



## Département Génie de Procédés

### Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme  
de Licence professionnalisant en :

### Génie Chimique Industriel

### Thème :

**Fabrication de tubes en Poly Chlorure de Vinyle (PVC) et  
en Polyéthylène Haute Densité (PEHD).**

**Réalisé par :**

SAKHRAOUI Meriem

**Encadré par :**

MERAKCHI Akila

M.A.A /Enseignante

**Tuteur de l'entreprise :**

MEZHOUD Manel

K-Plast (Sétif)

## REMERCIEMENT

*En premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour dépasser toutes les difficultés.*

*En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur Mme A.MARAKCHI, pour la confiance et le soutien qu'elle m'a accordée tout le long de ce travail et pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable.*

*Je tiens aussi à remercier l'ensemble du personnel de K-Plast pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portés à mon travail, et en particulier au responsable du laboratoire Mme Manel, J'aimerais aussi la remercier pour le soutien qu'elle m'a accordé, et ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.*

*Dans l'impossibilité de citer tous les noms, mes sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.*

*Enfin, je n'oublie pas de remercier tout le corps professoral de l'Institut, pour le travail énorme qu'elle effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.*

## **DEDICACES**

**Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout puissant.**

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement :

*A mes chers parents, qui m'ont aidé de près et de loin.*

✓ *A mes chères sœurs et chers frères*

✓ *A toutes mes chères amies*

✓ *A toute l'équipe de K-Plast*

✓ *A toute ma famille, qui porte le nom SAKHRAOUI*

*A tout ceux qui ont participé à l'élaboration de ce modeste travail et tous ceux qui me sont chers.*

## Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

### **Chapitre I: Présentation de l'entreprise**

I.1 Description de K-Plast .....	2
I.2 Activités .....	3
I.3 Organigramme de l'entreprise .....	5

### **Chapitre II: Polymères synthétiques, PVC et PE**

II.1 Polymères synthétiques .....	6
II.1.1 Définition d'un polymère .....	6
II.1.2 Applications des polymères .....	7
II.2 Polyéthylène (PE) .....	8
II.2.1 Définition .....	8
II.2.2 Structure du PE .....	9
II.2.2 Différents types de polyéthylène .....	9
II.3 Polyéthylène haute densité (PEHD) .....	10
II.3.1 Présentation.....	10
II.3.2 Propriétés du PEHD.....	10
II.3.3 Avantages et Inconvénients du PEHD.....	11
II.4 Poly chlorure de vinyle (PVC) .....	12
II.4.1 Structure du PVC .....	13
II.4.2 Propriétés du PVC.....	13
II.4.3 Domaine d'utilisation du PVC .....	14
II.5 Mises en forme des polymères .....	14
II.5.1 Extrusion.....	15

### **Chapitre III Fabrication des tubes en PVC et en PEHD**

III.1 Matière première .....	18
III.2 Stockage de matière première .....	18

III.3 Ligne de production de tube en PVC .....	19
III.3.1 Préparation de la matière première .....	19
III.3.2 Ligne d'extrusion.....	19
III.3.3 Coextrusion.....	20
III.3.4 Finition.....	20
III.3.5 Caractéristiques des tubes en PVC.....	22
III.4 Ligne de production de tube en PEHD.....	23
III.4.1 Caractéristiques des tubes en PEHD gaz.....	24
III.4.2 Caractéristiques des tubes en PEHD eau.....	25
III.5 Contrôle de qualité .....	26
III.5.1 Essais .....	26
III.6 Stockage de produit fini .....	31
III.7 Recyclage .....	32
Conclusion.....	34

## *Liste des abréviations*

**FN** : normes françaises

**PE** : polyéthylène

**PEHD** : polyéthylène à haute densité

**PVC** : polychlorure de vinyle

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Tubes en PVC.....	4
<b>Figure 1.2:</b> Tubes des eaux en PEHD.....	4
<b>Figure I.3:</b> Tuyaux en PEHD / gaz.....	4
<b>Figure I.4 :</b> Tuyaux en PE pour réseaux de télécommunication.....	4
<b>Figure I.5 :</b> Organigramme de l'entreprise.....	5
<b>Figure II.1:</b> Différentes dimensionnalités du polymère.....	7
<b>Figure II.2 :</b> Quelques exemples d'application des polymères.....	8
<b>Figure II.3:</b> Structure du polyéthylène.....	9
<b>Figure II.4:</b> Polymérisation du PE.....	9
<b>Figure II.5 :</b> Structure des différents polyéthylènes.....	10
<b>Figure II.6:</b> Schéma global de la polymérisation du PVC .....	13
<b>Figure II.7 :</b> Formule structurale du PVC.....	13
<b>Figure II.8:</b> Procédé d'extrusion.....	16
<b>Figure III.1:</b> Stockage de matière première.....	18
<b>Figure III.2 :</b> Mélange du PVC avec les additifs dans le malaxeur.....	19
<b>Figure III.3:</b> Extrudeuse.....	20
<b>Figure III.4:</b> Etape de marquage.....	20
<b>Figure III.5:</b> Exemple de tube en PVC.....	21
<b>Figure III.6:</b> Sécheurs (silos).....	23
<b>Figure III.7:</b> Schéma résumant la ligne de production des tubes en PEHD.....	23
<b>Figure III.8:</b> Exemple d'éprouvette.....	26
<b>Figure III.9:</b> Machine de traction.....	27
<b>Figure III.10:</b> Extrudâts.....	28
<b>Figure III.11:</b> Machine KAY NESS.....	28
<b>Figure III.12 :</b> Détermination de la masse volumique.....	30
<b>Figure III.13 :</b> Stockage des tubes destinés pour gaz.....	32

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau II.1</b> : Propriétés du PEHD.....	11
<b>Tableau III. 1</b> : Caractéristiques des tubes en PVC.....	22
<b>Tableau III. 2</b> : Caractéristiques de tubes de gaz en PEHD.....	24
<b>Tableau III. 3</b> : Caractéristiques des tubes d'eau en PEHD.....	25
<b>Tableau III.4</b> : Critères d'acceptation de l'essai de traction.....	27
<b>Tableau III.5</b> : Critères d'acceptation (indice de fluidité).....	29
<b>Tableau III.6</b> : Critères d'acceptation (détermination de la masse volumique).....	31
<b>Tableau III.7</b> : Critères d'acceptation (Fissuration sur tube entaillé).....	32

# Introduction

## **Introduction**

L'arrivée des matières plastiques a permis de réaliser des tuyaux dont les caractéristiques mécaniques sont certes plus faibles que pour la fonte ou le béton, mais leur caractère viscoplastique permet, sous une déformation constante, d'avoir une contrainte qui diminue avec le temps, voire s'annule. Cette caractéristique est très importante pour les tuyaux d'évacuation et de distribution (utilisés dans les réseaux urbains) qui sont enterrés et subissent des déformations importantes dues à l'enfouissement. Leur résistance à la pression interne du fluide n'est donc pas diminuée s'ils sont déformés, contrairement aux tuyaux en acier ou fonte qui subissent une rupture de type fragile en cas de déformation trop importante. L'utilisation de polymères résistant aux hautes températures a étendu l'utilisation des matériaux polymères à la distribution d'eau chaude dans la maison, pour le sanitaire ou le chauffage. Souplesse, facilité de mise en œuvre et neutralité chimique des matières plastiques sont aussi utiles lors de la production de cathéter pour le domaine médical. Enfin, cette souplesse, associée à la résistance mécanique d'une armature métallique tressée, permet la fabrication de tuyaux techniques résistant aux hautes pressions (tuyaux hydrauliques et tuyaux ombilicaux de plate-forme pétrolière).

Tous ces tuyaux sont fabriqués par extrusion, qui est un procédé de fabrication de pièces de section droite constante. Quelle que soit l'extrudeuse, sa fonction est de plastifier la matière afin de la pousser dans la tête d'extrusion (ou de conformation).

Ce manuscrit est présenté en trois chapitres : le premier résume une présentation de l'entreprise K-Plast (Sétif) où il a été effectué le stage pratique de ce travail , le deuxième chapitre présente une partie théorique sur les polymères synthétiques plus particulièrement le polychlorure de vinyle et le polyéthylène et le troisième chapitre qui représente la partie expérimentale de ce travail, est destiné à la description des étapes de fabrication des tubes en polychlorure de vinyle et des tubes en polyéthylène.

# Chapitre I



## Présentation de l'entreprise

## **Chapitre I : présentation de l'entreprise**

### **I.1. Description de K-Plast**

**k-plast** société par action simplifiée est active depuis 42 ans elle est spécialisée dans le secteur d'activité de la fabrication de pièces technique à base de matières plastiques. Surplombant les hauts plateaux majestueux de Sétif, le groupe K- PLAST est à l'image de la grandeur qui caractérise la région d'El HIDDHAB, elle est basé sur la plaine de MEZLOUG, à la DAÏRA D'AIN R'NAT, le Groupe K-PLAST s'est confirmé parmi les leaders de l'industrie en Algérie.

Parmi les nombreuses entreprises à caractère industriel implantées en région Sétifienne, le Group K-Plast, grâce notamment à :

- La diversité des activités de ses nombreuses Unités.
- Aux énormes moyens matériels utilisés pour la satisfaction de ses clients.
- A l'importance et à la qualité des personnels employés.
- A son rayonnement à l'échelle régionale et nationale.
- A la qualité de sa gestion certifiée ISO 9001 Version 2000 depuis décembre 2003.

Elle est créée en 1998, situé à la zone industrielle de Sétif, spécialisée dans la transformation du PVC et PEHD, elle évolué rapidement et pris une place parmi les premières au niveau du marché national. Elle a réussi à s'imposer comme leader dans sa branche et surtout comme exemple de sérieux tant par ses différents partenaires que par toutes les institutions avec lesquelles il est en relations professionnelles (administrations financiers, fiscales, sociales...etc...). Et avec un effectif de plus de 600 salariés d'une moyenne d'âge de 28ans.

Le groupe K-Plast se compose de sept unités de production dont trois sont regroupées à MEZLOUG :

- L'Unité De Polystyrène (SARL K-Plast)
- L'Unité De Bitume Oxydé et routier. (SARL I.G.B.S)
- L'Unité De Fabrication de Buses en Béton. (SARL Sétif Canal)
- L'unité de production de tube PVC, PEHD implanté à la zone industrielle de Sétif.
- L'unité de production de tube en PEHD Gaz implanté à la zone industrielle de Sétif.
- Unité de fils émaillés de Sétif implanté à la zone d'activité de Sétif.

- Unité de production de tous types de câble implanté à la nouvelle zone industrielle de Sétif.

Le groupe des extensions continues, des partenaires et clients de taille, le groupe envisage le déploiement de ses activités, pour s'investir au littoral algérien afin de consolider son leadership dans le pays.

A centre 5 km du grand port de DJENDJEN dans la wilaya de Jijel, K-PLAST dispose d'un centre de stockage et de transit de Bitume 40/50 d'importation, fonctionnel depuis début 2008.

Prévus pour fin 2010, un autre centre de stockage et distribution de Bitumes d'importation sera inauguré au nouveau port de Skikda, pour assurer l'approvisionnement régulier des entreprises de travaux publics implantées dans les wilayas.

Conscient de son rôle de partenaire à part entière et de premier plan avec le service public, le Groupe K-Plast attache une importance capitale à la qualité de ses produits et répond à toutes les exigences dictées par ce dernier, d'où des accords et conventions signés avec les organismes étatiques qui attestent de la qualité certifiée et conforme des produits K-Plast.

### **Principaux clients et donneurs d'ordres**

#### **➤ Les grands clients :**

DHW, ADE, ONA, SONATRACH, SONALGAZ, E.M.I.V.A.R, SOTHYL, EWER CONSORTUEM, ALGERIE, TELECOM, MAN-INTER NATIONAL, COOJAL, DAWOO, SEEAL, SEATA, SEOR, URBA BATNA, ORASCOM et les grandes entreprises de bâtiment et travaux publics, auto construction, administrations et entreprises publiques, agriculteurs,...

## **I.2. Activités**

**Tubes PVC** : pression et écoulement de diamètre nominaux allant de 25mm à 630mm ; destinés à l'adduction de l'eau potable, l'irrigation.



Figure I.1: Tubes en PVC.

**Tube en PEHD :** destinés à l'adduction de l'eau potable de diamètre nominaux allant de 25mm à 630mm et de pression allant PN04 à PN25.



Figure 1.2: Tubes des eaux en PEHD.

**Tubes en PEHD :** destinés à transport et au branchement Gaz de diamètre nominaux à de 25mm à 630mm. Produit homologué par SONEGAS.



Figure I.3: Tuyaux en PEHD / gaz.



Figure I.4 : Tuyaux en PE pour réseaux de télécommunication

I.3. Organigramme de l'entreprise

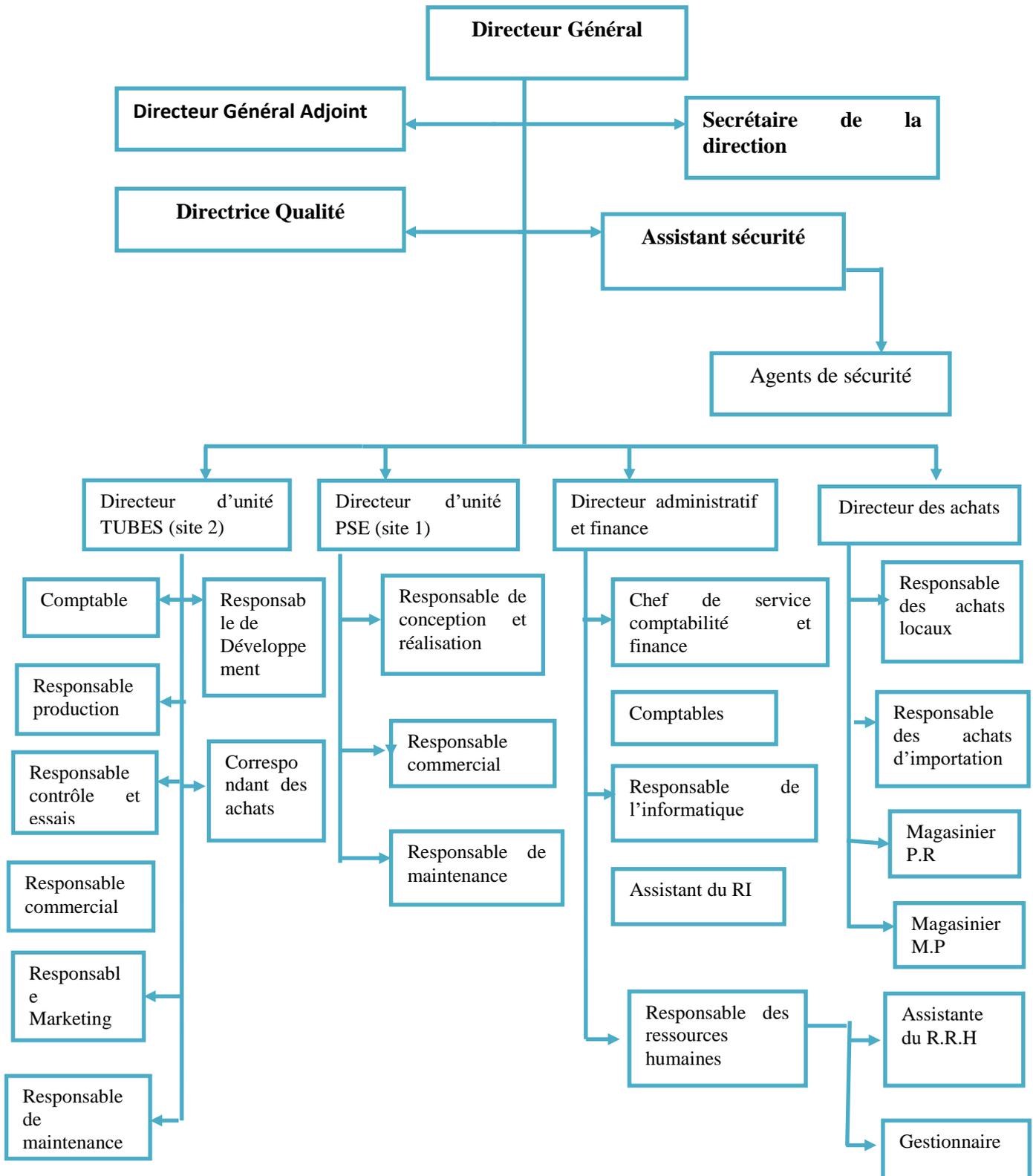
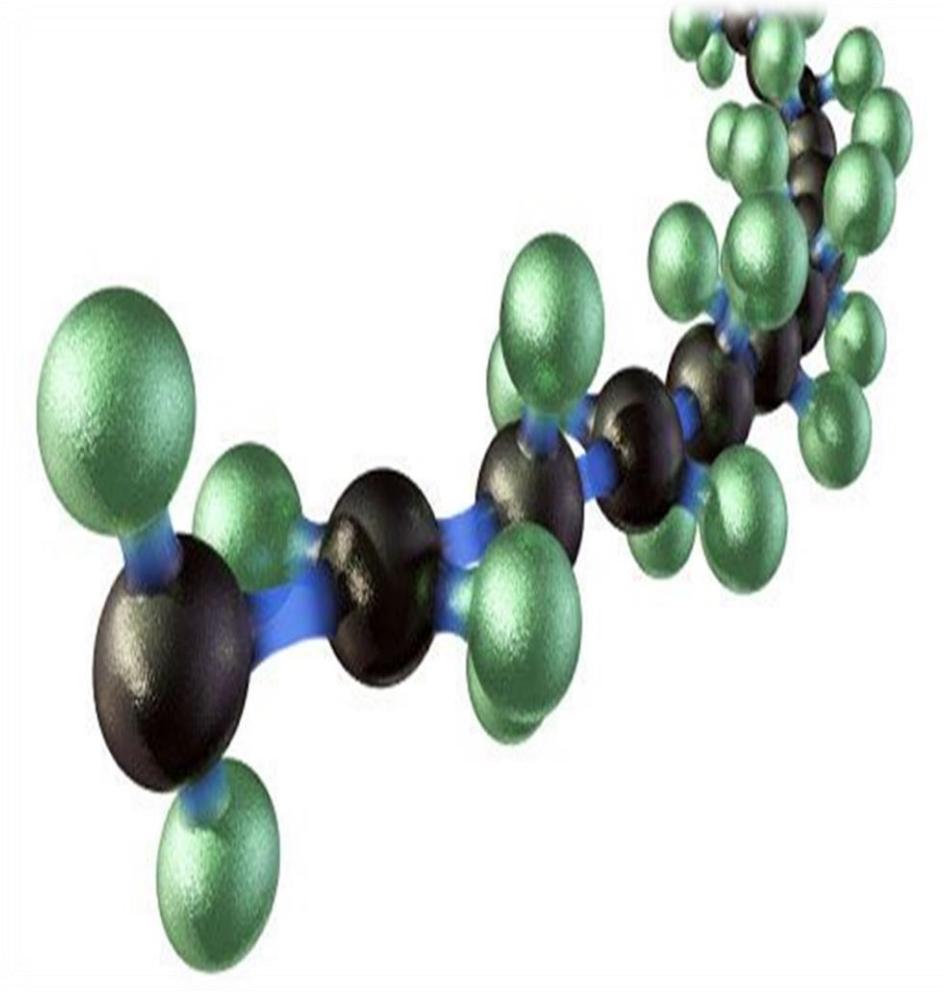


Figure I.5: Organigramme de l'entreprise.

# Chapitre II



**Généralités sur les polymères  
synthétiques, PVC et PE**

**Chapitre II : généralités sur les polymères, PVC et PEHD.**

Un matériau est appelé plastique, qu'il soit naturel ou synthétique, quand après avoir été déformé par une action externe (température + contrainte, pression, ...), il conserve la forme acquise après la fin de cette action. Il vient du mot grec plastikos qui signifie modelable. Scientifiquement, il a le nom polymère, qui veut dire en grec plusieurs unités.

Depuis plusieurs décennaires, les matériaux polymères ont vu leur utilisation croître dans divers domaines. Les applications liées aux canalisations sous pression (transport d'eau potable, d'eau chaude, d'eau usée ou encore de gaz) en sont un exemple. En effet, leur facilité de mise en œuvre, leur caractéristiques mécaniques variées, sont autant d'atouts qui ont conduit les opérationnels à privilégier ce type matériaux.

**II.1. Les polymères synthétiques****II.1.1. Définition d'un polymère**

Le mot polymère d'origine Grec, est composé de deux mots, « polus » qui veut dire plusieurs et « meros » qui veut dire partie.

Les polymères sont des matériaux composés de très longues chaînes (macromolécules), elles-mêmes formées de molécules élémentaires (monomères) assemblées entre elles. Ces chaînes sont principalement constituées d'atomes de carbone sur lesquels sont fixés des éléments comme l'hydrogène ou l'oxygène. D'autres éléments, notamment le chlore, l'azote ou le fluor, peuvent encore intervenir dans la composition de la chaîne. Leur masse molaire est très élevée et souvent supérieure à 10 Kg/mol.

On distingue deux sortes de macromolécules :

**Un homopolymère** : est un polymère qui comporte des motifs monomères tous identiques.

**Un copolymère** : est un polymère qui comporte des motifs monomères de deux ou plus sortes différentes.

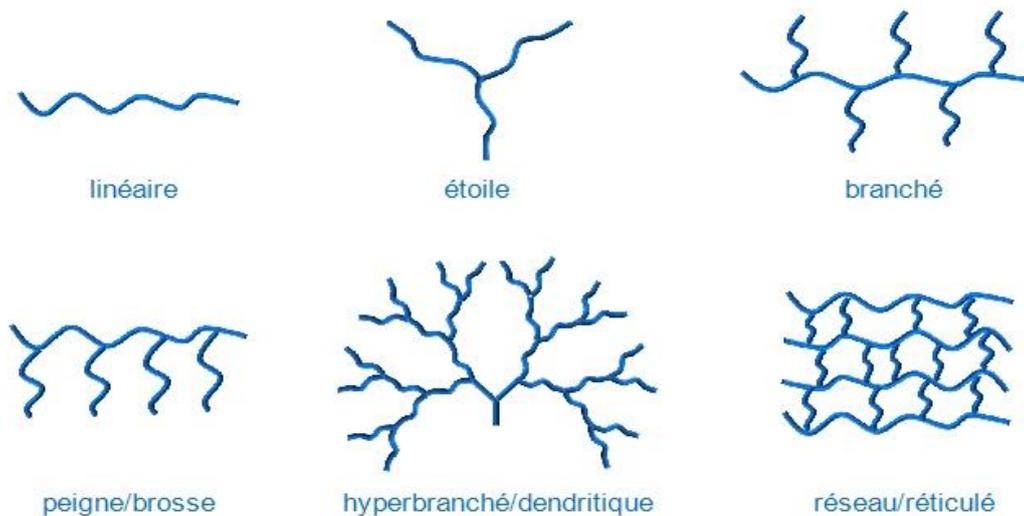
Les polymères peuvent être d'origine naturelle (animale ou végétale) ou d'origine synthétique. Les macromolécules naturelles sont les caoutchoucs, les polysaccharides, le glycogène, l'ADN, les protéines... Les macromolécules synthétiques sont représentées par exemple par le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, le PVC, le PTFE, les polyesters,

les polycarbonates, les polysiloxanes, les polyamides...ces macromolécules peuvent s'écrire simplement selon la notation  $-[M]-n$  ou

**M** est le motif monomère (motif de répétition).

**n** est le degré de polymérisation ; nombre de fois que l'on rencontre M dans la macromolécule.

Il n'existe pas de restriction formelle à la composition d'un polymère, ainsi nous trouvons des polymères :



**Figure II.1:** Différentes dimensionnalités du polymère.

### II.1.2. Applications des polymères

Les polymères jouent un rôle très intéressant à cause de :

- Leurs propriétés, thermiques, optiques, électriques et chimiques, mécaniques et élastiques
- Abondance et disponibilité à coût réduit.
- Possibilité d'avoir des matériaux de toutes les formes et de tous les types de forme et l'épaisseur.
- Taux de vieillissement faible en fonction du temps.
- Flexibilité et légèreté.

Les polymères sont fortement utilisés dans : (Figure II.2)

- l'emballage des produits alimentaires et l'emballage de transport,
- les secteurs du bâtiment,
- les secteurs de l'automobile et l'aéronautique et les bateaux,
- l'industrie de l'électroménager, du textile, de l'électricité et de l'agriculture.



**Figure II.2 :** Quelques exemples d'application des polymères.

## II.2. Le Polyéthylène

### II.2.1. Définition

Polyéthylène est un nom générique utilisé afin de décrire les polyoléfines issues de la polymérisation de l'éthylène.

Ce sont probablement les polymères les plus couramment utilisés, en effet généralement ils sont employés pour la fabrication des sacs plastiques, des bouteilles d'emballage et de certains jouets et de tubes de canalisation.

Le polyéthylène est le plus inerte chimiquement de tous les matériaux bruts en plastique, et par conséquent extrêmement résistant aux produits chimiques et à la corrosion.

Le polyéthylène, ou polythène est un des polymères les plus simples et les moins chers [1]. C'est un matériau semi cristallin obtenu par la polymérisation de l'éthylène. C'est un plastique. Son nom vient du fait qu'il est le polymère obtenu par la polymérisation des monomères d'éthylène ( $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ) en une structure complexe de formule générique :  $-(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n-$  menant à des macromolécules composées par la répétition du motif  $-(\text{CH}_2)-$

### II.2.2. Structure du PE

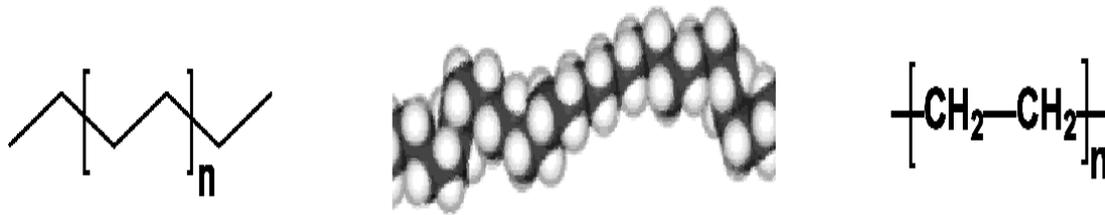


Figure II.3: Structure du polyéthylène [1].

La polymérisation du polyéthylène est représentée dans la figure suivante [1]:

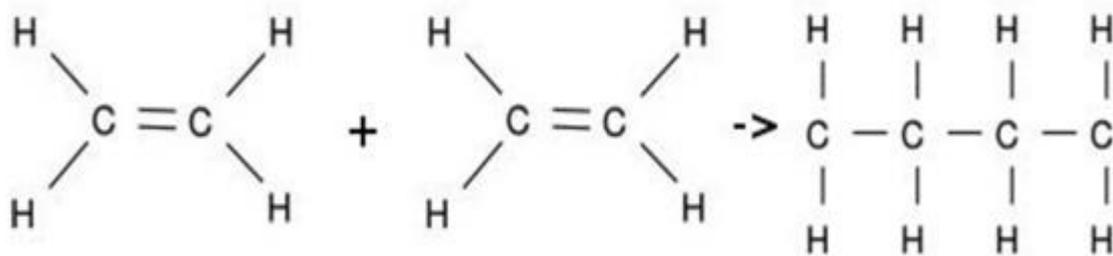


Figure II.4: Polymérisation du polyéthylène.

### II.2.3. Différents types de polyéthylène

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

- Polyéthylène basse densité, PE-BD (en anglais lowdensity polyéthylène, LDPE).
- Polyéthylène à basse densité linéaire, PE-BDL (en anglais linear lowdensity polyéthylène, LLDPE).
- Polyéthylène haute densité, PE-HD (en anglais high-density polyethylene, HDPE).
- Polyéthylène à masse molaire élevée, PE-UHPM (en anglais ultrahigh-molecular-weight polyethylene, UHMWPE).
- Polyéthylène réticulé, PE-R (en anglais cross-linked polyethylene, PEX).
- Polyéthylène réticulé à haute densité, PE-RHD (en anglais high density cross-linked polyethylene, HDXLPE).



- Masse molaire moyenne.		g/mol	10000
<b>MECANIQUES</b>			
- Contrainte à la Rupture.	BS.2782 :301.E	MPa	13 – 25
- Module de traction.		MPa	200 – 300
- Module de flexion.		MPa	60 – 400
- Dureté (shore).		Échelle D	41 - 60
<b>THERMIQUES</b>			
- T° de fusion.		°C	120 - 136
- T° Vicat.	BS.2782 : Pt.2	°C	85 – 87
- Tg.	ASTM : D955-51	°C	Environ –110
- Plage de T° de résistance.		°C	De – 70à + 60
- Retrait au moulage.		%	1.5 – 3.5
<b>ELECTRIQUES</b>			
- Cte diélectrique 1MHz.	BS.2782 : Pt.2	$\Omega$ .cm	2.25 – 2.35
- Résistivité volumique.			$> 10^{18}$

### II.3.3. Avantages et Inconvénients du PEHD

#### II.3.3.1. Avantage

- Mise en œuvre aisée.
- Excellentes propriétés d'isolation électrique.
- Résistance aux chocs.
- Grande inertie chimique.
- Qualité alimentaire
- Perte du caractère perméable des PE que ce soit à l'eau, mais aussi à l'air et aux hydrocarbures [5].

#### II.3.3.2. Inconvénients

- Sensibilité aux UV en présence d'oxygène.
- Sensibilité à la fissure sous contrainte.

- Mauvaise tenue à la chaleur.
- Collage important [5].

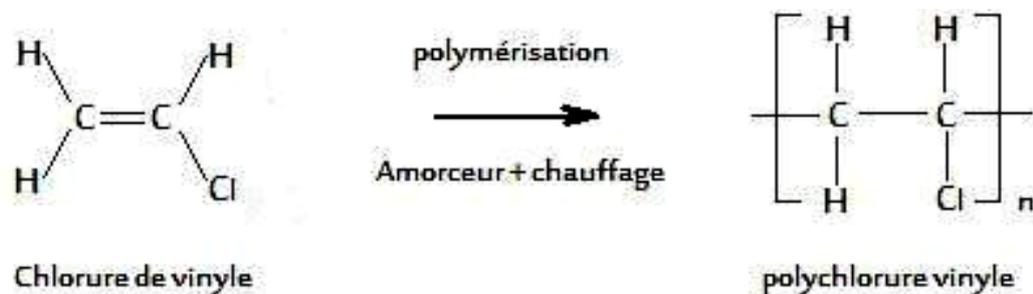
#### II.4. Poly chlorure de vinyle (PVC)

Le PVC est la deuxième matière plastique la plus utilisée dans le monde, après le polyéthylène [5].

Le poly (chlorure de vinyle), dont le symbole international PVC découle de l'appellation anglaise « Poly Vinyl Chloride », est une matière thermoplastique de synthèse composée de carbone, d'hydrogène et de chlore. Le carbone et l'hydrogène proviennent du pétrole (43 %) tandis que le chlore est originaire du sel (57 %). Comme tous les polymères, le PVC est une longue chaîne composée d'éléments identiques ou monomères. Il s'agit du monomère de chlorure de vinyle ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ). Une molécule de PVC contient 750 à 1500 monomères [6].

La production industrielle du PVC remonte au début des années 1930. C'est un plastique très présent dans notre vie quotidienne car l'ensemble de ses propriétés mécaniques et physiques et son aptitude à être modifié selon les besoins en font un matériau adapté à de multiples usages. Le PVC est présent dans tous les secteurs économiques : bâtiment, emballage, électricité, électronique, biens de consommation, santé, transports. C'est la troisième matière plastique employée dans le monde (20 % de la consommation mondiale totale des plastiques, soit de l'ordre de 28 millions de tonnes) [7].

Le PVC est un membre d'une famille de polymères thermoplastiques (polymères qui sont faciles à mouler et former par chauffage). Il est obtenu par la polymérisation radicalaire en masse ou en suspension du chlorure de vinyle. (Fig. II.6) [5].



**Figure II.6:** Schéma global de la polymérisation du chlorure de polyvinyle [6].

### II.4.1. Structure du PVC

La structure de PVC est une chaîne hydrocarbonée avec un atome de chlore lié alternativement à un atome de carbone sur deux. Le PVC n'est pas totalement amorphe, vu qu'il présente des zones microcristallines basées sur la configuration syndiotactique, dont le taux dépend de la température de polymérisation qui peut atteindre jusqu'à 20% de l'ensemble structural [8].

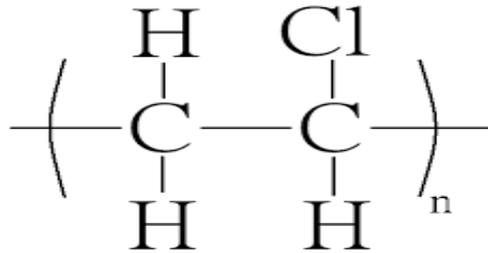


Figure II.7: Formule structurale du PVC [9].

### II.4.2. Propriétés du PVC

#### -Propriétés mécaniques

Le PVC offre une excellente rigidité jusqu'au voisinage de sa température de transition vitreuse, il offre une excellente résistance à l'abrasion, mais il est relativement fragile au choc à basse température (-10 °C) [10].

#### - Propriétés thermiques

- Conductivité thermique : Elle est d'environ  $0.2 \text{ W m}^{-1} \cdot \text{u}^{-1}$ .
- Pouvoir calorifique : Il est de 17 KJ /kg environ, pour le PVC rigide et de valeur supérieure mais variable suivant la formulation pour le poly chlorure de vinyle plastifié [11].

Le poly chlorure de vinyle (PVC) amorphe à une température de transition vitreuse comprise entre 75 et 80°C [8, 12]. C'est – à – dire à température ambiante il est rigide et qu'au-dessus de 90°C, il est caoutchouc (faible résistance, grande déformation). Le PVC est se décompose dans une flamme en libérant de l'acide chlorhydrique gazeux, mais il auto extinguable, les PVC plastifiés brûlent plus facilement [12].

### II.4.3. Domaine d'utilisation du PVC

Dans sa forme rigide, il est très utilisé pour:

- la fabrication de tuyauteries, aisément assemblées au moyen d'un collodion dans le tétrahydrofurane. Cette application est liée à son faible cout, son inertie chimique et sa très bonne résistance à la température ambiante.
- L'emballage alimentaire.
- Le bâtiment.
- Les fibres de PVC.
- Le caractère isolant électrique du PVC lui ouvre le marché du petit matériel électrique.
- Bouteilles, corps creux profilés.
- Plaques, feuilles, films, disques.
- Objets moulés.
- Mousses et divers fibres à la forme plastifie.
- Feuilles, films.
- Revêtement de sols calandrés.
- Revêtement de sols enduits.
- Tissus enduits, papier et câble.
- Chaussure, produits moulés plastique.

### II.5. Mises en forme des polymères

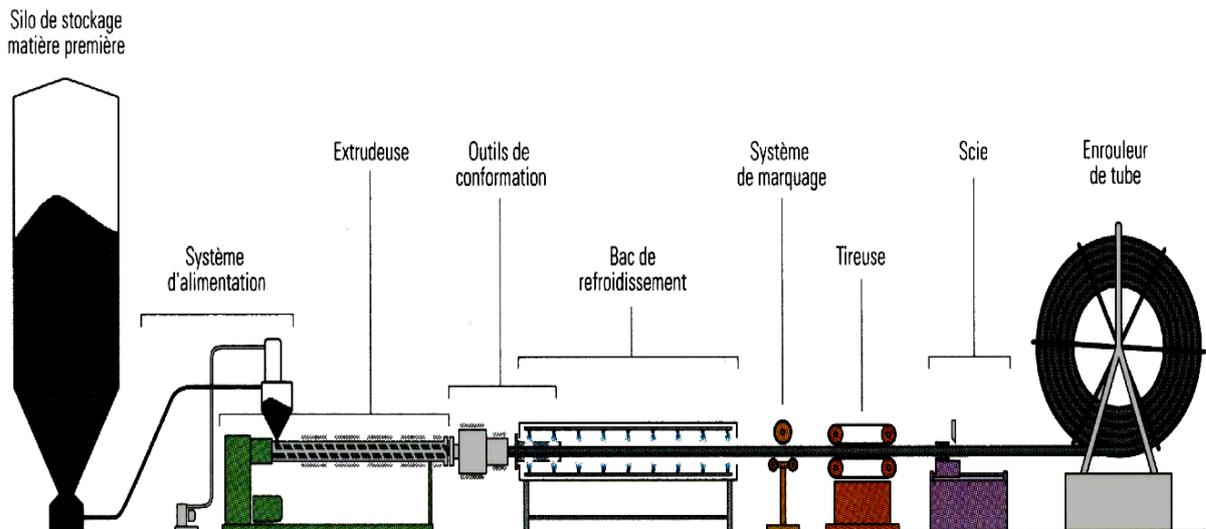
Une fois synthétisés, les polymères se présentent sous forme de poudres ou granulées, prêtes à être transformés en demi-produits ou en produits finis. Il existe également de nombreux procédés de transformation adaptés à la nature du polymère à mettre en œuvre et à la forme finale souhaitée :

- **Injection** : ce procédé permet de donner aux matières plastiques une fois ramollies la forme - simple ou complexe - du moule dans lequel elle a été injectées ; exemples : palettes, coques de télévisions, boîtes, pots, tableaux de bord, ...
- **Rotomoulage** : La matière plastique en poudre est introduite dans un moule clos puis est centrifugée sur les parois chaudes. On obtient par cette méthode des corps creux de gros volume ; exemples : cuves, réservoirs, conteneurs, ...

- **Expansion** : le moussage ou expansion des polystyrènes et des polyuréthanes permet de fabriquer des produits alvéolaires ; exemples : calage, sièges automobiles, ameublement, cassettes, ...
- **Compression** : cette méthode sert à mettre en forme les polymères thermodurcissables ; exemples : pièces plates (vaisselle, accessoires électriques, ...).
- **Calandrage** : ce procédé permet d'obtenir des produits plats de grande largeur par laminage de la matière plastique entre plusieurs séries de rouleaux ; exemples : feuilles, plaques, films, sols plastiques.
- **Enduction** : couplée au calandrage, cette méthode permet de déposer une résine plastique sur un support continu (papier, carton, tissu) en décoration ou en protection ; exemples : revêtement de sols, de murs, mobilier, ...
- **Thermoformage** : après avoir été ramollis sous la chaleur, les demi-produits thermoplastiques (plaques ou feuilles) sont emboutis sur une forme ; exemples : gobelets, pots de yaourts, cuves,...
- **Extrusion** : cette méthode permet de fabriquer des produits en continu ; exemples : profilés, tubes, films, feuilles, sacs, plaques,....
- **Extrusion-soufflage** : les matières plastiques extrudées cette fois en discontinu (préformes) sont ensuite soufflées dans un moule pour en prendre la forme ; exemples : bouteilles, flacons, bidons, réservoirs, conteneurs,....

### **II.5.1. Extrusion**

Les canalisations de polyéthylène ou de PVC sont fabriquées par une technique de transformation appelée « l'extrusion ». L'extrusion consiste à faire passer la matière à travers une filière afin d'obtenir des produits finis tels que des canalisations par un processus technologique continu. Une ligne d'extrusion présente différents éléments, tous indispensables pour fabriquer une canalisation de bonne qualité :



**Figure II.8:** Procédé de d'extrusion.

**Un silo de stockage de la matière première :** permet de stocker la matière dans de bonnes conditions avant son utilisation dans l'extrudeuse.

**Un système d'alimentation :** composé de tuyauterie et d'un système de vide, il permet de transporter la matière du silo jusqu'à la trémie d'alimentation de la ligne d'extrusion.

**L'extrudeuse :** c'est un ensemble constitué par une vis d'Archimède tournant à vitesse contrôlée à l'intérieur d'un cylindre chauffé. La matière est chauffée à une température d'environ 220°C. Cet ensemble a pour fonction :

- De « saisir » la matière et de la transporter par une vis sans fin du point d'alimentation jusqu'à la sortie ;
- Se « plastifier » et de « fondre » cette matière en cours de trajet par chauffage et malaxage entre la vis et le cylindre ;
- De la « forcer », enfin, à travers un outillage (filière – poinçon),

**Les outils de conformation :** ils permettent de calibrer la canalisation pour lui donner sa forme dans ses dimensions définitives, puis la refroidir. Cette opération se fait sous vide afin de maintenir les dimensions de la canalisation le temps de figer la matière par refroidissement.

**Les bacs de refroidissement :** ils permettent d'évacuer la chaleur accumulée et d'assurer une bonne cristallisation de la matière. Ce dernier point est très important afin de conférer à la canalisation polyéthylène toutes ses caractéristiques mécaniques.

**Le système de marquage :** ce système permet d'inscrire sur la canalisation des éléments d'information (diamètre, épaisseur, etc..) et de traçabilité (N° lot, date de fabrication, etc...). Trois systèmes de marquage sont aujourd'hui utilisés : marquage à chaud, marquage jet d'encre ou marquage laser.

**La tireuse :** cet équipement est essentiel car c'est lui qui définit la vitesse de fabrication de la ligne d'extrusion. La tireuse est asservie à l'extrudeuse afin d'assurer des caractéristiques dimensionnelles constantes pour la canalisation en cours de fabrication.

**La scie :** cet équipement permet de couper la canalisation à la longueur souhaitée. La scie est conçue pour éviter tout endommagement sur la canalisation.

**L'enrouleur de tube :** Cet équipement permet de conditionner la canalisation en couronne ou sur touret. Dans le cas de fabrication en barre droite, la canalisation est directement positionnée dans des palettes.

# Partie expérimentale

# Chapitre III



**Fabrication des tubes en PVC et  
en PEHD**

### **Chapitre III : fabrication des tubes en PVC et en PEHD**

L'objectif de la partie expérimentale de ce travail est la fabrication des tubes en PVC pour assainissement et pour bâtiment et en PEHD destinés pour canalisation gaz et canalisation eau par le procédé d'extrusion. En premier lieu, on cite les matières premières utilisées pour fabriquer ces tubes et en deuxième étape, on va décrire les différentes étapes suivies pour fabriquer.

#### **III.1. Matière première**

La matière première utilisée pour fabriquer les tubes en PVC et en PEHD est la suivante :

- ✓ PVC poudre ;
- ✓ Stabilisant thermique (à base de Pd 28% ou à base de Zn) ;
- ✓ Une charge  $CaCO_3$  poudre « pour augmenter les propriétés mécaniques et diminue le prix du produit fini »
- ✓ Noir de carbone (pour donner la couleur) ;
- ✓ PEHD granulé.

NB : La société K-Plast importe des matières premières (PVC et PEHD) de plusieurs usines, dont SABIC.

#### **III.2. Stockage de matière première**

Avant son utilisation, la matière première (PVC, PE, les additifs et même la matière recyclée) doit être stockée dans de bonnes conditions (température) pour maintenir sa qualité.



**Figure III.1:** Stockage de matière première.

### III.3. Ligne de production des tubes en PVC

#### III.3.1. Préparation de la matière première

Les tuyaux en PVC sont fabriqués à partir de quatre éléments qui sont la résine PVC sous forme de poudre qui n'est pas stable en elle-même, il faut donc la formuler c'est à dire en lui ajouter des adjuvants à savoir de la craie et d'une certaine proportion du PVC recyclé. Après contrôle de la résine brute (masse volumique, granulométrie) tous les éléments sont mélangés dans un malaxeur. On ajoute à ce mélange du carbone pour donner une teinte grise au produit fini. (Pour certains tuyaux spécialisés dans le forage la teinte sera bleue).



**Figure III.2 :** Mélange du PVC avec les additifs dans le malaxeur.

#### III.3.2. Ligne d'extrusion

La matière première est préparé (le mélange du PVC et les additifs) est ramollie dans un cylindre de plastification chauffé par des résistances électriques (180/200° C) et mise sous une pression de 250 bars, elle est alors à l'état pâteux et suffisamment fluide pour pouvoir passer à travers la tête de l'extrudeuse, appelé filière qui donnera une forme cylindrique qui sera travaillée pour obtenir le tuyau.

Dès la forme cylindrique est obtenue, le tuyau passe dans une chambre de calibrage sous vide, qui va le plaquer contre les parois extérieures et donner ainsi une forme définitive. L'ensemble passe ensuite dans une chambre de refroidissement sous eau tempérée qui va le solidifier.

A ce stade, le tuyau PVC n'est qu'un cylindre en continu.



**Figure III.3:** Extrudeuse.

### **III.3.3. Coextrusion**

Le principe de la Coextrusion est de pouvoir créer une paroi en multicouches simultanément. Dans le cas des tuyaux PVC, pour l'assainissement, le nombre de couches est de trois, avec une couche interne et deux externes en résine pure et une couche centrale plus allégée : l'ensemble de ces couches solidaires qui va, par son effet poutre, donner de la résistance à l'écrasement au tuyau PVC.

### **III.3.4. Finition**

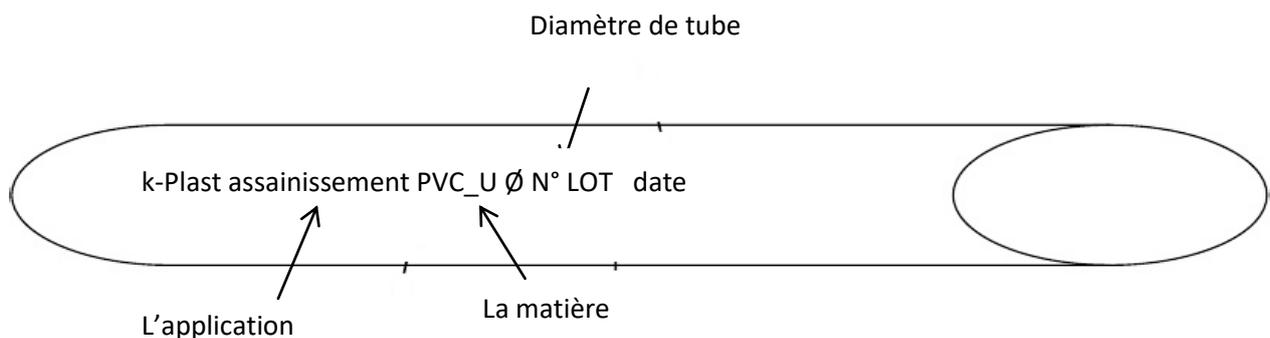
Après extrusion et coextrusion, vient l'étape du marquage qui va permettre de garder la traçabilité de la fabrication et qui sera visible tout au long de la vie du produit.



**Figure III.4:** Etape de marquage.

Sont notés en continu sur le tube : le nom du fournisseur, le nom du produit, son diamètre, sa résistance, son code, le logo NF si le produit y est admis et la mention SP pour « service public ». Pour garantir la traçabilité de la fabrication, on y note également la ligne de fabrication, le jour et l'heure de fabrication. Le tuyau continu est ensuite sectionné à la longueur demandée (3 et 6 mètres pour les tuyaux PVC assainissement et 4 mètres pour les tuyaux PVC bâtiment).

L'extrémité mâle est ensuite chanfreinée pour faciliter l'emboîtement futur des tuyaux entre eux, alors que l'extrémité femelle est réchauffée pour donner une forme de tulipe lisse car elle destinée à être collée pour les tuyaux PVC bâtiment. Pour les tuyaux PVC assainissement, cette tulipe est formée avec une gorge qui sera équipée d'un joint en EPDM, serti. En effet, l'assemblage de ceux-ci se fait toujours par emboîtement sans colle.



**Figure III.5:** Exemple de tube en PVC.

Les tuyaux PVC sont maintenant prêts pour la palettisation et le stockage avant d'être livrés chez les clients.

### III.3.5. Caractéristiques des tubes en PVC

Le tableau suivant résume les caractéristiques des tubes en PVC ainsi fabriqués.

Tableau III.1: Caractéristiques des tubes en PVC.

Caractéristiques	Spécifications
Normes de référence aspect Dimensions	ISO 1452
Température de ramollissement Vicat NF EN 727-2	79°C
Valeur de K	~ 67
Degré de polymérisation	950-1070
Teneur en NC	03%
Retrait à 150°C NF EN 743-méthode A (2)	T<5% absence de cloque
Résistance au choc NF EN 744-méthode (2)	TIR <10%
Gélification à 15°C –30mn NF EN 580-(2)	<b>Pas d'attaque en un point quelconque de la surface de l'éprouvette</b>
Résistance à la pression DIN 8061 $\sigma=420\text{Kgf/cm}^2$	Pression d'essai à 20°C: P <sub>C</sub> =16 Bars

### III.4. Ligne de production des tubes en PEHD

Les tuyaux en PVC et en PE sont fabriqués de la même manière et selon les mêmes étapes (ligne de l'extrusion), sauf pour la première étape, où les tuyaux en polyéthylène : la matière première (PEHD) est séchée dans un sécheur.

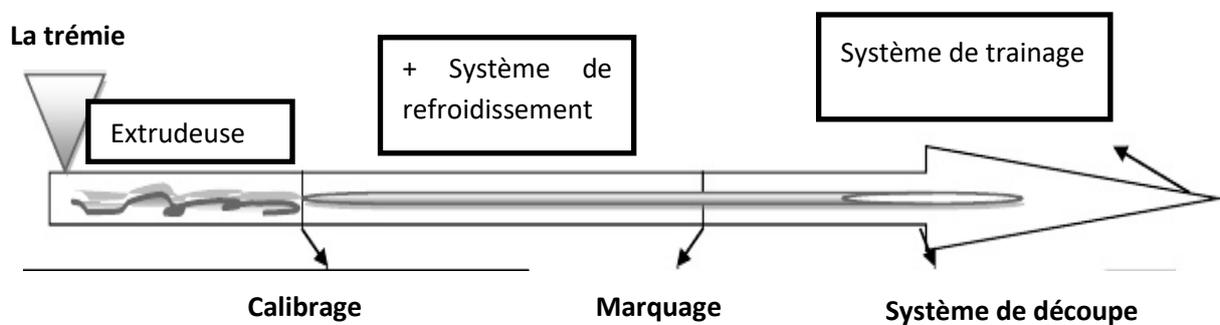
- Le PEHD est transféré dans des sécheurs (silos) pour être complètement séché pour éliminer définitivement l'humidité (0% eau).



**Figure III.6:** Les sécheurs (silos).

Pour récapituler, le schéma suivant résume les étapes suivies pour fabriquer les tuyaux en PEHD à savoir :

- l'étape de l'extrusion où la matière première sous forme de granulés est ramollie dans un cylindre de plastification (extrudeuse) chauffé par des résistances électriques, dans celui-ci tourne une vis sans fin qui pousse de façon continue la matière ainsi plastifiée à travers la filière.
- Après l'obtention du cylindre en PEHD, celui-ci est refroidi puis marqué et enfin découpé en longueur désirée.



**Figure III.7:** Schéma résumant la ligne de production des tubes en PEHD.

III.4.1. Caractéristiques des tube en PEHD de gaz

Les caractéristiques des tubes en PEHD destinés pour gaz sont données dans le tableau suivant.

Tableau III.2: Caractéristiques de tubes de gaz en PEHD.

Caractéristiques et méthodes d'essais	Spécifications	
	PE 80	PE 100
Caractéristiques dimensionnelles	Selon la norme EN 1555(1-7)	
Indice de fluidité à 190°C-5Kg (g/10min) NF EN ISO 1133	0.9 à 1 g/10 min	0.23 à 0.4 g/10 min
Masse volumique ISO 1183	930 à 954 Kg/m <sup>3</sup>	956 à 961 Kg/m <sup>3</sup>
Caractéristiques en traction NF EN 638 (2) ISO 6259	$\epsilon_r \geq 350\%$	$\epsilon_r \geq 400\%$
Retrait à chaud NF EN 743 ISO2505	$\leq 3\%$ Aspect conservé	$\leq 3\%$ Aspect conservé
Résistance à la pression hydraulique EN912 ISO 1167	Pression d'essai : 2 $\sigma_e/d-e$ à 20°C $\sigma=10$ MPa à 80°C $\sigma=4.6$ MPa	Pression d'essai 2 $\sigma_e/d-e$ à 20°C $\sigma=12$ MPa à 80°C $\sigma=5.5$ MPa
Stabilité à l'oxydation à 210°C EN 728 ISO10 837	t >20 min	t > 20 min
Dispersion du noir de carbone ISO 11 420	La note $\leq 3$	La note $\leq 3$
Teneur en noir de carbone ISO 6964	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$

III.4.2. Caractéristiques des tube en PEHD d'eau

Le tableau suivant résume les caractéristiques des tubes en PEHD destinés pour eau.

Tableau III.3: Caractéristiques des tubes d'eau en PEHD.

Caractéristiques et méthodes d'essais	Spécifications	
	PE 80	PE 100
Caractéristiques Dimensionnelles	Selon la norme ISO NA 7700	
Indice de fluidité à 190°C-5Kg (g/10min) NF EN ISO 1133	>0.8g/10 min	0.2à0.3 g/10 min
Masse volumique ISO 1183	≥949Kg/m <sup>3</sup>	≥956Kg/m <sup>3</sup>
Caractéristiques en traction NF EN 638 (2) ISO 6259	σ <sub>e</sub> ≥15MPa ε <sub>r</sub> ≥ 350%	σ <sub>e</sub> ≥19MP ε <sub>r</sub> ≥400%
Retrait à chaud NF EN 743 ISO2505	≤3% Aspect conservé	≤3% Aspect conservé
Résistance à la pression hydraulique EN912 ISO 1167	Pression d'essai : 2 σ <sub>e</sub> /d-e PE80 : à 20°C σ=10 MPa à 80°C σ=4.6 MPa	Pression d'essai 2 σ <sub>e</sub> /d-e PE100 : à 20°C σ=12 MPa à 80°C σ=5.5 MPa
Stabilité à l'oxydation à 210°C EN 728 ISO10 837	t ≥ 20 min	t ≥ 20 min
Dispersion du noir de carbone ISO 11 420	La note ≤3	La note ≤3
Teneur en noir de carbone ISO 6964	≤3%	≤3%
Teneur en matières volatiles	≤350 mg/kg	≤350 mg/kg

**III.5. Contrôle de qualité**

Les produits finis sont systématiquement soumis à des contrôles qualitatifs aléatoires très stricts pour garantir les performances annoncées par la fabrication et la norme NF.

On y vérifie notamment la masse volumique ; la résistance à la traction, l'indice de fluidité et la fissuration sur tube entaillé.

**III.5.1. Essais****a) Essai de traction**

Cet essai permet de déterminer la contrainte au seuil pour limite d'élasticité, ainsi que l'allongement à la rupture des tubes.

**❖ Protocole expérimentale**

On allume l'équipement utilisé pour la mesure de ce paramètre, puis on consulte le logiciel pour vérifier tous les paramètres nécessaires. On mesure la largeur et l'épaisseur de l'éprouvette. Après on la place entre les deux murs dont l'un est fixe relié à un capteur de force et l'autre mobile relié à un système d'étirement et soumis à l'effet de traction.

L'acquisition des données est centralisée sur un système informatisé : la vitesse d'essai à la valeur spécifiée soit :

**-100mm/min pour les épaisseurs  $\leq 6$ mm.**

**-25mm/min pour les épaisseurs  $\geq 6$ mm.**



**Figure III.8:** Exemple d'éprouvette.



Figure III.9: Machine de traction.

❖ Critères d'acceptation (traction)

Le tableau suivant donne les critères d'acceptation pour l'essai de traction.

Tableau III.4 : Critères d'acceptation de l'essai de traction.

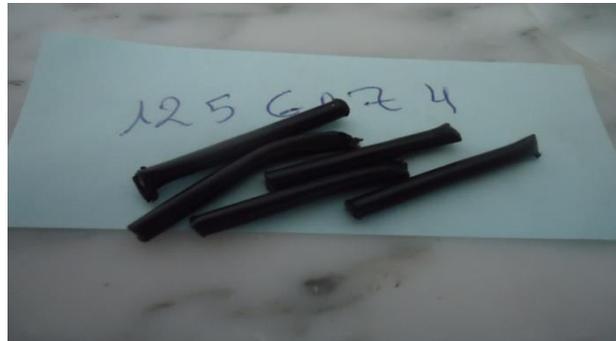
Désignation	SPECIFICATION
<b>Tube PEHD (Eau+ Gaz)</b>	
PE100	$\sigma_e \geq 17 \text{ Mpa}$
PE 80	$\epsilon_r \geq 350\%$ $\sigma_e \geq 15 \text{ Mpa}$ $\epsilon_r \geq 350\%$

b) 2eme essai : indice de fluidité

Cet essai est fait pour déterminer les caractéristiques rhéologiques de la matière première.

On porte l'appareil (la machine KAY NESS) à une température de 190 °C, on charge la matière tout en versant environ 4 gr du produit à analyser dans le cylindre et on introduit le

piston avec une légère pression et on place le poids (la charge). L'appareil déclenchera à chaque fois que l'extrudât est compris entre 10 mm et 20 mm pour le couper. Finalement on pèse les échantillons et on calcule l'indice de fluidité correspondant à 10 min.



**Figure III.10:** extrudâts.

Les conditions d'essais utilisées sont les suivantes:

Filière 2.09 à 2.1mm

Température T=190°C

C : 500 grammes.

t : 120secondes



**Figure III.11:** Machine KAY NESS.

❖ **Les critères d'acceptation**

Le tableau suivant résume les critères d'acceptation pour l'indice de fluidité.

**Tableau III.5:** Critères d'acceptation (indice de fluidité).

Désignation de la matière	Valeur Optimale Sur La Résine	Observation
---------------------------	-------------------------------	-------------

PEHD (Eau+Gaz)		
PE100 (190°C 5.00kg)	0.2 à 0.3g/10min ±20% par rapport à la valeur donnée par fournisseur. 0.2 → 0.4	± 10% par rapport à la valeur sur tube
PE80 190°C.=5.00kg	0.7 à 1g/10min ±20% par rapport à la valeur donnée par fournisseur. 0.5 → 1g	± 10% par rapport à la valeur sur tube

### ❖ Exemple de calcul

D'après la manipulation, On pèse les 5 extrudats et on calcule.

On a trouvé :  $m_1=0.053g$  ;  $m_2 =0.0492g$  ;  $m_3 =0.0484g$  ;  $m_4 =0.0467g$  ;  $m_5 =0.0403g$

$$m_{\text{moy}} = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) / 5 = 0.04752g$$

$$X = M_{\text{moy}} * 600 / 120 = 0.2376 \approx 0.24,$$

IF (5kg, 190°C) = 0.24g/10 min (donc il est acceptable).

### c) 3eme test : Détermination de la masse volumique

Déterminer la masse volumique des PE utilisés sur notre unité.

### ❖ Protocol expérimental

On prend les cinq extrudats du test de l'indice de fluidité, on place le système correspondant sur la balance, et on place le bêcher. Après, on s'assure que le niveau du liquide dans le bêcher soit au  $\frac{3}{4}$  ; et on attend que le liquide soit à 23°C. Quand le système est réglé ; on met successivement chaque extrudats sur le plateau dans l'air (Relever la valeur affichée " A "). Puis on dépose successivement les mêmes extrudats dans la corbeille immergée (Relever la valeur affichée " B ").



Figure III.11 : Détermination de la masse volumique.

❖ Critères d'acceptation (masse volumique)

Les critères d'acceptation pour la détermination de la masse volumique sont résumés dans le tableau ci-après.

Tableau III.6 : Critères d'acceptation (détermination de la masse volumique).

Désignation	valeur optimale sur la résine	observation
<b>PEHD (Eau + Gaz)</b>		
<b>PE 100</b> à 23°C	<b>954 à 961 Kg/m<sup>3</sup></b> <b>5±</b> par rapport à la valeur donnée par le fournisseur	<b>± 10%</b> par rapport à la valeur sur tube
<b>PE 80</b>	<b>949 à 954 kg/m<sup>3</sup></b> <b>5± kg</b> par rapport à la valeur donnée par le fournisseur <b>± 10%</b> par rapport à la valeur sur tube	

**d) 4eme test : Fissuration sur tube entaillé**

Cet essai permet de vérifier la propagation lente de la fissure sur tube entaillé.

Cette instruction s'applique sur les tubes pour le transport de gaz.

**❖ Protocol expérimental**

On monte aux deux extrémités du tube des raccords de type au permettant d'assurer l'étanchéité, puis on bouche l'une des sorties. La longueur libre de chaque éprouvette entre embouts est égale à  $3XDN \pm 5$ . On marque en vue de leur usinage l'emplacement de quatre entailles équidistantes sur la circonférence au milieu du tube, avec une profondeur d'entaille bien déterminée pour chaque diamètre.

**❖ Critères d'acceptation**

Les critères d'acceptation pour cet essai sont regroupés dans le tableau suivant.

**Tableau III.7 : Critères d'acceptation (Fissuration sur tube entaillé).**

<b>Diamètre (mm)</b>	<b>Pression d'essai (bar)</b>	<b>Durée d'essai</b>
Ø63	8	165 h
Ø125	8	
Ø200	5.54	
Ø250	5.54	

Après les tests (contrôle de qualité) on vérifie si le tube :

- ✓ est acceptable d'être transféré au magasin puis au client,
- ✓ est inacceptable, il est donc transféré au broyeur pour être recyclé.

**III.6. Stockage de produit fini**

Le stockage de produit fini doit être dans de bonnes conditions pour éviter la déformation des tubes. Et pour les tubes de gaz, on doit les emballer pour les protéger.



**Figure III.12 :** Stockage des tubes destinés pour gaz.

### **III.7. Recyclage**

La Société K-Plast a le souci de limiter au maximum le gaspillage des matières premières ainsi que la production de grandes quantités de déchets. Les débuts et fins de fabrication, les produits non conformes sont systématiquement recyclés. Ils sont dans un premier temps broyés en petits copeaux puis re-broyés jusqu'à l'obtention d'une poudre qui repartira en tête de production pour être inclus dans la matière première.

**Conclusion**

Ce stage a été très enrichissant pour moi car il m'a permis de découvrir le domaine de transformation des polymères et leur mise en forme comme le cas de la transformation du PVC et du PEHD en tubes de canalisation (eau et gaz) et il m'a permis de participer concrètement à ses enjeux au travers le travail expérimental que j'ai fait au niveau du laboratoire de l'entreprise K-Plast qui m'a accueilli pendant cette durée de stage. De plus à partir de ce stage j'ai pu identifier les principaux processus qui permettent de contrôler la qualité des tubes en PVC ou en PEHD.

Ce stage a vraiment dépassé toutes mes attentes. J'en suis très satisfaite.

# Références bibliographiques

## **Références bibliographiques**

- [1] : « Le polyéthylène », [en ligne]. Disponible sur :<http://fr.wikipedia.org/wiki/Polyéthylène>.
- [2] : « Connaissance de polyéthylène », Documentation technique de la société ELF ATCHEM, octobre 1995.
- [3] : V, Chaffraix. Etude de l'extrusion du polyéthylène téréphtalate et de ses mélanges non comptabilisés avec le polyéthylène haute densité, mécanique [physics.med-ph], Ecole nationale supérieure des mines, Paris, 2002.
- [4] : L. Boukezzi. 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, 2007.
- [5] : E. POSTAIRE, « Les matières plastiques à usage pharmaceutique », Edition médicales internationales, Paris, (2000), pp: 145.
- [6] : Maou Samira, « Etude des propriétés thermiques de mélanges à base de PVC et PVC- PEHD et les phénomènes de dégradation », Mémoire magister, Université KasdiMerbah- Ouargla, 2012.
- [7] : Hruska, Patrice Guesnet, Christian Salin et Jean-Jacques Couchoud, « Poly (chlorure de vinyle) ou PVC », Techniques de l'Ingénieur. Réf. AM. 3325.
- [8] : J.P.Arlie, «Les thermoplastiques de grand tournage, Nathan, Paris, 1969».
- [9] : J. Véne, «Les plastiques. Dépôt légal, France, 1976».
- [10] : G.W. Ehrenstein, F. Montagne, «Matériaux polymères (structure et application), HERMES Science Publication, Paris, 2000».
- [11] : D. Ausseur, «polychlorure de vinyle, Technique de l'ingénieur, AM 3325, Paris, 1999 pages 1-11».
- [12] : J. P. Troticrono, «Matières plastiques (structure, propriétés), Nathan, Paris, 1996».

## Résumé

Ce travail est effectué à K-Plast Sétif, dans le but de connaître les étapes de la fabrication des tuyaux en plastique, qui se fait par extrusion. Premièrement, des matières premières (le polyéthylène à haute densité PEHD se forme granulé et PVC de chlorure de polyvinyle sous forme de poudre) passent à travers la phase de chauffage à haute température, ce qui se transforme en une pâte à l'aide d'un moule cylindrique on obtient le tube, puis à refroidir pour le solidifier. Le dernier après l'écriture des informations nécessaires est coupé à la longueur souhaitée.

Le produit passe plusieurs tests au niveau du laboratoire de l'entreprise pour s'assurer de la qualité du produit avant de l'envoyer au client.

## ملخص

يتم تنفيذ هذا العمل في شركة K-Plast بسطيف، والغرض منه هو معرفة مراحل تصنيع الانابيب البلاستيكية، التي تتم عن طريق البثق. حيث أولاً، تمر المواد الأولية (تكون على شكل حبيبات البولي اثيلين عالي الكثافة PEHD، او غبرة بولي فينيل كلوريد PVC) على مرحلة التسخين تحت درجة حرارة عالية تتحول الى عجينة ليتم قذفها عن طريق قالب اسطواني لتحصل على الانبوب، ثم يتم تبريدها لتصلبها، في الاخير بعد تدوين المعلومات الاساسية يتم تقطيعها عند الطول المطلوب. يمر المنتج على عدة اختبارات على مستوى مخبر الشركة لتأكد من جودة المنتج قبل ارساله لزبون.

## Abstract

This work is done at K-Plast Sétif, in order to know the steps of the manufacture of plastic pipes, which is done by extrusion. First, raw materials (high density polyethylene HDPE is formed granules and PVC polyvinyl chloride in powder form) pass through the heating phase at high temperature, which turns into a paste using a cylindrical mould is obtained the tube, then cool to solidify. The last one after writing the necessary information is cut to the desired length.

The product passes several tests at the company laboratory level to ensure the quality of the product before sending it to the customer.