

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Peoples Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Abdelhamid Ibn Badis University – Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Process Engineering Department of

Department of Process Engineering

قسم هندسة الطرائق

The Date

التاريخ :

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

رقم : / ج.م.ك.ع.ت//2023

MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Industries pétrochimiques

Option: Génie pétrochimique

Thème :

Plastique de la production à la pollution, un regard complet sur l'impact environnemental du recyclage plastique à usage unique

Présenté par

1-Abdelaziz Mohammed Nadir

Soutenu le .../09/ 2023 devant le jury composé de :

Président :	M ^{me} SMAIL hadjira	Grade MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	M ^{me} DRIOUCH Aouatef	Grade MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M ^{me} BENTATA Rachida	Grade MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

En tout premier lieu, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

On exprime nos profonds remerciements à tous nos professeurs depuis le primaire jusqu'au supérieur, qui ont brillé par la qualité de leurs enseignements, leurs efforts continus afin de nous donner le maximum de savoir, si nous soutenons aujourd'hui, c'est grâce à leurs conseils, leurs patiences, la transmission de leurs connaissances et leurs savoir-faire.

Je tiens à remercier mon encadreur : Mme **RACHIDA BENTATA** pour ses précieux conseils durant toute la période du travail.

Mes remerciements à tous les membres du jury : M^{me} DRIOUCH Aouatef et M^{me} SMAIL hadjira pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Je tiens également à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicaces

Avec l'aide de dieu tout puissant on a pu achever ce modeste travail qu'on dédie :

A nos parents, nos frères et nos sœurs

Et

A tous ceux qui nous sont chère

ملخص

البلاستيك مادة تركيبية متعددة الاستخدامات تلعب دورًا أساسيًا في حياتنا اليومية. وهي مصنوعة من البوليمرات المشتقة من البترول أو الغاز الطبيعي.

تتميز المواد البلاستيكية بمتانتها وخفتها وتكلفة إنتاجها المنخفضة. وهي متوفرة في مجموعة متنوعة من الأنواع والتركيبات ، ولكل منها خصائص محددة.

يستخدم البلاستيك في العديد من المجالات، بما في ذلك التعبئة والتغليف والبناء والسيارات والإلكترونيات والمنتجات الاستهلاكية.

على الرغم من أن البلاستيك قد جلب العديد من الفوائد ، إلا أنه يشكل أيضًا تحديات بيئية. أصبحت إدارة النفايات البلاستيكية والترويج لإعادة التدوير من الاهتمامات الرئيسية للحد من تأثيرها على البيئة وتشجيع استخدام أكثر مسؤولية للبلاستيك

الكلمات المفتاحية إعادة التدوير، البلاستيك، الطحن، البثق، خط إعادة التدوير، البلاستيك ذو الاستخدام الواحد، تأثير النفايات.

Résumé

Le plastique est un matériau synthétique polyvalent qui joue un rôle essentiel dans notre quotidien. Il est fabriqué à partir de polymères dérivés du pétrole ou du gaz naturel. Les plastiques se distinguent par leur durabilité, leur légèreté et leur faible coût de production. Ils sont disponibles dans une grande variété de types et de formulations, chacun présentant des propriétés spécifiques. Les plastiques sont utilisés dans de nombreux domaines, notamment l'emballage, la construction, l'automobile, l'électronique et les produits de consommation. Bien que les plastiques aient apporté de nombreux avantages, ils posent également des défis environnementaux. La gestion des déchets plastiques et la promotion du recyclage sont devenues des préoccupations majeures pour réduire leur impact sur l'environnement et encourager une utilisation plus responsable des plastiques

Mots clés: Recyclage, Plastique, Broyage, Extrusion, ligne de recyclage, plastique à usage unique, impact des déchets.

Summary

Plastic is a versatile synthetic material that plays an essential role in our daily lives. It is made from polymers derived from petroleum or natural gas. Plastics stand out for their durability, lightness and low production costs. They are available in a wide variety of types and formulations, each with specific properties. Plastics are used in many areas, including packaging, construction, automotive, electronics and consumer products. Although plastics have brought many benefits, they also pose environmental challenges. The management of plastic waste and the promotion of recycling have become major concerns to reduce their impact on the environment and encourage more responsible use of plastics

Keywords: Recycling, Plastic, Grinding, Extrusion, recycling line, single-use plastic, waste impact.

Liste des tableaux

Tableau 2.1: Caractéristiques des plastiques triés recyclable

Liste des figures

Figure 1-1 Usine de recyclage plastique (EL KADER PLAST)

Figure 1-2 Situation géographique de l'usine

Figures 1-3 : Masterbatch, palettes , déchets plastique PP et PEHD

Figure 1-4: polymère

Figure 1-5 : Monomère et polymérisation

Figure 1-6: le plastique sous le microscope

Figure 1-7 : Matières plastique de différentes formes

Figure 1-8 : Représentation schématique d'un polymère thermoplastique

Figure 1-9: Représentation schématique d'un polymère thermodurcissable

Figure 2.1 Broyeur

Figure 2.2 Plastique broyé

Figure 2.3 Bac de Lavage

Figure 2.4 Bac de séchage

Figure 2.5 Extrudeuse

Figure 2.6 Description schématique d'une extrudeuse

Figure 2.7 Plastique extrudé

Figure 2.8 Plastique granulé

Figure 2.9 Convoyeur incliné

Figure 2.10 Déchets de verre

Figure 2.11 Déchets papier et carton

Figure 2.12 Déchets PET

Figure 2.13 Déchets alu- fer blanc

Figure 2.14 Déchets électronique

Figure 2.15 Déchets métaux

Figure 2.16 Déchets plastique

Figure 2.17 Déchets verts et bois

Figure 2.18 Déchets de pneus

Figure 2.19 Déchets de construction

Figure 2.20 Schéma général du processus de recyclage de plastique

Figure 2.21 Principe de calandrage

Figure 2.22 Principe de thermoformage

Figure 2.23 Principe d'injection

Figure 2.24 Moulage par injection et soufflage

Figure 2.25 principe d'extrusion.

Figure 2.26 Types de profil obtenu par extrusion

Figure 2.27 Principe d'extrusion gonflage

Figure 2.28 Extrusion soufflage

Figure 2.29 Principe d'expansion moulage

Figure 3.1 composition des déchets plastique

Figure 3.2 composition moyenne des déchets côtiers

Figure 3.3 cycle de vie du plastique

Liste des abréviations :

ONS office national des statistiques

PET Le polyéthylène téréphtalate

PEHD Le polyéthylène haute densité

PVC Le chlorure de polyvinyle

PEBD Le polyéthylène à basse densité

PP Le polypropylène

PS Le polystyrène

HCL Le chlorure d'hydrogène

HF Fluore d'hydrogène

HCN Le cyanure d'hydrogène

SO2 Le dioxyde de soufre

AF Avec fumée

SF Sans fumée

SIO2 Le dioxyde de silicium

HF fluorure d'hydrogène

ASTM D6400-99 norme (American standards of technical material)

CO du dioxyde carbone

MPR matière première de recyclage

OFEV l'office fédéral de l'environnement

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre 1 :

Chapitre 1 : Généralité sur la matière plastique

1/Présentation de l'usine

1-1-1Historique de l'usine2

1-1-2 -Situation géographique.....3

1-1-3Mission et objectif.....4

1-1-4-Capacité annuelle de Production.....5

1 -1-5Différent départements de l'usine.....5

1-2- Introduction6

1-3-Définition de plastique.....6

1-4-Familles de plastique et leur usages.....8

1-4-1 Les thermoplastiques.....	9
1-4-2 les thermodurcissables.....	9
1-4-3 les élastomères ou « caoutchouc ».....	10
1-5-Type de plastique.....	10
1-6-Types de plastique de la famille thermoplastique.....	10
1-6-1 Le PET.....	10
1-6-2 Le PEHD.....	11
1-6-3 Le PVC.....	11
1-6-4 Le PEBD.....	12
1-6-5 Le PP.....	12
1-6-6 Le PS.....	13
1-7- Types de plastique de la famille thermodurcissable.....	13
1-7-1 Les polyuréthanes.....	14
1-7-2 Les polyesters.....	14
1-7-3 Epoxydes.....	14
1-8- Les techniques d'identification des matériaux plastiques.....	14
1-8-1 Test de déformation.....	15
1-8-2 Test de chauffage.....	15
1-8-3 Test de densité.....	15
1-8-4 Test de belstein.....	16
1-8-5 Test du solvant.....	16
1-8-6 Test du papier PH et test de pyrolyse.....	17
1-8-7 Test de combustion.....	17

1-8-8 Test complémentaires.....	17
1-9- Les plastique biodégradables	18
1-9-1 Polymères naturels.....	18
1-9-2 Polymères synthétiques.....	18
1-9-3 Les lieu d'enfouissement.....	19
1-9-4 Première génération de plastique biodégradable.....	19
1-9-4-1 Plastique biodégradable.....	20
1-9-4-2 Plastique composable.....	20
1-10 -Établissement d'une norme.....	20
1-11- Conclusion.....	20

Chapitre 2 : Généralité sur le recyclage, ses domaines et procédés

2-1 Introduction	21
2-2 Définition.....	21
2-3 Histoire	21
2-4 Le recyclage de plastique.....	22
2-5 Type de recyclage.....	22
2-6 Conséquence du recyclage plastique.....	22
2-7 Caractéristique des plastique triés recyclage.....	23
2-8 Ligne de recyclage.....	23
2-8-1 Le broyeur.....	23
2-8-2 Lavage.....	24
2-8-3 Séchage	25
2-8-4 Extrusion.....	26
2-8-5 Système de transport des particules plastique.....	26

2-9 Les principes du recyclage	26
2-10 Que peut _on recyclé ?.....	27
2-10-1 Le verre.....	27
2-10-2 Papier carton.....	27
2-10-3 PET.....	28
2-10-4 Alu fer blanc.....	28
2-10-5 Electronique.....	29
2-10-6 Métaux.....	30
2-10-7 Plastique.....	30
2-10-8 Déchets vert et bois	31
2-10-9 Déchets spéciaux.....	31
2-10-10 Gravats.....	31
2-11 Le recyclage des bouteilles en plastique.....	32
2-12 Les différents procédés de transformation du plastique.....	33
2-12-1 Calandrage	34
2-12-2 Thermoformage.....	35.
2-12-3 Injection.....	36
2-12-4 Injection soufflage.....	37
2-12-5 Extrusion.....	38
2-12-6 Extrusion gonflage.....	39
2-12-7 Extrusion soufflage.....	40
2-12-8. L'expansion moulage	41
2-13 Conclusion.....	43

Chapitre 3 : Analyse de l'impact environnemental du recyclage plastique à usage unique en Algérie

3-1 Introduction.....	44
3-2 Les plastique à usage unique	45
3-3 Consommation du plastique en Algérie	46
3-4 Taux de plastique recyclée	46
3-5 analyses quantitatives et qualitatives	46
3-6 cycles de vie du plastique.....	47
3.6.1 Production	47
3.6.2 Fabrication.....	47
3.6.3 Distribution et utilisation.....	47
3.6.4 Élimination.....	47
3.6.5 Gestion des déchets.....	47
3.6.6 Recyclage (le cas échéant).....	47
3.6.7 Fin de vie.....	47
3-7 Les impacts environnementaux	49
3-8 Lutter contre la pollution plastique.....	50
3.8.1 Réduction de la consommation de plastique.....	50
3.8.2 Recyclage.....	50
3.8.3 Utilisation de plastiques biodégradables.....	50
3.8.4 Ramassage des déchets.....	50
38.5 Sensibilisation.....	50

3.8.6 Législation.....	50
3.8.7 Encourager l'innovation.....	50
3.8.8 Responsabilité des entreprises.....	50
3.8.9 Éducation.....	50
3-9 Conclusion.....	51
Conclusion générale.....	53
Référence bibliographique	54

Méthodologie de travail :

Afin de réaliser ce travail, nous avons effectué, en premier lieu, une recherche documentaire dans l'usine (**EL KADER PLAST**) qui nous a permis de nous imprégner des concepts théoriques liés à différentes notions, notamment celles qui portent sur le recyclage des déchets plastiques ainsi cette étape est indispensable avant d'affronter la réalité sur le terrain.

Problématique : Le Recyclage Plastique en Algérie à usage unique est devenu une préoccupation majeure en Algérie en raison de leur impact environnemental négatif.

Introduction générale

Le plastique est apparu comme symbole de modernité dont l'expansion de son usage a permis l'apparition de la culture du jetable. Son épanouissement est dû, en grande partie, à ses caractéristiques : léger, malléable, imperméable, s'adapte à tout type de produit.

Cependant, cette matière qui s'est enracinée dans notre quotidien constitue un véritable défi en matière de promotion du développement durable ; du fait que ces matières plastiques réduisent, d'une part, les ressources naturelles, d'autre part, contribuent à détruire l'environnement par leurs déchets non biodégradables.

C'est là aussi un secteur incontestablement en pleine expansion en Algérie si l'on prend en compte nos importations en ces matières qui ont connu une hausse de pas moins de 30% durant l'année 2021 par rapport à l'année 2020 (ONS), pour ne citer que celles en provenance d'Italie.

Parmi plus de 2 millions de tonnes d'emballage plastique produits en Algérie par 192 unités seules 4000 tonnes sont récupérées (soit 0.0002%). Alors que la capacité de récupération du plastique est de 130 000 tonnes par an.

Cette abstention vient du fait que la population ne se sent pas assez intégrée dans les processus du recyclage et qui est réservé à la grande industrie dédiée au domaine. Changer cette mentalité devrait être l'objectif principal pour parvenir à limiter l'impact sur notre vie future pour les générations à venir. Mon Stage au sein de l'usine EL KADER Plast m'a permis d'apprendre la gestion des déchets, d'avoir une idée très précise sur le fonctionnement du procédé de recyclage plastique, de consolider certaines connaissances théoriques par la pratique . Il m'a permis aussi de familiariser avec le milieu industriel.

Le présent mémoire est organisé comme suite :

le premier chapitre est dédié à la présentation de l'usine où j'ai effectué mon stage ,et généralités sur la matière plastique, le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur le recyclage, ses domaines et procédé, le troisième chapitre concerne l'analyse des impacts

environnementaux et économique du recyclage plastique à usage unique en Algérie suivi par une conclusion générale.

CHAPITRE 1 : Généralités sur la matière plastique

1 : Présentation de l'usine

1-1 -1 Historique de l'usine :

L'usine est implantée au niveau de la zone industrielle d'Oggaz, à 65 km de Mascara , <El Kader Plast >, c'est « la plus grande usine de recyclage de plastique polypropylène (PP) et plastiques en polyéthylène haute densité (PEHD) en Algérie, qui souligne que cet important projet industriel « permettra de réduire la pollution environnementale et aider le pays à rattraper son retard très remarquable en matière de recyclage du plastique dont le taux reste inférieur à 10 % ».

Pour que l'usine sorte de terre, l'investisseur, originaire de la wilaya d'Oran, a déboursé plus de 100 milliards de centimes.





Figure 1-1 Usine de recyclage plastique (EL KADER PLAST)

1-1-2 Situation géographique

Situé à la daïra de oggaz (zone industriel) wilaya de mascara

Direction : Cité El-Riadh, ilot 45, 202 Lgts, Bloc C, 31130 Bir El-Djir, Oran



Figure 1-2 Situation géographique de l'usine

1-1-3 Mission et objectif

- Le recyclage du plastique polypropylène (PP) et plastiques en polyéthylène haute densité (PEHD)
- La transformation des matières plastiques notamment la fabrication des palettes légères à multi usage
- la formulation des mélanges maître (masterbatch) couleur.





Figures 1-3 : Masterbatch, palettes , déchets plastique PP et PEHD

1-1-3 Capacité de Production :

Cet outil industriel, qualifié de «la plus grande usine de recyclage dans l’Afrique», est équipé d’une ligne complète, d’une capacité journalière de 40 tonnes (soit 2000 kg/heure), permettra de recycler les déchets du Plastique polypropylène (PP) et plastiques en polyéthylène haute densité (PEHD) par jour (soit 2 000 kg/heure) ,et d’une de capacité de production (500 palettes par jour)

1-1-4 Différents départements de l’usine :

- Service de contrôle de qualité
- Service personnel
- Service informatique
- Le service d’hygiène, de sécurité
- Le service bureau d’étude
- Le laboratoire de contrôle de qualité
- Le service de planification
- Le service Commercial
- Le service de gestion de stock

1-2 Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons un aperçu général sur la matière plastique, sa naissance, sa découverte, nous parlons aussi de son processus de fabrication, ses différents types, et les différentes manières de son identification.

1.3 Définition du plastique [1]

Le plastique est un matériau synthétique largement utilisé dans notre société moderne pour la fabrication de produits de tous types. Il est fabriqué à partir de **polymères**, qui sont des molécules de grande taille formées par la répétition de **monomères** plus simples.

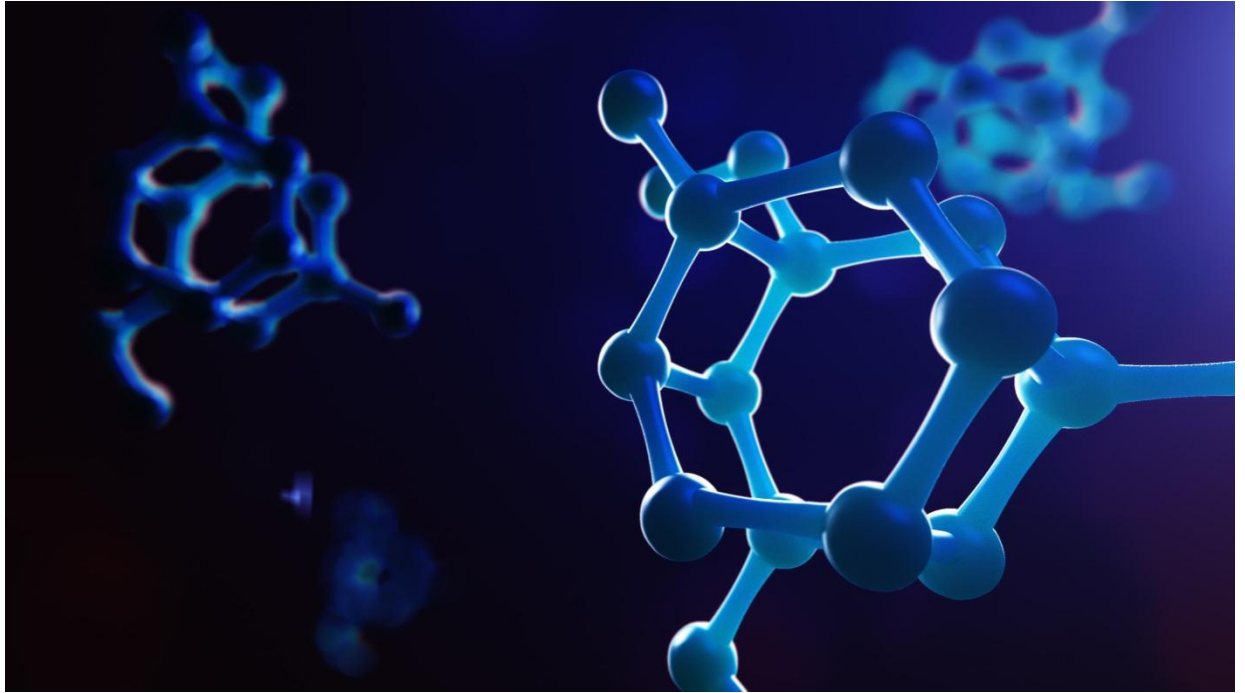


Figure 1-4: polymère

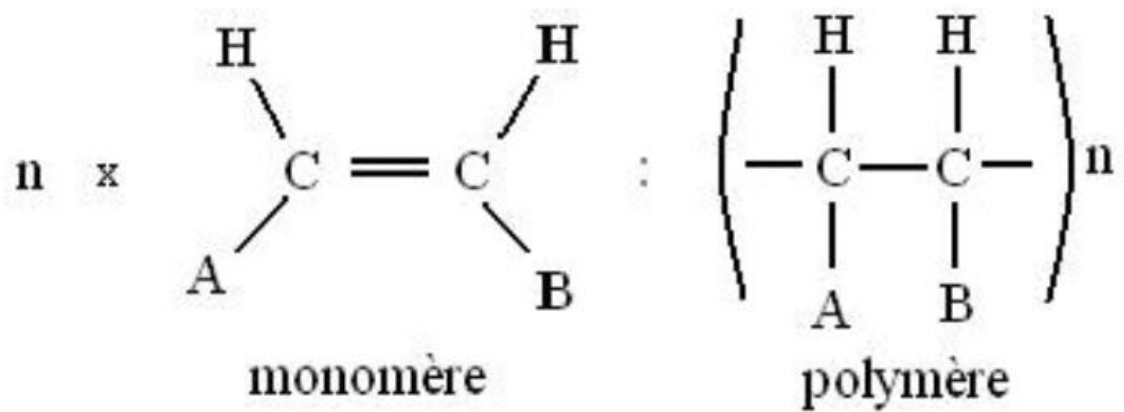


Figure 1-5 : Monomère et polymérisation

Le plastique est utilisé pour fabriquer des produits tels que des bouteilles, des sacs, des emballages, des jouets, des pièces automobiles, des appareils électroniques, etc.

1-4 Familles de plastique et leurs usages [1]

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.

1-4-1 Les thermoplastique

Matières plastiques qui se ramollissent sous l'action de la chaleur et se durcissent en se refroidissant de manière réversible. La plupart des plastiques utilisés dans l'emballage sont des thermoplastiques, ce qui permet de les recycler. Principaux thermoplastiques : Polyéthylène (PE), Polyéthylène haute densité (PEhd), Polychlorure de vinyle (PVC), Polyéthylène terephthalate (PET), Polypropylène (PP), Polystyrène (PS), Polyamide (PA).

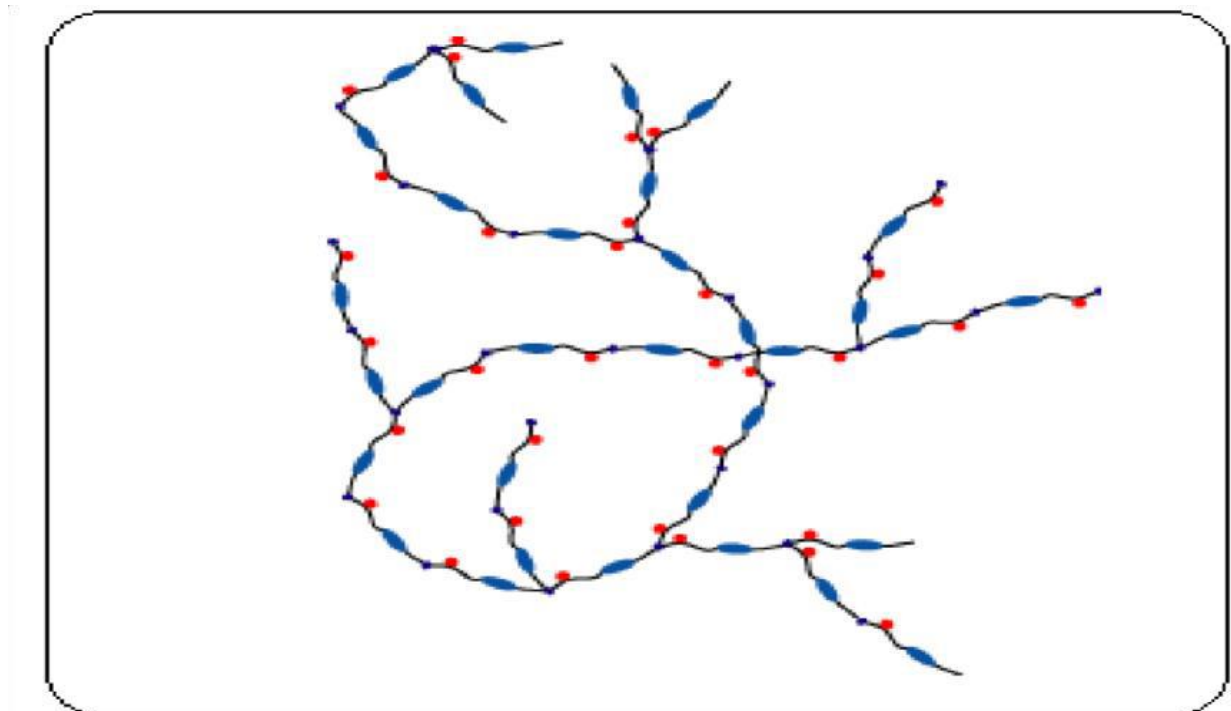


Figure 1-8 : Représentation schématique d'un polymère thermoplastique

1-4-2 Les thermodurcissables :

Matières plastiques qui sous l'action de la chaleur, se durcissent progressivement pour atteindre un état solide irréversible. Ces matières ne peuvent être recyclées. Exemples : Polyuréthane (PUR), silicone, Polyesters insaturés (UP) pour les coques de bateaux, ...

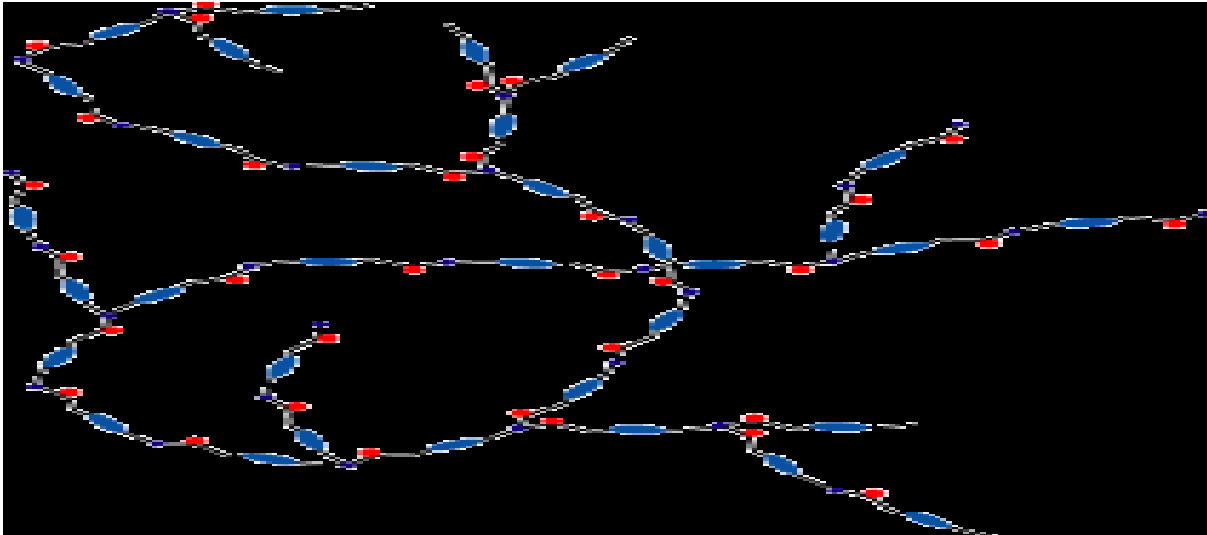


Figure 1-9: Représentation schématisée d'un polymère thermodurcissable

1-4-3 Les élastomères ou « Caoutchouc »:

Les élastomères, comme les matières plastiques, font partie de la famille des polymères. Le terme « élastomère » est utilisé aujourd'hui pour désigner d'une façon générale tous les caoutchoucs, c'est-à-dire les substances macromoléculaires, naturelles ou synthétiques, possédant l'élasticité caoutchoutière.

1-5 Types de plastique [2]

1-5-1 Types de plastique de la famille thermoplastiques :

Il existe une grande variété, on citera les plus importants :

1-5-1-1 Le PET

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est produit à partir d'un processus de polymérisation de l'éthylène glycol et de l'acide téréphtalique. Il présente plusieurs avantages, notamment sa résistance à la traction, sa rigidité, sa résistance chimique, sa transparence. Le PET est

également pas coûteux, facilement recyclable et est considéré comme l'un des plastiques les plus recyclables.

Le (PET) est un type de polymère couramment utilisé dans la fabrication de bouteilles en plastique pour boissons et aliments, ainsi que dans d'autres applications telles que les films pour emballage, les fibres textiles et les composants électroniques.



1-5-1-2 Le PEHD

Le polyéthylène haute densité (PEHD) est fabriqué à partir de l'éthylène, un gaz naturel, qui est polymérisé pour créer des chaînes de molécules longues. Le processus de polymérisation produit un matériau à parois épaisses qui est très dense, rigide et résistant aux chocs, avec une excellente résistance chimique.

En raison de ses propriétés, le PEHD est utilisé dans une variété d'applications industrielles et commerciales, notamment pour la fabrication de conteneurs de stockage, de tuyaux, de sacs de transport et des bouteilles de lait, de détergent, de produits ménagers et flacons de shampoing. . Il est également utilisé dans les domaines de la construction et de l'ingénierie pour fabriquer des revêtements de sol, des profilés et des composants pour les équipements électriques.



1-5-1-3 Le PVC

Le chlorure de polyvinyle (PVC) est un plastique très instable qui se brise facilement toutefois, il constitue un bon isolant électrique peu combustible, résistant à la chaleur et très apprécié pour sa facilité de fabrication. C'est un polymère polyvalent qui peut être utilisé pour fabriquer des tuyaux, des câbles électriques, des revêtements de sol, des fenêtres, des panneaux publicitaires, des jouets, des vêtements et bien plus encore.

Cependant, le PVC est controversé en raison de ses effets négatives sur l'environnement et la santé. La production de PVC peut libérer des produits chimiques toxiques dans l'air et l'eau, et le PVC lui-même peut libérer des produits chimiques nocifs lorsqu'il est incinéré ou éliminé de manière inappropriée. De plus, l'exposition à long terme au PVC peut provoquer des effets néfastes sur la santé, tels que des problèmes respiratoires et des cancers.



1-5-1-4 Le PEBD

Le polyéthylène à basse densité (PEBD) est un polymère fabriqué à partir d'éthylène. Il se caractérise par sa faible densité, sa malléabilité, sa résistance à l'eau, sa flexibilité et sa résistance à la corrosion. Le PEBD est communément utilisé pour fabriquer des sacs en plastiques, des films d'emballage, des bouteilles, des jouets, des tuyaux et des revêtements de câbles.

Toutefois, le PEBD est également critiqué pour son impact environnemental. Il est très difficile à recycler et peut prendre des centaines d'années pour se décomposer dans la nature. Les sacs en plastique à usage unique fabriqués à partir de PEBD sont particulièrement préoccupants car ils sont souvent jetés après une seule utilisation, ce qui contribue à la pollution plastique dans les océans et les décharges.

De plus, des études ont suggéré que des produits chimiques potentiellement dangereux peuvent être libérés lors de la production et de l'élimination du PEBD, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Il est donc important de réduire l'utilisation de ce matériau et de trouver des alternatives plus durables et écologiques



1-5-1-5 Le PP

Le polypropylène (PP) est fabriqué à partir de la polymérisation de propylène, un gaz issu du raffinage du pétrole. Il est apprécié pour sa résistance chimique, sa rigidité, sa résistance à la chaleur et sa facilité de fabrication et de coloration, il est par conséquent utilisé dans la production de nombreux produits tels que les emballages alimentaires, les textiles, les équipements médicaux, les pièces automobiles, les tapis et les jouets.

Le PP est considéré comme l'un des plastiques les plus durables et les plus écologiques, car il est recyclable et peut être utilisé pour fabriquer une grande variété de produits. De plus, il est léger et résistant à la corrosion, ce qui le rend adapté à une utilisation en extérieur.



1-5-1-6 Le PS

Le polystyrène (PS) est le résultat de la polymérisation du styrène, un composé organique dérivé du pétrole. Le PS est utilisé pour fabriquer une grande variété de produits, tels que les emballages alimentaires, les gobelets, les couverts jetables, les boîtes de CD, les boîtes de jeux, les moules de jouets, les pièces automobiles et les isolants thermiques. Il est apprécié pour sa légèreté, sa rigidité, sa transparence et sa facilité de fabrication.

Néanmoins, les produits en PS sont souvent jetés après une seule utilisation, ce qui contribue à la pollution plastique dans les océans et les décharges. De plus, le PS est très difficile à recycler en raison de sa légèreté et de son faible volume par rapport à son poids, ce qui signifie que de grandes quantités de PS finissent souvent dans les décharges.

Le PS peut également libérer des produits chimiques potentiellement dangereux lorsqu'il est incinéré ou éliminé de manière inappropriée, ce qui peut avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. En conséquence, il est important de réduire l'utilisation de produits en PS jetables et de privilégier des alternatives plus durables et écologiques.



1-5-2 Types de plastique de la famille thermodurcissables :

Parmi ces plastiques, on trouve :

1-5-2 -1 Les polyuréthanes :

Les polyuréthanes sont produits par la réaction d'un isocyanate et d'un polyol de divers types. Il fait partie des meilleurs isolants thermiques existants en effet, sous forme de panneaux, il peut servir à l'isolation des toitures, des sols et des murs, ce qui peut permettre de réelles économies d'énergie. Mais en cas de forte chaleur ou d'incendie il dégage des gaz toxiques pour le système nerveux humain.

1-5-2 -2 Polyesters :

Ils obtenu par synthèse chimique de deux composants du pétrole : l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol. C'est une fibre esthétique largement utilisée dans l'industrie textile (présente presque dans tout type de vêtements)

1-5--2 -3 Epoxydes :

Ils sont utilisés entre autre dans la fabrication de résines époxy à des fins adhésives.

1-6 Les techniques d'identification des matériaux plastiques [3]

1.6.1 Test de déformation:

On a déjà mentionné auparavant que 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

1-6.2 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

1-6-.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).

1-6-4 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

1-6-5 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

1-6-6 Test du papier pH et test de pyrolyse :

consiste à chauffer le matériau à une température élevée en l'absence d'oxygène pour le décomposer en produits plus simples tels que des gaz, des liquides et des résidus solides. Les produits de pyrolyse peuvent être analysés par spectroscopie de masse, chromatographie en phase gazeuse ou par d'autres techniques analytiques pour déterminer la composition chimique et ainsi identifier le type de polymère.

Test du PH :

- 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 SO₂. (Réaliser des tests complémentaires.)

1-6-.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

1-6-8 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 SO₂, est possible avec un papier filtre humide imbibé d'amidon et d'iode, de couleur bleue (complexe amidon-diode) : 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 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 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 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.

1-7 Les plastiques biodégradables [3]

1-7-1 Polymères naturels:

Tout au cours de son histoire, l'homme a fait l'usage d'une vaste gamme de polymères naturels; Toutefois, le fait que ces substances étaient des polymères a été longtemps ignoré. Les polymères naturels se classent en plusieurs grandes familles:

- Les polysaccharides, comme l'amidon et la cellulose,
- Les protéines, comprenant la gélatine, la caséine, la soie et la laine;

- Les polyesters produits par les microbes
 - D'autres polymères naturels comme la lignine, la laque et le caoutchouc naturel.
- Certaines de ces substances entrent aujourd'hui dans la fabrication de produits biodégradables.

1-7-2 Polymères synthétiques :

La plupart des polymères qui nous sont familiers comme le polyéthylène et le polystyrène - sont issus d'hydrocarbures. Les polymères biodégradables peuvent aussi être fabriqués à partir de gazoline et de pétrole.

Chacun de ces composés synthétiques possède des propriétés et applications uniques. Pour des motifs économiques, pratiques et même pour des raisons de santé et de sécurité, les produits de plastique biodégradable peuvent devenir une alternative valable au plastique conventionnel dans de nombreux et importants marchés à créneaux.

Certains de ces marchés se retrouvent dans le secteur médical, des textiles (vêtements et tissus), de l'hygiène et agricole, ainsi que dans certaines, applications spécifiques d'emballage. Cependant, les plastiques biodégradables ne sont pas, tel que promis à une certaine époque, la solution miracle aux problèmes de gestion des matières résiduelles. Les polymères biodégradables ne devraient pas non plus être perçus comme la solution au problème de la disposition de déchets sur la voie publique.

1-7-3 Les lieux d'enfouissement

Un lieu d'enfouissement bien conçu est un site sécuritaire où l'on entrepose des rebuts et matières résiduelles mais qui ne peut cependant pas les faire disparaître. Afin d'éviter le plus possible la formation de gaz toxiques, les lieux d'enfouissement modernes sont exploités de façon à ce qu'aucun ou très peu de déchets ne se dégradent. Ainsi, les multiples couches de matières sont à l'abri de la lumière du soleil et n'entrent pratiquement jamais en contact avec l'humidité ou l'oxygène.

En conséquence, les processus chimiques et biologiques qui provoquent la décomposition des matières organiques sont presque entièrement neutralisés. Les déchets conservent leur poids, volume et forme pendant toute la durée de vie du lieu d'enfouissement, laquelle peut parfois atteindre 100 ans.

1-7-4 Première génération de plastiques biodégradables:[3]

Au début des années 80, les applications pour les plastiques biodégradables se limitaient à des produits jetables à utilisation unique: sacs à ordures, pellicules d'emballage alimentaire, assiettes jetables.

Ces différentes applications visaient principalement à résoudre le problème des produits jetés sur la voie publique et à réduire le volume des rebuts expédiés dans les lieux d'enfouissement. Cette première expérience a cependant démontré que les résultats souhaités ne seraient pas obtenus.

La raison principale étant que les rebuts biodégradables ne se décomposent pas lorsqu'ils sont enfouis. Et donc, sans l'étape préalable du tri et du compostage, l'option des plastiques biodégradables ne permet pas de réduire le volume de déchets dans les lieux d'enfouissement. Leur faiblesse se situait au niveau des principes chimiques de base. Un polymère conventionnel, généralement un polyoléfine, était simplement mélangé avec de l'amidon ou une autre substance organique. Lorsque les molécules de l'amidon se décomposaient, sous l'effet des éléments ou des micro-organismes s'attaquant à l'amidon, le produit se morcelait en particules de plastique et en résidus qui se mélangeaient au sol.

Au cours des quinze dernières années, les chercheurs tant du domaine public que privé ont mis au point une technologie adéquate pour produire une nouvelle génération de polymères biodégradables. Des groupes de normalisation ont aussi établi les modèles d'évaluation permettant de mesurer la biodégradabilité et la compostabilité.

1-7-4 -1 Plastique biodégradable:

Plastique dégradable dont la décomposition résulte de l'action de micro-organismes naturels comme les bactéries, champignons et algues. (ASTM D6400-99).

1-7-4-2 Plastique compostable:

Plastique qui subit une décomposition selon un processus biologique pendant le compostage, afin de produire du dioxyde carbone (CO₂), de l'eau, des composés inorganiques et de la biomasse à un taux comparable à celui d'autres matières compostables, et ne produit aucun résidu toxique visible et reconnaissable.

Selon les types de polymères, les plastiques biodégradables peuvent être extrudés, soufflés, moulés, moussés, thermoformés ou enduits sur d'autres matières en utilisant l'équipement de traitement existant, lequel ne nécessite souvent que des ajustements mineurs. Les plastiques biodégradables répondent à des normes élevées de solidité, stabilité, transparence, lustre et souplesse. Ils sont résistants à la lumière, à la chaleur, à la graisse, à l'huile, à la plupart des solvants et à l'eau.

Ils constituent aussi une barrière efficace contre les odeurs et peuvent conserver la saveur des aliments. Les plastiques biodégradables peuvent concurrencer ou être utilisés connue complément aux matières traditionnelles comme le coton, le papier, le verre, la laine et la soie.

1-8 Conclusion

Ce chapitre a été dédié pour l'identification des grandes familles des plastiques qui existent, leurs natures, et ses différentes caractéristiques. Le prochain chapitre va être consacré pour le recyclage, son principe, et ses différents procédés

Chapitre 2 : Généralité sur le recyclage, ses domaines et procédés

2-1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présenterons un aperçu général sur le recyclage, ses domaines et ses différents procédés et leur évolution à travers le temps, dans un deuxième temps nous allons nous concentrer sur la matière plastique et son recyclage, les techniques adoptées, ses avantages et sa contribution dans le développement industriel et la protection de l'environnement sous le même angle.

2.2 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.

2.3 Histoire [4]

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.

2-4 Le recyclage de plastique

Le recyclage de plastique est le processus de récupération des déchets plastiques pour les transformer en nouveaux produits. Il s'agit d'une étape importante pour réduire l'impact environnemental des déchets plastiques, car le plastique peut prendre des centaines d'années pour se décomposer dans la nature.

Le processus de recyclage du plastique implique plusieurs étapes, notamment la collecte, le tri, le nettoyage, la fragmentation, la transformation et la fabrication. Les déchets plastiques sont collectés et triés en fonction de leur type de résine. Le plastique est ensuite nettoyé et fragmenté en petites pièces appelées "paillettes". Ces paillettes sont ensuite fondues et transformées en granules qui peuvent être utilisés pour fabriquer de nouveaux produits en plastique, tels que des bouteilles, des sacs, des emballages, etc.

2-5 Type de recyclage

Il existe trois grandes familles de technique de recyclage ; chimique, mécanique et organique.

- **Le recyclage chimique** : utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants.
- **Le recyclage mécanique** : est la transformation des déchets à l'aide d'une machine par exemple ; le broyeur
- **Le recyclage organique** : consiste après compostage ou fermentation à produire des engrais ou du carburant tel que le biogaz.

Dans l'usine (EL KADER PLAST), ils utilisent la technique mécanique .

2-6 Conséquences du recyclage plastique

Il a de conséquences écologiques majeurs :

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

2-8 Ligne de recyclage

Le recyclage du plastique consiste à transformer les déchets de matières plastiques en matière première recyclable. Il commence par la séparation en fonction du type de déchets de matières plastiques.

Les plastiques propres sont convertis en matières premières granulées par fusion en utilisant la machine à granulé, Les déchets qui sont collectés à partir de la poubelle doivent être lavés et séchés avant d'être convertis en matière première.

Il faut souligner que dans EL KADER PLAST, on trouve tous les appareils mentionnés ultérieurement utilisés dans les différentes étapes du recyclage.

2-8-1 Le Broyeur :

Les broyeurs industriels de plastique peuvent être équipés de lames de coupe ou de couteaux, de rotors ou de tambours pour broyer les déchets plastiques en petites particules.

Les avantages du broyage des déchets plastiques comprennent une réduction significative du volume de déchets, ce qui facilite leur stockage et leur transport, ainsi qu'une meilleure récupération des matériaux recyclables. Cela contribue à réduire les déchets plastiques et à minimiser leur impact environnemental.

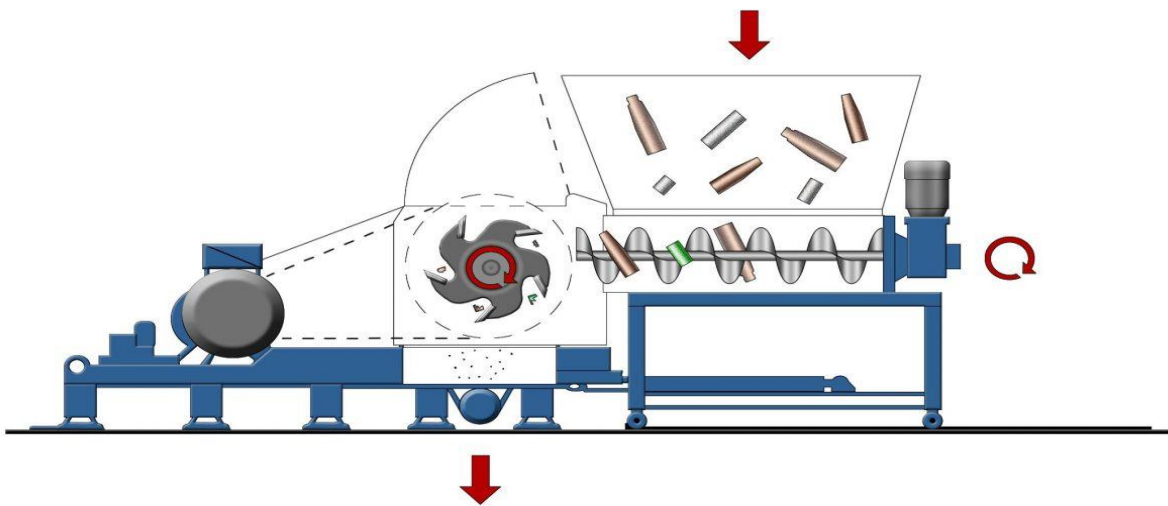


Figure 2.1 Broyeur



Figure 2.2 Plastique broyé

2-8-2 Lavage :

Le lavage plastique est un processus de nettoyage utilisé pour éliminer les impuretés, les saletés et les résidus de produits chimiques de la surface de différents types de plastiques. Ce processus est important pour préparer les plastiques à d'autres opérations, telles que le recyclage ou la réutilisation, en éliminant les contaminants qui pourraient affecter la qualité du produit final.

Le lavage plastique peut être effectué de différentes manières, notamment en utilisant des solvants, des produits chimiques, de l'eau chaude ou une combinaison de ces éléments.



Figure 2.3 Bac de Lavage (EL KADER PLAST)

2-8-3 Séchage :

Au sein de l'industrie plastique, les granulés de plastique (en majorité) doivent être séchés, vidés de toute humidité avant d'être traités soit par extrusion, injection, ou encore par soufflage



Figure 2.4 Bac de séchage (EL KADER PLAST)

2-8-4 Extrusion :

L'extrusion est un procédé mécanique en continu, qui consiste à transformer la matière première (sous forme de granulés de polyéthylène) en bulle qui deviendra, une fois refroidie, une gaine.



Figure2.5 Extrudeuse

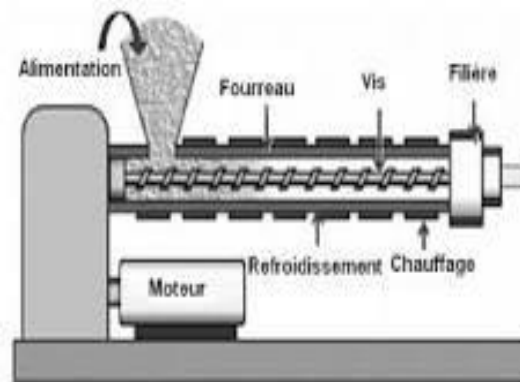


Figure 2.6 Description schématique d'une extrudeuse



Figure 2.7 Plastique extrudé



figure 2.8 Plastique granulé

2-8-5 Système de transport des particules plastique

Un convoyeur est un mécanisme ou une machine qui permet le transport d'une charge isolée ou de produit en vrac d'un point A à un point B



Figure 2.9 Convoyeur incliné

2.9 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 Co2.

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

2.10 Que peut-on recycler ?

2-10-1 Le verre:

Il se recycle indéfiniment, sans perdre ses qualités, ce qui implique que les verreries utilisent principalement du verre valorisé comme matière première.



Figure 2.10 Déchets de verre

2-10-2 Papier-Carton:

Selon l'office fédéral de l'environnement (OFEV), « le vieux papier représente plus de la moitié des déchets ménagers collectés pour le recyclage. Chaque Suisse collecte 160 kg de vieux papier par an ».



Figure 2.11 Déchets papier et carton

2-10-3 PET:

Lancées il y a une dizaine d'années, les bouteilles de PET (polyéthylène téréphtalate) ont rapidement envahi notre quotidien.



Figure 2.12 Déchets PET

2-10-4 Alu-Fer blanc:

La récupération des boîtes de conserve usagées et d'autres emballages en tôle d'acier permet d'obtenir de précieuses quantités d'acier.



Figure 2.13 Déchets alu- fer blanc

2-10-5 Électronique:

Les appareils électriques et électroniques (téléviseurs, ordinateurs, etc.) sont faits de beaucoup de métaux valorisables comme le cuivre et le fer. Les métaux lourds sont quant à eux, éliminés par des filières de traitement ad hoc.



Figure 2.14 Déchets électronique

2-10-6 Métaux:

Les métaux ferreux et non ferreux sont collectés en vrac, sous le terme générique de ferraille.



Figure 2.15 Déchets métaux

2-10-7 Plastique:

Les matières plastiques sont le symbole de la société de consommation, car considérées comme un matériau non noble : les consommateurs l'assimilent à un produit « jetable » après usage.



Figure 2.16 Déchets plastique

2-10-8 Déchets vert et bois:

Les types de bois ont été classés en 4 catégories distinctes, avec pour chacune des filières d'élimination spécifiques.



Figure 2.17 Déchets verts et bois

2-10- 9 Déchets spéciaux:

Les déchets spéciaux sont des déchets qui, en raison de leur composition ou de leurs propriétés, présentent un danger pour la santé humaine ou pour l'environnement



Figure 2.18 Déchets de pneus

2-10-10 Gravats:

Les gravats sont les débris résultant de la démolition ou de la construction des bâtiments et des routes.

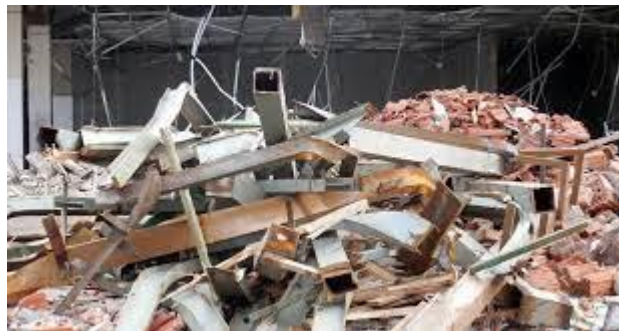


Figure 2.19 Déchets de construction

Dans le cas de l'usine EL KADER PLAST, les déchets utilisés pour le recyclage sont le (PP et PEHD).

2-11 Le recyclage des bouteilles en plastique

De nos jours, le plastique est partout, les gens en jettent en moyenne tous les jours. Ce plastique n'est souvent pas très biodégradable et se décompose en éléments toxiques qui peuvent s'infiltrer dans la terre et dans la nappe phréatique. Le recyclage peut heureusement éviter au plastique d'atterrir sur une décharge et peut réduire la fabrication de matériau neuf destiné à toutes sortes d'objets.

Dans **EL KADER PLAST** j'ai découvert huit principaux procédés, celui qui est le plus adapté à l'objet ou à l'emballage que l'on souhaite obtenir .

2-1-2.1 Calandrage:

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis, comme des films. Dans une machine appelée calandre, les matières thermoplastiques, mélangées à des additifs et des stabilisants, sont écrasés entre plusieurs cylindres parallèles.

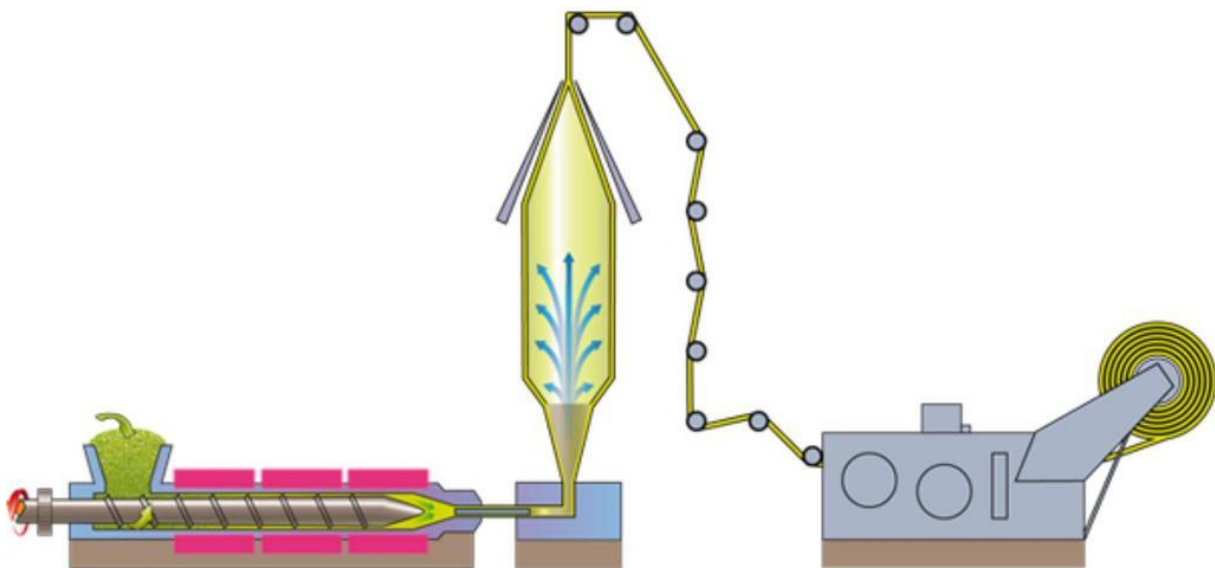


Figure 2.21 Principe de calandrage

Principe :

- Elle le 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 calendres chauffées, réglées selon différents paramètres (température calendres, 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 : Des feuilles ou des films qui seront transformés par la suite pour devenir des pots, des barquettes ou des gobelets.

2.12.2 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 ?

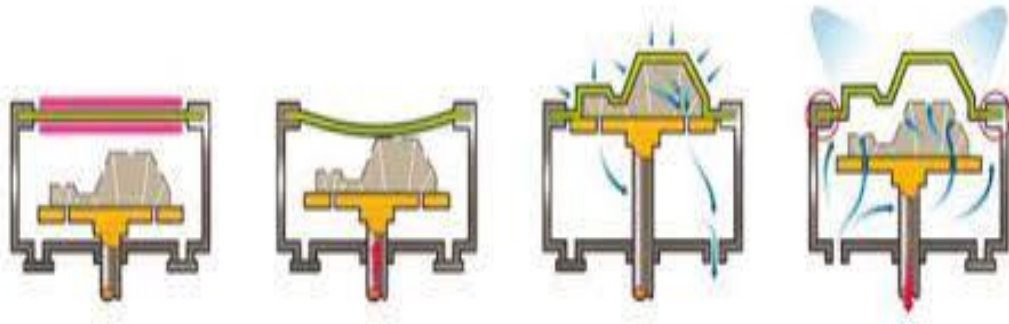


Figure 2.22 Principe de thermoformage

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 soufflé 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

2.12.3 Injection:

Tes jouets et tes figurines en plastique ont été façonnés à partir de cette technique de moulage appelée l'injection. C'est un procédé de fabrication qui permet de créer des objets moulés avec des formes compliquées en grande série. Cette technique est parfaitement adaptée pour la réalisation de pièces de très petite ou de grande taille (de quelques dixièmes de grammes à plusieurs kilogrammes)

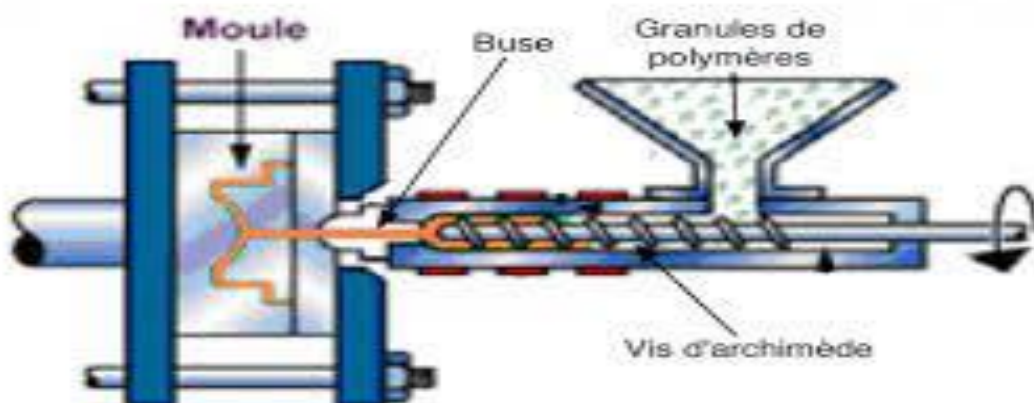


Figure 2.23 Principe d'injection

Principe

Avant de ressembler à des jouets sophistiqués, les Play mobil ou les Legos n'étaient que des granulés.

- La matière plastique est versée dans la trémie de la presse à injecter.
- Elle est chauffée et malaxée par une vis sans fin. Les granulés deviennent liquides et se mélangent.
- La pâte est injectée sous pression vers un moule en acier verrouillé.
- Le plastique chaud prend la forme du moule plus froid et se solidifie à mesure que la température baisse. Et voilà, le produit fini !

Applications

Médical : Instruments médicaux à usage unique.

Automobile : Tableau de bord voiture, pièce sous capot moteur.

Loisir : télévision, téléphone portable...

Electroménagers : cafetière, robot... etc.

Emballages : préformes de bouteilles, seaux, pots;

2.12.4 Injection soufflage:

Pour la conception des bouteilles, des flacons ou encore des biberons, on utilise l'injection soufflage.

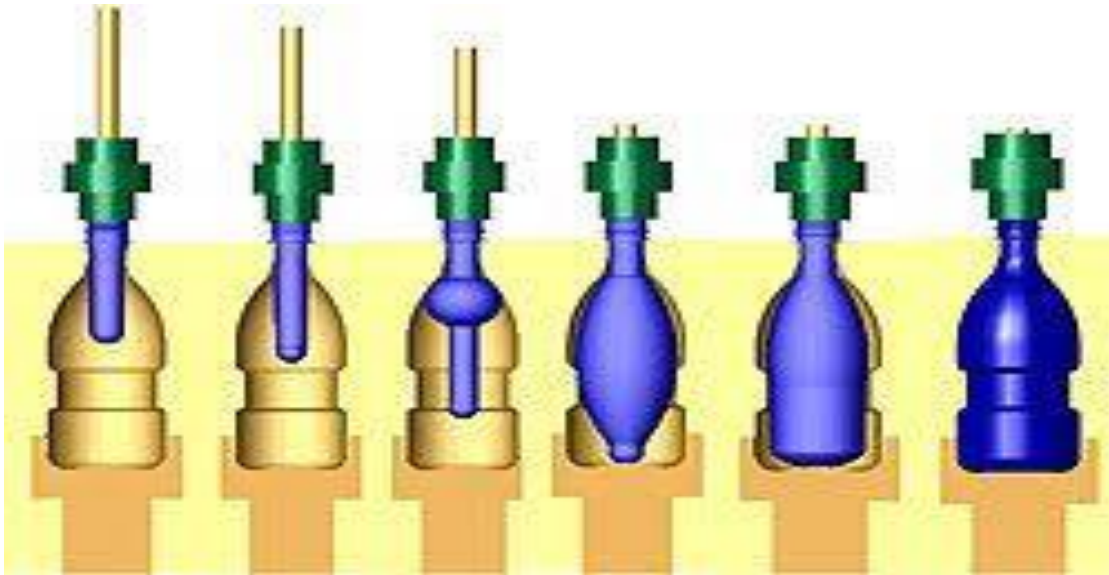


Figure 2.24 Moulage par injection et soufflage

Principe

L'injection-soufflage permet d'avoir une cadence très élevée dans le cycle de fabrication qui se déroule en deux grandes phases. Dans l'atelier d'injection, on fabrique d'abord une préforme, pour façonner, une sorte d'éprouvette avec le goulot de la bouteille. Vient ensuite le soufflage, proprement dit.

- Dans l'atelier de soufflage, on chauffe de nouveau le plastique du tube que l'on va étirer dans un moule à l'aide d'une tige.
- Pour que la matière prenne parfaitement la forme du moule, on lui envoie un jet d'air très puissant (le soufflage).
- Le moule est ensuite refroidi et s'ouvre, la bouteille apparaît.

Applications

L'application la plus connue est la bouteille (eau, soda).

2.12.5 Extrusion:

L'extrusion est le procédé de transformation qui sert à fabriquer des pièces en longueur comme des tuyaux, des gouttières ou des tubes (de dentifrice par exemple).

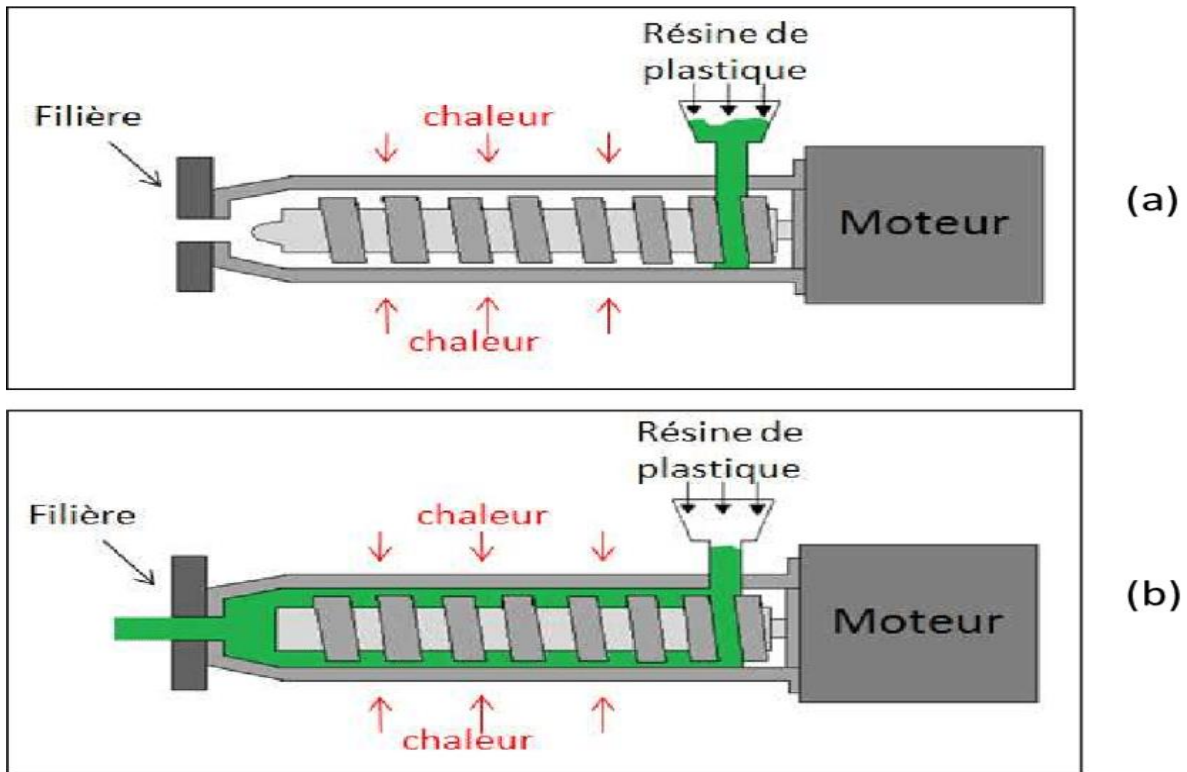


Figure 2.25 principe d'extrusion.

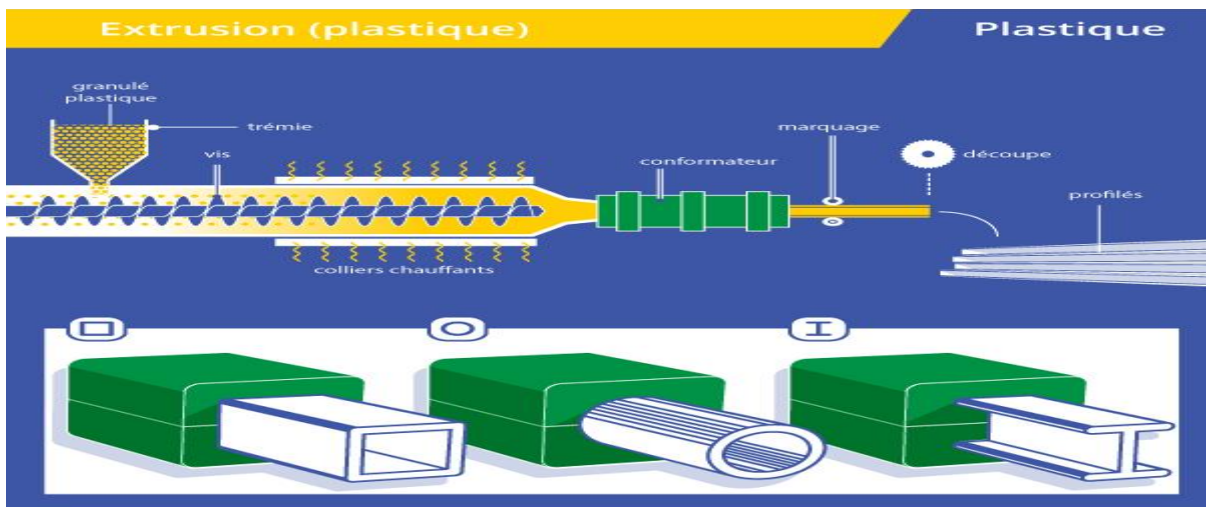


Figure 2.26 Types de profil obtenu par extrusion

2.12.6 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 en plastiques.

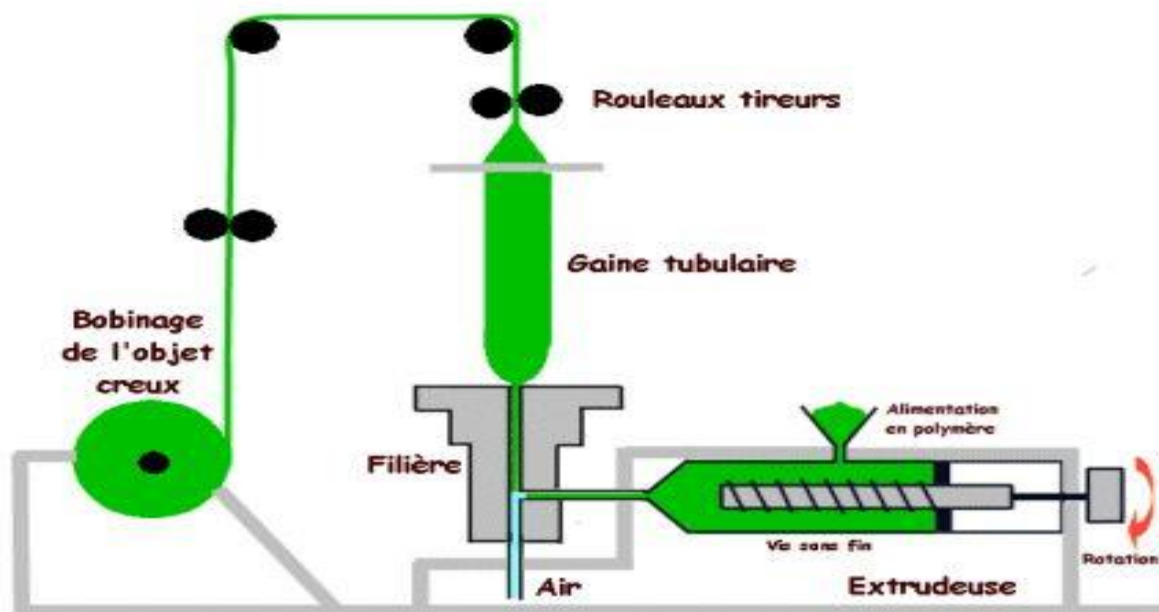


Figure 2.27 Principe d'extrusion gonflage

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.

2.12.7 Extrusion soufflage:

Ce procédé consiste à combiner la technique de l'extrusion avec celle du soufflage. Il permet de fabriquer des objets creux comme les bouteilles de lait ou les flacons de lessive par exemple

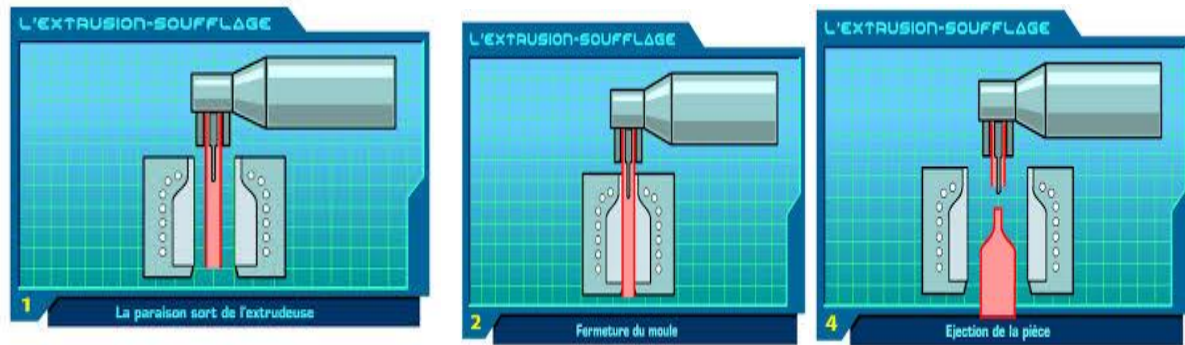


Figure 2.28 Extrusion soufflage

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

2.12.8 L'expansion moulage:

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

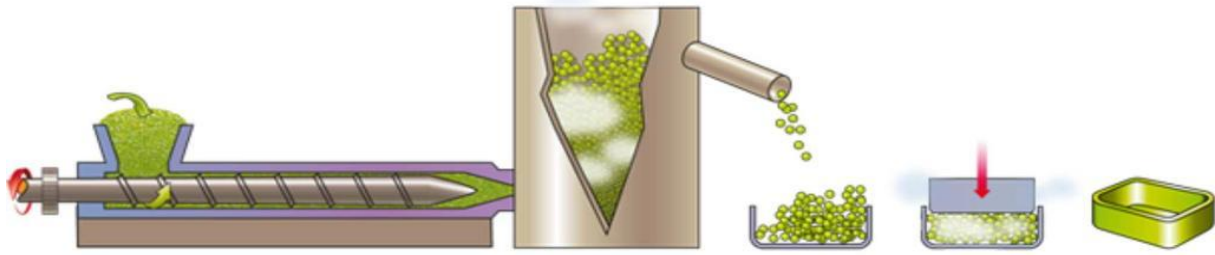


Figure 2.29 Principe d'expansion moulage

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.

Applications

Caisses à poissons, barquettes.

2-13 Conclusion

Le recyclage des déchets plastiques joue un rôle primordial dans la réalisation d'un développement socio-économique et dans la protection de l'environnement en raison des avantages qu'il procure en termes de création d'emploi, de gains économiques en substituant la matière vierge par celle recyclée, d'économie des ressources et d'énergie mais aussi de lutte contre la pollution et la pauvreté notamment dans les pays en développement.

Dans EL KADER PLAST j'ai appris la gestion des déchets et comment (réduire, réutiliser, recycler) ainsi les alternatives aux solutions d'enfouissement et d'incinération.

Chapitre 3 : Analyse des impacts environnementaux du recyclage plastique à usage unique en Algérie

PROBLEMATIQUE

Le RP en Algérie à usage unique est devenu une préoccupation majeure en Algérie en raison de leur impact environnemental négatif ; donc **qu'est-ce qu'un impact environnemental ?**

3-1 Introduction [5]:

Le plastique est un produit issu de l'industrie pétrochimique qui, de nos jours, compose l'essentiel des biens matériels de notre milieu environnemental.

Il est au cœur du quotidien de tous les ménages de par le monde, son faible coût, sa polyvalence, sa légèreté et sa résistance ont augmenté d'une manière substantielle sa consommation.

Cette surconsommation, rend de plus en plus difficile à faire face aux énormes quantités de déchets plastique générés.

On estime la production mondiale annuelle des déchets plastique à 3.23 Milliards de tonnes (banque mondiale -2021).

Le reste se trouve aussi bien dans l'environnement terrestre que marin, les conséquences de cette accumulation sont inquiétantes, c'est pourquoi il devient plus qu'indispensable de repenser la façon dont nous fabriquons, utilisons et gérons les plastiques.

On distingue que le concept d'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa « **fin de vie** ».

3-2 Le plastique à usage unique[6] :

Le plastique à usage unique fait référence aux produits en plastique conçus pour être utilisés une seule fois avant d'être jetés. Ces produits comprennent souvent des emballages, des sacs, des couverts, des pailles, des gobelets, des bouteilles et des récipients alimentaires.

Le plastique à usage unique présente de nombreux problèmes environnementaux. Tout d'abord, il est souvent fabriqué à partir de plastiques non recyclables ou difficiles à recycler, ce qui signifie qu'une grande partie de ces déchets plastiques finit dans les décharges ou dans l'environnement naturel, où ils mettent des centaines d'années à se dégrader.

De plus, la production de plastique à usage unique nécessite des ressources fossiles non renouvelables, telles que le pétrole, et contribue ainsi à l'épuisement des ressources naturelles et à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre responsables du changement climatique.

En outre, le plastique à usage unique est souvent associé à la pollution marine. Les déchets plastiques se retrouvent dans les océans, où ils peuvent causer des dommages considérables à la faune marine. Les animaux marins peuvent confondre les morceaux de plastique avec de la nourriture et les ingérer, ce qui peut entraîner leur mort par suffocation, obstruction digestive ou empoisonnement.

Face à ces problèmes, de nombreux pays et juridictions ont mis en place des interdictions ou des restrictions sur les produits plastiques à usage unique. Des alternatives durables, telles que les emballages compostables, les sacs réutilisables en tissu et les gobelets en matériaux recyclables, sont encouragées comme moyen de réduire la dépendance au plastique à usage unique.

Il est important que les consommateurs soient conscients de l'impact environnemental du plastique à usage unique et adoptent des comportements plus durables, tels que le recyclage, la réutilisation et la réduction de leur consommation de produits plastiques jetables

3.3 Consommation du plastique en Algérie ;

Selon les chiffres du Centre National de l'Informatique et des Statistiques CNIS ; L'Algérie a importé près de 4,53 milliards de dollars pour l'industrie de plastique en 2022, contre 2,07 milliards de dollars en 2019.

L'Algérie utilise plus de 6 milliards de sacs en plastique par an, suivant le ministère de l'environnement. 60 % à 80 % de ces sacs et autres objets plastiques sont jetés dans la mer, dans les cours d'eau ou dans la nature : dont les 17 % proviendraient des déchets ménagers qui constituent à eux-seuls 130.000 tonnes par an.

3.4 Taux du plastique recyclé ;

Comme de nombreux pays en Afrique, l'Algérie utilise encore des emballages en plastique et des sacs dans les supermarchés, par exemple. Cinq millions de sacs en plastique sont produits dans le pays et seulement 5% des déchets sont recyclés

3.5 Analyse quantitative et qualitative des déchets plastiques ;

Afin d'apprécier l'évolution de la composition des déchets ménagers et assimilés (DMA) et identifier leur potentiel de valorisation , une campagne nationale de caractérisation a été accomplie par l'agence nationale des déchets entre avril 2021 et novembre 2022 . cette campagne a touché les trois zones bioclimatiques : nord , semi-aride et aride .

L'étude a révélé que les déchets plastiques représentent 15,31 % des DMA générés annuellement, soit environ 2,1 millions de tonnes.

La répartition des déchets plastiques en sous catégories a montré que le PEBD est majoritaire avec avec près de 8,14% suivi de PET qui représente environ 3,57% de la quantité globale de déchets produites

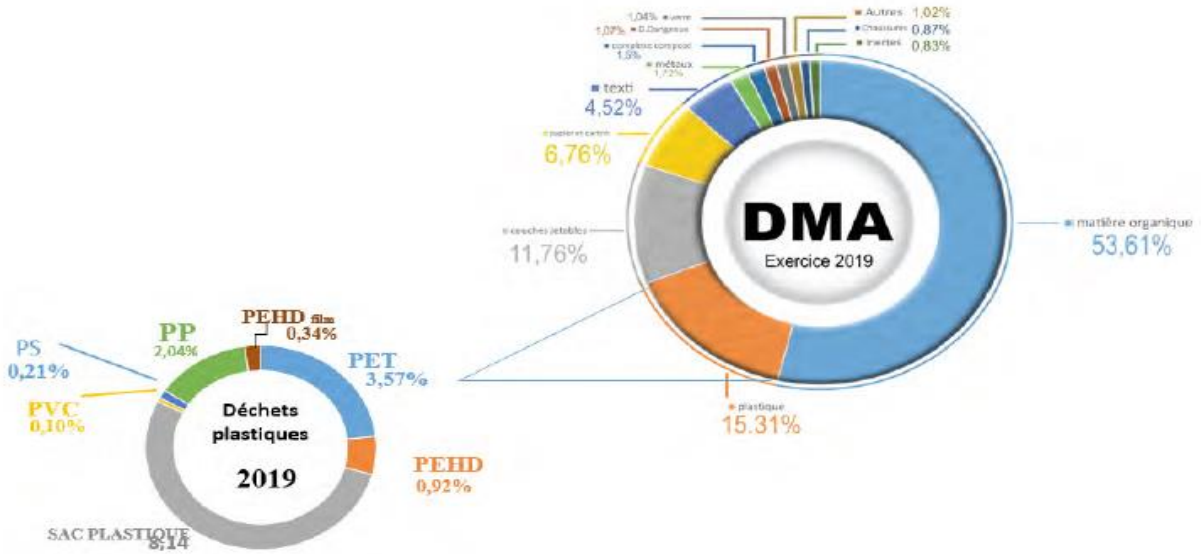


Figure 3.1 Composition des déchets plastiques

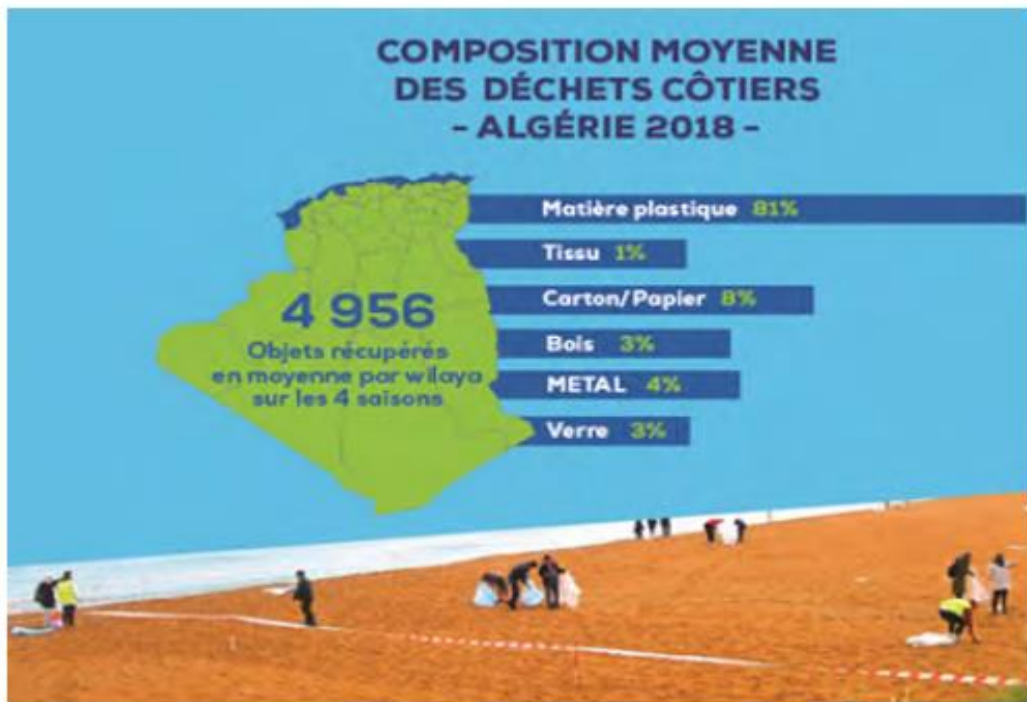


Figure 3.2 Composition moyenne des déchets côtiers

3.6 Cycle de vie du plastique ;

Le cycle de vie du plastique à usage unique comprend plusieurs étapes :

3-6.1 Production : Le plastique à usage unique est fabriqué à partir de matières premières telles que le pétrole brut ou le gaz naturel. Ces matières premières sont transformées en polymères plastiques par des processus chimiques.

3.6.2 Fabrication : Les polymères plastiques sont ensuite utilisés pour fabriquer une grande variété de produits en plastique à usage unique, tels que des bouteilles, des sacs en plastique, des emballages alimentaires, etc.

3.6.3 Distribution et utilisation : Les produits en plastique à usage unique sont distribués aux consommateurs par le biais de chaînes d'approvisionnement diverses. Les consommateurs utilisent ces produits pour des besoins spécifiques, tels que le stockage d'aliments, la boisson, ou l'emballage de produits.

3.6.4 Élimination : Une fois utilisés, la plupart des produits en plastique à usage unique sont jetés. Ils peuvent être éliminés de différentes manières, notamment par la mise en décharge, l'incinération ou le recyclage.

3.6.5 Gestion des déchets : La gestion des déchets plastiques est un élément crucial du cycle de vie. Les plastiques non recyclés peuvent persister dans l'environnement pendant de nombreuses années, contribuant ainsi à la pollution plastique.

3.6.6 Recyclage (le cas échéant) : Certains plastiques à usage unique peuvent être recyclés pour être transformés en de nouveaux produits en plastique. Cependant, le taux de recyclage des plastiques à usage unique est souvent faible en raison de la complexité des matériaux et de la contamination.

3.6.7 Fin de vie : Après leur utilisation, les plastiques à usage unique peuvent finir par se fragmenter en microplastiques dans l'environnement, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la faune et l'écosystème.

Il est important de noter que la durée de vie des produits en plastique à usage unique est souvent très courte par rapport à leur impact sur l'environnement. C'est pourquoi il existe des préoccupations croissantes concernant la pollution plastique et l'adoption de solutions plus durables pour réduire la dépendance aux plastiques à usage unique

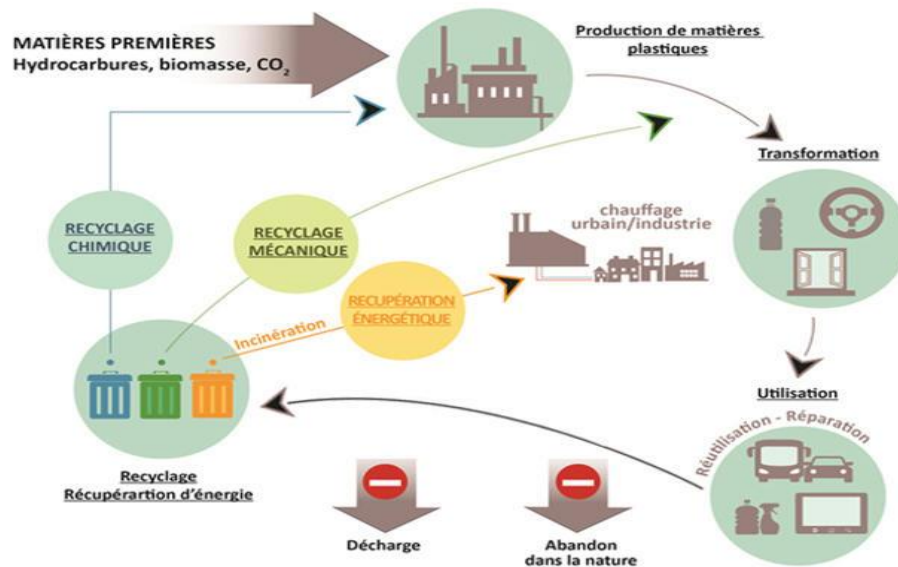


Figure 4.3 Cycle de vie du plastique

3.7 Les impacts environnementaux [7];

Pour qualifier les préjudices portés à l'environnement, on parle d'impacts environnementaux potentiels. Au nombre d'une douzaine, ces impacts affectent principalement la qualité de l'air, la qualité de l'eau, les ressources et la santé humaine.

Aucun produit n'est neutre par rapport à l'environnement !

Il n'existe aucun produit dont l'impact environnemental soit nul. Même les produits dits « verts », « écologiques », « bons pour l'environnement » ont des impacts négatifs sur l'environnement, principalement dus à leur processus de fabrication. Même lorsqu'une attention particulière est apportée à celui-ci pour amoindrir ses conséquences environnementales, aucun procédé n'est totalement neutre.

En effet, tout produit a besoin de matières premières et d'énergie pour être fabriqué. Tout produit doit être emballé et transporté. Enfin, même s'il est plusieurs fois recyclé, tout produit ou emballage deviendra un jour un déchet. L'enjeu est donc d'identifier quel produit entraîne moins d'impact qu'un autre pour le même usage.

La qualité écologique d'un produit est caractérisée par l'ensemble des impacts environnementaux causés par le produit tout au long de son cycle de vie.

L'évaluation d'un impact environnemental est quantifiée grâce à la mesure d'indicateurs de flux et d'indicateurs d'impact potentiels.

Pour l'air, on retient cinq indicateurs :

- contribution à l'effet de serre ;
- acidification de l'air ;
- formation d'ozone troposphérique ;
- appauvrissement de la couche d'ozone ;
- particules et effets respiratoires des substances inorganiques.

Pour l'eau, on en retient quatre :

- eutrophisation des eaux douces ;
- écotoxicité aquatique ;
- eutrophisation des eaux marines ;
- consommation d'eau (indicateur de flux).

Pour les ressources des sols et la santé humaine, on utilise les quatre indicateurs suivants :

- consommation d'énergie primaire (indicateur de flux) ;
- épuisement des ressources non renouvelables ;
- toxicité humaine ;
- occupation des sols.

3.8 Lutte contre la pollution plastique[8] ;

Il existe plusieurs solutions pour lutter contre la pollution plastique :

3.8.1 Réduction de la consommation de plastique : Utiliser moins de produits en plastique à usage unique, comme les sacs plastiques, les bouteilles d'eau et les pailles.

3.8.2 Recyclage : Encourager le recyclage des plastiques pour réduire la quantité de déchets plastiques envoyés en décharge.

3.8.3 Utilisation de plastiques biodégradables : Favoriser l'utilisation de plastiques biodégradables qui se décomposent plus rapidement dans l'environnement.

3.8.4 Ramassage des déchets : Organiser des opérations de ramassage des déchets plastiques dans les communautés locales et sur les plages.

3.8.5 Sensibilisation : Sensibiliser le public aux dangers de la pollution plastique et à l'importance de réduire l'utilisation de plastique.

3.8.6 Législation : Mettre en place des lois et des réglementations plus strictes pour limiter la production et l'utilisation de plastiques non recyclables.

3.8.7 Encourager l'innovation : Soutenir la recherche et le développement de matériaux alternatifs au plastique et de technologies de recyclage plus efficaces.

3.8.8 Responsabilité des entreprises : Encourager les entreprises à adopter des pratiques plus durables en matière d'emballage et de production de plastique.

3.8.9 Éducation : Intégrer des programmes éducatifs sur la pollution plastique dans les écoles et les institutions pour sensibiliser les générations futures.

En adoptant ces solutions à différents niveaux, nous pouvons contribuer à réduire la pollution plastique et à préserver notre environnement.

3.9 Conclusion :

En conclusion, le recyclage plastique à usage unique révèle un impact environnemental négatif préoccupant. Bien que le recyclage puisse aider à réduire la quantité de déchets plastiques dans les décharges et les océans, il est essentiel de reconnaître que le cycle de vie complet des plastiques jetables reste problématique. Leur production, leur transport, leur collecte et leur traitement exigent une consommation considérable d'énergie, tout en émettant des gaz à effet de serre.

De plus, le recyclage n'élimine pas complètement les problèmes associés aux microplastiques et aux produits chimiques potentiellement toxiques présents dans ces plastiques. Par conséquent, pour atténuer l'impact environnemental négatif des plastiques à usage unique, il est impératif de s'orienter vers des alternatives durables, de réduire notre dépendance à l'égard de ces produits et de promouvoir une sensibilisation accrue quant aux effets dévastateurs de la surconsommation de plastique sur notre planète

Conclusion générale

Le plastique est apparu comme symbole de modernité avec l'apparition de la culture du jetable. Cette matière s'est enracinée dans notre quotidien et son énorme expansion est due à sa légèreté, sa malléabilité son imperméabilité et son coût. Cependant, le plastique constitue un véritable souci pour l'environnement, il réduit, d'une part, les ressources naturelles, d'autre part, contribue à détruire l'environnement par ses déchets non biodégradables. Bien que le recyclage puisse aider à réduire la quantité de déchets plastiques dans les décharges et les océans, il est essentiel de reconnaître que le cycle de vie complet des plastiques jetables reste problématique et précisément le recyclage plastique à usage unique révèle un impact environnemental négatif préoccupant.

Le taux de recyclage reste insuffisamment faible, en grande partie en raison de la complexité des matériaux plastiques et des systèmes de gestion des déchets inadaptés. De plus, le recyclage ne résout que partiellement le problème, car il ne fait que retarder l'inévitable fin de vie de nombreux produits en plastique.

En fin de compte, nous avons le pouvoir de changer notre relation avec le plastique et d'atténuer son impact négatif sur notre planète. Cela nécessite un effort concerté, une responsabilité partagée et une vision commune pour un avenir plus durable. En travaillant ensemble, nous pouvons prendre des mesures significatives pour préserver notre environnement et construire un monde où le plastique ne soit plus synonyme de pollution, mais de durabilité et de responsabilité

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Agarwal M., Koelling W., Chalmers J., 1998. Characterization of the degradation of Polylactic Acid Polymer
- [2] Tokiwa Y., Clabia P., 2006. «Biodegradability and biodegradation of poly(lactide)», Appl Microbiol Biotechnol.,
- [3] Weiland M., Daro A., David C., 1995. Biodegradation of thermally oxidized polyethylene, Polymer degradation and stability
- [4] Conseil canadien sectoriel des plastiques (CCSP) ., 2009b. Initiation aux plastiques. In Le Conseil canadien sectoriel des plastiques. Initiation aux plastiques.
- [5] Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. vom & Swan, S. H., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 364.
- [6] Plastics Historical Society (PHS) ., 2010. An Introduction to Plastics. In Plastics Historical Society.
- [7] UNEP ., 2011. Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities.
- [8] **Yabannavar A. V., Bartha R., 1994.** Methods for assessment of biodegradability of plastic films in soil, Applied and environmental microbiology.
- http://www.careersinplastics.ca/pages/an_introduction_to_plastics/index_fr.shtml
- http://www.chemistrydaily.com/chemistry/Plastic#Price_and_the_future

Les annexes :

-Décret exécutif n°02-372.

-Décret exécutif n°04-199.

-Décret exécutif n°04-210.

-<https://and.dz/site/wp-content/uploads/Arreter-ministeriel-du-14-sept-2014.pdf>

-<https://and.dz/>

-Décret exécutif n° 05-240 du 21 Joumada El Oula 1426 correspondant au 28 juin 2005 fixant les modalités de désignation des délégués pour l'environnement.

-Décret exécutif n° 2005-444 du 12 Chaoual 1426 correspondant au 14 novembre 2005 fixant les modalités d'attribution du prix national pour la protection de l'environnement.

-Décret exécutif n° 2006-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.

-Décret exécutif n° 2007-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement

-Décret exécutif n° 15-207 du 11 Chaoual 1436 correspondant au 27 juillet 2015 fixant les modalités d'initiation et d'élaboration du plan national d'action environnementale et du développement durable (P.N.A.E.D.D).

-Décret exécutif n° 19-241 du 8 Moharram 1441 correspondant au 8 septembre 2019 modifiant et complétant le décret exécutif n° 07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement

-Décret exécutif n° 22-167 du 18 Ramadhan 1443 correspondant au 19 avril 2022 modifiant et complétant le décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.