

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Ecole Nationale Polytechnique**



*LAVALEF*

**Département : Génie Chimique**

**Laboratoire : Valorisation des Energies Fossiles**

**Mémoire de Master**

**Thème : Etude des différents modes d'élimination  
des déchets plastiques**

Wahiba TADMOURT

Sous la direction de Mme Afia MEFTI

Maître de conférences A, ENP

Présenté et soutenu publiquement le 19 Juin 2016

**Composition du jury :**

<b>Présidente :</b>	Dr. Fairouz KIES	Maître de conférences B, ENP
<b>Promotrice :</b>	Dr. Afia MEFTI	Maître de conférences A, ENP
<b>Examineurs :</b>	Dr. Saliha HADDOUM	Maître de conférences A, ENP
	Pr. Rabah BOUARAB	Professeur, ENP

**ENP 2016**

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Ecole Nationale Polytechnique**



**Département : Génie Chimique**  
**Laboratoire : Valorisation des Energies Fossiles**

**Mémoire de Master**

**Thème : Etude des différents modes d'élimination  
des déchets plastiques**

Wahiba TADMOURT

Sous la direction de Mme Afia MEFTI

Maître de conférences A, ENP

Présenté et soutenu publiquement le 19 Juin 2016

**Composition du jury :**

<b>Présidente :</b>	Dr. Fairouz KIES	Maître de conférences B, ENP
<b>Promotrice :</b>	Dr. Afia MEFTI	Maître de conférences A, ENP
<b>Examineurs :</b>	Dr. Saliha HADDOUM	Maître de conférences A, ENP
	Pr. Rabah BOUARAB	Professeur, ENP

**ENP 2016**

## **Dédicaces**

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère, et mon cher frère qui ont été pour moi les meilleurs apports pendant toute la vie.

A mes chers frères

A toute la famille TADMOURT

A ma chère amie Fatima Zohra

A mes chères amies Imene, Fatima, Soumia, Salma et tous mes amis de l'EPST d'Oran

A Soundousse et Dhirar

A mes chers amis de génie chimique promotion 2016.

**Wahiba**

## **Remerciements**

Je tiens à remercier dans un premier temps Dieu le tout puissant pour m'avoir donné le courage, la patience, et la volonté pour achever ce travail.

Je remercie chaleureusement Mme A. MEFTI, pour l'aide, les orientations, la guidance qu'elle m'a apportés lors de la réalisation de ce travail.

J'exprime mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté de juger mon travail, en particulier le Dr. F.KIES qui a accepté de présider le jury, le Dr. S.HADDOUM, le Pr. R.BOUARAB qui ont accepté d'être examinateurs.

Je remercie ma chère mère et mon cher frère pour tout ce qu'ils ont fait pour moi. « Vous n'auront pas ta page de remerciements mais juste un merci du fond du cœur. Merci .... »

J'associe également à mes remerciements le grand monsieur Mohamed et sa femme Sabah. « Vous étiez comme mes parents. Merci beaucoup pour l'aide ».

J'adresse des remerciements plus spécifiques à ma chère amie Fatima Zohra. « Tu as fait tout pour moi ma chère. Merci ».

**« Merci »**

## ملخص

أعطيت هذه الدراسة بهدف تقديم ملخص مرجعي عن مختلف الطرق للتخلص من النفايات البلاستيكية لاقتراح حلول للحد من هذه النفايات في مقال القمامة والحفاظ على بيئتنا.

طرق التخلص من النفايات البلاستيكية التي تناولتها هذه الدراسة هي: إعادة التدوير الميكانيكية، الحرق، والتحلل البيولوجي، البلاستيك الحيوي وتطبيقاته المختلفة، وأخيرا إعادة التدوير الكيميائي، استنادا الى اثنين من التقنيات الرئيسية المتمثلة في التحلل والانحلال الحراري.

**الكلمات الدالة:** النفايات البلاستيك، التدوير، الحرق، والتحلل البيولوجي، التحلل، الانحلال الحراري.

## Abstract

The main objective of this work is to do a literature review on the different plastic waste disposal practices to offer solutions to reduce such waste in landfills and preserve our environment.

Plastic waste disposal practices presented in this study are: mechanical recycling, incineration, biodegradation, bioplastics and their various applications, and finally recycling or chemical recycling basing on the two main techniques that are depolymerization and pyrolysis.

**Key words:** plastic waste, recycling, incineration, degradation, pyrolysis, depolymerization.

## Résumé

L'objectif de ce travail est de faire une synthèse bibliographique sur les différents modes d'élimination des déchets plastiques afin de proposer des solutions pour réduire ces déchets dans les décharges et de préserver notre environnement.

Les modes d'élimination des déchets plastiques présentés dans cette étude sont : le recyclage mécanique, l'incinération, la biodégradation, les bioplastiques et leurs différentes applications, et enfin le recyclage ou valorisation chimique en nous basant sur les deux principales techniques que sont la dépolymérisation et la pyrolyse.

**Mots clés :** déchets plastiques, recyclage, incinération, biodégradation, pyrolyse, dépolymérisation.

# Table des matières

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Liste des abréviations.

**Introduction générale**..... 10

## **Chapitre 1 : Les matières plastiques**

1.1.	Histoire du plastique.....	14
1.2.	Définition du plastique .....	14
1.3.	La base des matières plastiques.....	15
1.4.	Les domaines d'applications des matières plastiques .....	15
1.5.	Les avantages du plastique .....	17
1.6.	Les innovations technologiques permises .....	18

## **Chapitre 2 : Les déchets plastiques**

2.1.	Définition d'un déchet.....	21
2.1.1.	La définition réglementaire .....	21
2.2.	Approche environnementale, sanitaire et économique des déchets .....	21
2.2.1.	L'approche environnementale... puis sanitaire .....	21
2.2.2.	L'approche économique.....	21
2.3.	Cycle de vie d'un déchet .....	22
2.4.	Sources des déchets plastiques .....	22
2.5.	Exemple de consommation des matières plastiques .....	22
2.6.	Le plastique et sa mauvaise réputation.....	23
2.7.	Impacts environnementaux des plastiques .....	23
2.7.1.	Les animaux .....	23
2.7.2.	L'homme .....	24
2.8.	Que peut devenir un déchet plastique ?.....	24
2.8.1.	De la bouteille plastique à la veste polaire.....	24

## **Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques**

3.1.	Introduction .....	27
3.2.	Le recyclage .....	27
3.2.1.	Définition .....	28

3.2.2.	Comment le recyclage du plastique se produit-il ? .....	28
3.2.3.	Le tri.....	28
3.2.4.	Les étapes de recyclage.....	29
3.2.5.	Avantages du recyclage .....	32
3.2.6.	Le recyclage et le développement durable .....	34
3.2.7.	Problèmes du recyclage .....	34
3.2.8.	Comment aider le recyclage ?.....	34
3.3.	L'incinération .....	34
3.3.1.	Revalorisation énergétique par incinération .....	34
3.3.2.	Etapes de l'incinération.....	35
3.3.3.	Pouvoir calorifique des matériaux plastiques .....	35
3.3.4.	Avantages et inconvénients de l'incinération .....	35
3.4.	Biodégradation .....	37
3.4.1.	Le plastique biodégradable .....	37
3.4.2.	Conditions de dégradation des plastiques .....	37
3.4.3.	L'utilisation des plastiques biodégradables .....	37
3.4.4.	Un inconvénient au plastique biodégradable .....	38
3.4.5.	Exemples de plastique biodégradable .....	38
3.5.	Les bioplastiques .....	39
3.5.1.	Définition .....	39
3.5.2.	Pourquoi les bioplastiques ?.....	40
3.5.3.	Applications des bioplastiques.....	41
3.5.4.	La différence entre les bioplastiques et les plastiques fragmentables.....	42
3.6.	Le recyclage chimique .....	42
3.6.1.	La dépolymérisation.....	42
3.6.2.	La pyrolyse.....	43
3.6.3.	Avantages et inconvénients du recyclage chimique .....	46
3.7.	Perspectives d'innovations.....	47
3.8.	Fabriquer de l'énergie avec les déchets.....	47
3.9.	Mesures à prendre .....	48
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>49</b>
	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>51</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1</b> : Quelques domaines d'utilisations des plastiques .....	17
<b>Tableau 2.1</b> : La consommation annuelle d'emballages plastiques non recyclables pour une famille de 4 personnes.....	23
<b>Tableau 3.1</b> : Possibilités de seconde vie pour les plastiques .....	32
<b>Tableau 3.2</b> : Les applications primaires et secondaires des plastiques.....	33
<b>Tableau 3.3</b> : Pouvoir calorifique de certains polymères et des carburants communs. ....	35
<b>Tableau 3.4</b> : Rendements des produits gazeux et liquides obtenus par pyrolyse du PEBD et de PEHD.....	44
<b>Tableau 3.5</b> : Répartition des produits gazeux obtenus par pyrolyse du PEBD et de PEHD .	44

## Liste des figures

<b>Figure 2.1</b> : Cycle de vie d'un déchet.....	22
<b>Figure 2.2</b> : Des vestes polaires à partir des bouteilles plastiques recyclées.....	24
<b>Figure 3.1</b> : Les diverses options pour la gestion des déchets de matières plastiques .....	27
<b>Figure 3.2</b> : Les étapes du recyclage .....	31
<b>Figure 3.3</b> : Valeurs énergétiques de trois sources d'énergie charbon, gazole, et plastique. ..	36
<b>Figure 3.4</b> : Principe de la pyrolyse.....	44
<b>Figure 3.5</b> : Schéma de pyrolyse d'une unité qui existe en Irlande (Sita).....	45
<b>Figure 3.6</b> : Schéma de pyrolyse d'une unité qui existe en Corée .....	45

## Liste des abréviations

<b>ACV</b>	Analyse de Cycle de Vie.
<b>C</b>	Carbone.
<b>Cl</b>	Chlore.
<b>H</b>	Hydrogène.
<b>M.P</b>	Matière Première.
<b>O</b>	Oxygène.
<b>PCI</b>	Pouvoir Calorifique Inférieur.
<b>PEbd</b>	Polyéthylène basse densité.
<b>PEhd</b>	Polyéthylène haute densité.
<b>PET</b>	Polytéréphtalate d'Éthylène.
<b>PETP</b>	Polyéthylène Téréphtalate.
<b>POP</b>	Polluants Organiques Persistants.
<b>PP</b>	Polypropylène.
<b>PS</b>	Polystyrène.
<b>PSE</b>	Polystyrène Expandé.
<b>PUR</b>	Polyuréthane.
<b>PVC</b>	Chlorure de Polyvinyle.
<b>TPR</b>	Thermos Poly Rock.

# **Introduction générale**

## Introduction générale

---

Polystyrène, polymères acryliques, chlorure de polyvinyle, polyéthylène, polyuréthane, polytétrafluoroéthylène, polyesters, silicones, résines époxy, polycarbonates, polypropylène, polyéthylènetéréphtalate, etc. etc.

Actuellement, il existe plus de 700 types de polymères et de thermoplastiques. Dans l'usage quotidien, la plupart de ces matières reçoivent le nom de « plastique ». Or, ces matières possèdent des propriétés très diverses: certaines sont à l'épreuve des hautes pressions ou des températures extrêmes, d'autres forment une barrière contre la lumière, les acides, l'humidité ou les odeurs. Les mêmes plastiques de base peuvent aussi adopter des caractéristiques très diverses grâce à l'adjonction d'additifs. C'est ainsi que l'on connaît des matières plastiques qui sont très résistantes, élastiques ou insensibles à la chaleur. D'autres sont précisément souples ont l'aspect de la mousse, sont transparentes ou permettent la fabrication de fibres [1]. Ces nouvelles matières connaissent des applications très nombreuses et très diverses. Un grand nombre de matériaux traditionnels comme le bois, les métaux, la faïence, le verre et les fibres naturelles ont été remplacés aujourd'hui par les plastiques. En outre, une longue série de fonctions nouvelles ne peuvent être remplies aujourd'hui que par les plastiques.

Les plastiques présentent un intérêt dans de très nombreux domaines. Les emballages représentent la majeure partie de leurs utilisations.

D'autres applications des plastiques se retrouvent notamment dans les vêtements, les automobiles, les bicyclettes, les appareils ménagers, le bâtiment, les revêtements de sol, les jouets, les téléphones mobiles, les ordinateurs et les accessoires médicaux: les utilisations du plastique s'étendent littéralement des sachets de pain aux voiliers.

La fabrication et l'utilisation des plastiques entraînent naturellement une montagne de déchets, ce qui pose problème qui ne fait qu'agrandir la montagne mondiale de déchets existante. Si nous voulons un développement durable, nous devons agir de manière à ne pas imposer de conséquences économiques, sociales et environnementales aux générations futures. Durable signifie notamment utiliser intelligemment les matières premières et l'énergie. La plupart des plastiques sont réalisés à partir de pétrole, matière première limitée et précieuse. La gestion des déchets de matières plastiques englobe donc de plus en plus le recyclage ou le réemploi, bien entendu dans la mesure où une telle opération est pertinente sur un plan écologique et économique.

Dans ce projet, nous tenterons de mieux intégrer la problématique des déchets plastiques et de proposer quelques solutions afin de les éliminer.

## Introduction générale

---

Nous commencerons par des généralités sur les matières plastiques, suivies par une étude de leurs impacts environnementaux, et nous terminerons par la présentation de quelques modes d'élimination de ces déchets afin de leur donner une seconde vie.

# **Chapitre 1**

## **Les matières plastiques**

## 1.1. Histoire du plastique

Les premières matières plastiques ont fait leur apparition autour de 1860.

A l'époque les premières matières plastiques étaient fabriquées à partir de composants naturels courants, comme la cellulose des végétaux et la caséine extraite du lait.

Dès 1910, on a utilisé des produits chimiques non présents dans la nature comme le phénol et le formaldéhyde pour fabriquer des matières plastiques dites phénoplastes.

C'est à partir de 1930 jusqu'en 1960 qu'a démarré la production des différentes familles de plastiques les plus couramment utilisés: polystyrène, PVC (chlorure de polyvinyle). Même si la découverte des matières plastiques et leurs premières utilisations sont assez anciennes, la généralisation de leurs usages commence juste après la seconde guerre mondiale. Depuis, l'utilisation des matières plastiques dans nos vies n'a fait qu'augmenter.

- En 1940, la production mondiale de plastique était à peine supérieure à 1 Mt (million de tonnes)
- En 1950, elle s'élevait à 2,5 Mt.
- En 1960, elle a grimpé à près de 10 Mt.
- En 1980, elle a atteint 50 Mt.
- En 2007, elle culmine à 65 Mt.
- En 2010, elle dépasse 300 Mt [2].

## 1.2. Définition du plastique

Le mot plastique vient du latin « plasticus » issu lui-même du grec ancien « plastikós » qui veut dire « relatif au modelage » [3].

Les matières plastiques sont des matériaux organiques constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères qui sont des molécules organiques, constituées essentiellement de carbone (C) et d'hydrogène (H). L'oxygène(O) ou le chlore (Cl) sont en faibles proportions.

Les plastiques peuvent être produits par transformation de substances naturelles, ou par synthèse directe, à partir de substances dérivées du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières premières [4].

## 1.3. La base des matières plastiques

Les matières plastiques sont composées principalement de molécules chimiques, qui ont la propriété de se mettre facilement en forme. Il existe des centaines de variétés différentes de plastique.

A la base on part généralement de gaz issus de traitements du pétrole, comme par exemple l'éthylène  $C_2H_4$ . En 1909, le chimiste Léo BAEKELAND crée la première matière plastique, à partir de produits artificiels, appelée BAKELITE. Résistant à la chaleur, la bakélite est un excellent isolant, adapté dans l'industrie électrique.

La matière plastique peut donc être :

- Issue de la bakélite
- Tirée de la cellulose végétale
- Fabriquée à partir de matières premières, telles que le charbon, le pétrole ou le bois [5].

## 1.4. Les domaines d'applications des matières plastiques

Les plastiques sont très présents dans notre société que ce soit dans le domaine alimentaire, la médecine, la mode, l'architecture, le transport, la sécurité, ils peuvent ainsi remplacer certains matériaux.

### ➤ Le domaine alimentaire

Dans ce domaine ils ont trouvé une place de choix. Ceux qui entourent toutes sortes d'aliments sont fabriqués afin de tuer les bactéries qui pourraient nuire à la conservation de l'aliment.

### ➤ La médecine

La médecine utilise également cette matière, par exemple pour la fabrication de nouveaux pansements, les gants chirurgicaux, les masques, ...

### ➤ L'industrie pharmaceutique

Les plastiques sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour les emballages de médicaments. On utilise par exemple le PET blanc et coloré mais aussi le PVC pour les flacons, bouchons, plaquettes, ...

## ➤ **Les domaines sanitaires**

Dans les domaines sanitaires (sèche-mains, distributeur de savon...) ils sont beaucoup utilisés pour leurs nombreux atouts tel que la résistance à l'eau, leur solidité...

## ➤ **La mode**

Elle l'utilise pour créer un large choix de chaussures, vêtements, bijoux, mobilier. Il en est de même pour les cosmétiques : des tubes de rouge à lèvres, par exemple, sont fabriqués avec du plastique antibactérien. De plus, une firme américaine a mis au point une nouvelle fibre de polyester. Celle-ci est douce, souple et imite très bien les soies du sanglier. Elle les remplace avantageusement pour les brosses à cheveux et les pinceaux de maquillage car elle peut contenir des agents antibactériens.

## ➤ **L'architecture**

Aujourd'hui l'architecture utilise le plastique en créant des structures de formes originales : en toile d'araignée et en carré renversé. Dans la maison, les meubles sont devenus beaucoup plus « design », colorés, vivants.

## ➤ **Les automobiles**

Les véhicules contiennent essentiellement du plastique : la carrosserie, le tableau de bord, les poignées de portière, les pare-chocs. Depuis 40 ans le plastique dans une voiture ne cesse d'augmenter, nous sommes passés de 2% du poids de la voiture en 1960 à 18% en 2010.

## ➤ **La sécurité**

Notre sécurité est assurée par ce matériau quand il devient un détecteur d'incendie ou une alarme.

## ➤ **Le génie civil**

Certains pays utilisent le plastique pour remplacer le bois et le béton, un projet allemand va permettre le remplacement des traverses de chemin de fer, faites de bois et de béton en plastique recyclé. Ces traverses seront posées à titre expérimental sur une portion du réseau ferroviaire allemand. Si les qualités de ces éléments tels que la légèreté, la facilité de montage, la résistance et la durée de vie sont supérieures à celle de ceux utilisés actuellement, ces traverses plastiques pourraient s'étendre à l'ensemble du réseau [3].

# Chapitre 1 : Les matières plastiques

---

**Tableau 1.1** : Quelques domaines d'utilisations des plastiques [6].

Santé	Seringues jetables, préservatifs, prothèses
Sécurité	Casques moto, pare chocs, isolation électrique des câbles
Alimentation	Emballage, films agricoles pour protéger les récoltes
Confort	Isolation et protection contre le froid et le chaud, les agressions acoustiques
hygiène	Conduites et réservoirs d'eau, gant chirurgicaux

## 1.5. Les avantages du plastique

Les plastiques permettent d'économiser beaucoup d'énergie. Par exemple, dans l'isolation des bâtiments, le plastique induit des économies de chauffage considérables ; dans l'isolation des réfrigérateurs, il rend ceux-ci moins gourmands en énergie ; dans la construction des automobiles, l'allègement dû au plastique réduit la consommation de carburant et minimise les rejets en CO<sub>2</sub> [4].

Il est possible aussi de le réutiliser plusieurs fois. En outre, son transport est plus écologique et plus économique que celui d'objets constitués d'autres matériaux (les plastiques sont plus légers et moins volumineux, il est donc possible d'en transporter plus à chaque fois).

Les plastiques sont très utiles à la médecine : ils peuvent être : antibactériens, antimicrobiens et même anti-odeurs.

Les fibres synthétiques sont plus performantes que les fibres naturelles : elles résistent mieux aux conditions extrêmes, elles sont plus légères, imperméables, et séchant plus vite.

Les objets en matières plastiques sont moins chers que s'ils étaient faits en autres matières.

Les matières plastiques sont résistantes aux chocs, à l'air, à l'eau, aux gaz, aux solvants et à la chaleur, ce qui est très utile aux pompiers.

Les plastiques sont des isolants thermiques, acoustiques et électriques.

Les emballages faits de plastiques augmentent la durée de conservation des aliments qu'ils enveloppent [3].

- **L'utilisation du plastique peut permettre une diminution de la consommation d'énergie fossile et réduire les émissions de gaz à effets de serre**

Une maison bien isolée permet à ses occupants de moins chauffer.

Ces 10 dernières années, on a augmenté l'utilisation des matières plastiques dans la fabrication automobile. On est passé de 5kg de plastique à 150 kg en 10ans, soit une augmentation de 50%. 150kg de plastique remplacent 450kg de matériaux conventionnels, réduisant ainsi la consommation d'essence de 5 litres pour 1000km [2].

- **Augmenter la part de la production d'énergie renouvelable**

Les plastiques sont également utilisés pour exploiter les énergies renouvelables : les plastiques non corrosifs jouent un rôle majeur dans la construction des turbines destinées aux parcs éoliens en mer ; les panneaux solaires constitués principalement de plastique permettent l'exploitation de l'énergie solaire ; des canalisations géothermiques en plastique sont utilisées pour capter la chaleur naturelle de la terre [2].

### **1.6. Les innovations technologiques permises**

Les plastiques ont permis beaucoup d'innovations technologiques dans le bâtiment, l'électricité et la santé. Il y a une dizaine d'années les chercheurs ont inventé le plastique antibactérien. Grâce à des ions qu'ils ont intégrés dans le plastique. Lorsqu'une bactérie entre en contact avec le plastique les ions réagissent et les détruisent. Aujourd'hui, les ions peuvent être intégrés dans presque tous les polymères. Cela permet d'éviter la prolifération des microbes dans les hôpitaux et les transports en commun car c'est là qu'ils sont les plus nombreux. Maintenant les objets en plastique antibactérien font partie de notre quotidien. Par exemple: poignées de portes, emballages alimentaires, pansements, bouteilles, téléphones portables.

Dans l'alimentaire beaucoup de plastiques antibactériens sont présents sous formes de films transparents qui tuent environ 99% des bactéries et microbes.

Heureusement le plastique antibactérien n'est pas dangereux pour les hommes car il ne peut pas s'attaquer à notre peau. Les plastiques ont aussi eu des innovations dans l'électricité. Pour devenir conducteur d'électricité, un polymère doit comporter des liaisons simples et doubles entre ses atomes de carbone. On doit aussi lui enlever des électrons par oxydation ou lui en

## Chapitre 1 : Les matières plastiques

---

rajouter par réduction, ce sont des réactions chimiques durant lesquelles il y a un transfert d'électrons. Ces électrons appelés aussi « trous » peuvent se déplacer dans la molécule de polymère ce qui permet de faire passer le courant. Les plastiques conducteurs d'électricité ont un grand avenir dans les technologies de l'information. Ces recherches ont donné naissance à de nombreuses applications récentes comme des écrans vidéo, de nouveaux marquages de produits dans les supermarchés, des traitements de pellicules photographiques.

Mais le plastique a aussi évolué dans le bâtiment. Les plastiques sont très importants dans les bâtiments car ils sont durables c'est-à-dire qu'ils sont stables et faits pour durer. Ils offrent une isolation efficace contre le froid et la chaleur, économisent et réduisent la pollution sonore, ils sont souvent plus économiques à produire sur mesure et résistent à la corrosion et ils ont une longue durée de vie.

Pour l'hygiène et la propreté ils sont idéaux pour transporter de l'eau, ils sont aussi utilisés pour les revêtements de sol car ils sont faciles à nettoyer. Ils peuvent être recyclés. Les matières plastiques sont aussi utilisées pour la décoration d'intérieur [7].

Enfin, les chercheurs ont inventé un nouveau matériau appelé « l'aquamaterial », un plastique qui est principalement composé d'eau. C'est un gel transparent qui reprend sa forme initiale après contrainte. Il pourrait devenir le matériau du futur [3].

# **Chapitre 2**

## **Les déchets plastiques**

## Chapitre 2 : Les déchets plastiques

---

La pollution de l'environnement par les matériaux plastiques va croissant. La quantité de plastique produite dans le monde est aujourd'hui 170 fois supérieure à ce qu'elle était il y a 60 ans, à savoir 288 millions de tonnes par an [8].

### 2.1. Définition d'un déchet

Les déchets peuvent être abordés de manière différente en fonction de leurs propriétés. Leur classification peut notamment se faire en fonction de leur état physique (solide, liquide, gazeux), de leur provenance (déchets ménagers, déchets industriels, déchets agricoles), de leur traitement (primaires, secondaires, ultimes) ou encore de leur dangerosité (déchets inertes, déchets banals, déchets spéciaux). La variété de ces propriétés et des points de vue que l'on peut adopter lorsque l'on s'intéresse aux déchets amène la plupart des auteurs à dire qu'il n'existe pas de définition satisfaisante du déchet. Cette définition est différente en fonction du point de vue réglementaire, environnemental, économique ou encore fonctionnel.

#### 2.1.1. La définition réglementaire

La définition du déchet est établie par la loi française de 1975 qui a initié la politique de gestion des déchets en France. Le déchet y est défini 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. » [9].

### 2.2. Approche environnementale, sanitaire et économique des déchets

#### 2.2.1. L'approche environnementale... puis sanitaire

Le déchet est représenté comme une menace, un risque dès que l'on envisage son contact, direct ou après traitement, avec l'environnement. La diffusion des polluants dans le milieu s'accompagne souvent d'un risque sanitaire. L'approche environnementale et sanitaire a fortement influencé la réglementation relative aux déchets, le premier objectif de gestion étant de prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets.

#### 2.2.2. L'approche économique

Le déchet est de plus en plus considéré comme une richesse potentielle dont on peut, grâce à des techniques novatrices, extraire une nouvelle valeur apte à réintégrer le circuit économique.

## Chapitre 2 : Les déchets plastiques

C'est tout l'enjeu de la valorisation, dont la part croissante doit permettre d'exploiter la richesse contenue dans les déchets et faire baisser la part des quantités stockées, stockage qui ne doit en principe concerner que les déchets ultimes [9].

### 2.3. Cycle de vie d'un déchet

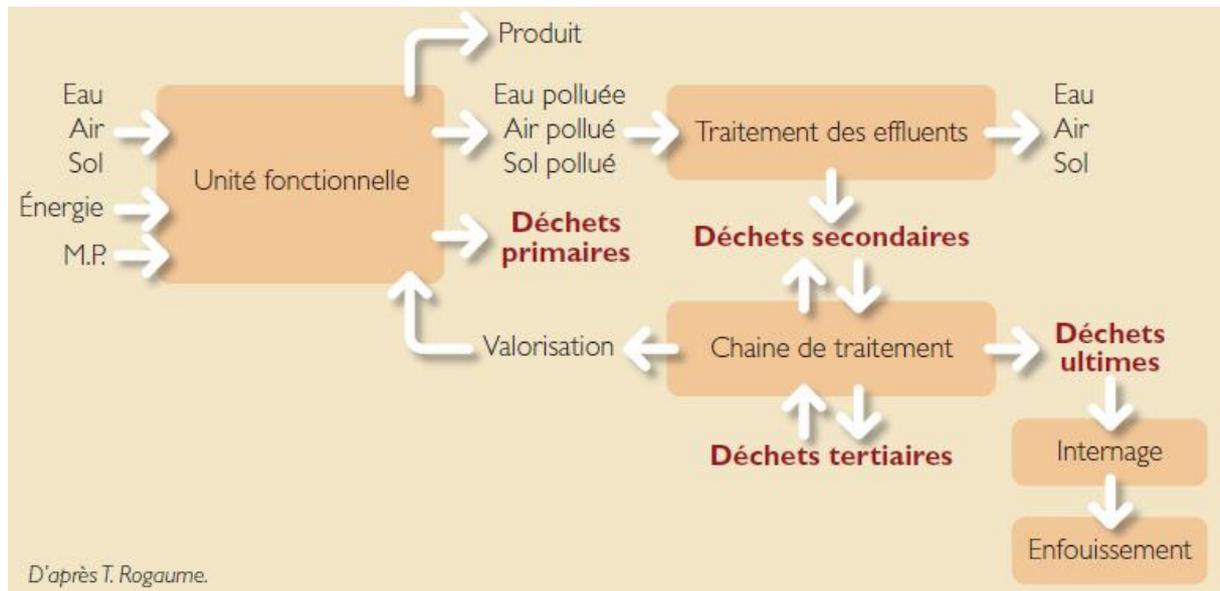


Figure 2.1 : Cycle de vie d'un déchet [10].

### 2.4. Sources des déchets plastiques

Il existe deux principales sources de déchets plastiques :

➤ **Les déchets issus des sous-produits industriels**

Ils sont faciles à collecter car les stocks sont homogènes, non pollués et facilement identifiables. Ces déchets sont généralement directement recyclés par le producteur.

➤ **Les déchets de post-consommation**

Ils sont principalement collectés dans les ordures ménagères. Ces matériaux sont généralement pollués, mélangés et incompatibles entre eux, ce qui rend difficile leur simple mélange ou compactage pour en faire de nouveaux produits [11].

### 2.5. Exemple de consommation des matières plastiques

Afin de prendre conscience de ce qu'implique l'usage des plastiques, une étude a été réalisée pour estimer la consommation annuelle d'emballages plastiques non-recyclables pour une famille de 4 personnes [12].

## Chapitre 2 : Les déchets plastiques

**Tableau 2.1** : La consommation annuelle d’emballages plastiques non recyclables pour une famille de 4 personnes.

Nombre de personnes	4
Quantité d’emballages plastiques	119g soit 30g/personne/jour
Consommation annuelle	43316g soit 11kg/personne
Equivalent en pots de yaourt vides	2165 pots/personne/an

### 2.6. Le plastique et sa mauvaise réputation

Le plastique contribue à la pollution, que ce soit sur terre ou dans la mer, cela nuit à la biodiversité. Des débris plastiques qui aboutissent dans la mer peuvent être dangereux pour les espèces marines (tortues, baleines, oiseaux, poissons..). Au final la dégradation des plastiques est une multitude de micro-débris, dont la durée de vie est probablement très longue. Ces débris peuvent malheureusement accumuler les polluants organiques hydrophobes sans savoir quels effets ils ont sur la chaîne alimentaire.

Sur la terre les débris plastiques constituent une pollution visuelle, due à un mauvais comportement du consommateur ou une mauvaise gestion d’une décharge [2].

### 2.7. Impacts environnementaux des plastiques

Chaque année, environ 100 kilos de plastique sont jetés par habitant. On retrouve partout cette matière plastique : brosse à dents, sacs, emballages, bouteilles. Le plastique est en effet un matériau simple à fabriquer, économique, solide, léger, et résistant à la corrosion. Il a aussi favorisé notre hygiène de vie grâce à la conservation des aliments. Mais le problème du plastique est sa durée de vie, il peut mettre jusqu’à 600 ans pour se décomposer.

#### 2.7.1. Les animaux

Les plastiques flottants deviennent de vrais déchets marins, même dans des zones éloignées (à plus de 2000 km marins des continents) par exemple en Grande-Bretagne les côtes tuent des espèces protégées et menacées: par exemple les sacs plastiques mangés par des tortues qui les confondent avec des méduses,... Sur Terre, c'est les abeilles qui ont le plus souffert, par exemple aux Etats-Unis, elles disparaissent de 30% à 90% pour aller chercher de la nourriture ailleurs donc elles abandonnent leur ruche et leur reine. Greenpeace estime qu'à l'échelle de la terre, environ 1 million d'oiseaux et à peu près 100 000 mammifères marins meurent chaque

## Chapitre 2 : Les déchets plastiques

année d'une indigestion de plastiques. Au total, plus de 267 espèces marines seraient affectées.

### 2.7.2. L'homme

Les effets en cascade peuvent s'étendre via la chaîne alimentaire et toucher l'homme par exemple des substances chimiques, en particulier présentes dans le plastique, seraient « au premier rang des accusés » de la chute de la qualité des spermatozoïdes (réduite de 50 %) et des maladies liées à l'appareil génital. Parmi les additifs les plus controversés figurent le bisphénol A, très présent dans les plastiques alimentaires et notamment dans 90 % des biberons donc il peut atteindre les bébés [4].

### 2.8. Que peut devenir un déchet plastique ?

Les nouveaux matériaux issus du recyclage, appelés matières premières recyclées, peuvent entrer dans la fabrication de nouveaux produits.

Exemple : de la bouteille plastique à la veste polaire [2].

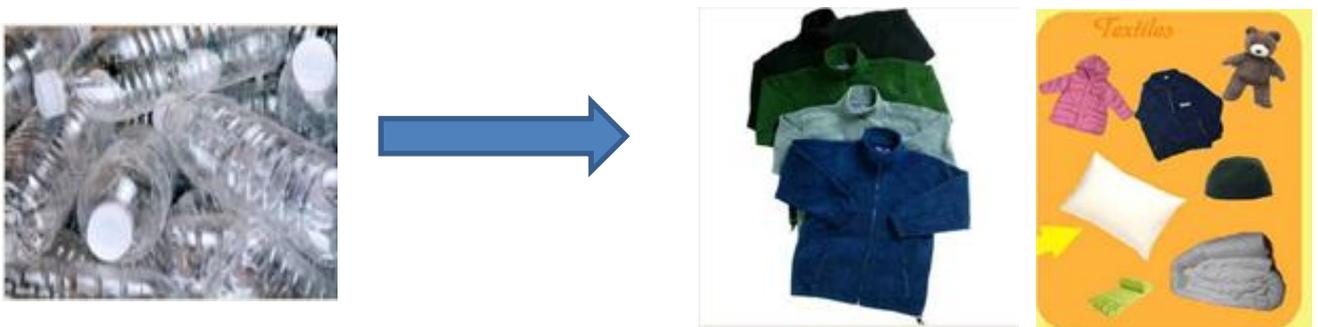


Figure 2.2 : Des vestes polaires à partir des bouteilles plastiques recyclées.

#### 2.8.1. De la bouteille plastique à la veste polaire

Cette solution a été envisagée étant donné les quantités énormes de bouteilles plastiques utilisées dans le monde pour les boissons et autres [13].

La fabrication des vestes polaires à partir des bouteilles plastiques recyclées passe par quatre grandes étapes :

### ➤ **Le tri**

Cette étape consiste à trier les bouteilles et les séparer des autres déchets dans les centres de tri. Puis les compresser pour faciliter le transport.

### ➤ **La fabrication de la matière première**

Les bouteilles arrivent aux usines de recyclage. Elles sont triées selon la couleur, puis elles arrivent dans un broyeur qu'il les découpe en petit morceaux. Les paillettes des bouteilles sont lavées énergiquement. Lors des lavages successifs, les étiquettes, les bouchons, et toutes les impuretés sont enlevés.

Après les avoir rincé, essoré, et séché, les paillettes propres subissent un dernier traitement thermique avant d'être granulées et redevenir une matière plastique parfaitement pure.

### ➤ **La fabrication du fil new life**

La matière arrive à l'usine qui fabrique des fils de polyester pour faire des tissus. Les granulés sont stockés dans des silos. Ils sont séchés pour être ensuite extrudés. La matière plastique fond et devient une pâte. Une machine pousse le polymère fondu dans une filière composée de très petits trous pour former un fil enroulé sur une bobine. Une machine tend le fil en forme S ou Z pour le fraiser. Enfin, les bobines sont acheminées vers le centre de stockage avant d'être délivrées au client.

Les fils ont les mêmes qualités que les fils de polyester vierge mais ils ont un impact environnemental plus faible. Avec 42 bouteilles, on produit 1Kg de fil new life.

### ➤ **La fabrication de tissus**

Les fils sont aspirés dans de petit tube dans la machine de tricotage. 1800 aiguilles crochètent le fil entre elles pour former le tissu. Pour être coloré, le tissu est envoyé à la teinturerie. Ensuite, un opérateur contrôle les défauts avec un miroir. Enfin le tissu passe entre deux rouleaux pour être gratté et lui donner l'aspect de fourrure.

Les tissus fabriqués avec les fils new life sont utilisés pour les équipements sportifs, les vêtements de travail, les sacs, et la mode [14].

# **Chapitre 3**

## **Les modes d'élimination des déchets plastiques**

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

### 3.1. Introduction

Les plastiques sont omniprésents dans notre vie. Au-delà de leurs atouts, une fois consommés, ils génèrent des déchets volumineux par rapport à leur poids. Ces déchets occupent un volume important dans les points de collecte et autres installations de gestion de déchets dont les centres d'enfouissements techniques. Leur dissémination dans la nature est durable et inesthétique car leur biodégradabilité est dans la plupart des cas faible. Il y a donc lieu d'encourager leur traitement par le recyclage, l'incinération, ou encore, produire des plastiques biodégradables pour éviter ce problème.

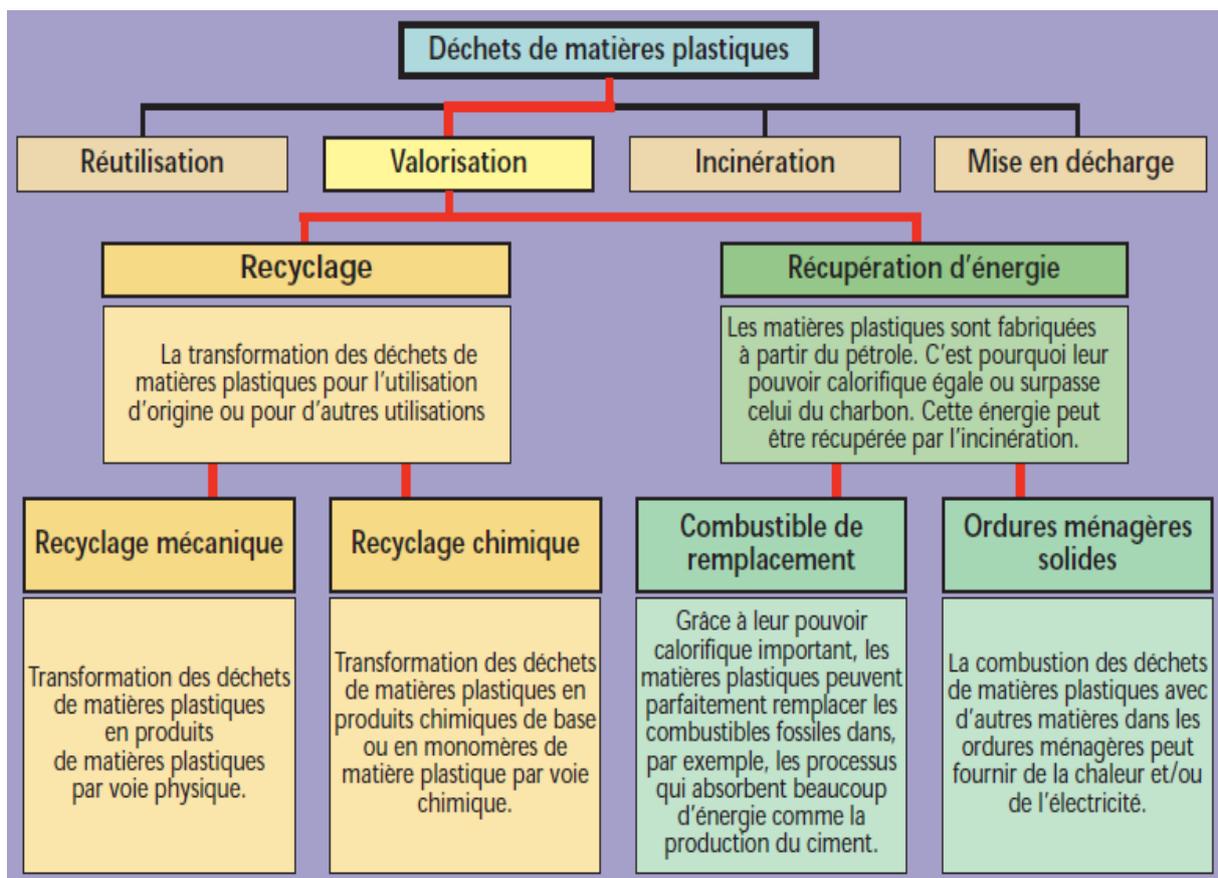


Figure 3.1 : Les diverses options pour la gestion des déchets de matières plastiques [1].

### 3.2. Le recyclage

Le recyclage est en cours de recherche, quelques solutions ont été apportées mais il y a au départ le difficile problème de récupération, de séparation, de manutention, de stockage...

Les taux de récupération et de recyclage des plastiques sont très faibles, de l'ordre de quelques % ce qui constitue une singularité par rapport aux autres matériaux de grande consommation: métal, verre, papier. Le plastique reste difficile à recycler. Ce n'est pas un matériau unique.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

---

Les milliers de formules chimiques utilisées pour les différents produits gênent considérablement la récupération et le tri des déchets plastiques [5].

### 3.2.1. Définition

Le recyclage consiste à réintroduire dans un cycle de production, un déchet en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge. Il peut intervenir dans le même processus de fabrication que le produit d'origine ou dans un cycle différent pour une production similaire [3].

### 3.2.2. Comment le recyclage du plastique se produit-il ?

La tendance constatée est que le coût de recyclage augmente considérablement si l'on désire un matériau de grande pureté.

Le recyclage s'inscrit dans la stratégie de traitement des déchets dite des trois R :

#### ➤ Réduire

Regroupe les actions au niveau de la production pour réduire les tonnages d'objets (par exemple les emballages) susceptibles de finir en déchets.

#### ➤ Réutiliser

Regroupe les actions permettant de réemployer un produit usagé pour lui donner une deuxième vie, pour un usage identique ou différent.

#### ➤ Recycler

Désigne l'ensemble des opérations de collecte et de traitement des déchets permettant de réintroduire dans un cycle de fabrication les matériaux qui constituaient le déchet [5].

### 3.2.3. Le tri

Eugène Poubelle, fait installer des containers. Cette invention s'est développée par des lieux de tri plus spacieux. C'est l'arrivée des déchetteries. Puis chaque maison est équipée de deux poubelles de tri: une jaune, pour les emballages, carton, aluminium et plastiques, et une noire pour les déchets ménagers [2].

Le tri des déchets est essentiel afin de recycler efficacement, car pour recycler il faut trier !

### a. Les étapes de tri

#### ➤ Etape 1

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

#### ➤ Etape 2

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

#### ➤ Etape 3

Les matériaux sont séparés mécaniquement ou manuellement, ils sont triés par catégories (bouteilles, flacon plastiques, couleur).

#### ➤ Etape 4

Ils sont compactés, pour les transporter plus facilement dans des usines de recyclage [4].

### 3.2.4. Les étapes de recyclage

Le recyclage des déchets plastiques implique un certain nombre de traitements et des étapes de préparation. Généralement la première étape consiste à réduire la taille de ces plastiques (pastilles, poudre ou flocons), ceci est généralement accompli par un broyage et un déchiquetage [15].

Tout d'abord, deux étapes principales sont à considérer : la collecte et le tri.

#### a. La collecte

La collecte constitue une contrainte majeure, ce qui impose une organisation efficace afin de diminuer le coût de transport.

Les déchets en phase post-consommation sont généralement mélangés et pollués lorsqu'on les récupère dans le flux des déchets municipaux. C'est pour cette raison que des efforts ont été faits pour encourager les consommateurs à séparer les types de déchets de matières plastiques, au moins ceux qui sont faciles à identifier. Il peut s'agir par exemple de bouteilles ou de sacs de supermarché [11].

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

---

Il existe plusieurs types de collecte :

### ➤ **La collecte globale**

C'est une collecte multi-matériaux où la phase organique des ordures ménagères est mélangée avec l'ensemble des autres déchets.

### ➤ **La collecte sélective**

Elle a pour objectif de trier, au départ des ménages, un ou plusieurs types de matériaux afin de faciliter leur valorisation ou leur élimination ultérieure.

### ➤ **La collecte spécifique**

Exemple : bouteilles PET transparentes.

## **b. Le tri**

La récupération des matières plastiques dans les déchets municipaux mélangés, demande beaucoup de main d'œuvre et il faudra se concentrer sur la mise au point de systèmes automatisés économiques. La capacité à séparer les matières plastiques pour un coût raisonnable est un facteur clé dans le développement éventuel d'une technologie de recyclage. Il s'agit de séparer la fraction plastique des autres fractions à savoir : les papiers, les textiles, les métaux et les verres et de séparer ensuite les différents types de matières plastiques [11]. Le schéma le plus général du recyclage mécanique est présenté dans la figure 3.2, dont les étapes de tri sont les suivantes [15]:

### ➤ **Découpage/ déchiquetage**

Les grandes parties du plastique sont découpées par des scies pour former des petits flocons pour un usage ultérieur.

### ➤ **Séparation des contaminants**

Papier, poussière et tout autre type d'impuretés sont éliminés dans un cyclone.

### ➤ **Flottation**

Les différents types de flocons plastiques sont séparés selon leur densité dans une cuve de flottage.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

### ➤ Broyage

Les flocons en plastique séparés, sont broyés ensemble. Cette étape est généralement prise comme première étape chez plusieurs recycleurs dans le monde.

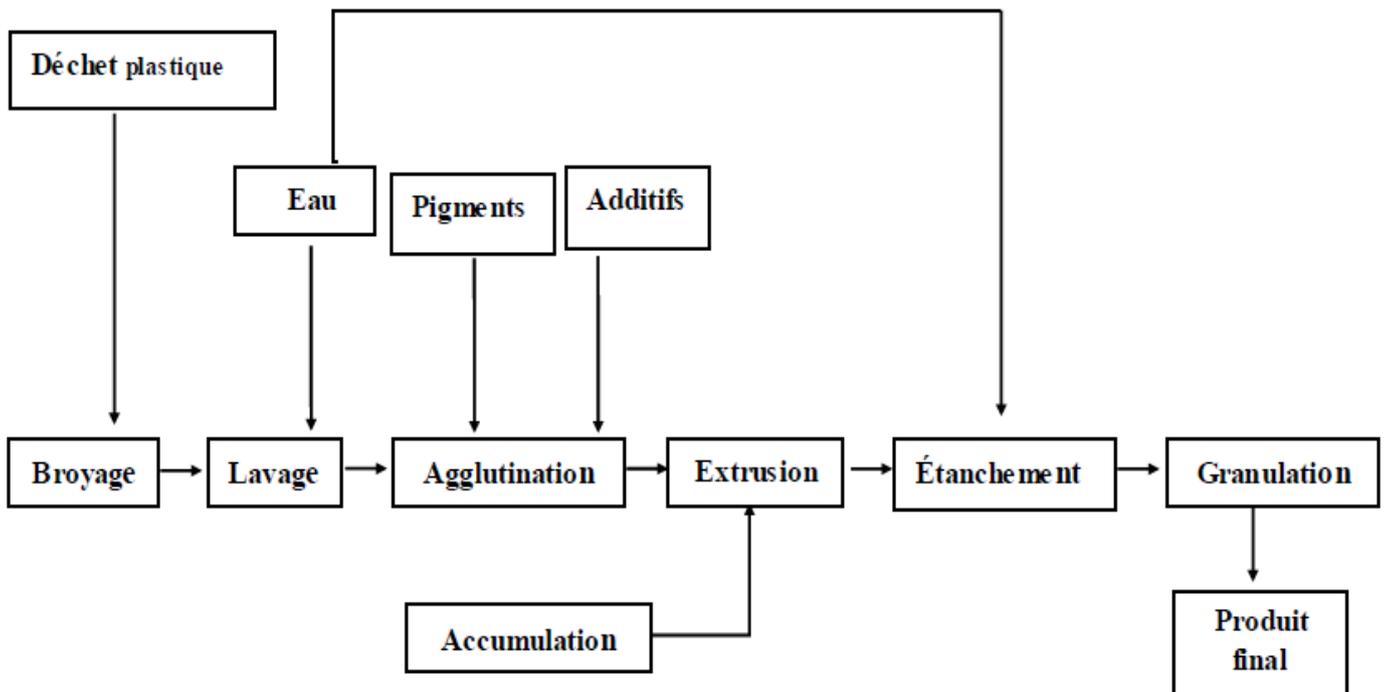


Figure 3.2 : Les étapes du recyclage [15].

Les étapes qui suivent l'étape de tri sont :

### ➤ Lavage et séchage

Cette étape se réfère au stade de pré-lavage (début de la ligne de lavage). Le lavage réel des plastiques se fait après, si un traitement ultérieur est exigé. Les deux étapes de lavage se font avec de l'eau puis un lavage chimique où la soude caustique et des tensio-actifs sont employés.

### ➤ Agglutination

Le produit est assemblé soit pour être emmagasiné et vendu après ajout de pigment et d'additifs, ou bien envoyé pour d'autres processus.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

### ➤ Extrusion

Le plastique est extrudé en brins ensuite coupés en granulés pour produire un plastique composé d'une seule matière polymère.

#### 3.2.5. Avantages du recyclage

- Le recyclage permet d'économiser une grande quantité d'énergie primaire, notamment du pétrole, qui est la principale matière première de la plupart des matières plastiques [4].
- le recyclage évite la mise en décharge ou l'incinération qui sont polluante pour le sol et l'air [7].
- Recycler une tonne de bouteilles en plastique permet d'économiser : 830 litres de pétrole (soit plus de 3 barils), 430 m<sup>3</sup> de gaz naturel, la consommation en énergie d'un habitant durant 14 mois, la consommation domestique en eau d'un habitant durant 2 mois ! [5]
- les plastiques recyclés peuvent devenir des objets que l'on utilise quotidiennement.

**Tableau 3.1** : Possibilités de seconde vie pour les plastiques [5].

1 bouteille	7 cartes à puces
2 bouteilles	1 montre ou 1 écharpe en laine polaire
27 bouteilles	1 pull polaire
67 bouteilles d'eau	1 couette pour deux
11 bouteilles de lait	1 arrosoir
12 bouteilles de soda	1 oreiller
200 flacons de produits d'entretien	1 poubelle
450 flacons de lessive	1 banc de 3 places

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

Tableau 3.2 : Les applications primaires et secondaires des plastiques [1].

Applications primaires des plastiques		Applications secondaires après recyclage mécanique
	<p><b>PEHD: polyéthylène haute densité</b> Applications à parois épaisses rigides telles que bouteilles, flacons, seaux, bouchons, jouets, articles ménagers, réservoirs à carburant, tuyaux d'évacuation, feuilles pour sacs à ordures ménagères, caisses à claire-voie.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	<p>Sacs à usage industriel, conteneurs de déchets, flacons pour produits de nettoyage, couvercles, fûts, palettes, seaux, plaques, caisses à claire-voie, emballages et produits de remplacement du bois</p>
	<p><b>PEBD: polyéthylène basse densité</b> Feuilles d'emballage, films pour l'agriculture et l'horticulture, films extensibles, jouets, revêtements, tuyaux d'irrigation, sacs pour fruits et légumes, sacs à ordures ménagères, sacs publicitaires.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	<p>Sacs à ordures ménagères, sacs publicitaires, films pour l'agriculture, films pour la construction, palettes, tuyaux</p>
	<p><b>PP: polypropylène</b> Pots à yaourt, barquettes pour margarine, caisses à claire-voie, plats pour micro-ondes, emballages médicaux, pièces pour automobiles, tapis et fibres, pièces d'appareils électriques, meubles de jardin, bouchons de bouteilles/flacons.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$	<p>Caisses à claire-voie, palettes, emballages pour des liquides techniques comme pots de peinture, pièces pour automobiles, châssis cachés, pièces pour du matériel électrique, batteries pour automobiles, caisses à outils, mobilier de jardin, textile, bacs à fleurs.</p>
	<p><b>PS: polystyrène</b> Emballages à usage unique pour viande et charcuterie, glaces, et légumes, appareils électriques, gobelets à café, tasses et assiettes, cassettes vidéo et audio, trains miniatures.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	<p>Cintres, articles utilitaires, films, emballages, isolation, profilés, meubles, matériel électrique et électronique.</p>
	<p><b>PSE: polystyrène expansé</b> Emballages tampons pour appareils ménagers, électronique et instruments, emballages pour œufs, emballages pour restauration rapide, isolation thermique.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	<p>Pièces pour CD, armatures d'appareils-photos à usage unique, pots de fleurs ornementaux, cintres, plaques d'isolation, emballages pour le transport, agglomérés légèrement isolants (poroton), substrat pour plantes</p>
	<p><b>PVC: chlorure de polyvinyle</b> Chassis de fenêtres, profilés pour la construction, tuyaux d'évacuation, revêtements de sols, rideaux, gouttières, isolation des câbles, cartes de crédit, produits médicaux (y compris poches pour plasma sanguin), blisters, bouteilles, revêtements.</p> $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$	<p>Revêtement de tuyaux, panneaux de façade, tuyaux, éléments pour systèmes de stockage, revêtement de sol, grillage, rails, conteneurs, chaussures, mobilier de jardin</p>
	<p><b>PETP: polyéthylène téréphtalate</b> Bouteilles pour boissons gazeuses, emballages pour l'industrie alimentaire, vêtements.</p> $\left[ \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} - \text{COCH}_2\text{CH}_2\text{O} \right]_n$	<p>Bourre pour anoraks, coussins et sacs de couchage, corde, tapis, bouteilles, films, bandes d'emballage</p>
	<p><b>PUR: polyuréthane</b> Mousse de confort pour coussins et matelas, appuie-têtes et accoudoirs, éponges, mousse d'isolation.</p> $\left[ \text{R} \text{O} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{N} \end{array} \text{H} \right]_n$	<p>Couche sous-jacente de tapis, tatamis, isolation acoustique, pièces pour automobiles, tapis pour bétail, mortier isolant</p>

### 3.2.6. Le recyclage et le développement durable

Pour que le recyclage soit le plus écologique possible, il faut que les filières de valorisation soient à proximité des lieux de production des déchets afin de réduire la pollution. Cependant, certaines étapes du recyclage comme la mise en poudre utilisent des produits cancérigènes [7].

### 3.2.7. Problèmes du recyclage

La composition des plastiques devient de plus en plus complexe, ce qui est un frein à leur recyclage [3].

Le problème du recyclage des matières plastiques est complexe, déjà, il existe de nombreuses matières plastiques, dont le tri est difficile.

Les progrès dans les technologies du tri sont spectaculaires, et des technologies de pointe ont été développées. Les plastiques ne se recyclent pas comme le fer, le verre, l'aluminium. De nombreux types de plastiques ont des propriétés qui se dégradent lorsque l'on les recycle par voie mécanique, mais aussi par la présence d'autres plastiques contaminants [4].

Malheureusement, la multiplicité des types de matière plastique et de composition d'une même matière plastique, l'incompatibilité de certains polymères entre eux et la difficulté de reconnaître et de séparer les différents polymères induisent de nombreux problèmes au niveau, notamment, du tri sélectif, en particulier pour les déchets plastiques de post-consommation [1].

### 3.2.8. Comment aider le recyclage ?

- Éviter d'imbriquer les bouteilles dans des boîtes de conserves ou des cartons.
- Ne mettre que des bouteilles et flacons vides.
- Quand on veut gagner de la place, aplatir les bouteilles dans le sens de la longueur plutôt que de les compacter verticalement [4].

## 3.3. L'incinération

### 3.3.1. Revalorisation énergétique par incinération

La revalorisation énergétique par incinération consiste à la combustion sous haute température entre 800°C et 1000°C afin de récupérer l'énergie ainsi produite. L'incinération se déroule dans une unité composée d'une fosse de stockage, un four, un système de refroidissement des gaz de combustion, un équipement de traitement des fumées et des mâchefers et enfin une cheminée.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

Cette opération concerne surtout les petits emballages plastiques légers et souillés pour lesquels le tri est techniquement et/ou économiquement inadapté.

### 3.3.2. Etapes de l'incinération

Les déchets sont tout d'abord déchiquetés, puis acheminés dans une zone de combustion de manière à assurer une alimentation continue et uniforme du foyer. On peut à tout moment régler la quantité d'air nécessaire pour assurer la combustion optimale des déchets solides et pour réaliser une postcombustion efficace au sein des effluents gazeux. La combustion donne naissance d'une part à des gaz chauds dont on va chercher à récupérer l'énergie et d'autre part à des résidus de combustion qu'il faudra traiter pour les éliminer. On récupère de l'électricité et de la vapeur basse pression pour le chauffage [16].

### 3.3.3. Pouvoir calorifique des matériaux plastiques

Les matières plastiques permettent un gain calorifique, ce qui les rend aptes à la valorisation énergétique à titre d'exemple celui du PET (PCI=33 MJ/kg) qui est supérieur à celui du charbon 29 MJ/kg. Le tableau. 3.3 illustre le pouvoir calorifique d'un certain nombre de polymères, comparativement à celui des carburants communs [17].

**Tableau 3.3 :** Pouvoir calorifique de certains polymères et des carburants communs.

L'article	Valeurs calorifiques (Mj/Kg)
Polyéthylène	43.3 - 46.5
Polypropylène	46.5
Polystyrène	41.9
Kérosène	46.5
Gazole	45.2
Pétrole lourd	42.5
Mélange de déchets plastiques ménagers	31.8

### 3.3.4. Avantages et inconvénients de l'incinération

L'incinération des déchets plastiques permet une réduction de volume de 90% à 99% dans les décharges [16].

Elle entraîne une économie de combustibles fossiles tels que le gaz, le fioul ou le charbon. Elle permet ainsi la préservation des matières premières naturelles. Par la vente d'énergie ainsi produite, elle permet de diminuer d'au moins 20% le prix de traitement des déchets urbains.

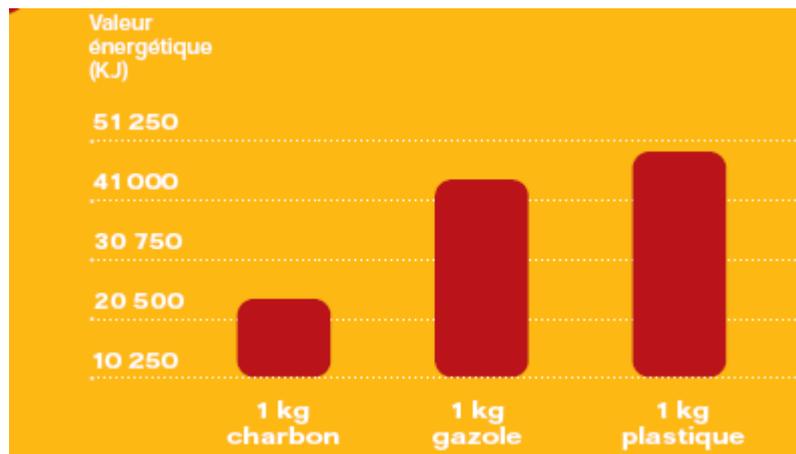
## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

L'incinération détruit les microbes, les virus et les germes infectieux. Cependant, elle reste polluante et nocive. En effet, cette technique produit des polluants appelés POP (polluants organiques persistants) qui ont donné une mauvaise image à cette technique. Les particules produites sont toxiques pour l'homme et néfastes pour l'environnement. Elles sont persistantes et résistantes. Pouvant se déplacer sur de très longues distances elles s'accumulent dans les tissus vivants. Cependant, les filtres installés sur les incinérateurs ont permis l'élimination de ce risque [7].

L'incinération d'un sac plastique permet de produire l'électricité nécessaire à l'alimentation d'une ampoule de 60 W pendant 10 minutes [2].

L'énergie récupérée peut être réutilisée pour le chauffage urbain comme c'est le cas pour la ville de Göteborg en Suède chauffée à 75% par la valorisation énergétique des déchets ménagers à laquelle les plastiques apportent une forte contribution.

L'énergie récupérée peut aussi contribuer à la production d'électricité. La figure 3.3 présente un comparatif des valeurs énergétiques de trois sources d'énergie.



**Figure 3.3 :** Valeurs énergétiques de trois sources d'énergie charbon, gazole, et plastique.

L'inconvénient de cette méthode est l'émission de gaz toxiques dans certains cas et des fumées contribuant à l'effet de serre en plus des résidus solides (mâchefers) et des cendres qui doivent être traités et stockés. Le traitement des polluants contenus dans les fumées peut se faire par voie humide, sèche ou semi humide/semi sèche.

### 3.4. Biodégradation

Comme on le sait, les plastiques ne sont pas biodégradables. Ils font partie des principales causes de pollution des sols et des eaux. Les effets de la pollution commencent au début de la fabrication des plastiques où l'on utilise le pétrole qui provoque une asphyxie de la faune et de la flore.

Puis lors de leur recyclage où l'on consomme parfois plus de ressources que nous en récupérons, ce qui n'est pas rentable du point de vue économique et écologique.

Pour éviter cela on pourrait arrêter de fabriquer le plastique mais ce serait tout simplement impossible car cette matière est plus qu'essentielle dans notre vie.

Certains pensent que pour résoudre ce problème et préserver l'environnement, il faut utiliser du plastique biodégradable pour les objets de tous les jours comme les sachets plastique.

#### 3.4.1. Le plastique biodégradable

Un produit est biodégradable lorsque la décomposition complète de matière organique se fait par des micro-organismes, comme des champignons microscopiques ou des bactéries. Cette décomposition n'est possible que sous certaines conditions : présence d'oxygène, de chaleur et d'humidité. Les plastiques biodégradables peuvent être faits à base de maïs, pomme de terre, betteraves à sucre, lait. Ils entrent donc en compétition avec l'alimentation.

#### 3.4.2. Conditions de dégradation des plastiques

Les plastiques biodégradables nécessitent en effet des conditions particulières pour se désagréger correctement (microorganismes, température et niveau d'humidité), et s'ils ne sont pas bien gérés, ils pourraient bien faire plus de dégâts que les plastiques ordinaires. Lorsque des plastiques biodégradables sont mis à la décharge (ce qui devrait toujours être évité), ils produisent des gaz à effet de serre nocifs lors de leur destruction [5].

#### 3.4.3. L'utilisation des plastiques biodégradables

En principe, le plastique est utilisé pour fabriquer des produits solides et durables (par exemple, emballages alimentaires, transport, bâtiment et construction). La biodégradabilité doit donc être considérée comme un atout supplémentaire lorsqu'il faut trouver un moyen peu onéreux de se débarrasser du produit après qu'il a rempli son rôle (par exemple, pour emballer et protéger les aliments, et pour les maintenir au frais) [5].

### 3.4.4. Un inconvénient au plastique biodégradable

La décomposition du bioplastique est plus rapide, mais ajouté à d'autres composants, celui-ci présente aussi un inconvénient.

Dans la plupart des sites d'enfouissement, on compacte la matière pour qu'elle occupe moins de place. Donc il y a moins d'oxygène. La biodégradation se fait de façon beaucoup plus lente par des micro-organismes qui vivent sans oxygène. Ces micro-organismes génèrent du méthane. Or le méthane est un gaz à effet de serre 20 fois plus puissant et nocif que le CO<sub>2</sub>.

En échangeant les plastiques traditionnels par des plastiques biodégradables, on échange aussi un impact environnemental par un autre : les bioplastiques traditionnels génèrent plus de gaz à effet de serre. Les plastiques biodégradables tout comme les plastiques traditionnels ne devraient pas terminer leur vie à l'enfouissement, car ce n'est pas une solution intéressante d'un point de vue environnemental. Il serait préférable de les mettre au compost, mais toutes les familles n'ont pas de composteurs [12].

### 3.4.5. Exemples de plastique biodégradable

#### a. Un plastique qui se déguste

Un laboratoire de recherche près de Lyon vient de mettre au point un nouveau polymère pour fabriquer du bioplastique (plastique entièrement biodégradable). Ce polymère, nommé LACTINOV, est constitué de granulés thermoplastiques à base de caséine, d'eau et d'autres additifs tels que le colorant. A partir de ce polymère, les chercheurs ont réussi à produire un film de plastique permettant de faire des emballages.

LACTINOV permet de fabriquer un plastique qui a les propriétés d'être biodégradable, hydrosoluble....et comestible !

#### ➤ Exemple

Un cube de sauce emballé dans un plastique LACTINOV. On le met directement dans la poêle avec la viande. Plus besoin de se brûler les mains en sortant le sachet de sauce qu'on a voulu réchauffer au bain-marie dans l'eau bouillante [18].

#### b. Un imperméable « vert » qui nourrit la terre

Les imperméables en bioplastiques ont été inventés par les espagnols. Ces imperméables en plastique biodégradable sont fabriqués à partir d'amidon de pomme de terre venant d'Allemagne, la fabrication se déroulant en Espagne, dans l'entreprise EQUILICUA.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

---

Cette idée est très ingénieuse car une fois hors d'usage (environ une centaine d'utilisations) les imperméables peuvent être mis dans un composteur dans lequel le plastique se décomposera. Ils peuvent aussi être utilisés pour recouvrir le sol dans des potagers pour empêcher les mauvaises herbes de se développer. De plus, en se décomposant, ils fournissent des matières minérales nécessaires à l'alimentation de la plante [12].

### c. La peau de tomate

Des chercheurs se sont penchés sur un nouvel élément : la peau de tomate. Son composant principal est la cutine c'est un produit biodégradable et non toxique. Sa durée de vie serait la même que la peau du fruit. Les chercheurs réalisent en ce moment des tests d'élasticité, de résistance et de transparence. Cette solution permettrait de sauvegarder notre environnement et de conserver les matières plastiques dans notre vie [7].

## 3.5. Les bioplastiques

### 3.5.1. Définition

Le terme « bioplastique » est utilisé pour désigner deux réalités distinctes : l'origine de matériau et la gestion de sa fin de vie.

Le terme nomme des matériaux différents selon l'origine et le pourcentage de matière d'origine végétale contenu qui est parfois minoritaire.

Les bioplastiques lorsqu'ils sont issus de ressources renouvelables, présentent l'avantage de ne pas contribuer à l'augmentation de l'effet de serre dans leur fin de vie, pour autant que les ressources soient renouvelées [19].

Les bioplastiques ont la propriété d'être biodégradables, c'est-à-dire que des micro-organismes peuvent les décomposer naturellement en matière organique, dans des conditions de température, d'humidité et d'oxygénation adéquates.

Etant biodégradables, les bioplastiques sont aussi compostables.

Le compostage est la mise en œuvre optimisée et contrôlée du processus naturel de biodégradation.

Certaines communes et sociétés de collecte ont choisi le compostage industriel comme solution de traitement des déchets organiques. Dans les installations de compostage industriel, la quantité d'air, le taux d'humidité et la température peuvent être contrôlés ; la durée de compostage peut alors être inférieure à un mois. Un produit biodégradable a vocation à être composté en fin de vie, même s'il peut également être incinéré ou recyclé [20].

### 3.5.2. Pourquoi les bioplastiques ?

Les bioplastiques proposent une solution durable aux enjeux économiques, sociaux et environnementaux.

#### ➤ **Valoriser les déchets organiques pour réduire leur mise en décharge et leur incinération**

Dans les pays industrialisés, la voie majeure empruntée par les déchets en fin de vie est l'incinération, dont les installations les plus anciennes sont encore à l'origine de pollutions de l'eau, de l'air ou du sol. L'enfouissement demeure une réalité dans de multiples pays, notamment dans les pays en développement. Etant biodégradables, les bioplastiques participent efficacement à la gestion de nos déchets. Ils facilitent la collecte et la valorisation sous forme de compost des déchets organiques. Cette voie de valorisation est encore peu développée car elle souffre d'un manque d'infrastructures dédiées.

#### ➤ **Limiter le recours aux matières fossiles et favoriser le renouvelable**

Le développement économique des pays industrialisés a largement reposé sur l'exploitation intensive de ressources non renouvelables. Aujourd'hui, face à l'amenuisement des ressources fossiles et à l'augmentation de leur prix, les ressources végétales renouvelables constituent une proposition alternative durable [World Energy Outlook, AIE, 2008]. Les bioplastiques, qui incorporent des matières végétales dans leur fabrication, font partie d'une nouvelle génération de matériaux appelés biosourcés. Leur développement a permis de créer de nouvelles passerelles entre les filières agricoles, chimiques et plasturgiques, s'inscrivant dans une gestion durable de nos ressources.

#### ➤ **Réduire l'impact environnemental**

L'impact environnemental d'un produit peut être estimé par le biais d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) ; ce type d'étude quantifie tous les impacts d'un produit, depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de production, de distribution et d'utilisation. L'utilisation des bioplastiques d'origine végétale en substitution aux polymères d'origine pétrolière permet d'éviter l'émission de 30% à 75% de CO<sub>2</sub> selon les applications. De manière plus générale, ces comparaisons donnent l'avantage aux produits issus du végétal, en matière d'effet de serre, de pollution de l'air ou de métaux lourds [20].

### 3.5.3. Applications des bioplastiques

#### ➤ Emballages

Dans le secteur des emballages, l'offre des produits biodégradables est réellement aboutie pour de nombreuses applications : emballage alimentaire, capsules de café, particules de calage, sacherie...

#### ➤ Sacs

Le segment du sac présente un fort potentiel de marché : sacs-poubelles, sacs de caisse, sacs fruits et légumes, sacs à sapin, sacs à ciment...

#### ➤ Applications agricoles

En agriculture, les bioplastiques sont utilisés par exemple pour la fabrication de liens ou clips horticoles, d'agrafes de vigne, de ficelle ou de films de paillage biodégradables... Ils limitent les opérations de collecte et les coûts de ramassage.

#### ➤ Produits à usage unique

Les bioplastiques sont utilisés dans le secteur de la restauration hors domicile : couverts, gobelets, boîtes...

#### ➤ Produits d'hygiène et cosmétiques

Des bioplastiques peuvent être incorporés dans des produits variés : coton-tige, couches culottes, produits d'hygiène féminine...

#### ➤ Secteur automobile

Les bioplastiques peuvent aussi servir de composant pour des pneumatiques de véhicule ou entrer dans la fabrication de pièces automobiles.

#### ➤ Applications diverses

Des applications à durées de vie variables, sont également disponibles, comme des liens de parachutes, des manches de couteaux suisses, des os à mâcher pour les chiens, des coques de téléphone... [20].

### **3.5.4. La différence entre les bioplastiques et les plastiques fragmentables**

Les bioplastiques biodégradables ne doivent pas être confondus avec les plastiques contenant un additif oxo-dégradant. Ces plastiques ne sont pas biodégradables au sens de la norme NF EN 13432 : 2000.

Ils se fragmentent sous l'action de la lumière, de l'oxygène ou de la chaleur et non sous celle de micro-organismes. Il convient de les appeler « plastiques fragmentables ».

Si les fragments ne sont pas toujours visibles à l'œil nu, leur présence en masse provoque une accumulation potentiellement polluante dans le milieu naturel.

Ces plastiques ne sont ni recyclables (puisque fragmentables), ni compostables, ni biodégradables.

Leur seule fin de vie possible est l'incinération. En aucun cas, ce ne sont des bioplastiques, puisqu'ils ne sont pas biodégradables [20].

### **3.6. Le recyclage chimique**

Parmi les développements des techniques de valorisation des déchets plastiques, une voie se dévoile aujourd'hui. Appelée valorisation chimique, recyclage chimique ou recyclage matière première, cette voie repose sur la décomposition des macromolécules constitutives des polymères en matières premières réutilisables.

Deux techniques de valorisation chimique sont actuellement à l'étude dans les industries du raffinage et de la pétrochimie : la première permet de revenir au monomère de départ par une dépolymérisation, la seconde va plus loin en amont et fait revenir les polymères aux produits pétrochimiques de base (pétrole ou naphta) [21].

#### **3.6.1. La dépolymérisation**

La première phase consiste à broyer et à séparer les déchets pour en éliminer les impuretés. Puis une réaction chimique « la dépolymérisation » permet de récupérer les constituants de base. Une opération finale élimine les colorants et les dernières impuretés encore présentes. Les produits obtenus, d'un degré de pureté comparable à celui des produits de première synthèse, permettent leur utilisation dans les mêmes conditions que les matières premières vierges[21].

Les polymères sont divisés en deux groupes : les polymères de polycondensation et les polymères de polyaddition. Les premiers incluent les polyesters tels que le PET, les

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

---

polyamides, qui peuvent se dépolymériser en diamines, diacides et diols initiaux, généralement par des réactions d'alcoolyse, de glycolyse et d'hydrolyse qui donnent des rendements de conversion très élevés. Par contre, les polymères de polyaddition tels que les polyoléfines, qui généralement forment de 60% à 70% des déchets plastiques municipaux ne peuvent pas être facilement dépolymérisés en leurs monomères d'origine.

### 3.6.2. La pyrolyse

La thermolyse (ou pyrolyse) est un procédé thermique de traitement des matières organiques en absence d'air. Les molécules ne sont pas transformées par oxydation comme dans le cas de la combustion, mais leurs constituants chimiques sont séparés sous l'effet de la chaleur, à une température variant de 400°C à 700°C (craquage). La chaleur et l'absence d'air entraînent une décomposition des matières organiques en deux parties :

- Un combustible solide (ressemblant à du coke)
- Un combustible gazeux appelé gaz de synthèse en pétrochimie (comportant notamment du CO<sub>2</sub>, du méthane, du CO, et de l'hydrogène) [22].

Le gaz convient à une utilisation soit pour les moteurs à gaz, avec une génération d'électricité, soit dans les chaudières sans avoir besoin de traiter le flux gazeux. Les gaz obtenus ont un pouvoir calorifique de 22-30 MJ/m<sup>3</sup>.

Dans le cas des polyoléfines, la dégradation thermique se déroule par un mécanisme de scission de chaînes qui génère un mélange hétérogène de n-paraffines,  $\alpha$ -oléfines et  $\alpha$ ,  $\omega$ -diènes, sur une large gamme de poids moléculaires. Les produits obtenus dépendent du type de plastique, de temps de séjour, de la température et du type de réacteur utilisé.

Dans le cas du PE (PEBD, PEHD), les principaux produits de la fraction C<sub>5</sub> – C<sub>32</sub> sont des hydrocarbures linéaires (n-paraffines,  $\alpha$ -oléfines). La présence du catalyseur fait changer la distribution du nombre de carbone, et donne des hydrocarbures C<sub>5</sub> – C<sub>28</sub>. Les produits gazeux obtenus sont des alcanes et des alcènes C<sub>2</sub> – C<sub>4</sub> à 20°C.

Le rendement des produits gazeux et liquides obtenus par pyrolyse catalytique à 450°C dans un réacteur à lit fixe des déchets de PEBD et de PEHD est donné dans le tableau 3.4.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

**Tableau 3.4 :** Rendements des produits gazeux et liquides obtenus par pyrolyse du PEBD et de PEHD [23].

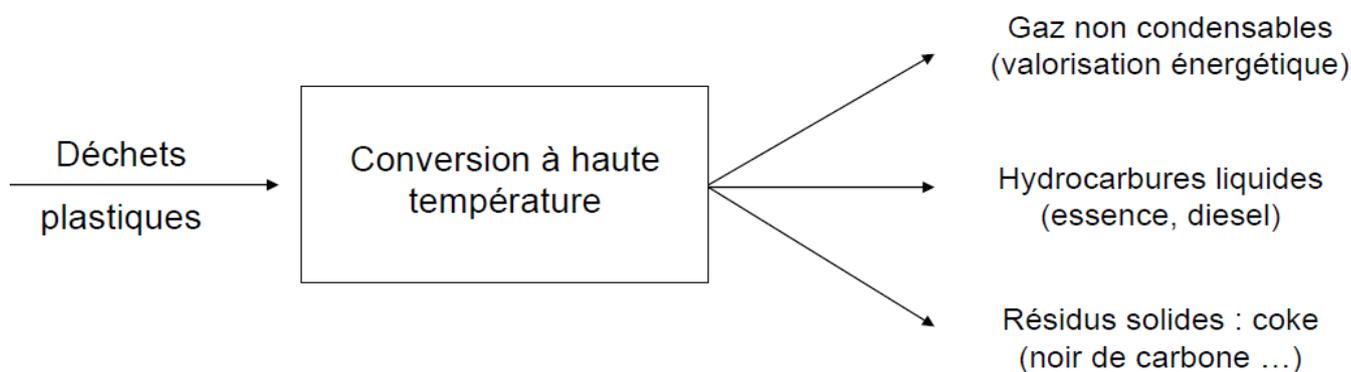
Déchet	Gaz (%)	Liquide (%)	Résidus (%)
PEbd	8.5	72.1	19.4
PEhd	3.3	44.2	52.5

Les produits liquides formés appartiennent à la fraction  $C_6 - C_{20}$ . Les produits gazeux obtenus sont du monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), dihydrogène (H<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>), éthane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), propylène (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>) avec des très faibles teneurs, nC<sub>4</sub>, nC<sub>5</sub>, iC<sub>5</sub> et C<sub>6</sub> avec des teneurs plus importantes, dont la composition est donnée dans le tableau 3.5.

**Tableau 3.5 :** Répartition des produits gazeux obtenus par pyrolyse du PEBD et de PEHD [23].

Déchet	Alcanes (%)	Alcène (%)	Iso-alcanes (%)	Iso-alcènes (%)	Naphtène (%)	Aromatiques (%)
PEbd	11	39.9	16.9	10.1	4.6	5.7
PEhd	0.7	10.7	21.4	27.1	11.8	25.8

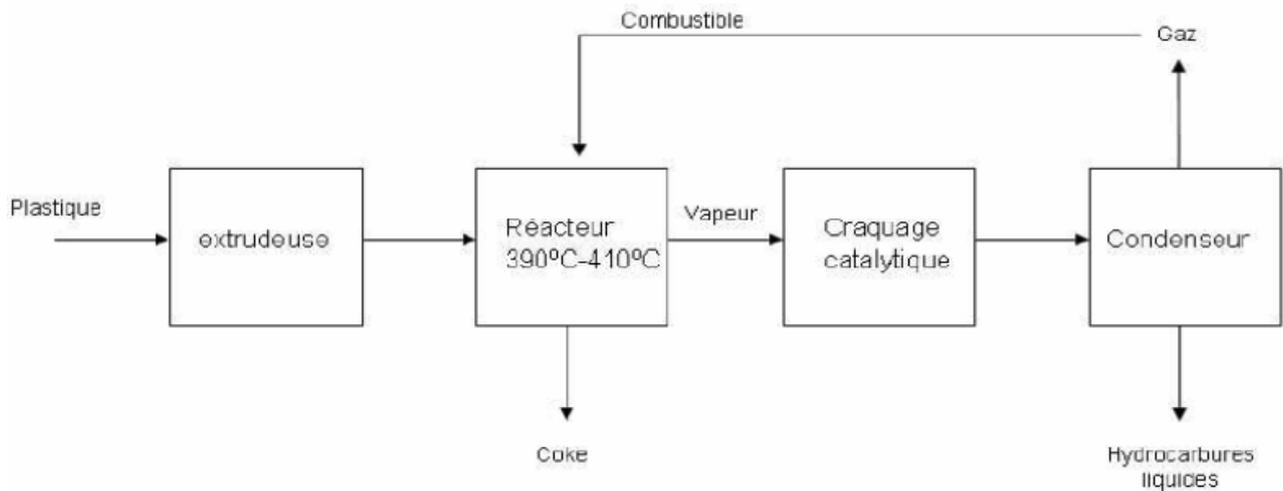
### a. Principe de la pyrolyse



**Figure 3.4 :** Principe de la pyrolyse [24].

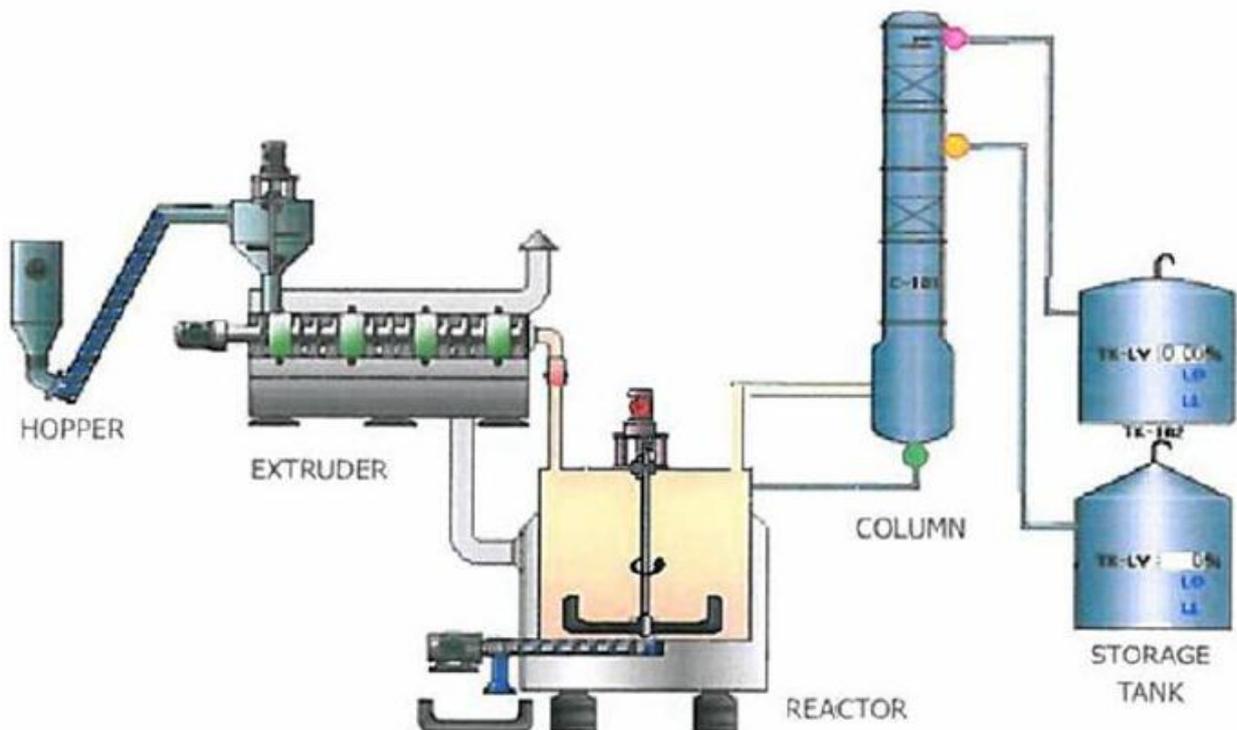
### b. Quelques procédés existants dans le monde

- La première unité a vu le jour en Irlande avec une capacité de production de 10 000L fuel/jour



**Figure 3.5:** Schéma de pyrolyse d'une unité qui existe en Irlande (Sita) [24].

- La deuxième existe en Corée et permet la conversion d'un mélange (40% PE / 40% PP / 20% PS) en un fuel liquide. La température du réacteur varie de 380°C à 400°C.



**Figure 3.6:** Schéma de pyrolyse d'une unité qui existe en Corée [24].

### 3.6.3. Avantages et inconvénients du recyclage chimique

Parmi les avantages du recyclage chimique on peut citer :

- La production d'un combustible alternatif qui peut remplacer les combustibles fossiles non renouvelables.
- Pas de rejets gazeux pendant la phase de thermolyse mais uniquement lors de l'utilisation des combustibles produits.
- La taille modulable des unités et une souplesse d'utilisation. Les fours peuvent en effet tourner de 40 à 125% de leur capacité nominale, ce qui permet de suivre les variations de production de déchets. Contrairement aux incinérateurs qui doivent recevoir toujours la même quantité de déchets pour pouvoir fonctionner correctement.
- De petites unités peuvent être dispersées sur l'ensemble du territoire, ce qui permet leur installation près des endroits où l'on a besoin des combustibles alternatifs et près des lieux de production de déchets. Conséquence : limitation du transport des déchets sur de longues distances et meilleure répartition des risques et des nuisances pour la population.
- Des études sont encore en cours, mais cette technique semble globalement moins chère que l'incinération en masse.

Cette méthode comporte donc des avantages par rapport à l'incinération et la valorisation thermique mais :

- Elle est aussi plus exigeante. En effet, la qualité du coke produit est directement liée à la composition des déchets qui sont crackés. Il faut donc bien les trier avant.
- Elle n'évite pas la production de résidus dangereux qui doivent être mis en décharge de classe 1 (0,1 à 3% des déchets entrants). D'autres résidus inertes sont également produits (15 à 20% des déchets entrants), tout comme dans le procédé d'incinération classique [23].

### 3.7. Perspectives d'innovations

Suite à l'épuisement des réserves d'hydrocarbures l'homme doit essayer de donner une seconde vie au plastique avec l'upcycling ou les aménagements du bâtiment.

L'upcycling est le fait de transformer des matériaux usés qui d'ordinaire auraient fini à la déchetterie en objets de meilleure qualité voir de luxe. C'est une façon de recycler qui n'utilise pas de transformation chimique contrairement à la méthode de recyclage classique. L'upcycling existait déjà depuis presque toujours dans les pays pauvres où l'art de tout réutiliser est essentiel. Aujourd'hui dans les pays développés les designers cherchent à imiter cette méthode et créent des objets décoratifs (tableau, meubles, etc.) ou de la maroquinerie avec tous ce qui leur tombe sous la main, notamment du plastique. La plupart du temps ce sont des objets uniques et peu accessibles au public. Il existe aussi de nombreux livres à ce sujets qui nous apprennent à « upcycler » nous-même.

Le recyclage des plastiques pourrait aussi déboucher sur la construction de logements sociaux. Ainsi, des planches obtenues à partir de plastique recyclé permettent de fabriquer des habitations qui seront le plus efficaces contre le temps et les intempéries. Pourtant, il est composé presque exclusivement de PET recyclé (le plastique employé pour la fabrication des bouteilles en plastique). Le principal objectif de cette initiative consiste à acquérir un logement correct et écologique, pour un prix raisonnable.

Il faut recycler près de 5 tonnes de plastique pour construire une maison dont le coût est estimé à un peu plus de 10 000 euros. Ce nouveau matériau recyclable ne se déforme pas, ne se fissure pas et il est inattaquable. Il existe aussi un autre matériau plastique pour construire des maisons : le TPR (Thermos Poly Rock) qui est léger cependant plus solide que le béton, a d'excellentes propriétés en tant qu'isolant thermique [7].

Du point de vue économique, la meilleure solution réside dans la réutilisation du matériau recyclé en minimisant le nombre des étapes nécessaires avant sa réutilisation. Cependant, il est possible d'améliorer les propriétés physico-chimiques du matériau, en le mélangeant avec d'autres matériaux pour obtenir des composites qui allient les qualités de l'un et l'autre [25].

### 3.8. Fabriquer de l'énergie avec les déchets

Le recyclage des sacs plastiques n'est aucunement rentable au niveau environnemental et même économique. La valorisation énergétique semble la solution la plus adaptée pour l'élimination des sacs plastiques. Cette solution est la plus utilisée. Comme le plastique est issu du pétrole, on peut donc l'utiliser en tant que carburant qui peut être peu coûteux par exemple pour le fonctionnement de chaudières industrielles.

## Chapitre 3 : Les modes d'élimination des déchets plastiques

---

Le plastique étant fabriqué à partir du pétrole, mais ne se décomposant pas, pourquoi ne pas le reconvertir...en pétrole?

Une machine révolutionnaire a fait son apparition au Japon, elle permet de transformer les déchets plastiques en pétrole. Cette invention est l'œuvre d'un Japonais : Akinori Ito.

On introduit dans la machine des matières plastiques, le plastique fondu rejette des gaz, ceux-ci sont alors refroidis pour être reconvertis en pétrole. Ce dernier peut ensuite être raffiné en essence, en diesel ou en kérosène.

Même si ce carburant est réutilisé dans les véhicules et donc que des émissions supplémentaires sont libérées dans l'atmosphère, cette forme de recyclage reste moins polluante que l'extraction du pétrole et la production actuelle de carburants [2].

### 3.9. Mesures à prendre

Face à l'accumulation des déchets plastiques, l'homme doit se montrer efficace et responsable. Des mesures sont prises pour limiter le plastique dans nos vies:

- Les grandes surfaces ne délivrent plus de sacs plastiques mais de grands sacs payants plus résistants, et réutilisables à l'infini.
- L'industrie alimentaire réduit les emballages.
- Les déchets sont triés. L'introduction du tri en Algérie est difficile mais commence à faire son chemin.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

Le plastique est essentiel à notre quotidien, il est présent tout autour de nous et il semble indispensable mais il pollue l'environnement et empoisonne les êtres vivants. Si on le traite par les différentes méthodes (recyclage mécanique ou chimique, incinération) ou encore on fabrique du plastique biodégradable qu'on utilise comme compost par la suite, et que chacun se mobilise, on peut lutter contre le réchauffement climatique de la planète, la pollution et ainsi assurer notre avenir.

Plusieurs idées pourraient être creusées, que ce soit la récupération de ces plastiques, la limitation de leur utilisation (moins d'emballage, suppression de barquettes individuelles au collègue, ...), leur recyclage qui doit être moins restrictif, la suppression de certaines molécules toxiques et l'amélioration de la biodégradation de ces objets.

En résumé, le plastique peut être polluant s'il n'est pas traité. Donc c'est à nous, citoyens, de le recycler afin de préserver la stabilité de notre environnement. Il est notre avenir car nous l'utilisons en permanence. Toutes les nouvelles technologies, les domaines de l'innovation, la recherche de nouveaux objets, utilisent les matières plastiques. Les plastiques sont financièrement à la portée de tous, car fabriqués industriellement. De plus nous pouvons le trouver partout.

Mais nous polluons la planète si nous ne traitons pas les matières plastiques et que nous les jetons dans la nature.

Malgré que le coût du procédé des bioplastiques soit élevé, il est toujours essentiel d'encourager sa production car acheter un plastique moins cher et polluer l'environnement est moins intéressant qu'acheter un plastique cher et protéger l'environnement pour préserver la planète aux générations futures d'où la notion du développement durable qui devient incontournable de nos jours.

Enfin, grâce au recyclage, à l'incinération, les matières plastiques peuvent avoir plusieurs vies.

Dans tous les cas il faudrait améliorer encore l'information des consommateurs et les sensibiliser car toute solution passe par une prise de conscience individuelle et collective.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- [1] R. CAUBERGS, « Le recyclage des plastiques », 2001.
- [2] Collège J.MOULIN, « Les plastiques en débat », 2010/2011.
- [3] Collège le puits de la roche 37120 Richelieu 3 A2.
- [4] Collège Le MONTEIL, « Plastiques en débat », 2012.
- [5] Collège de la COMTE, « Les plastiques en débat », 2012.
- [6] P.CHERBOURG, « Des plastiques sur la voie lactée ».
- [7] D. RODRIGUEZ, « Les matières plastiques ont-elles été un facteur important du développement de l'humanité ? », 2011.
- [8] Site : <http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2013.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2>.
- [9] Observatoire regional de la santé Nord – pas – de - Calais, « Les déchets et la santé », 2010.
- [10] T. ROGAUME, « Gestion des déchets : réglementation, organisation, mise en œuvre », Ellipses, p 220, Paris, 2006.
- [11] T.KALLEL, « Etude des mélanges PE/PS contribution au recyclage », thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2003.
- [12] A. RINQUIN, T. DUMACHE-THIN, « Télé Québec : la vie en vert ».
- [13] B. BOUBEKEUR, « Etude de procédé d'extrusion des thermoplastiques », mémoire de master, génie chimique, ENP, juin 2014.
- [14] Des bouteilles qui deviennent des vêtements en polaire - youtube.MKV.
- [15] A.G. ARTHUR, A. SALMIATON, J. HERNANDEZ-MARTINEZ, A. AKAH, « Feedstock recycling of polymer wastes», Current opinion in solid state and materials science, p 419–425,2004.
- [16] B. GUILLERMINA, L.C. ROGER, C. TIBOR, G. OLGUN, A. LEMOELE, L. WEIWEI, S. AJIT, Y. JINGTIAN, Z. TRAIAN, « Polymer recycling: potential application of radiation technology», Radiation physics and chemistry, 64, 41–51, 2002.
- [17] S.M. AL-SALEM, P. LETTIERI, J. BAEYENS, « Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review», Waste management, 29, 2625–2643, 2009.
- [18] Article dans L'ESSOR de nov. 2010.
- [19] Conseil national de l'emballage, « Emballages compostables et matériaux plastiques dits biodégradables issus de ressources renouvelables », 2009.

## Références bibliographiques

---

- [20] [www.bioplastiques.org](http://www.bioplastiques.org) / [www.passioncereales.fr](http://www.passioncereales.fr).
- [21] Cercle national du recyclage - plastique5 Dossier Plastique.html.
- [22] Recyclage des matières plastiques.html.
- [23] G.AIT CHERIF, « Recyclage de déchets de polyéthylène utilisé en emballage du lait dans des nanocomposites », mémoire magister, université de Bejaia, 2011.
- [24] [www.certech.be](http://www.certech.be) / [www.emra.eu](http://www.emra.eu).
- [25] I.MOULAY, W.TADMOURT, « Etude comparative des propriétés physico-chimiques de composites polymère/argile et polymère/kieselguhr », 2016.