de l'achat, par exemple chez le boucher ou le boulanger. Des emballages propres et pratiques offrent dans ce cas la meilleure garantie contre toute forme de contamination. À la maison, l'emballage joue un rôle clé sur le plan de l'hygiène des produits alimentaires. On remarque que beaucoup d'emballages sont facilement réformables après ouverture, par exemple. Le produit peut alors facilement être conservé dans une armoire, ce qui évite tout risque de contamination potentielle [21]

#### **a-Dimensions qualitatives d'une denrée alimentaire :**

Si l'AFNOR définit globalement la qualité comme étant « l'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire les besoins des utilisateurs » (AFNOR, norme NF-X-50-109), il faut, dans le cas des produits alimentaires, distinguer dans ce concept global plusieurs volets qui toutes correspondent à des caractéristiques altérables dans le temps et sont donc toutes étroitement liées aux conditions de conservation [16] :

- 1. La qualité hygiénique :** La salubrité de l'aliment dans ses conditions normales d'emploi est une exigence absolue. L'aliment ne doit comporter aucun élément toxique à des doses dangereuses pour le consommateur, doses dont l'évaluation intègre les fréquences de consommation, les quantités ingérées et la notion de « dose journalière admissible ».

La qualité hygiénique est la mesure dans laquelle un aliment ou un service répond aux besoins et attentes qui ont été communiqués, qui vont de soi ou qui ont été imposés (par le consommateur et la loi). Quant aux produits alimentaires, il s'agit en règle générale de la sécurité, de la santé et du bien-être du consommateur. C'est aussi l'aptitude d'un produit à bien nourrir l'homme [22]

Cette qualité hygiénique peut être compromise par des facteurs biologiques, chimiques ou physiques.

- 2. La qualité nutritionnelle** Est l'aptitude de l'aliment à bien nourrir. Elle comporte : d'une part, un aspect quantitatif : énergie accumulée sous forme chimique (amidon, lipides), mesurables par calorimétrie, ou la perte par consommation compétitive par d'autres être vivants : moisissures, insectes, rongeurs ; d'autre part, un aspect qualitatif (équilibre nutritionnel de l'aliment au regard des besoins du consommateur : acides aminés, vitamines, minéraux, ...).

- 3. la qualité sensorielle ou organoleptique :** Cette composante hédonique de la qualité est très importante, mais subjective et variable dans le temps et dans l'espace, selon les individus et leurs références culturelles. Cette qualité englobe les sensations gustatives, olfactives, tactiles, visuelles, voire auditives (par exemple, craquement du pain) bien déterminées. Ce volet est extrêmement sensible aux conditions de conservation et donc d'emballage.

En effet, un stockage mal conduit, un emballage inadéquat peuvent amener l'apparition de goûts désagréables (goût de moisi, chôme, fermenté goût de rance, ...), d'odeurs (odeur de moisi), ou de modifications de consistance (durcissement, liquéfaction, ...)

**b -Les facteurs du milieu extérieur ou facteurs d'environnement :** Du niveau qualitatif et quantitatif des facteurs d'environnement dépendent la ou les causes d'altération qui peuvent s'exprimer et qui seront prédominantes dans un processus de conservation donné, et la vitesse des réactions d'altération qu'elles entraînent [16].

Les différents facteurs qui jouent un rôle dans l'altération sont les suivants :

**1. Le facteur « temps »** introduit la notion de vitesse de réaction, dont la connaissance est indispensable, afin de déterminer la durée maximale probable de conservation. Ce facteur temps se traduit concrètement par la date limite ou conseillée de consommation ou de vente portée sur l'emballage des produits alimentaires.

**2. Les facteurs « température » et « quantité de chaleur »** (énergie disponible) ont bien sûr une extrême importance : un accroissement de la température, qui est une mesure de l'augmentation de l'agitation moléculaire, traduit un accroissement de l'énergie cinétique et de la probabilité des chocs entre molécules. Lorsque l'agitation et l'énergie disponible deviennent

Suffisantes pour que certaines liaisons soient rompues (notamment les liaisons hydrogène), il se produit des bouleversements dans les structures macromoléculaires.

La température est par ailleurs le paramètre essentiel de stabilité ou d'évolution des équilibres thermodynamiques. Ainsi, la stabilité des états physiques (émulsions, gels, états liquides/solides, état cristallin, état amorphe) dépend essentiellement de la température, et dans une moindre mesure des facteurs pH, aw, etc. Les températures de bonne conservation sont indiquées sur les emballages et doivent être respectées par tous les acteurs de la chaîne alimentaire.

**3. L'hygroscopicité** se mesure notamment par la « courbe de sorption » qui exprime, à l'équilibre thermodynamique, la relation qui existe entre, d'une part, la teneur en eau de la substance, et d'autre part, l'activité de l'eau (aw) de la dite substance. Les échanges hygroscopiques sont bien entendu favorisés par l'état de division du système air/aliment dont dépendent les surfaces d'échanges, et donc les vitesses de transfert.

**4. Le facteur « pH »** influence considérablement les activités enzymatiques et les développements microbiens ; les milieux acides étant en général favorables à une bonne conservation.

**5. Le facteur « teneur en oxygène et en gaz carbonique »** (composition de l'atmosphère en équilibre avec l'aliment) intervient sur la nature du métabolisme (aérobie ou anaérobie) des microorganismes et des entités vivantes, et sur l'intensité des oxydations non enzymatiques et de certaines réactions d'oxydation enzymatiques.

**6. Le facteur « contrainte mécanique »** (pression, chocs, contraintes diverses) peut être responsable de déformation, d'écrasement et/ou de cassure qui confèrent un aspect rédhibitoire au produit.

Considérant ces différents facteurs d'environnement et leur rôle dans la révélation ou la répression des causes d'altération, on conçoit le rôle primordial que joue l'emballage qui est avant tout une barrière entre un milieu intérieur (le produit alimentaire et ses causes intrinsèques d'altération) et le milieu extérieur porteur des « facteurs d'environnement ».

De ce fait, le conditionnement et l'emballage des produits alimentaires font partie intégrante de la panoplie des techniques utilisées pour allonger la durée de vie des produits (stérilisation, froid, séchage, fumage, salage, additifs, ...) et sont souvent étroitement associés à l'une de ces techniques dont ils sont le complément indispensable (par exemple, la conservation sous gaz neutre à l'abri de l'oxygène est associée au choix d'un emballage de porosité déterminée à ces gaz)

## III.6 Rôles de l'emballage alimentaire

### III.6.1 Rôle technique de l'emballage

Les emballages ont pour rôle de contenir le produit, de le préserver de toute contamination, de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son étalage, son utilisation et enfin sa disposition finale. Le tableau 1 résume les différents rôles et intervenants en emballage alimentaire [16].

Rôle technique	Rôle marketing	Intervenants
Contenir	Vendre	Fabricants
Préserver	Communiquer	Transformateurs
Transporter	Motiver	Détaillants/Grossistes
Utiliser	Informé	Consommateurs

*Tableau 4 : rôles de l'emballage*

Il est cependant rare de trouver un seul emballage qui répond à tous ces rôles, d'où la nécessité d'un ensemble de matériaux qui forment un système d'emballage parfaitement adapté au produit. L'emballage est donc un système de formes interdépendantes qui nécessite une approche globale afin de composer efficace.

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

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

### **III.6.2 Rôle marketing de l'emballage (création)**

Dans un marché de plus en plus compétitif où les nouveaux produits se multiplient à un rythme accéléré, l'emballage est devenu l'outil de communication le plus stratégique pour tous les produits de consommation courante. Premier contact avec le consommateur, voire souvent le seul, le design d'emballage dépasse l'exercice esthétique : il est un véritable défi de communication. Un mauvais design d'emballage constitue d'ailleurs l'une des principales sources d'échec des nouveaux produits lancés, cette ultime étape de réalisation (et première étape de commercialisation) étant souvent trop rapidement (ou mal) pensée, créée et réalisée. En emballage, tout a un sens. Prenons les couleurs, par exemple. Leur sens peut varier d'une catégorie de produits à l'autre : un vert trop vif évoquera des saveurs artificielles, alors qu'un vert doux suggérera plutôt un produit nature. Aussi, l'angle et le positionnement des différents éléments de communication peuvent transmettre une multitude de messages pouvant être positifs ou contraires à l'image souhaitée.

### III.7 Emballage en plastique

Pour les plastiques, ce sont des polymères souvent dérivés du pétrole et leur prix varie énormément avec ce dernier. La plupart des plastiques utilisés en emballage sont des thermoplastiques commerciaux. Parmi les matériaux utilisés pour l'emballage alimentaire, nous retrouvons :

- le polyéthylène,
- le polypropylène,
- le polystyrène,
- le polyamide chlorure de polyvinyle,
- l'acétate de polyvinyle et
- le polyéthylène téréphtalate.



*Figure III.1 Emballage plastique destinée aux denrées alimentaires.*

Chaque plastique a ses propriétés et caractéristiques de perméabilité aux gaz et à l'humidité. Chaque matériau a un symbole utilisé communément dans l'industrie (PP, PETE, PVC, CPET, etc.).

L'industrie du plastique a développé un sigle de recyclage avec un numéro pour les six plastiques les plus utilisés.






Nomenclature et champ d'application des plastiques	
	Polyéthylène téréphtalate (PETE) : Souvent utilisé pour les bouteilles de boisson gazeuse, d'huile de cuisine, etc. En film, il est surtout utilisé pour ses propriétés de scellage à n'importe quel autre matériau d'emballage, et comme film moulant. C'est actuellement le plastique le plus recyclé. Pour les micro-ondes et les fours, l'industrie utilise le PET qui résiste à des températures plus élevées.
	Polyéthylène haute densité : Souvent utilisé pour les bouteilles de détergent, jus de fruits, contenants pour congélation, chaudières, barils et bouchons. Il représente 50 % du marché des bouteilles en plastique. En film, il est souvent utilisé pour des doublures pour baril et boîtes en industrie alimentaire. Coût bas et bonne barrière à l'oxygène.
	Polychlorure de vinyle (PVC) : C'est le 2e plastique le plus utilisé dans le monde (20 % de l'ensemble des plastiques) après les polyéthylènes (32 %). Utilisé pour des bouteilles et pots de miel, confiture et mayonnaise avec une excellente transparence. En film, il est utilisé aussi pour les manchons thermorétractables et sceaux de sécurité. N. B. : Peut susciter la controverse à cause de sa teneur en chlore.
	Polyéthylène basse densité : Généralement utilisé pour certains sacs ou emballages plastiques (bouteilles comprimables, bouchons ou capsules). En film, il est utilisé pour stabiliser les caisses ou palettes (étirable, ou thermorétractable). Coût bas et barrière moyenne à l'oxygène.
	Polypropylène (PP) : Utilisé pour certaines tasses pour enfants, gourdes souples réutilisables pour sportifs, récipients alimentaires réutilisables, pots de yogourt, de lait et de margarine. Il est surtout le plus utilisé pour le remplissage à chaud et les couvercles. Coût bas et barrière à l'humidité.
	Polystyrène (PS) : Utilisé principalement pour les gobelets et contenants thermoformés ou par injection. En alimentaire, surtout présent dans les barquettes et contenants en styromousse pour les produits frais et emballage de protection. Le PS expansé est surtout utilisé comme support pour rouleau d'étiquettes. Ne jamais chauffer les aliments dans des récipients en polystyrène (peut représenter des risques pour la santé).
	Autres plastiques, comme le Polycarbonate : Utilisé pour les biberons et certaines tasses pour bébé en polycarbonate translucide et rigide, tout comme les bonbonnes d'eau de 20 litres et certaines de 3,5 litres.

Tableau 5 - Nomenclature et champ d'application des plastiques

### III.8 Législation alimentaire de l'emballage

Les emballages doivent respecter la réglementation en vigueur relative aux matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires.

- Décret exécutif n°91-104 du 19 janvier 1991 relatif aux matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires et les produits de nettoyage de ces matériaux.
- Décret exécutif n°04-210 du 10 Joumada Ethania 1425 correspondant au 28 juillet 2004 définissant les modalités de détermination des caractéristiques techniques des emballages destinés à contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants.
- Directive 2002/72/CE de la commission du 6 août 2002, concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

La réglementation actuelle doit garantir une protection de la santé publique et assurer les intérêts du consommateur en ce qui concerne la mise sur le marché des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les aliments.

L'aptitude des matériaux à entrer en contact avec les aliments est régie par le règlement CE N°1935/2004. L'article 3 de cette réglementation impose un principe d'inertie pour tous les matériaux destinés à entrer en contact avec les aliments. Les matériaux et objets doivent être fabriqués conformément aux bonnes pratiques de fabrication afin que dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, ils ne puissent pas

- céder des constituants dans une quantité dangereuse pour la santé humaine
- entraîner une modification inacceptable de la composition de la denrée
- entraîner une altération des caractères organoleptiques de la denrée alimentaire

Complétant ce règlement, il existe des directives spécifiques en fonction du matériau considéré. Ces directives établissent :

- Des listes de substances autorisées «listes positives» pour la fabrication
- Des critères de pureté
- Des conditions particulières d'emploi des substances ou du matériau fini
- Des limites migration spécifiques à certains composés
- Des limites de migration globale
- Des spécifications quant aux moyens d'analyse

- Des dispositions sur la traçabilité
- Des dispositions particulières sur l'étiquetage

Le but est d'évaluer la conformité du matériau vis-à-vis du contact avec les denrées alimentaires et c'est à la charge de l'industriel de démontrer la conformité.

Dans les cas des matières plastiques utilisées comme emballage alimentaire, la directive 2002/72/ CE établissait les dispositions qui doivent s'appliquer à ces types des matériaux ; complétée par la directive 82/711/CEE sur le contrôles de la migration et par la directive 85/572/CEE sur les simulant.

Le règlement UE n°10/2011 concernant les matières plastiques destinées au contact des aliments est paru au Journal Officiel le 15/01/2011. Ce règlement a abrogé la directive n°2002/72/CE ainsi que les directives n° 80/766/CEE et 81/432/CEE.

---

***CHAPITRE IV LE RECYCLAGE ET la  
VALORISATION DU PLASTIQUE***

---

## IV.1 Généralités

La production de déchets solides en Algérie a connu une augmentation durant ces dernières années, dont le ratio par habitant dans une zone urbaine est de 0.7kg/j/hab, soit près de 9 millions de tonnes par an. La plupart de ces déchets sont acheminés vers des décharges ou des centres d'enfouissement. Plus de 10% de déchets éliminés sont de plastique. À cette situation, le recyclage de matières utilisées ou des emballages est le mode préconisé dans les pays développés. En Algérie, cette option reste très peu développée et le secteur informel est l'acteur important en matière de récupération. En 2001, le gouvernement algérien a adopté une nouvelle politique en matière de gestion des déchets municipaux à travers le programme de la gestion intégrée des déchets municipaux (PROGDEM) [16].

## IV.2 Historique

Le recyclage est utilisé dès l'âge du bronze. À cette époque, les objets usagés en métal sont fondus afin de récupérer leur métal pour la fabrication de nouveaux objets. Dans toutes les civilisations, l'art et la manière de « faire du neuf avec du vieux » existent. Par exemple, les vieux chiffons, puis les papiers et cartons, sont récupérés pour faire de la pâte à papier. La situation change avec le développement progressif puis massif de l'industrialisation et de la consommation.

La gestion des matières premières et des déchets devient peu à peu de plus en plus difficile, les unes devenant trop rares et les autres trop envahissantes. Le recyclage joue un grand rôle dans la sauvegarde de l'environnement.

Pendant la Deuxième Guerre mondiale et quelques années d'après-guerre, pénurie oblige, toute chemise en fin de vie est recyclée par les particuliers : les boutons en sont soigneusement récupérés pour des travaux de couture ultérieurs, les manches séparées pour protéger les bras dans les travaux salissants ou pour cirer les chaussures, et le reste réutilisé comme chiffons pour nettoyer les vitres. Ces chiffons se négociaient aussi auprès des chiffonniers, qui les collectaient pour la fabrication du papier.

En 1970 (alors qu'on recycle moins que jamais !), le recyclage est remis au goût du jour par des partisans de la défense de l'environnement, qui lancent le logo actuel pour marquer d'une part les produits recyclables et d'autre part les produits issus de matériaux recyclés.

Le recyclage suit cependant l'organisation mondiale de la consommation. La situation dans les pays développés n'est pas celle des pays en développement. Dans ces derniers, en

l'absence de meilleur système, c'est la récupération informelle qui permet de recycler une partie des déchets, comme pendant la guerre [14].

### **IV.3 Définition du recyclage**

Par définition le recyclage est un procédé permettant la transformation d'un produit en fin de cycle à une ressource réutilisable pour la même industrie ou pour un autre secteur d'activité [14].

C'est la transformation d'un produit pour en faire une nouvelle utilisation. Recycler permet d'avoir à nouveau de la matière première. Ainsi, on peut fabriquer de nouveaux produits ou créer de l'énergie, sans puiser dans les ressources naturelles (arbres, minerais, pétrole).

Il y a deux conséquences écologiques majeures :

- la réintroduction du volume des déchets, et donc de la pollution qu'ils causeraient (certains matériaux mettent des décennies, voire des siècles pour se dégrader)
- la préservation des ressources naturelles, puisque la matière recyclée est utilisée à la place de celle qu'on aurait dû extraire [5].

### **IV.4 Les objectifs de recyclage**

Parmi ces actions, la promotion des activités de recyclage et de valorisation des déchets. Cependant, le recyclage a d'autres objectifs :

- il économise l'espace dans les centres d'enfouissement des déchets ;
- il baisse les dépenses de traitement des déchets solides municipaux (DSM) ;
- il améliore la qualité de l'environnement en réduisant les quantités des déchets ; ainsi
- il minimise l'utilisation de ressources.

La composition des déchets solides produits en Algérie se caractérise par une part très significative des produits organiques avec un taux moyen de 72%. Quant au plastique, il ne représente que 10% de ces déchets et 9.3 % pour le papier/carton, 4.14% pour le chiffon et autres, 3.2% pour les métaux et 1.36% pour le verre.

Le passage des entreprises productrices des boissons et d'eau minérale à l'utilisation des bouteilles en plastique au lieu des bouteilles en verre a augmenté le taux des matériaux a recyclé. Le plastique est l'un des matériaux qui a le privilège d'être recyclé. En comparaison au verre, à l'aluminium et quelques autres matières qui sont recyclables à l'infini, le plastique, lui, perd de sa valeur au cours de sa revalorisation et n'est de ce fait pas recyclable indéfiniment [16].

## IV.5 Les principes du recyclage

Le recyclage permet d'éviter le gaspillage de ressources naturelles et d'énergie, de sécuriser l'approvisionnement de l'industrie en matières premières, de diminuer ses impacts environnementaux. L'incorporation d'une matière première de recyclage (MPR) vierge permet :

- une moindre consommation d'énergie, d'eau
- une moindre émission de CO<sub>2</sub>

Depuis les années 2000, le recyclage constitue une vraie réponse face à :

- La production industrielle du fait des politiques de gestion des déchets : objectifs de recyclage développement des filières à responsabilité élargie du producteur (REP)
- La demande croissante de matière
- Les contraintes environnementales et économiques

Cette évolution a conduit à l'industrialisation du recyclage telle que nous la connaissons aujourd'hui dans une dynamique poussée par l'économie circulaire [14].



Figure IV.1la chaîne de recyclage.

## IV.6 Les facteurs influençant le recyclage du plastique

Les plastiques recyclés ne peuvent pas être utilisés pour faire des emballages alimentaires. Ceci pour éviter la migration possible de substances toxiques sur les aliments. (Sac poubelle)

Il existe deux facteurs qui freinent l'utilisation des polymères issus du recyclage, ce sont :

- Le fait que la matière obtenue du recyclage soit de moins bonne qualité que la matière première, et le coût élevé du transport, de la collecte et du tri des plastiques qui rendent le plastique recyclé relativement cher.
- On peut aussi noter les additifs ajoutés aux plastiques qui, lors de la revalorisation de la matière altèrent les propriétés des polymères recyclés il existe d'autres facteurs qui restreignent le recyclage comme par exemple les plastiques mélangés.

En recyclant des emballages contenant des produits chimiques, les polymères perdent leurs caractéristiques et peuvent être potentiellement dangereux pour la santé. La meilleure façon de traiter ces déchets est de les valoriser en les utilisant par exemple comme catalyseur pour brûler d'autres déchets. Ou d'autres façons comme réutilisable, valorisation, incinération, mis en décharge. Il n'est pas possible de recycler les plastiques souillés. En recyclant ces derniers, il est possible que la souillure présente sur l'objet recyclé contamine l'objet créé et altère celui-ci voire même le rende toxique [16].

## IV.7 Les procédés de recyclage

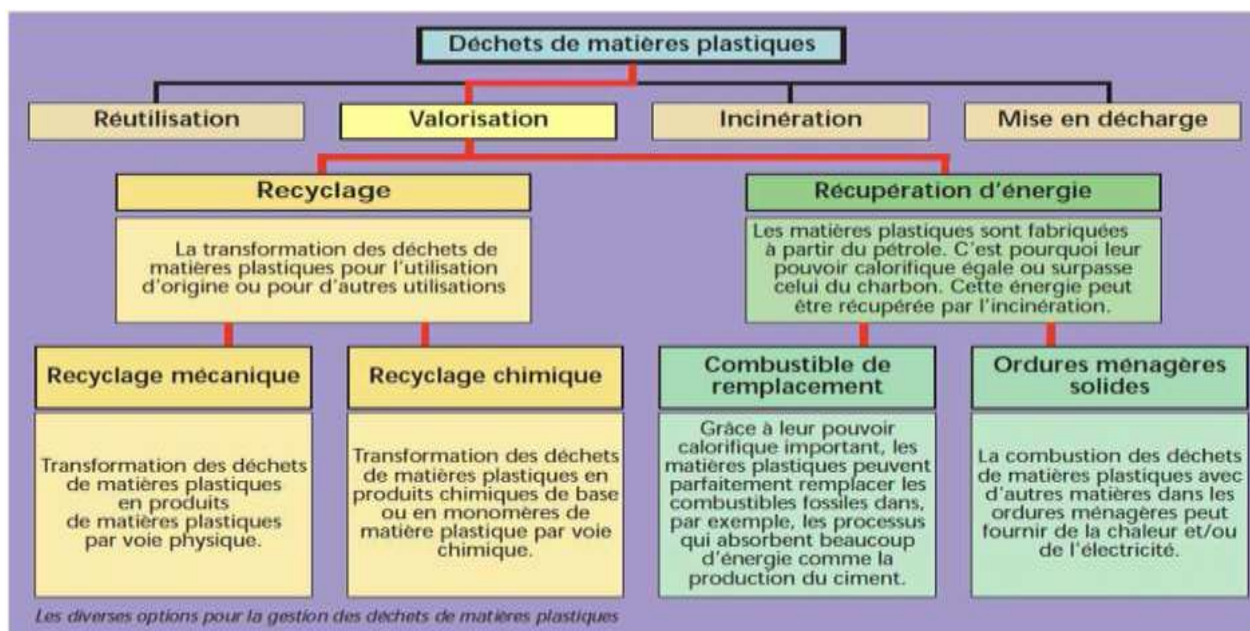


Figure IV.2 les différents procédés de recyclage des matières plastiques.

### **IV.7.1 Le recyclage mécanique**

Il s'agit de la refusion 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 [20].

### **IV.7.2 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 [21].

### **IV.7.3 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 dudit polymère puis séchage des différentes particules qui constituent le polymère [19].

- 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.

### IV.8 Les différentes étapes du processus de recyclage

Il est vrai que le recyclage du plastique passe par un processus assez délicat. Les emballages par exemple sont traités de manières différentes alors qu'ils sont tous faits de plastiques.

Les emballages en bouteilles et en flacons sont susceptibles d'être recyclés pour obtenir de la matière première.

Les autres types de plastique sont généralement envoyés à l'incinération pour la revalorisation énergétique. Or ; incinérer des plastiques faits d'hydrocarbures fossiles engendre une émission nocive de CO<sub>2</sub>.

Voici les principales étapes du recyclage des déchets plastiques [21].

- **La collecte**

Cette première étape consiste à rassembler auprès des différents ménages, les déchets plastiques susceptibles d'être recyclés : Flacons ou bouteilles, sacs, films plastiques, pots et/ou récipients plastiques. En les mettant dans les bacs spécialisés dans le recueillement de ces déchets, leurs utilisateurs qui s'en sont débarrassés ont le devoir de veiller à ce que ces plastiques n'aient pas auparavant contenu des substances toxiques telles qu'un poison ou des insecticides.

Bref, la collecte requiert des déchets plastiques recyclables, après quoi l'étape suivante revient au centre de tri.

- **Le tri**

Au centre de tri, se fait un tri sélectif minutieux des déchets plastiques. Pour cause, tous les plastiques ne sont pas structurés de la même manière, leurs composantes diffèrent. Il s'agit alors pour les spécialistes du tri d'identifier les plastiques qui peuvent être recyclés et de les séparer des non recyclables. Généralement, les objets plastiques recyclables possèdent un insigne (trois flèches formant un triangle) au bas de leur solide. A la suite de cette différenciation, le centre de tri se charge de passer au compactage. Comme son nom l'indique, le compactage sous-entend une transformation complète des déchets plastiques à travers leur ramollissement et leur aplatissement. Cette transformation donne ensuite naissance à de grands blocs cubiques encore désignés par balles de plastiques.

- **Le broyage et le séchage :**

Ici, les blocs cubiques sont dépourvus de toute impureté grâce à une série de lavages minutieux. Ces plastiques sont alors broyés par des broyeurs puis déchiquetés en vue d'obtenir des paillettes de diverses couleurs. Lesdites paillettes sont plus tard nettoyées par des laveuses industrielles desquelles vont découler les plastiques de type PET et PEHD.

- **Le séchage :**

Il s'agit du séchage des paillettes d'autant plus qu'elles se seront mouillées au cours du nettoyage. Pour réussir le séchage, Séparons les matières plastiques mélangées et les matériaux composites par voie humide ou sèche avec de l'eau pure (densité=1) ou modifiée (densité>1), par courant d'air, au moyen d'aimants ou encore de séparateurs haute fréquence, tamiseurs et classificateurs. Il existe trois types :

Il existe trois types :

- **Sécheurs mécaniques** Les granulés / flocons sont pressés contre des tamis montés à l'extérieur par centrifugation. Pour éviter toute obstruction des tamis, ils sont nettoyés en continu.
- **Sécheurs multi étagés** Les rotors spécialisés sont alimentés avec une mélange entre eau et granulés/flocons en plastique. En plusieurs étapes, cette mélange est accélérée de plus en plus.
- **Sécheurs thermiques** La flue des matériaux est apportée par de l'air chaude par une longue tube pour sécher la matière broyée en faisant évaporer l'eau.

Il est possible d'utiliser de l'air de l'environnement et de l'échauffer ou d'utiliser de l'air préchauffée et pré-séchée.

Cela garantit également une dernière mise au propre du plastique et son homogénéité.

- **L'homogénéisation :**

Une fois que le plastique entièrement pur est obtenu, il existe différentes techniques pour le rendre homogène. La plupart du temps, ce plastique est convoyé vers le silo. Ici, à une température extrêmement forte, le plastique est chauffé pour obtenir un tout homogène sur les plans de la couleur, de la texture et du comportement. L'homogénéité qui sera obtenue dépendra de l'objectif final de fabrication.

- **L'acquisition des granulés :**

L'ensemble homogène obtenu à la phase antérieure est passé à l'extrudeuse qui se charge d'en extraire des mono filaments qui seront ensuite découpés en des grains. Ainsi, s'obtiennent les granulés utiles à la fabrication de meubles, tapis, vêtements polaires et autres selon la nature du plastique recyclé. Il faut préciser qu'après un nombre raisonnable de recyclage, le plastique en vient à être incinéré ou brûlé.

#### **IV.8.1 Processus de recyclage du plastique**

La Première étape du recyclage des déchets plastiques après la collecte, le tri permet de séparer, nettoyer et préparer les matières destinées à être revalorisées. En fonction de leur nature, les plastiques triés seront directement traités sur le site de l'entreprise de recyclage chargée de les réceptionner, ou acheminés vers un centre de traitement spécialisé. Les familles de matières étant nombreuses, et les procédés de tri très variables selon les types de produits, on va identifier les principales techniques, suivre le trajet des matières au cœur des centres de recyclage, et détailler les modes d'application propres aux traitements des différents types de déchets plastiques [5]. Notre processus de recyclage du plastique peut être divisé en plusieurs phases :



*Figure IV.3 stockages des balles.*

##### **1) Réception des matières premières**

Est considéré matière première tout matériau en plastique qui peut être recyclé (PEHD, PEBD, PET ...) dans l'usine. Le matériau doit être pré-trié selon la qualité et peut provenir de déchets industriels, agricoles et de post-consommation. Ces matériaux peuvent nous arriver dans des boîtes, des sacs, des sacs Big Bag, déchiquetés, des conteneurs (en vrac) ou en balles.

**2) Processus de sélection** Une fois réceptionnée, notre matière première passe par un rigoureux processus de sélection au cours duquel sont effectuées les étapes suivantes :

- Séparation des matières non aptes en raison de leur typologie :

Sont séparées les matières plastiques différentes de celles utilisées au moment de la consommation par leur qualité du processus, les étiquettes, les matériaux ferreux, les terres, etc. Ce processus nous aide à garantir une qualité optimale, augmenter les capacités de production, éviter une production inefficace et il sert à garder un contrôle sur la matière première fournie par nos sources d'approvisionnement.

- Séparation des couleurs du plastique à consommer :

Cette phase permet d'obtenir une consommation réduite de colorants, ce qui apporte un plus grand bénéfice tant économique qu'environnemental, ainsi qu'une plus grande variété dans les produits finis, en offrant différentes palettes de couleurs.

### **3) Le déchiquetage**

Les pièces sont broyées et déchiquetées dans des broyeurs de grande capacité productive grâce à un ensemble de lames rotatives, les réduisant en petits morceaux selon le diamètre du tamis. Avec le broyage, nous obtenons une granulométrie homogène du plastique, facilitant ainsi le travail ultérieur du transport, du lavage et du séchage.

### **4) Lavage**

Une fois déchiqueté, le plastique est introduit dans des laveuses industrielles. Des pales remuent l'eau afin que le plastique reste totalement immergé et que les éventuelles impuretés telles que la terre, la pierre, le métal, le carton, le PVC et tous autres matériaux plus denses que l'eau se déposent au fond des laveuses.

### **5) Séchage et essorage**

Les matières extraites des laveuses passent dans les centrifugeuses qui, en plus des fonctions de séchage, enlèveront complètement toutes les impuretés qui auraient pu encore échapper aux laveuses.

## **6) Homogénéisation**

Une fois déchiquetée, lavée et séchée, la matière plastique est stockée dans un grand silo où elle est mélangée par un procédé mécanique jusqu'à ce que le matériau soit homogène en termes de couleur, texture et comportement, et prêt pour l'extrusion.

## **7) Extrusion**

Le corps central de l'extrudeuse comprend un long canon qui, grâce à la chaleur et la friction de son axe interne, permet la plastification de toutes les particules créées antérieurement, avec pour résultat une pâte uniforme. Les polymères sont ainsi fondus grâce à la chaleur. C'est à ce moment que l'on ajoute la couleur nécessaire demandée par nos clients pour répondre à leurs besoins.

## **8) Filtrage**

Avec la texture et la fluidité nécessaire, le plastique subit encore un processus de filtrage (un système de mailles très fines qui retiennent toutes les impuretés qui auraient pu rester collées à la matière lors des processus antérieurs : résidus de carton, petits morceaux de bois, de tissu ou d'autres matières incompatibles. Lorsque ces mailles se salissent, elles sont remplacées automatiquement par d'autres mailles propres).

## **9) Granulé**

Le plastique sort de la tête de l'extrudeuse sous la forme de mono filaments ou de fils qui se refroidissent au contact de l'eau placée dans la cuve. Les fils passent par la filière où ils sont coupés par une lame rotative. Ce processus permet d'obtenir le grain ou le granulé adéquat demandé par nos clients, adapté à leurs besoins lors de l'achat de granulés.

## **10) Analyse et contrôle de la qualité**

La production de granulés est divisée en lots. Il est analysé en laboratoire, pour chaque lot, les caractéristiques telles que la fluidité, la densité, les cendres...

Cela permet d'assurer une qualité homogène de nos produits.

### **11) Conditionnement**

Les granulés sont projetés depuis l'extrudeuse, par un système pneumatique au moyen d'un ventilateur électrique, jusqu'à un réservoir ou un silo où un cyclone supprime l'humidité résiduelle. Ultérieurement et en fonction des besoins que chaque client nous aura définis, le produit est emballé dans des sacs Big Bag ou des sacs de 25 kg.

### **12) Stockage**

Un bon stockage du produit fini est essentiel pour éviter les éventuels dommages : chocs, rigueurs climatiques, détérioration, etc., afin d'atteindre un degré maximum d'acceptation du client. La Capacité de stockage de produit fini est supérieure à 10 000 m<sup>2</sup> et nous permet d'offrir le traitement le plus approprié à la large gamme de produits fabriqués dans nos usines.

### **13) Logistique**

Le matériau est prêt à être retiré par le client lui-même ou bien pour une livraison à destination grâce à flotte de véhicules industriels dont la zone de couverture est nationale.

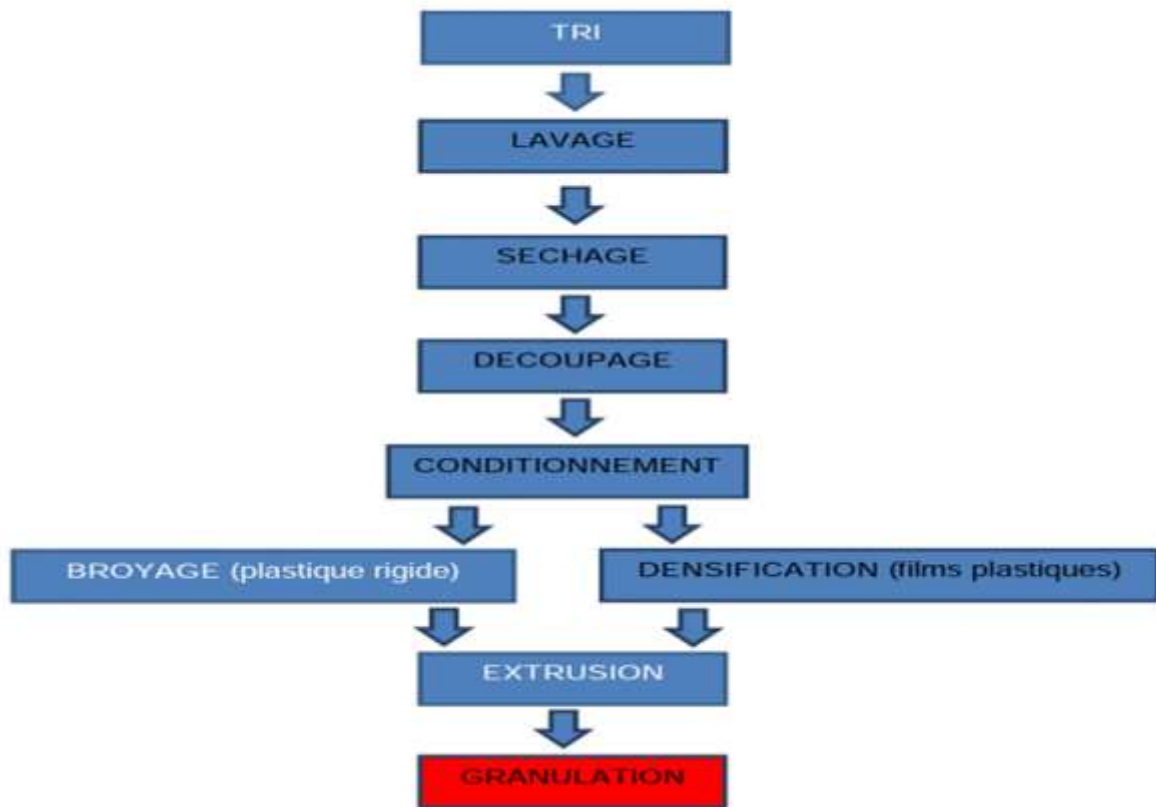
## **IV.9 Valorisation des emballages plastiques**

La valorisation est un terme générique recouvrant l'ensemble des techniques qui permettent le réemploi, la réutilisation, le recyclage ou la régénération des déchets. La valorisation des déchets constitue désormais un choix stratégique pour faire face à l'accroissement de plus en plus important, des quantités des déchets générés et de la demande de matières premières, mais également à l'épuisement alarmant des ressources naturelles. Comme tous les déchets plastiques, il existe trois méthodes de valorisation des emballages plastiques : la valorisation énergétique, la valorisation mécanique et la valorisation chimique [5]

### **IV.9.1 La valorisation énergétique**

La valorisation énergétique consiste à incinérer les déchets plastiques pour récupérer l'énergie qu'ils contiennent sous forme de chaleur. Les plastiques, composés de pétrole raffiné, ont une capacité calorifique proche de celui-ci. Cette méthode de valorisation permet de recycler une grande partie des déchets plastiques.

En revanche si elle est mal maîtrisée elle peut présenter des risques majeurs pour l'environnement et la santé des êtres vivants par l'émission de dioxines et de HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique), molécules cancérigènes présentes dans les fumées.



*Figure IV.4 Procédée de régénération des matières plastiques.*

### IV.9.2 La valorisation mécanique

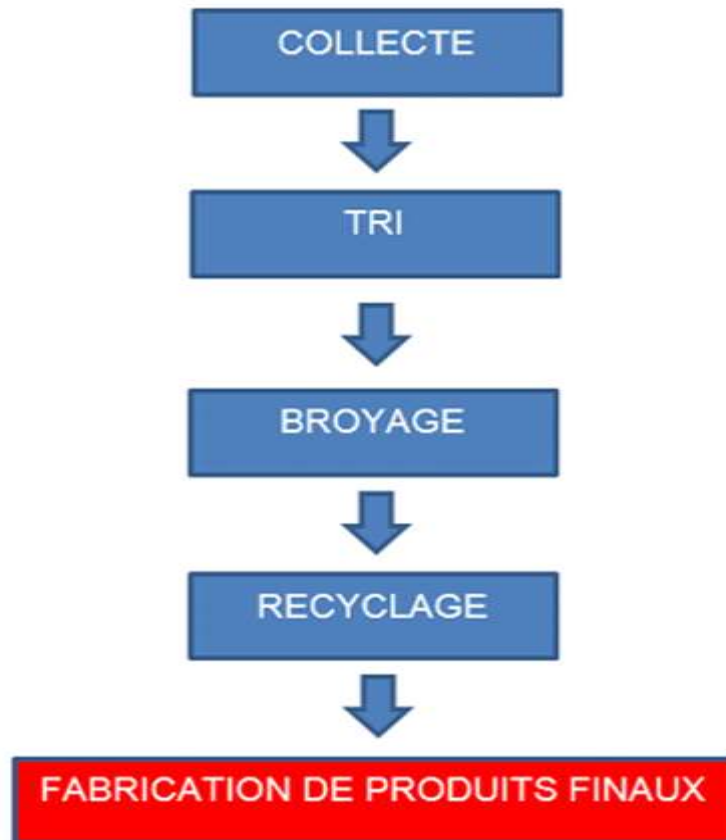
La valorisation matière, ou valorisation mécanique consiste à réutiliser les déchets plastiques avec un minimum de transformation de la matière. Cette technique est utilisée pour le traitement des déchets thermoplastiques. Elle repose avant tout sur une collecte sélective ou un tri des déchets plastiques à partir des ordures ménagères. Il est très souvent nécessaire d'avoir des déchets plastiques triés par type de résine plastique Plus le tri est efficace, plus le produit en sortie de valorisation matière est de bonne qualité.

#### - La régénération

La régénération consiste à produire de la poudre, des granulés à partir de déchets plastiques, comparable aux déchets vierges (le vierges Il est similaire au matériau de départ ), pour les réintroduire sur le marché international des résines plastiques. Elle s'opère en plusieurs étapes (tri, lavage, séchage, broyage, extrusion, granulation) afin de produire un sous-produit recyclé plus ou moins élaboré.

### - La fabrication de nouveau produit

En recyclage, les plasturgistes font aussi une mise en œuvre des matériaux en différents formes de produits finis : paillettes, chaises, élément de construction comme les briques, les pavés, ....



*Figure IV.5 Procédé de recyclage en produits finis..*

### IV.9.3 La valorisation chimique

La valorisation chimique consiste à transformer la matière plastique en molécule de base (polymère, ester...), pouvant servir à la synthèse d'une nouvelle matière plastique, ou pour la pétrochimie. Ces technologies sont encore peu développées ou limitées à certaines natures de résines plastiques. On ne les utilise que dans les pays du Nord et les pays émergents.

## IV.10 Critère à prendre en compte pour le recyclage des emballages en plastiques

Plusieurs facteurs peuvent défavoriser la valorisation des emballages en plastiques [16].

Les matériaux utilisés et la compatibilité physico-chimique entre eux :

La difficulté majeure du recyclage des matières plastiques proviennent des caractéristiques des polymères utilisés ainsi que leurs incompatibilités dans le cas où ils sont associés. Il faut donc savoir :

- la nature et les caractéristiques des matières plastiques utilisées,
- Compatibilité physico-chimique des matériaux entre eux,
- Facilité des séparations des couches en cas de multicouches.

Le tableau suivant nous montre la compatibilité et l'incompatibilité de l'association des matériaux plastique

	PET	PEHD	PVC	PEBD	PP	PS
PET	1	2	3	2	2	3
PEHD	3	1	3	1	2	3
PVC	3	2	1	2	2	2
PEBD	3	1	3	1	2	3
PP	2	2	3	2	1	3
PS	3	2	2	3	3	1

**Tableau 5** : Compatibilité et l'incompatibilité de l'association des matériaux plastique Avec 1 compatibles ; 2 compatibles sous certaines conditions ; 3 incompatibles

### IV.10.1 Les composés ajoutés lors de la mise en œuvre

En fait, si les déchets d'emballage plastiques sont séparés par nature des polymères qui les consistent, d'autres difficultés de recyclage persistent par la présence des nombreux additifs contenus dans ces matériaux qui sont souvent très différents.

Les composés susceptibles d'être trouvés dans les matières plastiques, pour répondre aux besoins finaux de l'emballage sont en général très nombreux ; leur nature et leur quantité sont variables. On peut citer :

- L'encre d'impression
- Les systèmes de fermetures : joints, bouchons, ...
- Les étiquettes
- Les colles et adhésifs.



---

## **Conclusion**

---

## **Conclusion**

Dans le présent travail nous avons abordé les déchets plastiques dans une optique de récupération et de valorisation dans le but double de protéger l'environnement et de trouver de nouvelles ressources économiques.

Les circonstances de crise sanitaire ne nous ont hélas pas permis de réaliser une partie expérimentale avec des essais de récupération ou valorisation. Nous avons donc réalisé une recherche bibliographique que nous avons articulée en quatre chapitres.

Après une brève introduction où nous avons mis l'accent sur l'importance écologique et économique de la récupération des plastiques nous avons dans un premier chapitre réalisé une bibliographie relative au déchet avec une petite introduction, la définition des déchets et leur classification.

Nous avons consacré un deuxième chapitre aux généralités sur la matière plastique : la définition, l'historique, la chimie, ses molécules de base, sa fabrication, ses différentes familles et leurs usages, les techniques d'identification, les transformations et les propriétés avec les interactions.

Nous avons ensuite poursuivi avec la présentation des emballages alimentaires : introduction, définition, les différents types d'emballages, les fonctions de l'emballage, emballage alimentaire et santé, rôles de l'emballage alimentaire, emballage en plastique et la législation alimentaire de l'emballage.

Nous avons poursuivi en présentant le recyclage et la valorisation du plastique : définition, historique, principes, objectifs, procédés, différentes étapes, facteurs influençant, critères à prendre en compte pour le recyclage des emballages et leur valorisation.

Il aurait été très intéressant de faire des essais de comportement du plastique lors de la récupération et valorisation mais les circonstances sanitaires mondiales nous en ont empêché. Cette étude gagnerait à être poursuivie à l'avenir par d'autres études qui les complèteront.

---

***RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] DGRNE /MET; 1999; « réaliser un code de bonnes pratique destiné aux bateliers et aux chargeurs »; bateliers ; En Europe
- [2] Mohamed Touhami Gouasmi ; 23 mai 2013; mémoire de magister; « effets d'agrégats légers a base de poly terephthalate d'éthylène sur les propriétés des mortiers »; université d'Oran
- [3] HAL ; Professeur titulaire de la chaire ; Yvon Pesqueux ; 1jun 2016 ; mémoire doctorat; « Développement des systèmes d'organisation » ; en France
- [4] Botta. H Berdier. C Deleuil. J.-M; 2002 « Promenade historique dans le système VILLE DECHETS » in Enjeux de la propreté urbaine, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne,
- [5] Laameche. S ; Mimouni. D ; 2015-2016 ; mémoire de Master ; création d'une Enterprise de tri et de recyclage de plastique et d'aluminium à Tlemcen ; université Abou Bekr Belkaid Tlemcen
- [6] code de l'environnement, partie législative, article L541-1; 24 déc2007; France
- [7] Bensmall salem ; 2010 ; mémoire de magistère ; « 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 »; université Abderrahmane mira de Bejaia
- [9]N.Briand - Mobiscience ; 30/08/2014 ; De la seine au 7ième continent ; Rubrique 5 : plastique et pollution par les plastiques ; France
- [10]Carrega,M. et al., 2012; « Matières plastiques: propriétés, mise en forme et applications .....industrielles des matériaux polymers. »; 3e éd., Paris: Dunod L'usine nouvelle.
- [11] Kale S.K., Deshmukh A.G., Dudhare M.S. & Patil V.B., 2015. « Microbial degradation of pesticide: A review. »
- [12]Krueger M.C., Harms H. & Schlosser D., 2015. « Prospects for microbiological solutions to environmental pollution with plastics»; Appl. Microbiol. Biotechnol. 99(21), 8857– 8874
- [13] Buyck Maxime; 2017-2018 ; « gestion des déchets plastique et détection de micro-déchets plastique en station d'épuration en Wallonie »; liège université gembloux agro-bio tech
- [14] Bemmami kamel-Eddine, Tchouar amine ;2016-2017 ; mémoire de Master conception et réalisation d'une Unité de recyclage- plastique ;université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen
- [15] Tafitason Mahefanjaka Sandrio ; 08 juin 2017 ; mémoire de Master ; « contribution a la valorisation des déchets emballages films plastique de la société jB- essai de fabrication de pave en plastique »; université d'Antananarivo ; Madagascar

[16] Benslimane N ; 2013-2014; mémoire de Master; « contribution à l'élaboration d'un Plan de contrôle des emballages plastique en contact avec les denrées alimentaires »; université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

[17] Brula P. & Thoumelin P ; février 2007 ;rapport final ; Risques sanitaires engendrés par la valorisation des déchets ( recyclage et réutilisation ).

[18] Cercle national du recyclage, avril 1999 ; Les emballages plastiques : de la fabrication a la valorisation ; France.

[19] MENS : une vision incisive et éducative sur l'environnement, approche didactique et scientifique, 20 1<sup>er</sup> trimestre 2001; 2001 ; dossier sur l'environnement « mens sana in terra sana » ; le recyclage des plastiques;Premier Attaché à l'Office wallon des déchets; en France

[21] Conseil de transformation agroalimentaire et des produits de consommation; 2017; Guide de l'emballage alimentaire ;« informer, guider et préparer les industriels dans leur décisions d'emballage »; Canada

[22] Mouloudi Fatima ; 13/03/2013 ; diplôme de magister ; « la qualité Hygiénique et microbiologique de la restauration collective : cas de restaurants universitaires d'Oran » ; université d'Oran Es-seina

## **MEDIAGRAPHIE**

[8] Plastics Europe; a propos des plastiques; “les plastiques, c’est quoi  
“<https://www.plasticseurope.org/fr/about-plastics/what-are-plastics>”

[20] Par Charles Germain ; 22 aout 2019 ; plastique - déchets et recyclage  
<https://www.charlesgermain.fr/blogs/news/plastique-dechets-et-recyclage>

## Résumé

Les plastiques sont des matières très importantes dans notre vie, extrêmement pratiques et agréables dans les industries, surtout celles de haute technologie comme l'aérospatiale, la médecine, l'informatique et les télécommunications. Le déchet plastique est un phénomène qui a une influence sur la santé publique, l'environnement et le milieu économique. La gestion de déchet de plastique est de plus en plus présente dans la problématique environnementale actuelle en Algérie. Alors il faut obligatoirement trouver un moyen pour éviter les grands problèmes de déchet plastique.

Dans le cadre de ce mémoire et dans un but d'étude de la récupération et de la valorisation de quelques déchets plastiques destinés à l'emballage, le recyclage ou la revalorisation des déchets plastiques pour le développement de nouveaux matériaux de construction tels que les composites cimentaires, apparaît comme l'une de meilleures solutions pour l'élimination des déchets plastiques, en raison de ses avantages économiques et écologiques..

**Mots clés :** Plastique, Déchet, Environnement, Recyclage.

## المخلص

تعد المواد البلاستيكية من المواد المهمة جدا في حياتنا، فهي عملية إلى حد بعيد في الصناعات، وخاصة الصناعات عالية التقنية مثل الفضاء والطب وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، النفايات البلاستيكية ظاهرة تؤثر على الصحة العامة والبيئة والاقتصاد. إدارة النفايات البلاستيكية تمثل مشكلة بيئية حاليا في الجزائر. لذلك يجب أن نجد طريقة لتجنب مشاكل النفايات البلاستيكية. في هذه المذكرة نقوم بدراسة استعادة بعض النفايات البلاستيكية المعدة للتغليف. حيث أن إعادة تدوير أو ترقيّة النفايات البلاستيكية لتطوير مواد بناء جديدة مثل المركبات الإسمنتية، من أفضل الحلول للتخلص من النفايات البلاستيك، نظرا لمزاياها الاقتصادية والبيئية.

**الكلمات المفتاحية :** بلاستيك، نفايات، بيئة، تدوير

## Abstract

The Plastics are very important materials in our life, extremely practical, enjoyable industries, especially high-tech ones like aerospace, medicine, informatics and telecommunications. Plastic waste is a phenomenon influencing in public health, the environment and the economy. The management of plastic waste is more and more present in the current environmental problem in Algeria. So we must find a way to avoid the major problems of plastic waste.

In this work, we present the study of the recovery some plastic waste intended for packaging. The Recycling or upgrading plastic waste for the development of new construction materials such as cementations composites appears to be one of the best solutions for the elimination of plastic waste, due to its economic and ecological advantages.

**Key words:** Plastics, Waste, Environment, Recycling.

