

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université « MOULOUD MAMMARI » de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et agronomiques
Département d'écologie et environnement



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en écologie et environnement.
Spécialité : Protection des écosystèmes.

Thème

***Détermination et caractérisation des déchets
plastiques.***

Présenté par

M^{elle} : ZINE Daya

M^{elle} : TAHRI Nesrine

Devant le jury

Présidente : Mme ALI AHMED S.

M.C.B

U.M.M.T.O

Promotrice : Mme LARDJANE N.

Professeur

U.M.M.T.O

Examinatrice : Mme YAKOUBI S.

M.A. A

U.M.M.T.O

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier le bon dieu notre créateur de nous avoir donné la force, le courage et la patience nécessaires pour achever ce travail dans les meilleures conditions.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre promotrice madame **LARDJANE Nadia** pour ses précieux conseils durant toute la période du travail.

Nos remerciements vont également au membres de jury :
Madame **ALI AHMED** d'avoir accepté de présider ce jury
Madame **YAKOUBI** d'avoir accepté d'examiner notre mémoire.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre gratitude à madame **SADOUDI-ALI AHMED D** pour nous avoir accueillies dans le laboratoire PSEMRVC, et aussi l'ingénieur du laboratoire madame **ABROUS H** pour sa disponibilité et l'intérêt qu'elle a montré à l'égard de notre travail.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à tout le personnel du service de gestion du CET de Oued Falli et au directeur qui nous a facilité l'accès au CET.

Enfin nous remercions également nos parents et familles, amies et proches pour leurs soutien et encouragement apportés durant nos études.

Dédicaces

Avec une grande gratitude et des paroles sincères. Nous consacrons cet humble travail à la fin de l'étude :

En premier lieu au bon Dieu qui nous a donné la santé et le courage d'effectuer ce travail jusqu'à la fin de nos études.

À nos chers parents, à nos amies ainsi qu'à toute notre famille.

Liste des abréviations

CET : Centre d'Enfouissement Technique

DAS : Déchets d'activités de soins.

DI : Déchets inertes.

DIB : Déchets industriels banals.

DID : Déchets industriels dangereux.

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

PEBD : Polyéthylène basse densité.

PEHD : Polyéthylène haute densité.

PP : Polypropylène.

PS : Polystyrène.

PVC : Polychlorure de vinyle.

PET : Polyéthylène téréphtalate.

IR : spectroscopie infrarouge.

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Quelques objets en matière plastique | 4 |
| Figure 2 : Procédé d'injection. | 8 |
| Figure 3 : Procédé d'extrusion. | 9 |
| Figure 4 : Procédé d'extrusion soufflage. | 9 |
| Figure 5 : Procédé roto moulage. | 10 |
| Figure 6 : Procédé de compression. | 10 |
| Figure 7 : Procédé de calandrage. | 11 |
| Figure 8 : Procédé d'enduction. | 11 |
| Figure 9 : Procédé de thermoformage. | 12 |
| Figure 10 : Pollution par les déchets plastiques. | 16 |
| Figure 11 : Estomac d'un oiseau plein de débris plastiques. | 20 |
| Figure 12 : Impact des déchets plastiques sur la vie dans l'océan. | 20 |
| Figure 13 : Localisation du C.E.T de Oued Falli. | 27 |
| Figure 14 : Centre d'enfouissement technique de Oued Falli. | 27 |
| Figure 15 : Acétone. | 28 |
| Figure 16 : Pipette. | 28 |
| Figure 17 : Tube à essai. | 29 |
| Figure 18 : Eau distillée. | 29 |
| Figure 19 : Bec bunsen. | 30 |
| Figure 20 : Papier pH. | 30 |
| Figure 21 : Soude (NaOH). | 31 |
| Figure 22 : La couleur du papier pH avant de chauffer l'échantillon. | 32 |
| Figure 23 : La couleur du papier pH | 32 |

| | |
|--|----|
| Figure 24 : Goblet coupé en petit morceau dans l'acétone et l'eau distillé. | 33 |
| Figure 25 : Goblet coupé en petit morceau dans l'acétone et l'eau distillé après 10min...33 | 33 |
| Figure 26 : Plastique coupé en petit morceau dans l'eau et la soude (NaOH) avant. | 33 |
| Figure 27 : plastique coupé en petit morceau dans l'eau et la soude (NaOH) après..... | 33 |
| Figure 28 : Spectre infrarouge de l'échantillon Goblet..... | 34 |
| Figure 29 : Spectre infrarouge de l'échantillon bouteille d'eau..... | 35 |
| Figure 30 : Spectre infrarouge de l'échantillon Sachet de lait..... | 36 |
| Figure 31 : Spectre infrarouge de l'échantillon sachet couleur bleu..... | 37 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----------|
| Tableau n°1 : Les principaux thermoplastiques..... | 5 |
|---|----------|



Sommaire

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Introduction générale..... | 1 |
|-----------------------------------|----------|

Chapitre I : Généralités sur les matières plastiques.

| | |
|--|--------------|
| 1 Plastiques..... | |
| 1.1 Historique du plastique..... | 2 |
| 1.2 Définition du plastique | 3 |
| 1.3 Différents types de familles plastique | 4 |
| 1.3.1 Thermoplastiques | 4 |
| • Polyéthylène téréphtalate (PET)..... | 5 |
| • Polyéthylène Haute Densité (PEHD) | 5 |
| • Polychlorure de vinyle (PVC) | 6 |
| • Polyéthylène Basse Densité (PEBD) | 6 |
| • Polypropylène (PP) | 7 |
| • Polystyrène (PS) | 7 |
| 1.3.2 Thermodurcissables | 7 |
| 1.3.3 Elastomères | 7 |
| 1.4 Techniques de transformation des plastiques | 8 |
| 1.4.1 Injection | 8 |
| 1.4.2 Extrusion | 8 |
| 1.4.3 Extrusion-Soufflage | 9 |
| 1.4.4 Roto moulage | 10 |
| 1.4.5 Compression..... | 10 |
| 1.4.6 Calandrage | 11 |
| 1.4.7 Enduction | 11 |
| 1.4.8 Thermoformage..... | 12 |
| | |
| 2 Généralité sur les déchets | 12 |
| 2.1 Définition des déchets | 12 |
| 2.1.1 Définition étymologique | 13 |
| 2.1.2 Définition économique | 13 |
| 2.1.3 Définition environnementale et écologique | 13 |
| 2.1.4 Définition sociologique..... | 13 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.1.5 | Définition selon la loi algérienne | 13 |
| 3 | Classification des déchets | 14 |
| 3.1 | Selon leurs sources | 14 |
| 3.1.1 | Déchets ménagers et assimilés (D.M.A) | 14 |
| 3.1.2 | Déchets industriels | 14 |
| 3.1.3 | Déchets d'activité de soins (D.A.S) | 14 |
| 3.2 | Selon leurs natures | 14 |
| 3.2.1 | Déchets encombrants..... | 14 |
| 3.2.2 | Déchets inertes | 15 |
| 3.2.3 | Déchets ultime..... | 15 |
| 3.2.4 | Déchets dangereux | 15 |
| 3.2.5 | Déchets non dangereux | 15 |
| 4 | Déchets plastiques | 15 |
| 4.1 | Définition | 15 |
| 4.2 | Origine des déchets plastiques | 16 |
| 4.2.1 | Origine tellurique | 16 |
| 4.2.2 | Origine océanique..... | 17 |
| 4.3 | Mécanisme de transport déchets plastiques..... | 17 |
| 4.3.1 | Cours d'eaux | 18 |
| 4.3.2 | Courants | 18 |
| 4.3.3 | Vent | 18 |
| 4.4 | Impacts des déchets plastiques..... | 18 |
| 4.4.1 | Impact sur la santé humaine | 18 |
| 4.4.2 | Impact sur l'environnement..... | 19 |
| 4.4.3 | Impact sur la faune | 19 |
| 4.4.4 | Impact sur l'économie | 20 |
| 4.5 | Actions à amener pour réduire la pollution des déchets plastiques | 21 |
| 5 | Valorisation des matières plastiques | 22 |
| 5.1 | Type de valorisation | 22 |
| 5.1.1 | Valorisation matière | 22 |
| 5.1.2 | Valorisation énergétique..... | 22 |
| 5.1.3 | Valorisation organique | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 6 Types de recyclage | 23 |
| 6.1 Recyclage primaire ou mécanique | 23 |
| 6.2 Recyclage secondaire | 23 |
| 6.3 Recyclage tertiaire ou chimique | 24 |
| 6.4 Recyclage quaternaire ou énergétique | 24 |
| 7 Les avantages et les inconvénients du recyclage..... | 24 |
| 7.1 Les avantages | 24 |
| 7.2 Les inconvénients | 25 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|---|-----------|
| 1 Description du site d'étude | 26 |
| 1.1 La création du CET de Oued Falli | 26 |
| 1.2 Echantillonnage | 26 |
| 1.3 Localisation du CET | 26 |
| 2 Matériels et méthodes | 28 |
| 2.1 Echantillonnage | 28 |
| 2.2 Test d'identification des échantillons plastiques | 28 |
| 2.2.1 Test du solvant | 28 |
| 2.2.2 Test du papier pH..... | 30 |
| 2.2.3 Test à la soude | 31 |
| 2.2.4 Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier | 31 |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | |
|---|-----------|
| 1 Résultats des tests | 32 |
| 1.1 Echantillon Gobelet | 32 |
| 1.1.1 Test du pH..... | 32 |
| 1.1.2 Test du solvant | 32 |
| 1.1.3 Test à la soude | 33 |
| 1.1.4 Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 1.2 Echantillon Bouteilles d'eau | 34 |
| 1.2.1 Test du pH | 34 |
| 1.2.2 Test du solvant | 34 |
| 1.2.3 Test à la soude | 34 |
| 1.2.4 Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge | 34 |
| 1.3 Echantillon Sachet du lait | 35 |
| 1.3.1 Test du pH | 35 |
| 1.3.2 Test du solvant | 35 |
| 1.3.3 Test à la soude | 35 |
| 1.3.4 Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge | 35 |
| 1.4 Echantillon sachets couleur bleu..... | 36 |
| 1.4.1 Test du pH | 36 |
| 1.4.2 Test du solvant | 36 |
| 1.4.3 Test à la soude | 36 |
| 1.4.4 Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge..... | 36 |
| 2 Discussion | |
| Conclusion | 38 |
| Références bibliographiques | |

Résumé

Le plastique est un produit issu du pétrole, la surconsommation et la mauvaise gestion des déchets constituent une menace grandissante, ces plastiques ont des impacts négatifs sur l'environnement du fait de leurs non biodégradabilité. L'objectif de notre travail est l'identification de certains déchets plastiques récupérés dans le centre d'enfouissement technique (CET) de Oued Falli situé dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Dans ce travail nous avons effectué certains tests chimiques (test du pH, test du solvant et test à la soude) et des analyses par spectroscopie infrarouge pour les identifier et les caractériser dans des échantillons Gobelet, bouteille d'eau, sachet du lait, sachet couleur bleue. Les tests nous ont confirmés que l'échantillon Gobelet est en PVC, l'échantillon bouteille d'eau est en Poly téréphtalate d'éthylène (PET), et les échantillons sachets du lait et sachet couleur bleue sont en polyéthylène (PE).

Mots-clés : Plastiques, déchets plastiques, environnement, Goblet, bouteille d'eau, sachet du lait, sachets couleur bleue.

Abstracts

Plastic is a product derived from petroleum, overconsumption and poor waste management pose a growing threat, and these plastics have negative impacts on the environment due to their non-biodegradability. The goal of our work is to identify certain plastic waste recovered from the landfill site in Oued Falli, located in the wilaya of Tizi-Ouzou. In this study, we conducted various chemical tests (pH test, solvent test, and caustic test) and infrared spectroscopy analyses to identify and characterize them in samples such as a cup, water bottle, milk bag, and blue-colored bag. The tests confirmed that the cup sample is made of PVC, the water bottle sample is made of Polyethylene Terephthalate, and the milk bag and blue-colored bag samples are made of polyethylene.

Key words

Plastic, plastic waste, environment, goblet, bottle of water, milk bag, bleu colored bag.

La forte hausse du prix du pétrole et la demande des polymères ont contribué à une augmentation du coût des matières plastiques utilisées énormément dans l'industrie.

Le plastique matière solide, versatile et persistante entre souvent dans la composition des objets du quotidien et notamment des produits fabriqués pour être utilisés sur une durée limitée, voire à usage unique. La production mondiale atteint les 400 millions de tonnes par an en incluant les fibres avec une croissance exponentielle de près de 9% par an qui entraîne un doublement de la production tous les 20 ans (BENETTE, 2010).

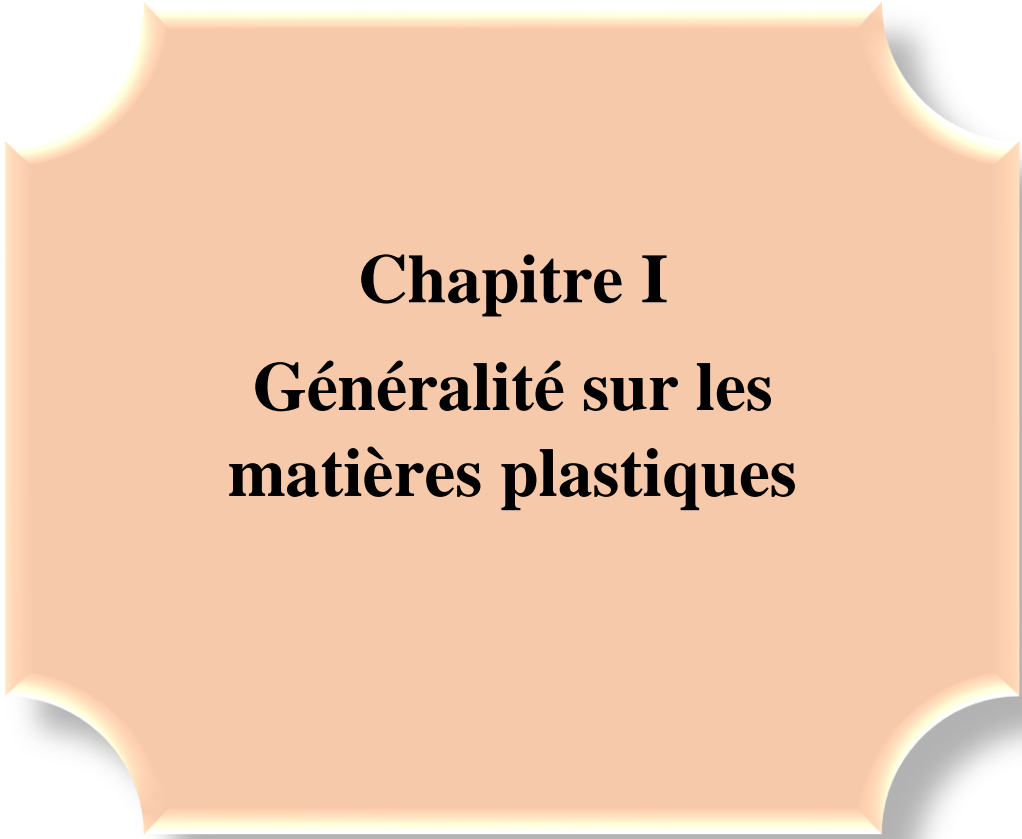
Les plastiques regroupent différents types de résines : polypropylène (PP), polyéthylène téréphtalate (PET), polychlorure de vinyle (PVC), polystyrène (PS), polyéthylène haute densité (PEHD), etc. (SMALL ET NICHOLLS, 2003). Ces plastiques sont souvent mélangés à des additifs qui leur confèrent les propriétés désirées (souplesse, rigidité, couleur, résistance au feu etc.).

Depuis de longues années, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective pour l'humanité, la question des déchets est un quotidien qui touche chaque être humain dans ses actes sociaux professionnels ou dans le cadre familial. Les plastiques sont des polluants qui ne connaissent pas de frontières, voyageant sur des milliers de kilomètres à partir de leur lieu d'émission, qu'ils s'agissent des sacs de supermarchés, des couverts jetables et des emballages de sandwiches (JAMBECK et al., 2015). La principale caractéristique qui fait de la matière plastique un élément de pollution important est bien sa résistance à la dégradation dans tous les compartiments de l'environnement. En effet, la dégradation complète d'une bouteille en plastique peut prendre 450 ans. Ces pollutions sont dues parallèlement à l'augmentation de la population mondiale, qui change très vite avec leurs habitudes de consommation qui pollue leur environnement (SMALL ET NICHOLLS, 2003).

L'objectif de notre travail est l'identification de certains déchets plastiques récupérés dans le centre d'enfouissement technique (CET) de Oued Falli, situé dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Afin de bien mener notre travail, nous l'avons réparti en 3 chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les matières plastiques ;
- Le deuxième chapitre décrit la méthodologie expérimentale ;
- Le dernier chapitre aborde les résultats obtenus et leur discussion.



Chapitre I
Généralité sur les
matières plastiques

1 Plastique

1.1 Histoire du plastique

Le plastique est une invention étonnante qui est apparue pour la première fois en 1860 par Alexander Parks. Le plastique est le matériau du 21^{ème} siècle il fait désormais partie de toutes les industries.

1838 : Pour la première fois de l'histoire le chimiste et physicien français Henri Victor Regnault fabrique du PVC, mais le processus a traversé de nombreuses étapes avant de réussir.

1839 : Le chimiste américain Charles Goodyear invente le procédé de vulcanisation, qui est un procédé chimique qui vise à convertir les polymères apparentés en matériaux avec un degré de tolérance plus élevé en ajoutant du soufre. Cet ajout conduit à la formation de chaînes de réticulation dans la structure du caoutchouc (pour les caoutchoucs vulcanisés).

1860 : Le scientifique Alexander Parks a mis au point un matériau qui pouvait être solide, liquide, rigide, élastique, hydrofuge et opaque, appelé PARAXINE. Il la présenta ensuite au public à l'exposition internationale de Londres en 1862.

1865 : Paul Schützenberger a préparé l'acétate de cellulose, et le plus gros problème c'est qu'il était difficile de le dissoudre et ne pouvait donc pas être utilisé. Cependant, ce matériau présente de nombreux avantages, tels que le fait d'être ininflammable et de mieux préserver sa transparence et ses couleurs.

1870 : Lorsque la guerre a empêché l'importation de l'ivoire d'éléphant, Phelan et Cullinder, le fabricant de boules de billard a lancé un concours pour savoir qui pouvait trouver un matériau alternatif pour l'ivoire, et a promis 10000 dollars au gagnant, qui était John Wesley Hayatt et son frère, en inventant le celluloid.

1880 : le PVC ou le polychlorure de vinyle a été développé. Il est devenu plus flexible, plus facile à fabriquer et recyclable.

1890 : les Anglais Cross et Bewan découvrent une matière très filable de consistance très sirupeuse qu'ils appellent Viscose.

1907 : Le belge Léo Baekeland a inventé un plastique auquel il a donné son nom : la Bakélite. Ce matériau présente des particularités, il est thermorésistant, isolant et thermodurcissable. Il est également léger et semi-transparent. C'est pourquoi il est beaucoup utilisé, aujourd'hui encore comme isolant électrique.

Après la première guerre mondiale (1918) : Le prix du pétrole a diminué, il est devenu donc la matière première utilisée pour fabriquer le plastique. De plus, c'est le matériau le plus facile à transformer. C'est le début de la pétrochimie.

1930 : En Wallace Carothers a inventé le Polyamide et le Polystyrène. Ce dernier a de bonnes performances thermiques, léger, facile à travailler, insensible à l'humidité et perméable à la vapeur d'eau.

1941 : la mélamine a été créée. Son succès n'est pas immédiat mais apparaît après la guerre grâce à ses propriétés exceptionnelles de résistance à la chaleur, à la lumière, aux produits chimiques, à l'abrasion et au feu.

Après la seconde guerre mondiale (1945) : le PVC, nylon, formica, tergal ont été arriver sur le marché pour pouvoir tout reconstruire vite et remplacer les matériaux tels que le bois, le métal, le verre ou les tissus naturels.

1954 : Giulio Natta et Karl Rehn, deux chimistes respectivement italien et allemand, ont obtenu un polypropylène à structure géométrique cristalline régulière.

Aujourd'hui : Les déchets plastiques constituent plus de 7% de la masse totale des ordures ménagères ; Ils sont incassables, imputrescibles et ne craignent ni le gel, ni l'assèchement. Ils sont donc une source durable de pollution. Ils rejettent lors de leur dégradation des produits toxiques pour notre environnement et notre santé. Il est à présent urgent de résoudre ce problème et de réduire notre consommation de plastique (FRANCK, 2013).


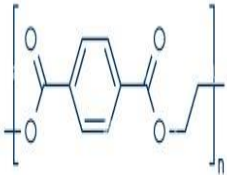

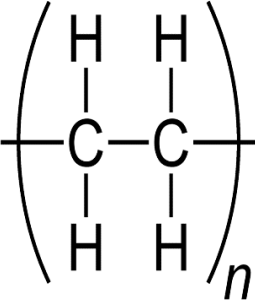
1.2 Définition du plastique


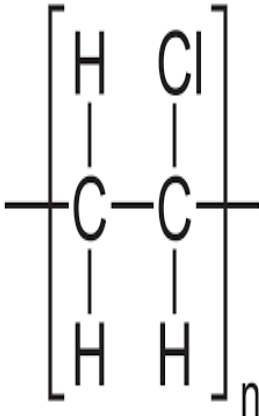

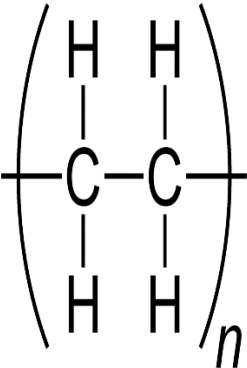
Le terme « matière plastique » se définit de la manière suivante : matière synthétique constituée de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères extraits du pétrole ou du gaz (BOWMER et KERSHAW, 2010).


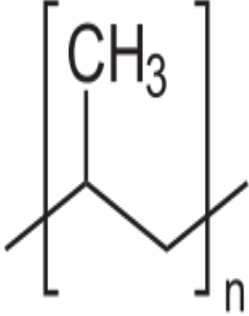


En autre terme, les plastiques sont des mélanges de polymères et d'adjuvants synthétiques de nature organique (METALSI-TANI, 1986). On dit qu'une substance est plastique lorsqu'elle peut se déformer sous l'action d'une force extérieure mais elle conserve la forme ainsi acquise lorsque la force aura cessée d'agir. Les matières plastiques se composent de différents éléments principalement : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'azote (N), le chlore (Cl) et le soufre (S), (VENE, 1976).

Parmi les principaux thermoplastiques il y'a : le polyéthylène téréphtalate (PET), le polyéthylène à haute densité (PEHD), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène à basse densité (PEBD), le polypropylène (PP) et le polystyrène (PS).

Tableau 1 : Les principaux thermoplastiques

| Nom du plastique et symbole | Formule | Description. |
|--|---|--|
| <p>Le Polyéthylène téréphtalate (PET).</p>  | <p>$(C_{10}H_8O_4)_n$</p>  <p>PET</p> | <p>Le PET est l'abréviation de polyéthylène téréphtalate c'est un plastique de type polyester saturé par opposition aux polyesters thermodurcissables. Chimiquement c'est le polymère obtenu par la polycondensation de l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol. Il faut 1,9 kg de pétrole brut pour fabriquer 1 kg de PET.</p> <p>Le PET est principalement utilisé pour la fabrication de bouteilles, flacons, fibres... De la famille des thermoplastiques il est recyclable (BENMEKIDECH-GOUISSEM, 2015).</p> |
| <p>Polyéthylène haute densité (PEHD).</p>  | <p>$(C_2H_4)_n$</p>  | <p>Le polyéthylène haute densité est un polymère thermoplastique de grande diffusion. Il fait partie de la famille des polyoléfines, au même titre que les polyéthylènes basse ou moyenne densité, et le propylène.</p> <p>Le PEHD est produit à partir de la synthèse du pétrole. Pour sa fabrication, le PEHD implique différentes étapes : la distillation, le vapocraquage, la polymérisation, granulation.</p> <p>Après cette transformation, le produit est blanc laiteux translucide. Il est ensuite très facile à le façonner ou à le colorer. Le polyéthylène haute densité est dit aussi "basse pression" est obtenu par polymérisation sous des conditions moins sévères que celle de PEBD. La pression de polymérisation est inférieure à 50 bars et la température est voisine de 100°C. Sa densité est de 0.96 g/cm³ et son taux de cristallinité de 93 %. Sa température de fusion est</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | | <p>comprise entre 130°C et 145°C Les chaînes de PEHD sont beaucoup plus alignées que celles du PEBD, ce qui explique la valeur élevée de sa densité (BOUKEZZI, 2007).</p> <p>Le PEHD est un plastique très utilisé, il est par exemple utilisé pour produire des emballages de produits détergents ou de lait, de tuyau de conduite d'eau ou de gaz, pistes de glisse pour patinoire...</p> |
| <p>Polychlorure de vinyle (PVC).</p>  | <p>$(C_2H_3Cl)_n$</p>  | <p>Le polychlorure de vinyle dont le symbole international PVC découle de l'appellation anglaise « polyvinyle chloride » Il renvoie à un polymère thermoplastique que l'on obtient par polymérisation du chlorure de vinyle, il est composé de 57 % de chlore qui est obtenu par électrolyse du sel (chlorure de sodium : NaCl), et de 43 % d'éthylène, hydrocarbure composé de carbone et d'hydrogène issu du pétrole (AUSSEUR, 2002). Le PVC est une poudre blanche, inerte, inodore et inflammable qui a été découvert en 1835 par le physicien français Henri Victor Regnault grâce à Fritz Klatte qui met au point des procédés de fabrication C'est le troisième polymère le plus employé dans le monde et représente 20 % de la consommation et presque présent dans tous secteurs économiques (bâtiment, emballage, électricité, santé et transport) (GUILLOT, 1998).</p> |
| <p>Polyéthylène à basse densité (PEBD).</p>  | <p>$(C_2H_4)_n$</p>  | <p>Le polyéthylène à basse densité est un polymère thermoplastique commercial semi cristallin, il est obtenu par la polymérisation des monomères d'éthylène gazeux sous pression (100 à 350 MPa) et à des températures de 150 à 350°C (FUZESSERY). C'est un polymère inerte, blanchâtre, semi-opaque, souple et flexible. Sa densité est inférieure à celle de l'eau, il présente une bonne résistance chimique, il est chimiquement neutre pour les denrées</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | | alimentaires. Il est transparent et peut être facilement transformé car il se prête très bien au soudage. Sa durée de vie est très longue à cause de sa grande stabilité mais il est bien recyclé (NECHAD, 2009). |
| <p>Polypropylène (pp).</p>  | <p>$(C_3H_6)_n$</p>  | <p>Les polypropylènes sont des matériaux polymères thermoplastiques semi-cristallins de grande consommation obtenu par polymérisation du propylène. Il est utilisé dans l'industrie automobile (pare-chocs, réservoirs d'essence), jouets, et dans l'industrie alimentaires (emballages) aussi pour la fabrication de vêtements professionnels jetables (combinaison de peinture, masques chirurgicaux...) il est facilement recyclable (DUVAL, 2004).</p> |
| <p>Le Polystyrène (ps)</p>  | <p>$(C_8H_8)_n$</p>  | <p>Le polystyrène (PS en abrégé) est le polymère $-(CH_2-CH(Ph))_n-$, obtenu par la polymérisation des monomères styrène $CH_2=CH-Ph$, le polystyrène est solide à 20°C et pâteux à 120°C, la fusion s'opérant entre 150°C et 170°C.</p> <p>Le polystyrène est généralement inflammable et combustible, sa formule chimique est $(C_8 H_8)_n$. Il ne contient que du carbone et de l'hydrogène comme éléments chimiques (MAHIOUT, 2014).</p> |

1.3.2 Les thermodurcissables

Les thermodurcissables qui à l'opposé des thermoplastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. Au-delà d'une certaine température ils se dégradent et brûlent. Les thermodurcissables représentent 20 % du tonnage des déchets plastiques (ANONYME, 1999).

1.3.3 Les élastomères

Un élastomère est un polymère linéaire ou ramifiée transformé par vulcanisation en un réseau tridimensionnel faiblement réticulé infusible et insoluble. Les élastomères se

différencient des thermodurcissables par leur propriété d'élasticité caoutchoutique, c'est-à-dire la capacité à subir de très grandes déformations réversibles sous l'action de contrainte mécanique. Ils peuvent atteindre de très grands allongements, tout en étant capables de retrouver leur géométrie initiale en restituant au milieu l'énergie qui leur a été fournie lors de la déformation. Les élastomères sont employés dans la fabrication des coussins, de certains isolants, des semelles de chaussures ou des pneus (REYNE, 1998).

1.4 Techniques de transformation des plastiques

Une fois synthétisés, les polymères se présentent sous forme de poudres ou de granulés, prêts à être transformés en produits finis. Il existe également de nombreux procédés de transformation adaptée à la nature du polymère à mettre en œuvre et à la forme finale souhaitée (ZDENEK et al., 2007).

1.4.1 Injection

Ce procédé permet de donner aux matières plastiques une fois ramollies la forme simple ou complexe selon le moule dans lequel elles ont été injectées (Figure 2). Tels que : Palettes, coques de télévisions, boîtes, pots, tableaux de bord, etc (ZDENEK et al., 2007).

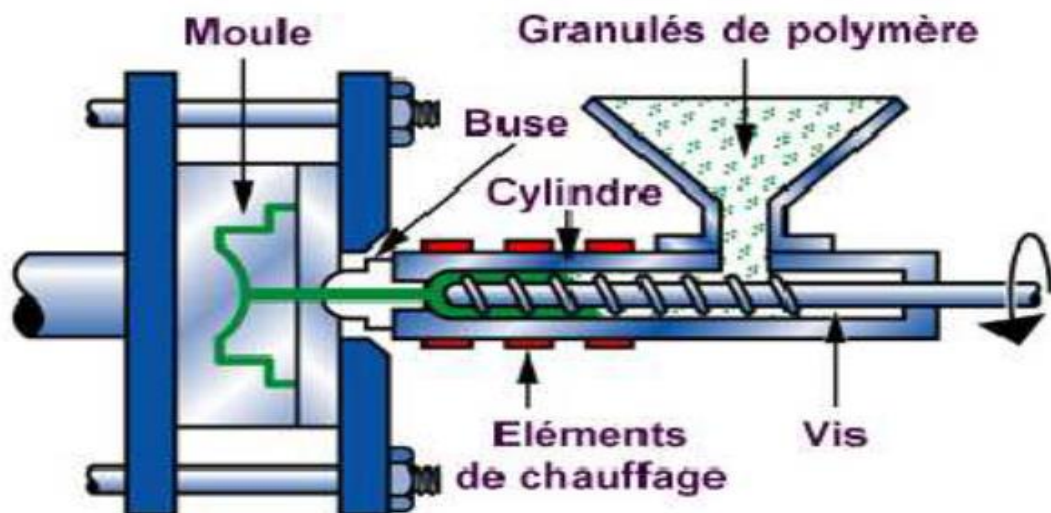


Figure 2 : Procédé d'injection (ZDENEK et al., 2007).

1.4.2 Extrusion

Cette méthode permet de fabriquer des produits en continu. Tels que : Profilés, tubes, films, feuilles, sacs, plaques, etc (ZDENEK et al., 2007).

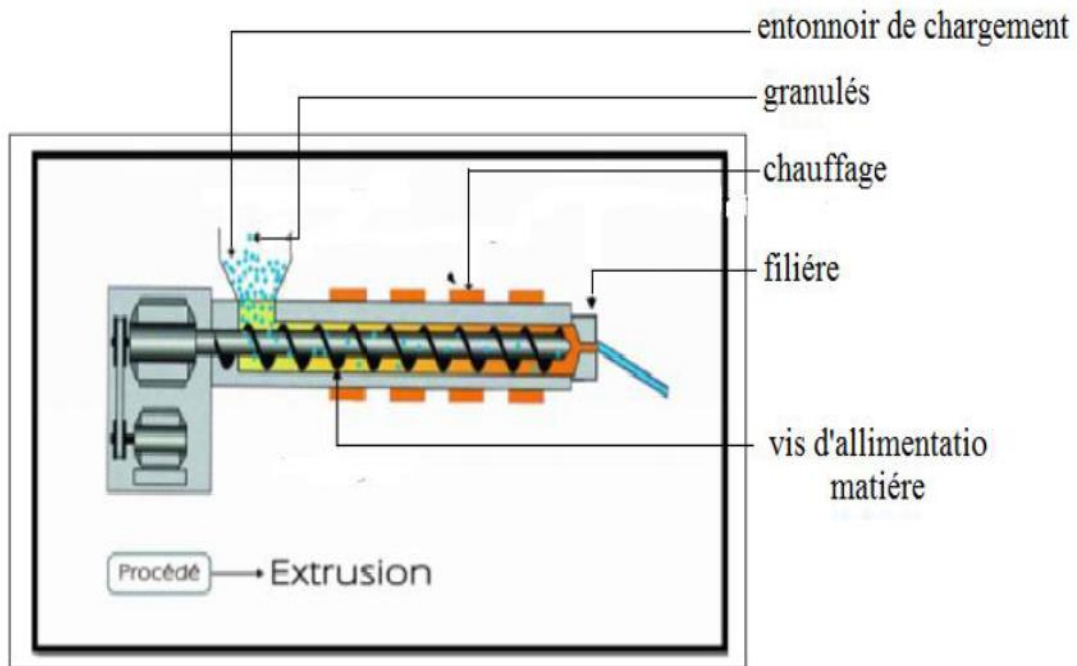


Figure 3 : Procédé d'extrusion (ZDENEK et al., 2007).

1.4.3 Extrusion-Soufflage

Les matières plastiques extrudées en discontinu (préformes) sont ensuite soufflées dans un moule pour en prendre la forme. Tels que : bouteilles, flacons, bidons, réservoirs, conteneurs, etc (Figure4) (ZDENEK et al., 2007).

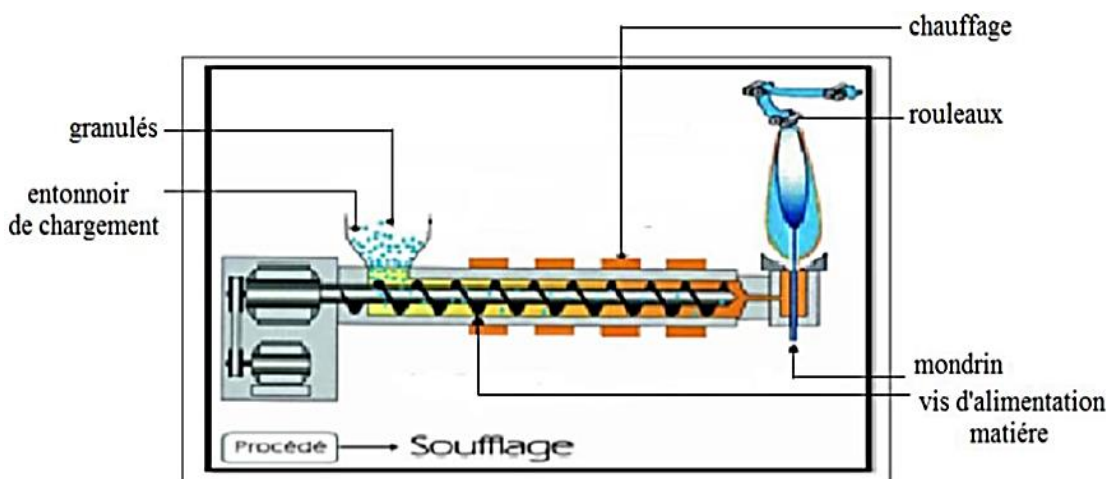


Figure 4 : Procédé d'extrusion soufflage (ZDENEK et al., 2007).

1.4.4 Roto moulage

La matière plastique en poudre est introduite dans un moule clos puis centrifugée sur les parois chaudes. On obtient par cette méthode des corps creux de gros volumes. Tels que : cuves, réservoirs, conteneurs, etc (Figure 5) (ZDENEK et al., 2007).

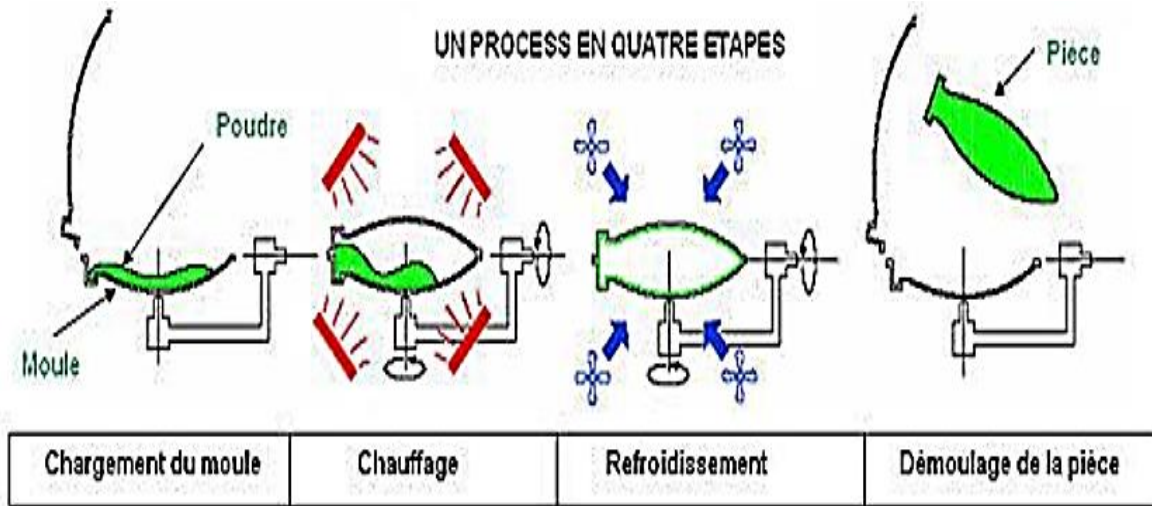


Figure 5 : Procédé roto moulage (ZDENEK et al., 2007).

1.4.5 Compression

Cette méthode sert à mettre en forme les polymères thermodurcissables. Tels que : pièces plates, vaisselle, accessoires électriques ... (Figure 6) (ZDENEK et al., 2007).

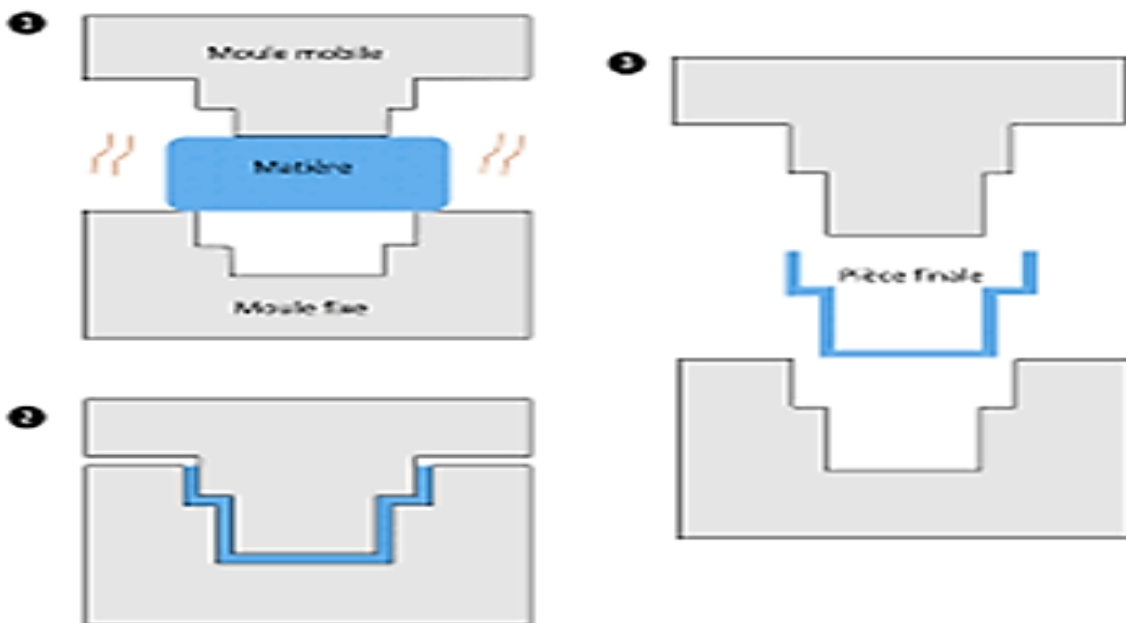


Figure 6 : Procédé de compression (ZDENEK et al., 2007).

1.4.6 Calandrage

Ce procédé permet d'obtenir des produits plats de grande largeur par laminage de la matière plastique entre plusieurs séries de rouleaux. Tels que : Feuilles, plaques, films, sols, plastiques ... (Figure 7) (ZDENEK et al., 2007).

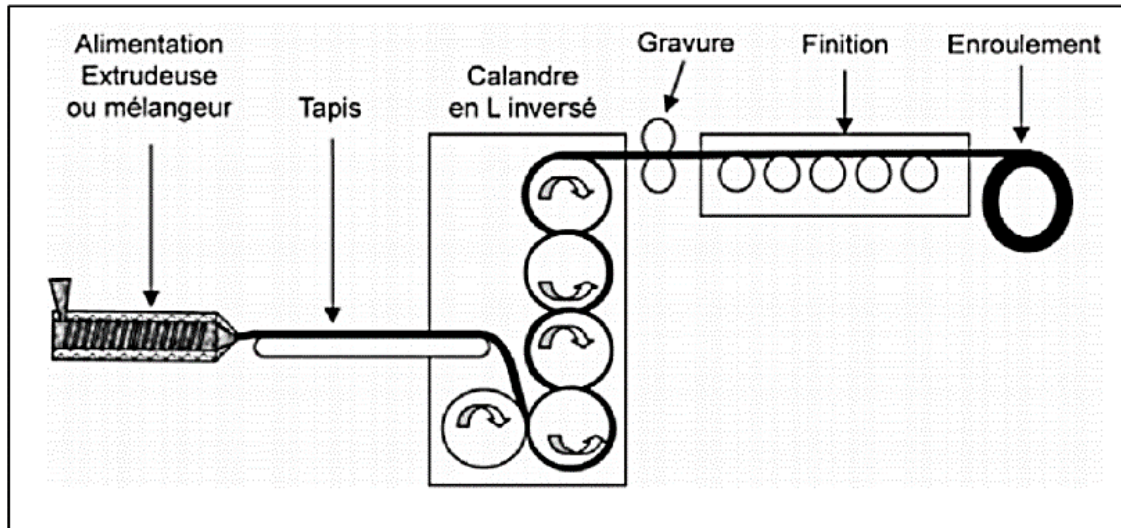
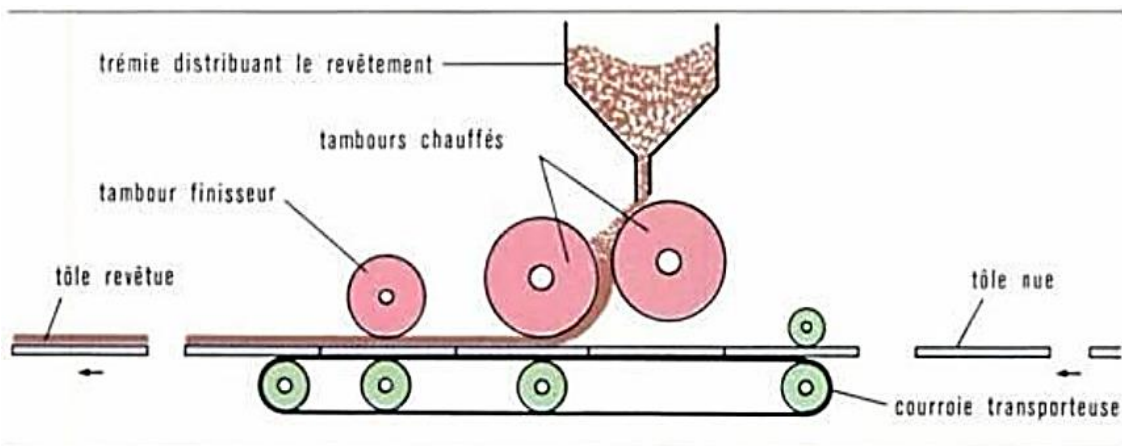


Figure 7 : Procédé de calandrage (ZDENEK et al., 2007).

1.4.7 Enduction

Couplée au calandrage, cette méthode permet de déposer une résine plastique sur un support continu (papier, carton, tissu) en décoration ou en protection. Tels que : Revêtement de sols, de murs, mobilier ... (Figure 8) (ZDENEK et al., 2007).



Enduction sur tôle au métier à tambours.

Figure 8 : Procédé d'enduction (ZDENEK et al., 2007).

1.4.8 Thermoformage

Après avoir été ramollis sous la chaleur, les semi-produits thermoplastiques (plaques ou feuilles) sont emboutis sur une forme. Tels que : Gobelets, pots de yaourts, cuves et autres contenants (Figure 9) (ZDENEK et al., 2007).

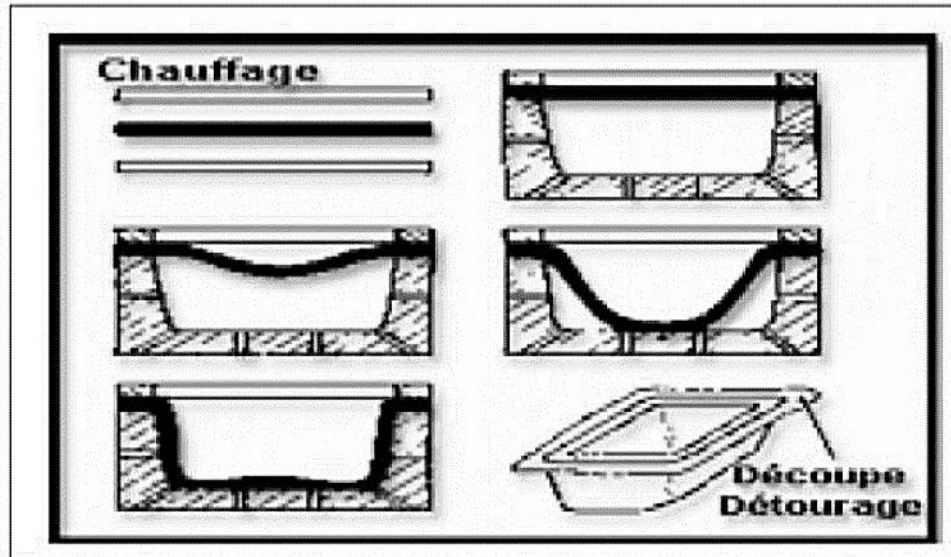


Figure 9 : Procédé de thermoformage (ZDENEK et al., 2007).

2. Généralité sur les déchets

2.1 Définition des déchets

D'une manière générale, le terme déchet désigne un résidu abandonné par son propriétaire car il est inutilisable, sale ou encombrant. Il est aussi considéré comme ordure, une immondice, une chute et tout autre résidu rejeté parce qu'il n'est pas consommable ou utilisable et donc n'a plus de valeur.

La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 en 2001, définit le déchet comme tout résidu d'un processus de production, de Transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. Un déchet peut être défini de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état des déchets.

2.1.1 Définition étymologique

Le déchet tire son origine du mot latin « déchie » qui signifie un bien déchu. Aujourd'hui le déchet désigne la perte que subit une matière dans son volume, sa valeur ou toute autre qualité.

Le concept de déchet est défini comme étant ce qui est perdu dans l'emploi d'une matière (OUALET, 1997).

2.1.2 Définition économique

Du point de vue de la théorie économique un déchet est défini comme étant une matière ou un objet dont la valeur économique est nulle pour son détenteur à un moment et dans un lieu donné pour s'en débarrasser, le détenteur devra payer quelqu'un ou faire lui-même le travail (ALOUÉIMINE, 2006).

2.1.3 Définition environnementale et écologique

Le terme « déchet » désigne tous les déchets solides, liquides et gazeux. Le déchet constitue une menace du moment où l'on envisage son contact avec l'environnement qu'il soit direct ou après traitement. Les interfaces peuvent être :

- Avec le sol : décharges contrôlées ou sauvages ;
- Sur l'eau : pollution des eaux souterraines et de surface ;
- Sur l'air : dégagement de biogaz des décharges (essentiellement du méthane), dioxine, furane (ADDOU, 2009).

2.1.4 Définition sociologique

Le déchet est le témoin d'une culture et de ses valeurs, il est le révélateur du niveau social des populations et l'espace dans lequel elles évoluent (zones rurales ou urbaines, habitat collectif ou individuel) ; il est aussi le reflet d'une dépréciation économique ou sociologique à un moment donné (Anonyme, 2003).

2.1.5 Définition selon la loi algérienne

Selon la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001, un déchet est tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont

il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. (La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 en 2001).

3 Classification des déchets

Toute activité humaine génère des déchets. Cependant leur quantité et leur nature sont très variables. Il existe plusieurs classifications des déchets parmi lesquelles nous distinguons :

3-1 Selon leurs sources

3.1.1 Déchets ménagers et assimilés (D.M.A)

Tous déchets issus des ménages « ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui par leur nature et composition sont assimilables aux déchets ménagers et dans la mesure où ils ne présentent aucun caractère de dangerosité (DAMIEN, 2004).

3.1.2 Déchets industriels

Les déchets industriels proviennent de l'industrie, du commerce et de l'artisanat. Ils regroupent les déchets industriels banals (DIB) qui ne présentent aucun caractère dangereux et les déchets industriels dangereux (DID) (DUVAL, 2009).

3.1.3 Déchets d'activités de soins (D.A.S)

Les déchets d'activités de soins sont les déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif dans les domaines de la médecine humaine ou vétérinaire (TABEAUD et HAMEZ, 2000).

3.2 Selon leurs natures

3.2.1 Déchets encombrants

Les déchets encombrants sont des déchets, qui par leur poids ou leur volume, ne sont généralement pas collectés avec les ordures ménagères (table, chaises, armoire, cuisinières, réfrigérateurs, etc), ils sont également dénommés « monstres » (RICOUR et BARRES, 1994).

3.2.2 Déchets inertes

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement (ANONYME, 2001).

3.2.3 Déchets ultime

Les déchets ultimes sont des déchets résultant ou non du traitement d'un déchet et qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques (BALET, 2005).

3.2.4 Déchets dangereux

Les déchets dangereux présentent au moins l'une de propriétés de dangerosité telle que : explosible, inflammable, toxique, cancérigène, infectieux, dangereuse pour l'environnement, etc. Ils appartiennent à l'un des trois groupes suivants :

- Les déchets dangereux des ménages tel que les restes de peintures et les désinfectants.
- Les déchets d'activité de soins et assimilés à risque infectieux.
- Les déchets industriels dangereux regroupent tous les autres déchets de l'industrie ou de l'agriculture, du commerce, etc. (HAMOUCHE, 2011).

3.2.5 Déchets non dangereux

Cette catégorie concerne les déchets qui ne sont ni dangereux, ni inertes. Elle comprend notamment les déchets municipaux tels que les déchets de jardin et les déchets industriels banals (DESACHY, 2001).

4- Les déchets plastiques

4-1 Définition

Les déchets plastiques, ou pollution plastique sont "l'accumulation d'objets en plastique et de ses dérivés (figure 10) (par exemple, les bouteilles en plastique, emballage... rejetés dans l'environnement qui a des effets néfastes sur la faune, l'habitat de la faune et l'homme" (PIKUDA et al., 2019).

Les déchets plastiques sont considérés être des plastiques qui font partie d'un flux de déchets (par exemple, enfouis, recyclés ou incinérés), alors que la pollution plastique renvoie au plastique rejeté, éliminé ou abandonné dans l'environnement qui ne fait pas partie d'un flux de gestion de déchets (PAN Z et al., 2019).



Figure 10 : Pollution par les déchets plastiques.

4.2 Origine des déchets plastiques

Les macro-déchets regroupent l'ensemble des objets ou matériaux qui sont volontairement ou non, directement ou non jetés ou abandonnés en mer et sur le littoral. Leur durée de vie notamment en mer peut être très longue d'après la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, Etats-Unis). La dégradation des bouteilles en plastiques perdure 400 ans. On les retrouve partout, dans l'air que nous respirons, l'eau que nous buvons, les poissons que nous consommons, laisses de mer, surface des océans, les grands fonds... Le rejet des déchets plastiques dans l'environnement est le résultat du comportement humain non soucieux de l'environnement. Ces déchets proviennent de deux sources distinctes : tellurique et océanique.

4.2.1 Origine tellurique

Il est estimé qu'environ 80% des déchets plastiques retrouvés dans les mers et sur le littoral sont d'origine tellurique :

Les déchets provenant du tourisme sur les côtes : déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers, les bouteilles en plastique, les emballages de boissons et emballages alimentaires, paquets de cigarettes et jeux de plages en plastique, les sources de pollution plastique terrestres sont les sols agricoles, le secteur du bâtiment, le secteur des transports (abrasion des pneus sur la chaussée ou peinture des marquages routiers), les produits cosmétiques et pharmaceutiques.

Les rejets d'eaux usées, eaux provenant des trop-pleins d'égouts combinés rejetant les eaux usées directement dans la mer ou les rivières en période de forte pluie. Ces eaux usées entraînent avec elles des déchets tels que les ordures abandonnées dans les rues. Les décharges sauvages représentent une source d'apport importante de déchets plastique sur les plages. Les vents et les cours d'eau les transportent pour finir sur les plages (FRANEKER, 1985).

4.2.2 Origine océanique

Les 20% restants des déchets plastiques sont d'origine océanique il y'a la pêche, le trafic maritime et le tourisme.

Environs 18% des déchets marin en plastique sont attribués aux activités de pêche, en effet tous ce qui ne sert plus au pêcheurs comme (cordages et filets, bouées, casiers...) sont jetés en mer pour finir le plus souvent échoués sur les plages (TIMMERS et al., 2005).

Le rejet des déchets par les navires de commerces et les bateaux sont une source prouvée de débris plastiques en mers. Malgré la législation et les conventions internationales pour l'interdiction des rejets, l'accumulation de ces derniers en majorité des matières plastiques dans les fonds marins et à la surface des mers augmente de plus en plus (MIYAKI et al., 2010). Les plus grandes quantités de granules de plastique de pré-production retrouvés sur les plages viennent des pertes fortuites au cours du transport maritime (DOYLE et al., 2011).

Les ports : L'activité portuaire génère des quantités importantes de déchets de toutes sortes. Les déchets proviennent des pertes lors de la manutention des cargaisons sur les quais et les navires. Dans les bassins du port, des nappes de macro-déchets s'accumulent jusqu'à être transportés lors des vents et des courants forts sur les plages voisines (JANSSEN et CLAESSENS, 2011).

4.3 Mécanisme de transport déchets plastiques

Les déchets sont transportés grâce à trois (3) facteurs principaux : les cours d'eau, le vent et les courants marins.

- **Les cours d'eaux** : constituent des vecteurs d'apport importants de déchets sur les plages proximales. En effet, les objets abandonnés sur les berges ou jetés dans les cours d'eau sont véhiculés jusqu'à l'embouchure par l'écoulement régulier (ANDRE, 2000).
- **Les courants** : avec le transport générale parallèle à la cote et avec la dérive littorale, le déferlement des vagues transportent les déchets sur les plages (OBBARD et al, 2006).
- **Le vent** : est aussi un agent de transport. Les trajectoires des déchets flottants en mer sont essentiellement influencées par les vents (plus que par les courants et l'agitation) (ANDRE, 2000). Il peut repousser les déchets vers le large ou le long du littoral, mais il peut aussi favoriser l'atterrissement sur la plage, puis vers les terres. Sur terre le vent emporte les déchets des décharges sauvages de poubelles éventrées vers les cours d'eaux, la mer ou la plage (HENRY, 2010).

4.4 Impact des déchets plastiques

Les déchets sont à la fois un risque et une ressource. Éliminés sans précautions, ils risquent non seulement de dégrader les paysages mais aussi de polluer l'environnement et d'exposer l'homme à des nuisances et des dangers dont certains peuvent être très graves (DESACHY, 2001).

4.4.1 Impact sur la santé humaine

Selon leurs propriétés, les déchets présentent un risque pour la santé. Ils sont qualifiés de dangereux quand ils peuvent porter une atteinte directe à la santé de l'homme du fait qu'ils possèdent une ou plusieurs caractéristiques énumérées ci-dessous :

- Irritants : ils peuvent provoquer une réaction inflammatoire par contact immédiat ou prolonger avec la peau ou les muqueuses.
- Cancérogènes : ils peuvent produire le cancer par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.
- Infectieux : ils contiennent des micro-organismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou dont on a bonnes raisons de croire qu'ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants (DESACHY, 2001).

L'impact sur la santé humaine peut aussi être d'ordre indirect. Certains organismes, tels que les organismes se nourrissant de plancton, absorbent les composés toxiques présents dans l'eau de mer, comme les phtalates ou les biphényles relâchés par des fragments de plastique. L'incorporation de ces constituants dans la chaîne alimentaire, et leur propagation jusqu'aux

produits consommés par l'homme représentent un danger potentiel pour sa santé (THOMPSON et al., 2009).

4.4.2 Impact sur l'environnement

- **L'air**

Les émissions liées à l'incinération des déchets et celles de composés volatils sur le site d'un centre d'enfouissement technique contribuent à la pollution du milieu atmosphérique. Les principaux polluants concernés sont pour l'incinération des métaux lourds (mercure et cadmium notamment), des composés organiques volatils et des composés organiques persistants dont les dioxines. Pour les décharges, ce sont essentiellement les composés organiques volatils tels que le méthane (NOLLET, 1996).

- **L'eau**

Les sources de nuisances du milieu aquatique proviennent, entre autre, des lixiviats de décharges par percolation à travers les sols avant d'atteindre les nappes aquatiques superficielles mais surtout souterraines (NOLLET, 1996).

Les conséquences de la pollution des eaux apparaissent sans tardes : mort de poissons, et eutrophisation qui se manifeste par une prolifération des algues (DESACHY, 2001).

- **Le sol**

La pollution des sols est la moins visible des pollutions ; elle frappe avec retard. Un site pollué est un site dont le sol, le sous-sol ou les eaux sous terraines sont pollués par d'anciens dépôts de déchets ou l'infiltration de substances polluantes. La pollution est susceptible de provoquer une nuisance ou un risque permanent pour les personnes ou l'environnement (DESACHY, 2001).

4.4.3 Impact sur la faune

- **Ingestion**

L'ingestion des débris plastique serait à l'origine du décès de nombreuses espèces marines. Au moins 44% des espèces d'oiseaux marin sont connues pour l'ingestion des débris plastiques (RIOS et al., 2007). Exemple, les albatros à pied noir qui alimentent leurs poussins avec les granulés de plastiques les confondant ainsi avec leur nourriture habituelle (MALLORY, 2008). Une autre étude qui a été réalisée sur les fulmars en mer du nord a démontré que 95% de ces oiseaux accumulaient en moyenne 35 pièces de plastiques dans leur estomac (Figure 11) (FRANEKER, 1985).

Les animaux se coincent dans les plus grands déchets (Figure 12) et confondent les petits fragments de plastique avec de la nourriture, ce qui peut provoquer leur intoxication et leur coûter la vie, exemple : les poissons, les tortus, et certaines espèces vivantes dans le milieu aquatique.



Figure 11 : Estomac d'un oiseau plein de débris plastiques (FRANEKER, 1985).



Figure 12 : Impacts des déchets plastiques sur la vie dans les océans (FRANEKER, 1985).

- **Enchevêtrement**

L'étranglement notamment par les cordes synthétiques, ligne et filets dérivants en mers seraient à l'origine du décès de nombreuses espèces marines (oiseaux, mammifères marin, tortues ...). On recense ainsi plus 267 espèces à travers le monde touchées par le phénomène des déchets plastiques, incluant 86% des espèces de tortues marines, 44% des espèces d'oiseaux et 43% des espèces de mammifères marins (DERRAIK, 2002).

4.4.4 Impact sur l'économie

Le nettoyage des plages, le traitement des déchets engendre des coûts importants pour les communes. Lorsque les laines de mer sont encombrées de ces déchets, elles sont dangereuses et insalubrité à toute volonté de développement touristique, par conséquent les communes se retrouve dans l'obligation de procéder au nettoyage.

La pêche professionnelle souffre énormément des déchets plastiques en mer, la production halieutique mondiale connaît une baisse fascinante. Un tiers des remontés de filets sont des débris marins en majorité des plastiques (FRANEKER, 1985).

4.5 Actions à mener pour réduire la pollution des déchets plastiques :

L'utilisation du plastique dans notre quotidien a conduit à une accumulation massive de déchets plastiques, ils ont des conséquences néfastes pour notre environnement. Le plastique génère des pollutions tout au long de son cycle de vie et ceci dès sa production, La pollution par le plastique menace la vie de toute notre planète alors voici quelques actions faciles à poser dans la vie de tous les jours pour réduire la pollution plastique :

- ✓ S'engager à utiliser des matières plastiques recyclées ou des alternatives durables au plastique pour l'emballage des produits ;
- ✓ Innover et rechercher des alternatives durables au plastique qui s'inscrivent dans les modèles d'économie circulaire et n'ont pas d'impacts négatifs sur l'environnement ou la société ;
- ✓ Tirer parti de l'influence individuelle et collective pour éloigner les industries des modèles économiques néfastes mettant en danger la faune, polluant les systèmes naturels et créant des problèmes sociaux et environnementaux à long terme ;
- ✓ Investir dans des systèmes de gestion des déchets respectueux de l'environnement sur les marchés d'utilisation finale et dans les pays où les déchets plastiques sont importés pour être éliminés ;
- ✓ Soutenir l'élaboration de lois et de bonnes pratiques pour assurer un changement à l'échelle de l'industrie et la mise en œuvre effective des politiques gouvernementales ;
- ✓ Participer avec les entreprises et les gouvernements à l'identification de solutions systémiques permettant d'éviter les conséquences environnementales et sociales négatives ;
- ✓ Fournir au grand public des outils qui renforcent sa voix de défenseur de l'environnement ;
- ✓ Demander des comptes aux institutions internationales, aux gouvernements nationaux et aux entités du secteur privé qui n'agissent pas ou ne s'attaquent pas sincèrement aux facteurs systémiques qui perpétuent la crise du plastique ;
- ✓ S'engager auprès des représentants des gouvernements pour s'assurer qu'ils prennent des mesures visant à réduire, réutiliser, recycler et gérer les déchets plastiques de manière transparente et responsable ;
- ✓ Utiliser son pouvoir de consommateur et encourager les industries à faire preuve de leadership en réduisant leur dépendance à l'égard du plastique à usage unique et inutile tout en investissant dans des alternatives respectueuses de l'environnement ;
- ✓ Réduire sa consommation de plastique inutile, privilégier le réemploi et recycler ce qu'il n'utilise plus.

5- Valorisation des matières plastiques

Initialement le mode de valorisation était connu sous la notion des 3R (Récupération, Réutilisation et Recyclage), à laquelle s'est associé, plus tard, deux autres opérations pour donner lieu à un nouveau mode connu sous la notion 3R V-E (3 R + Valorisation, Elimination) qui se définissent comme suit :

- **Récupération** : c'est une opération qui consiste à récupérer le déchet sans lui faire subir de transformation.
- **Réutilisation** : elle consiste à faire subir au déchet une transformation physique, chimique, biologique ou thermique dans le but d'avoir un bénéfice qui était masqué par l'usage principal.
- **Recyclage** : c'est un processus de récupération et de traitement des déchets plastiques pour une réutilisation dans la fabrication de nouveaux produits plastiques et pour obtenir des matières premières (DUVAL, 2004).
- **Valorisation** : C'est un mode de traitement qui désigne « le réemploi, le recyclage, ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie ».
- **Elimination** : elle se définit « toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances ou d'énergie » ainsi, elle peut comporter une incinération, un enfouissement ou une mise en décharge.

5.1 Types de valorisation

Trois (3) types de valorisation peuvent être distingués :

1 Valorisation matière

Elle peut être liée au recyclage dans la mesure où les matériaux sont préparés pour être recyclés, en effet le recyclage varie selon la composition des déchets plastiques... Le recyclage constitue un enjeu crucial face aux gisements des déchets, ce qui nécessite l'amélioration de la filière de récupération et cela par l'intégration de la technologie de l'information et des moyens modernes de traitement (DUVAL, 2004).

2 Valorisation énergétique

La valorisation énergétique faite par l'incinération des déchets permet la production de l'énergie sous forme de chaleur utilisée pour le chauffage ou régénération d'électricité, en effet,

cette valorisation énergétique des déchets constitue une source d'énergie renouvelable (DUVAL, 2009).

3 valorisation organique

C'est une forme particulière de recyclage qui permet de transformer des matières plastiques par des micros organismes en présence d'oxygène (aérobie) pour obtenir un résidu composé de matière organique stabilisé : le compost. Ce dernier doit être de bonne qualité afin de l'utiliser comme amendement pour les sols, en effet le compostage a comme objectif une amélioration de la structure du sol, la réduction des gaz à effet de serre, une réduction de l'érosion et une fertilisation débouchant sur une meilleure qualité des sols agricoles et des rendements supérieurs (DUVAL, 2009).

6 Type de recyclage

Le recyclage constitue un domaine d'action du développement durable qui consiste en la réintroduction directe d'un déchet dans le circuit de production dont il est issu, en remplacement total ou partiel de la matière première.

Les méthodes de recyclage ou valorisation des déchets plastiques peuvent être divisées en quatre catégories :

6-1 Recyclage primaire ou mécanique

Il désigne la mise en œuvre du matériau dans la même forme et de même valeur industrielle. Cela concerne les déchets d'usine lors de la fabrication des produits et aussi un autre recyclage primaire dit ' recyclage en cercle fermé' dans lequel un même produit est collecté et recyclé dans le même produit tel quel ou après modification chimique, c'est l'exemple des caisses de batterie polypropylène très utilisées. Le recyclage primaire apparaît de loin comme la meilleure solution pour le traitement des déchets solides puisqu'il n'est pas de nature destructive (CHERFA, 2007).

6.2 Recyclage secondaire

Il désigne la réutilisation du matériau d'un produit de moindre valeur industrielle. Les deux exemples les plus connus étant la fabrication des sacs poubelles et des poubelles à base de matériau recyclés (CHERFA, 2007).

6.3 Recyclage tertiaire ou chimique

Il consiste à décomposer les plastiques en leurs éléments de base, soit en monomères, soit en pétrole, par un procédé thermique (hydrogénation, etc.) ou thermique par l'incinération des plastiques afin de récupérer leurs chaleurs et de l'utiliser comme source d'énergie pour le chauffage, la production d'électricité ou de vapeur.

Ce procédé porte le nom de dépolymérisation et s'applique généralement au polyéthylène téréphtalate (PET) dont l'objectif d'obtenir des résines qui peuvent être incorporées dans la fabrication des produits qui vont contenir des aliments et des boissons

Toutefois, le recyclage chimique présente certaines difficultés liées à la propreté et à la présence du PVC qui réduit la qualité des produits obtenus mais elles peuvent aussi être d'ordre logistique et économique (AZEM, 2007).

6.4 Recyclage quaternaire ou énergétique

Ce procédé de recyclage des déchets plastiques désigne l'incinération des matériaux pour la production de chaleur ou d'électricité. Les déchets plastiques constituent un apport calorifique non négligeable qui peut être valorisé par récupération de la chaleur produite utilisable sous forme d'énergie électrique (AZEM, 2007).

7 Avantages et les inconvénients du recyclage

- **Avantages du recyclage**

Selon Lavoisier « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme », ainsi les déchets peuvent se transformer en ressource en les recyclant et en les réintégrant dans le processus de production. Le recyclage constitue l'une des solutions la plus adéquate pour le traitement des déchets mais il doit être précédé d'un tri sélectif afin d'éviter des éventuels impuretés affectant négativement les déchets et limitant ainsi leurs récupérations (BERNARD et al, 2007).

Nombreux sont les gens qui perçoivent le recyclage comme une étape cruciale vers le développement durable, puisqu'il réduit les effets sur l'environnement et encourage l'utilisation de produits qui sont moins nocifs pour l'environnement. Certains avantages environnementaux du recyclage incluent :

- Une utilisation plus efficace des ressources ;
- Une consommation moindre d'énergie ;
- Une réduction de la pollution de l'air et de l'eau ;
- Une réduction des déchets éliminés et le développement de marchés pour les matières

recyclées;

-Une réduction de l'utilisation des produits toxiques ou dangereux ;

-Une durée de vie plus longue des sites d'enfouissement (en raison d'une hausse du détournement des déchets vers les installations de recyclage).

- **Inconvénients du recyclage**

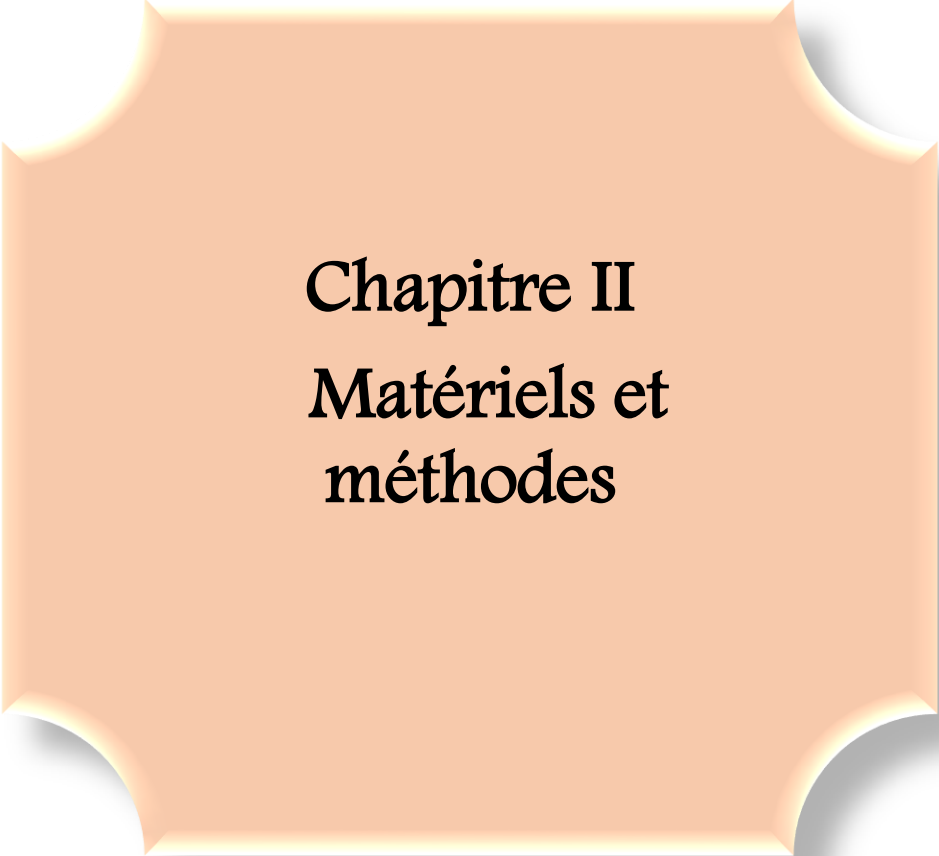
Le recyclage est un moyen de protéger et de préserver l'environnement. Bien qu'il présente de nombreux avantages, le recyclage présente plusieurs inconvénients. D'une part, le recyclage n'est pas toujours rentable dans certains cas plusieurs usines doivent être créées pour traiter les produits réutilisables.

Les produits recyclés peuvent ne pas durer longtemps. Ils ne sont pas aussi durables, car ils sont faits de déchets ou de matériaux surutilisés pour cette raison, ils sont bon marché et moins efficaces.

Un autre inconvénient est que les sites de recyclage sont souvent insalubres et dangereux, tout comme le processus de recyclage. Les zones où les déchets sont déversés ont tendance à provoquer la propagation de maladies et d'autres dangers causés par des produits chimiques et des déchets nocifs. Par exemple, le méthane produit pendant le processus de recyclage, s'il s'échappe, peut entraîner l'appauvrissement de la couche d'ozone.

Une mauvaise gestion des usines de recyclage peut entraîner une pollution de l'eau, en particulier lorsque des traces de toxines s'infiltreront dans les sources d'eau souterraines. De plus, certains processus impliqués dans le recyclage, en particulier le processus de blanchiment, peuvent exposer les travailleurs à des conditions pouvant avoir des effets nocifs sur leur santé.

Le recyclage est souvent effectué à petite échelle, car il n'a pas réussi à être efficace à grande échelle. De plus, la mise en place d'usines de recyclage est coûteuse. Une grande partie du coût est consacrée à l'acquisition de différents véhicules utilitaires, à l'élimination des déchets existants et à l'éducation des résidents (QUEBAUD, 1996).



Chapitre II
Matériels et
méthodes

1. Description du site d'étude

1.1 Création du CET de Oued Falli

Le centre d'enfouissement technique (CET) de Oued Falli est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC). Créé le 08 Novembre 2008 par l'arrêté interministériel dans le but d'appliquer la théorie des 03 R (Réduire – Récupérer – Recycler) et de préserver la santé publique et l'environnement (Eau – Air – Sol). Mis en exploitation le 09 Mai 2009, il est d'une superficie de 20 ha. Il reçoit en moyenne 100 tonnes de déchets par jour et sa durée de vie est estimée à 20 ans. Ce CET est réalisé dans l'objectif initial d'enfouir les déchets municipaux des trois (03) communes de Tizi-Ouzou, Tirmatine et Draa Ben Khedda. (BENNADIR, 2012).

1.2 Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au niveau du CET de Oued Falli ou différents types d'échantillons en plastique ont été récupérés afin d'être caractérisés.

Diverses matières plastiques ont été récoltées préalablement dans la station du CET de Oued Falli dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Ces polymères sont soumis à 3 types de tests afin d'analyser leurs contenus et leurs constitutions ayant pour principe de distinguer le PVC, le PS, le PE, le PP et d'autres matières plastiques.

1.3 Localisation du CET

Le centre d'enfouissement technique de Oued Falli est localisé à la limite communale séparant DBK et Tirmatine, le site est localisé ou sud-ouest du centre de la ville de Tizi-Ouzou, au lieu dit Tadjouint (Figure 13 et 14). Il s'étend sur une superficie de 20 ha selon le rapport des domaines. Selon le plan cadastral, le site occupe la section 11 de DBK qui englobe pratiquement les îlots n°16, 4, 5 et 6 (ABDELMALEK, 2007).

- A l'est par l'îlot n°16, section 11 du plan cadastral ;
- A l'ouest par l'îlot n°4, section 11 du plan cadastral ;
- Au nord par une piste agricole ;
- Au sud par l'îlot n°5, section 11 du plan cadastral... (ABDELHAK, 2007).



Figure 13 : Localisation du C.E.T de Oued Falli (Google Earth 2015).

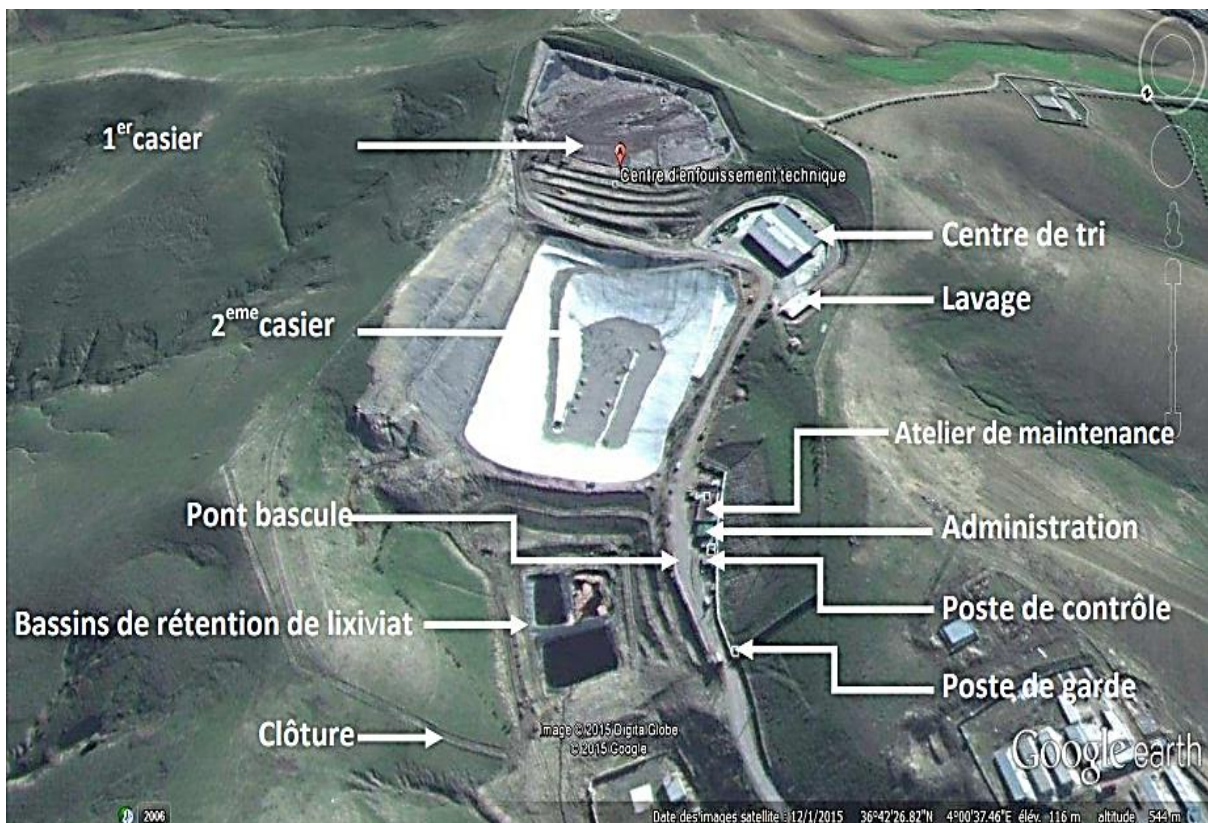


Figure 14 : Image satellite du centre d’enfouissement technique de Oued Falli (Google Earth 2015).

2- Matériel et méthodes

2.1 Echantillonnage

2.2 Test d'identification des échantillons plastiques

Les tests d'identification ont été réalisés dans le laboratoire de production, protection et sauvegarde des espèces menacées et des récoltes, influence des variations climatiques (PSEMVC) du Département des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2.2.1 Test du solvant

- **Matériaux et produits utilisés**

- Acétone (Figure 15) ;
- Pipette (Figure 16) ;
- Tube à essai (Figure 17) ;
- Matières plastiques (Gobelet, bouteille d'eau, sachet du lait, sachet couleur bleue) ;
- Eau distillée (Figure 18).

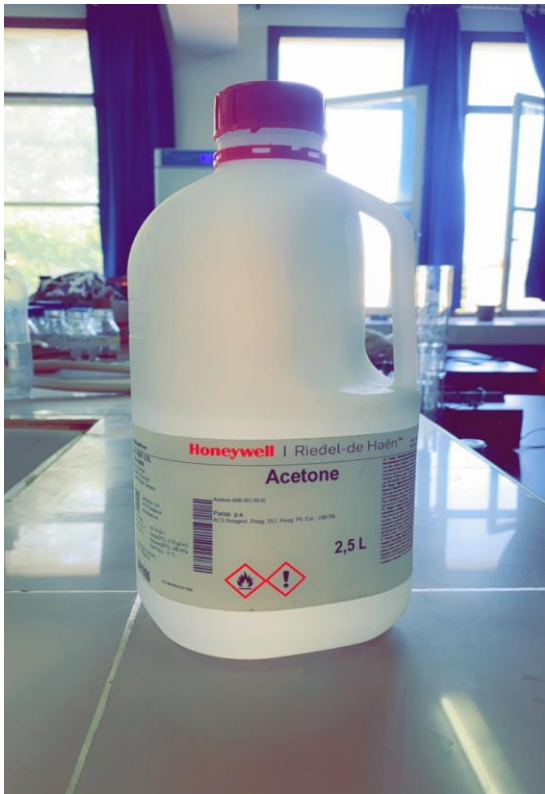


Figure 15 : Acétone.



Figure 16 : Pipette.



Figure 17 : Tube à essai.



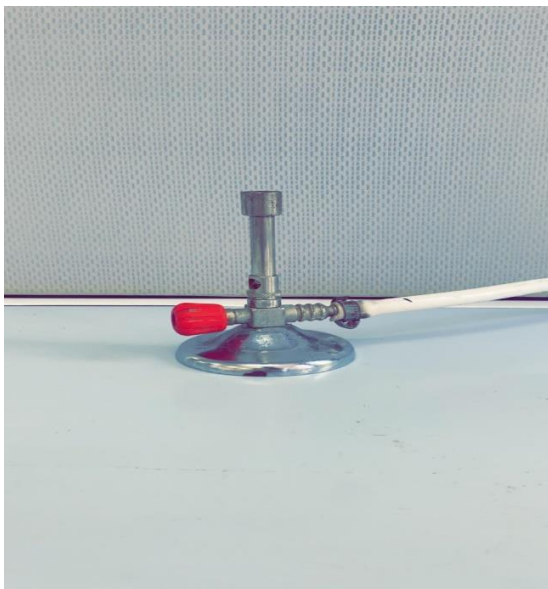
Figure 18 : Eau distillé.

❖ Mode opératoire

- Placer l'échantillon dans un tube à essai ;
- Prélever à l'aide d'une pipette environ 2 ml d'acétone ;
- Verser l'acétone dans le tube à essai contenant l'échantillon ;
- Attendre 10 minutes et observer puis verser quelques gouttes d'eau distillée dans le tube à essai.

2.2.2 Test du papier pH**• Matériaux et produits utilisés**

- Tubes à essai ;
- Matières plastiques (Gobelet, bouteille d'eau, sachet du lait, sachet couleur bleue) ;
- Eau distillée ;
- Bec bunsen (Figure 19) ;
- Papier pH (Figure 20).

**Figure 19** : Bec bunsen.**Figure 20** : Papier pH.**❖ Mode opératoire**

- Placer un échantillon de plastique dans un tube à essai ;
- Placer un morceau de papier pH humidifié à l'eau distillée à l'ouverture du tube ;
- Chauffer à sec l'échantillon à l'aide d'un bec bunsen jusqu'à obtention d'un dégagement gazeux ;
- Observer la couleur du papier pH à celle de l'échelle des couleurs.

2.2.3 Test à la soude

- **Matériaux et produits utilisés**

- Tube à essai ;
- Matières plastiques (Gobelet, bouteille d'eau, sachet du lait, sachet couleur bleue) ;
- Soude (NaOH) (grains de NaOH) (Figure 21) ;
- Eau ;
- Bec bunsen.

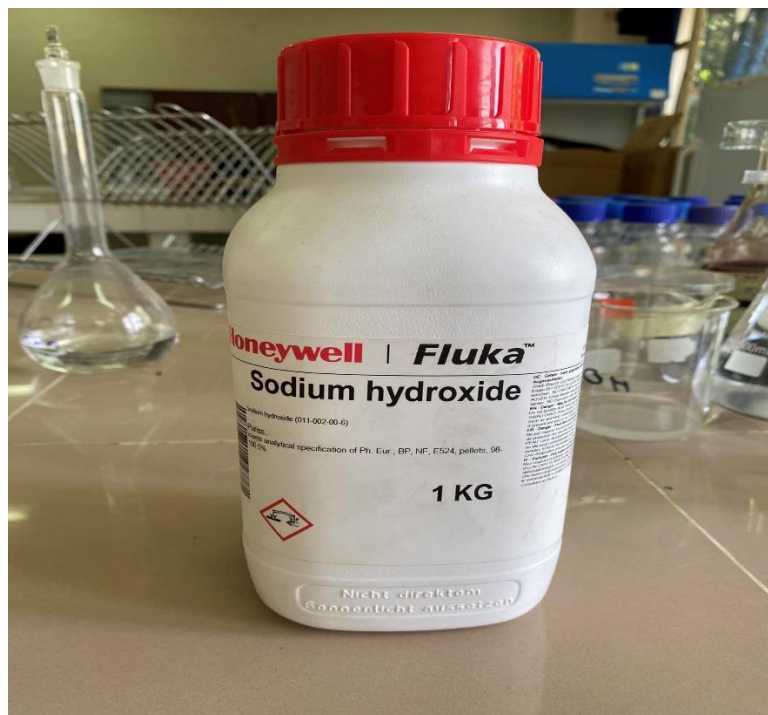



Figure 21 : Soude (NaOH).

- ❖ **Mode opératoire :**

- Mettre un peu d'eau dans le tube à essai ;
- Verser quelques grains de soude dans l'eau ;
- Introduire un morceau de plastique dans le tube à essai ;
- Chauffer à la flamme ;
- Observer.

2.2.4 Analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Les différents échantillons ont été caractérisés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, à l'aide d'un appareil de marque JASCO, en mode ATR (attenuated total reflectance).



Chapitre III
Résultats et discussion

1 Les résultats des tests

1.1 Echantillon Gobelet

- **Test du pH**
 - **Observation**

Dans notre cas le papier pH change de couleur il vire au rose-rouge (Figure 22 et 23), donc le pH est acide et il s'agit du PVC.



Figure 22 : La couleur du papier pH avant de chauffer l'échantillon.

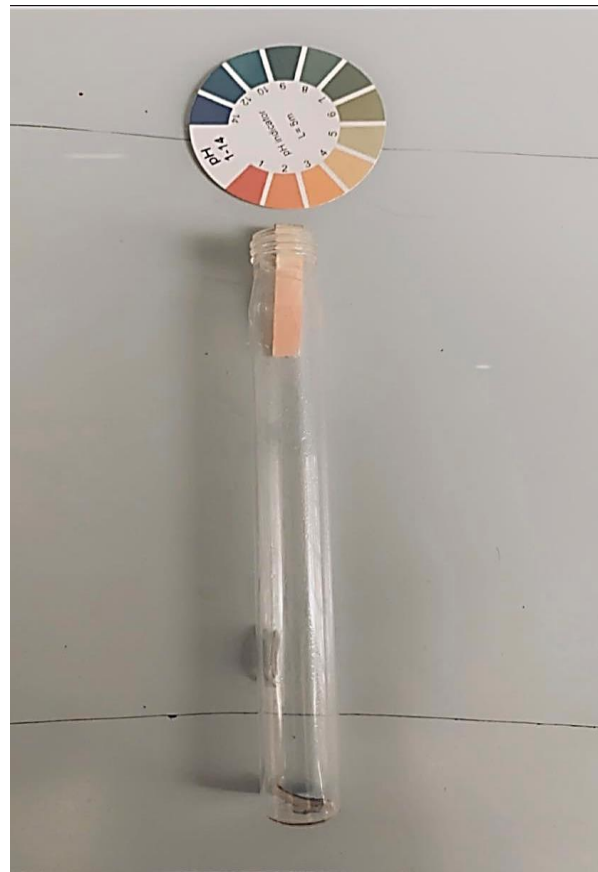


Figure 23 : La couleur du papier pH après chauffage.

- **Test du solvant**
 - **Observation**

Après 10 minutes, il n'y a ni attaque de l'échantillon, ni formation d'un précipité (Figure 24 et 25).

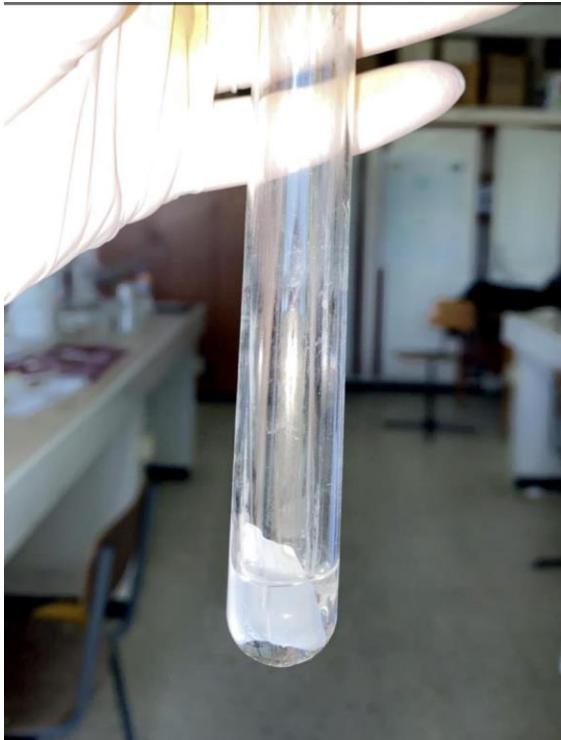


Figure 24 : Gobelet coupé en petit morceau dans l'acétone et l'eau distillée.



Figure 25: Gobelet coupé en petit morceau dans l'acétone et l'eau distillée après 10min.

- **Test à la soude**
 - **Observation**

Dans notre cas l'échantillon Goblet ne se colore pas en mauve (Figure 26 et 27).



Figure 26 : Plastique coupé en petit morceau dans l'eau et la soude (NaOH) avant .



Figure27 : Plastique coupé en petit morceau dans l'eau et la soude (NaOH) après 10 min.

- **Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge**

La figure suivante représente le spectre Infrarouge de l'échantillon Gobelet.

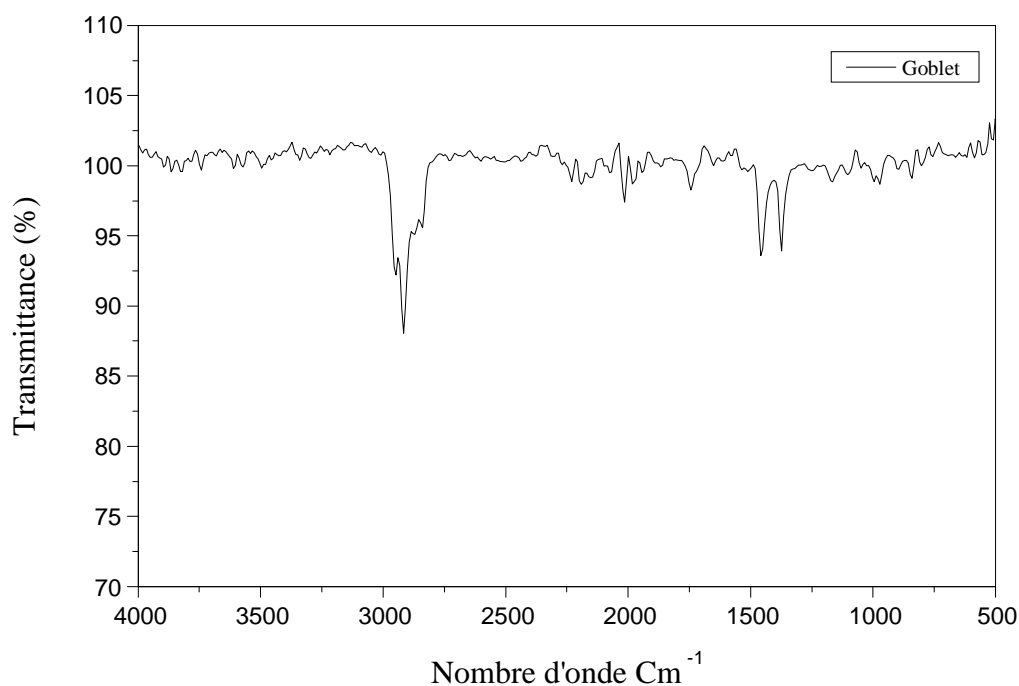


Figure 28 : Spectre infrarouge de l'échantillon Gobelet.

Le spectre de la figure confirme qu'il s'agit du PVC pour l'échantillon Gobelet.

1-2-Echantillon Bouteille d'eau

- **Test du pH**

Dans notre cas le papier pH ne change pas de couleur.

- **Test du solvant**

Après 10 minutes d'observation, il n'y a ni attaque de l'échantillon, ni formation d'un précipité.

- **Test à la soude**

Dans notre cas l'échantillon Bouteille d'eau ne se colore pas en mauve.

- **Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge**

La figure suivante représente le spectre Infrarouge de l'échantillon Bouteille d'eau.

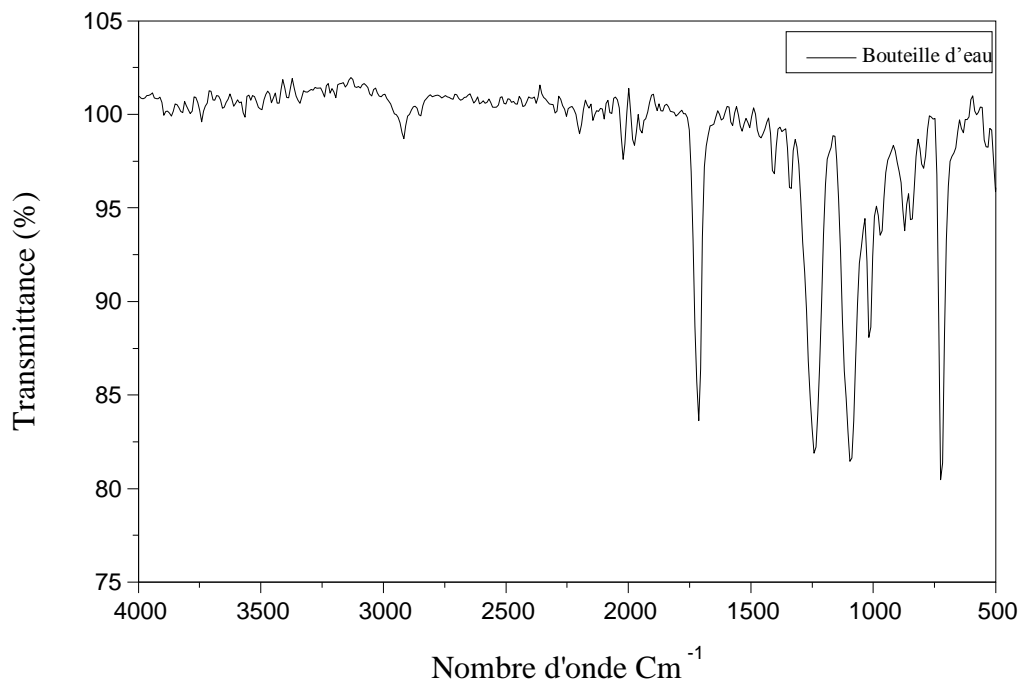


Figure 29 : Spectre infrarouge de l'échantillon bouteille d'eau.

L'analyse infrarouge montre que le spectre de l'échantillon bouteille d'eau correspond au Poly téréphtalate d'éthylène (PET).

1-3-Echantillon Sachet du lait

- **Test du pH**

Dans notre cas le papier pH ne change pas de couleur.

- **Test du solvant**

Après 10 minutes d'observation, il n'y a ni attaque de l'échantillon, ni formation d'un précipité.

- **Test à la soude**

Dans notre cas l'échantillon Sachet du lait ne se colore pas en mauve.

- **Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge**

La figure suivante représente le spectre Infrarouge de l'échantillon Sachet du lait.

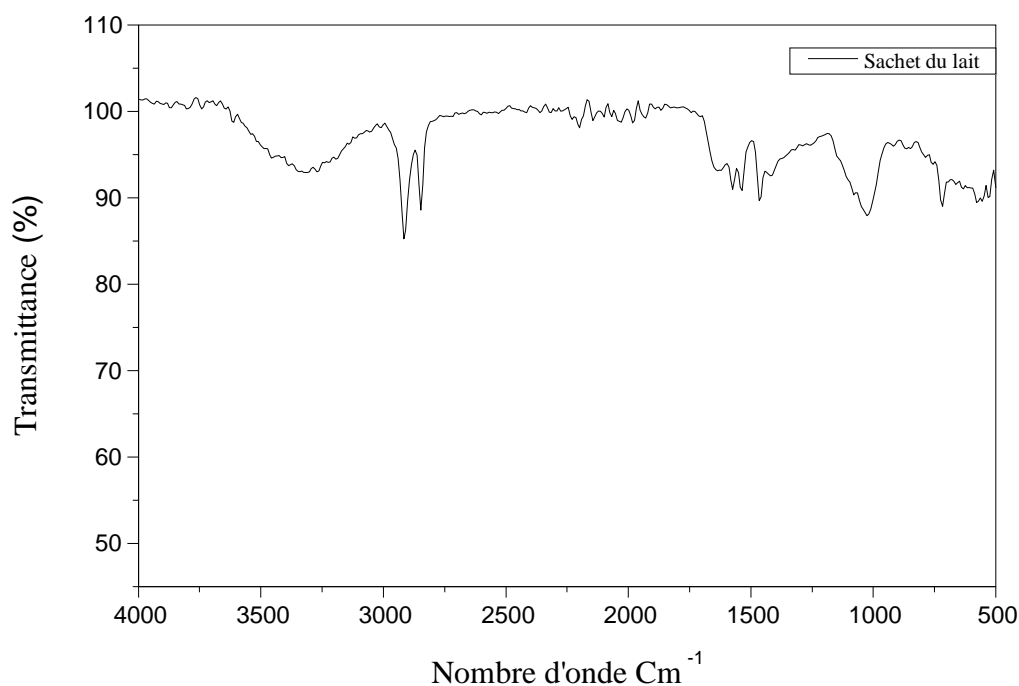


Figure 30 : Spectre infrarouge de l'échantillon sachet du lait.

L'analyse infrarouge montre que le spectre de l'échantillon sachet du lait correspond au polyéthylène (PE).

1-4-Echantillon Sachet couleur bleu

- **Test du pH**

Dans notre cas le papier pH ne change pas de couleur.

- **Test du solvant**

Après 10 minutes d'observation, il n'y a ni attaque de l'échantillon, ni formation d'un précipité.

- **Test à la soude**

Dans notre cas l'échantillon Sachet couleur bleu ne se colore pas en mauve.

- **Résultats de la caractérisation par spectroscopie infrarouge**

La figure suivante représente le spectre Infrarouge de l'échantillon Sachet couleur bleue.

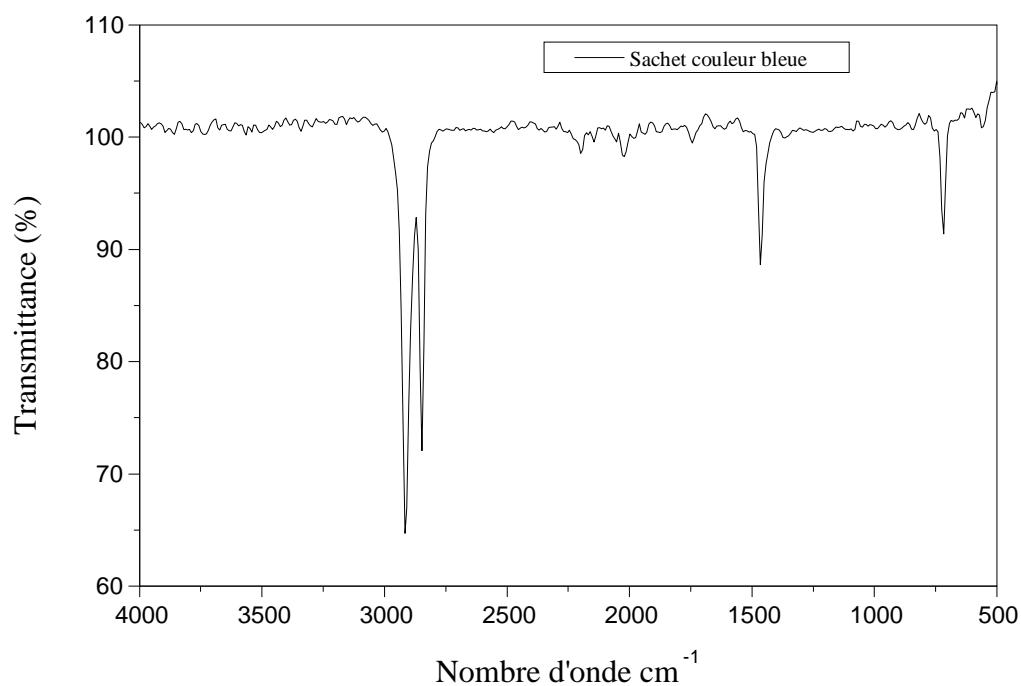


Figure 31 : Spectre infrarouge de l'échantillon sachet couleur bleue.

L'analyse infrarouge montre que le spectre de l'échantillon sachet couleur bleu correspond au polyéthylène (PE).

2 Discussion

La pollution plastique est une menace pour l'environnement et les organismes. Elle les expose à différents dangers. Outre l'impact « physique » lié à l'ingestion de déchets plastique, l'impact « chimique » dû aux additifs plastiques ajoutés aux polymères au cours de leur formulation, est lui aussi problématique. L'utilisation de certains additifs est controversée du fait que certaines molécules se sont révélées être toxiques pour l'environnement, les organismes marins et l'Homme. De ce fait, l'analyse des additifs plastiques montre un intérêt grandissant. Afin d'avoir une meilleure compréhension de l'impact chimique de ces additifs, il est important de les identifier, et idéalement de les quantifier. Leur analyse dans les matrices polymériques est un challenge analytique pour différentes raisons : la diversité de nature chimique des additifs, leur présence généralement en mélange au sein des polymères, ainsi que les nombreuses étapes nécessaires pour la préparation des échantillons avec les approches plus « conventionnelles » telles que l'extraction au solvant. De ce fait, développer des méthodes analytiques relativement faciles et rapides présente un réel intérêt. Ainsi la pyrolyse couplée à

la chromatographie gazeuse et la spectrométrie de masse haute résolution (Py-GC-HRMS) est un outil analytique qui permet une analyse relativement facile et rapide d'un échantillon. Cette technique permet de limiter voire de s'affranchir des étapes de préparation des échantillons, limitant alors leur potentielles contaminations avant l'analyse. Le but de cette étude est de développer une méthode en Py-GC-HRMS haute résolution pour l'identification et la quantification d'additifs plastiques organiques. Une méthode unique pour l'analyse de l'ensemble des additifs sélectionnés a été développée et a permis la constitution d'une base de donnée haute résolution contenant une large variété d'additifs plastiques. Cette méthode a ensuite été appliquée sur certains plastifiants dans le but de les quantifier. Elle montre son utilité pour la caractérisation et le dosage d'additifs dans différents échantillons de matrices polymériques.



Conclusion

Au cours de cette étude, différents échantillons plastiques ont été récupérés au niveau du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Oued Falli, afin d'être identifiés et caractérisés.

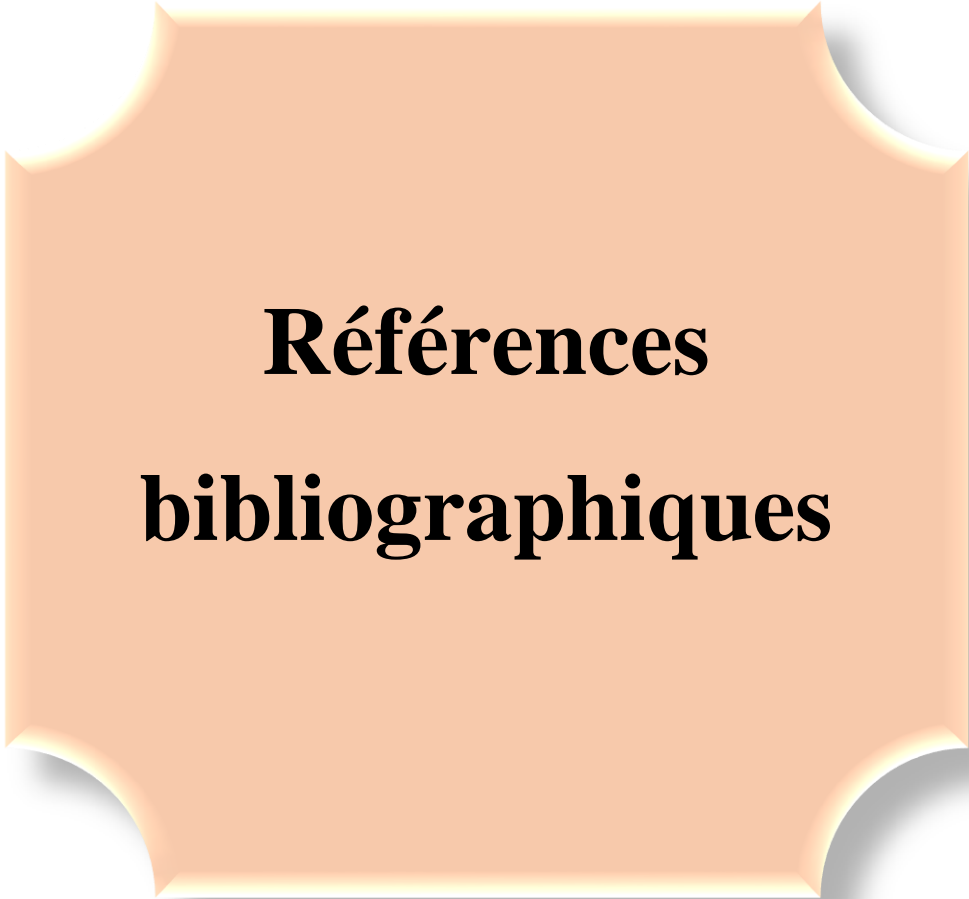
Nous avons effectué sur des échantillons Gobelet, Bouteille d'eau, Sachet du lait et Sachet couleur bleue, des tests chimiques (test du pH, test à la soude, test du solvant) et des analyses par Spectroscopies Infrarouge pour les identifier et les caractériser.

Le test du Ph, test du solvant et le test à la soude nous ont permis d'avoir une idée sur la nature des différents échantillons utilisés.

L'analyse par spectroscopie infrarouge des échantillons étudiés nous a confirmé que :

- L'échantillon Gobelet est en PVC ;
- L'échantillon Bouteille d'eau est en Poly téréphtalate d'éthylène (PET) ;
- Les échantillons sachet du lait et Sachet couleur bleue sont en polyéthylène (PE).

Pour approfondir la présente étude, nous suggérons d'utiliser d'autres techniques analytiques tels que : chromatographie sur gel perméable (GPC) et analyse thermogravimétrique différentielle (ATG)... pour identifier les différents additifs contenus dans ces échantillons afin de voir leurs impacts sur l'environnement.



**Références
bibliographiques**

ABDELMALEK F, 2007 ; « Centre d'enfouissement technique de oued-falli de Tizi- Ouzou». Mémoire de fin d'étude. UMMTO, 65p.

ADDOU A, 2009 traitement des déchets : valorisation élimination. Ed. ELLIPSE, Paris, 282p.

ALOUEIMINE P, 2006. Optimisation du système de gestion des déchets solides municipaux de la commune d'Ouagadougou. Mémoire DEA en économie. Université de Ouagadougou, 86p.

ANDRE S, 2000. Etude des stratégies de réponse au problème des macro-déchets rejetés sur le littoral. Rapport final. Secrétariat Général de la Mer. 46p.

ANONYME, 1999. Les emballages plastiques : de la fabrication à la valorisation. En ligne, <https://www.cercle-recyclage.asso.fr/images/stories/politique-nationale/pdf/plastique.pdf> .

ANONYME, 2001. Article N°5 de la loi 01-19 du 12 décembre, 8p.

ANONYME, 2003 Guide des déchets à l'auvergne. Ed. Délégation régionale, Auvergne Clément Ferrand, 95p.

AZEM S, 2007 « Mélanges de polymères : Application à la Récupération et au Recyclage des Déchets », working paper, UMMTO, 39p.

BALET J-M, 2005 : Gestion des déchets, aide-mémoire. Ed DUNOD, 230p.

BENETTE. O, 2010. Continent of rubich :sectionscience and environnement.

BENMEKIDECHE-GOUISSEM, L, 2015 Etude de l'effet des paramètres de transformation et des extenseurs de chaînes sur les propriétés du poly (éthylène téréphtalate). Mémoire de master, Université de Sétif, 21p.

BENNADIR S, 2012 : « La gestion des déchets ménagers : cas d'étude du centre d'enfouissement technique de "Bamendil" Ouargla ». Mémoire de MASTER, 8p.

BERNARD P- A., et DELAPORTE A, 2007 « Nos déchets en question : Mythes et arnaques rudologiques », édition ADICE, 45p.

BOUKEZZIL, 2007 Influence du vieillissement thermique sur les propriétés de polyéthylène Réticulé Chimiquement utilisé dans l'isolation des câbles de haute tension, thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.

BOWMER, T et KERSHAW, P, 2010. Proceedings of the GESAMP International Workshop on microplastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulating and toxic substances in the ocean. Paris : UNESCO-IOC, 11p.

CHERFA,N, 2007 Résistance à l'impact d'un polypropylène recyclé, Thèse Magister, Université M'hamed Bougara de Boumerdès, 38p.

CLAESSENS, M., MEESTER, S. D., LANDUYT, L. V., CLERCK, K. D. & JANSSEN, C. R, 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. Mar. Pollut. Vol, 62p.

DAMIEN A, 2004 Guide du traitement des déchets. 3^{ème} édition, Paris, 430p.

DESACHY C, 2001 : Sensibilisation a une gestion écologique. 2^{ème} édition. TEC et DOC, 70p.

DERRAIK J.G.B, 2002- The pollution of the marine environment by plastic debris. Marine Pollution Bulletin, 44, p 842-852.

DOYLE M; WASTON W; BOWLIN N; SHEAVLY S, 2011- Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. Marine Environmental Research, pp 41-52.

Duval C, 2004 Polypropylène PP. Technique de l'ingénieur, Article, AM3320.

Duval C, 2004. Matières plastiques et environnement : Recyclage, Biodegradabilité, Valorisation, Ed. Dunod, Paris.

Duval C, 2009 les matières plastiques, Ed. Dunod, 2009)

(E.V. Antonakou, E. Koutsokosta, A.A. Lappas, Chemical recycling of polymers from waste electric and electronic equipment, Appl. Polym. Sci. Vol. 114, pp 212-221).

DUVAI, 2009 Matière plastiques et environnement, recyclage, valorisation, biodégradabilité et éco-conception. 2^{ème} édition. DUNOR. 336p.

FRANCK C.C, 2013 . Les plastiques en débat. FRANCE : COLLEGE CESAR FRANCK, 4p.

FRANEKER VAN J.A, 1985- Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar. Marine Pollution Bulletin, pp 367-369.

FUZESSERTY.S Polyéthylène basse densité", Techniques de l'ingénieur, A 3310, pp 1-34.

GUILLOT.D, 1998 JANVIER « groupe de travail PVC, C.E.S », 6p.

HAMOUCHE L, HOUALI M, 2011. « Contribution à l'étude de l'état du fonctionnement du centre d'enfouissement technique (CET) d'Oued Falli (Tizi-ouzou) ». Mémoire de fin d'étude. UMMTO, 31p.

HENRY M, 2010- Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer. Rapport final, 64p.

JAMBECK J R. ; al (2015), 'plastic waste inputs from land into the ocean', Science, 347 (6223), pp.768-771.

JORA.2001. La loi relative à la gestion au contrôle et à l'élimination des déchets loi N°01-19. Journal officiel de la république algérienne N°77 en 2001,-uh, 8p.

MALLORY M L; G.J ROBERTSON. et A MOENTNG, 2006- Marine plastic debris in northern fulmars from Davis Strait, Nunavut, Canada. Marine Pollution Bulletin, pp 800-815.

MAHIOUT SORAYA, 2014 Mettre en valeur ou bannir le polystyrène-Approche dans un cadre de développement durable, thèse de doctorat, université SHERBOCK.

METALSI-TANLF, 1986 « étude de praticabilité d'utilisation d'engrenages plastiques dans une pompe », mémoire de doctorat en sciences appliquées (thèse de doctorat, université de Montréal, France).

MIYAKI H; SHIBATA H. et FURUSHIMA, 2010- Deep-Sea Litter study using Deep -Sea observation Tools. Marine Pollution Bulletin, pp 261-269.

NECHAD A, 2009 . "Elaboration d'une membrane de filtration d'eau à base de polyéthylène à basse densité et de gypse de Bouzgaïa" , mémoire de magister, Université Hassiba Benbouali ,Chlef.

NOLLET P., 1996 : Problème d'environnement. Ed .TEC et DOC, 228p.

OULET, 1997 généralité sur les déchets cours.

PAN Z, GUO H, CHEN H, WANG S, SUN X, ZOU Q, ZHANG Y, LIN H, CAI S, HUANG J, 2019 Microplastics in the Northwestern Pacific: abundance, distribution, and characteristics. Sci Tot Environ, 650 pp 1913-1922.

PIKUDA O, GENBO XU, E, BERK D, TUFENKJI N, 2019 Toxicity assessments of micro- and nanoplastics can be confounded by preservatives in commercial formulations. Environ Sci Technol Lett, pp 21-25.

QUEBAUD M,1996 'Caractérisation des granulats recyclés - Etude de la composition et du comportement de bétons incluant ces granulats', Thèse de doctorat, Université d'Artois, France, décembre.

REYNE.M, 1998 Technologie des plastiques, HERMES, Paris p24.

RICOUR J ET BARRES A-L, 1994 : Sites pollués et déchets, 750 définitions pour un langage commun. Ed BRGM, 128p.

RIOS L.M; MOORE C ; JONES P. R, 2007- Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulltin.

SMALL, C. & NICHOLLS, R. J, 2003. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. J. Coast. Res.

TABEAUD M et HAMEZ G, 2000 les déchets à l'université de la Sorbonne.

TIMMERS M.A; KITCHERS C.A; et Donohue M.J, 2005- Marine Debris of the Northwestern Hawaiian Islands : Ghost Net Identification. University of Hawaii Sea Grant Publication.

VERNE.J, 1976 « les plastiques », Edit. Q.S.J, Paris 9p.

ZDENEK HRUSKA., PATRICE GUESNET., CHRISTIAN SALIN et JEAN-JACQUES., DIENE A, 2007, « Les déchets plastiques ». Technique de l'ingénierie : Réf AM3325N3).