

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : science et technologie  
Département : génie des procédés  
Domaine : sciences et technologies  
Filière : industries pétrochimiques  
Spécialité : génie pétrochimique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

La faisabilité du polycarbonate comme un nouveau matériau  
pour la bouteille du gaz GPL

Présenté par : *Bounouala Nada*

*Mezaghia Amel*

Encadrant : *Guechi El Khamssa*

MCA

BADJI MOKHTAR ANNABA – SIDI AMMAR-

Jury de Soutenance :

|            |             |                      |           |
|------------|-------------|----------------------|-----------|
| Pr.Toubal  | professeur  | Badji Mokhtar Annaba | Président |
| Mm.Guechi  | MCA         | Badji Mokhtar Annaba | Encadrant |
| Pr.khallaf | Professeure | Badji Mokhtar Annaba | Examineur |

Année Universitaire : 2020/2021

## TABLE DE MATIERE

|  |           |
|--|-----------|
| INTRODUCTION GENERALE  | 1         |
| <b>PARTIE I</b>  |           |
| <b>I. INTRODUCTION</b>   | <b>2</b>  |
| I.1. PRESENTATION ET HISTORIQUE DE NAFTAL                            | 2         |
| I.1.1. Historique de NAFTAL  | 2         |
| I.1.2. Définition de NAFTAL  | 3         |
| I.1.3. Principales tâches et responsabilités de NAFTAL               | 3         |
| I.1.4. les moyens de l'entreprise NAFTAL                             | 4         |
| I.2.1. Carburants  | 6         |
| I.2.2. Gaz du pétrole liquéfié                                       | 7         |
| I.2.3. Lubrifiants   | 7         |
| I.2.4. Pneumatiques  | 7         |
| I.2.5. Bitume  | 8         |
| I.3. PRESENTATION DE LA BRANCHE GPL                                  | 9         |
| I.4. MISSION DE LA BRANCHE GPL                                       | 10        |
| <b>II. PRESENTATION DE MINI CENTRE EMPLISSEUR 231 MATROHA ELTARF</b> | <b>10</b> |
| II.1. ORGANISATION DU MINI CENTRE ENFUTEUR                           | 11        |
| ✚ Rôle de chaque section   | 12        |
| ❖ Section sécurité   | 12        |
| ❖ Section administration et comptabilité                             | 12        |
| ❖ Section maintenance  | 12        |
| ❖ Section transport  | 13        |
| ❖ Section exploitation   | 13        |
| II.3. CONSTITUTION DU MINI CENTRE ENFUTEUR                           | 13        |
| ❖ La zone I de MCE   | 14        |
| ❖ La zone II de MCE  | 14        |
| ❖ La zone III de MCE   | 15        |

|   |    |
|---|----|
| ❖ Les moyens de transport des GPL                     | 15 |
| ❖ Les postes de travail dans un hall d'emplissage     | 15 |
| ❖ Emplissage bouteilles                               | 16 |
| ❖ Le contrôle d'étanchéité (bassin)                   | 16 |
| <b>III. GENERALITE SUR GAZ DE PETROLE LIQUIFIE</b>    | 16 |
| III.1. ORIGINE DU GPL                                 | 17 |
| III.2. DEFINITION                                     | 17 |
| III.3. PROPRIETE ET CARACTERISTIQUE DES GPL           | 18 |
| III.3.1. Propriété physique                           | 18 |
| III.3.2. Propriété chimique du GPL                    | 19 |
| III.4. LES DIFFERENTES UTILISATION DU GPL             | 20 |
| ❖ Dans la pétrochimie                                 | 21 |
| ❖ Utilisation domestique                              | 22 |
| ❖ Source de chauffage                                 | 22 |
| ❖ Utilisation industrielle et artisanale du GPL       | 22 |
| ❖ Utilisation du GPL dans l'industrie chimique        | 22 |
| ❖ Utilisation du GPL comme carburant (GPLC)           | 23 |
| ❖ Utilisation du GPL dans la climatisation            | 23 |
| ❖ Utilisation du GPL Pour la production d'électricité | 23 |

## **PARTIE II**

|   |    |
|---|----|
| <b>I. INTRODUCTION</b>                  | 24 |
| I.1. GÉNÉRALITÉ SUR LA BOUTEILLE DE GAZ | 24 |
| I.1.1. Historique                       | 24 |
| I.1.2. Définition                       | 24 |
| ❖ La bouteille de gaz                   | 24 |
| ❖ Le propane                            | 24 |

|  |    |
|--|----|
| ❖ Le butane  | 25 |
| I.1.3. matériaux utilisé                                     | 25 |
| I.2. DIFFERENTS TYPE DE BOUTEILLES                           | 26 |
| ✚ Viséo butane   | 26 |
| ✚ Bouteille 13 kg butane                                     | 27 |
| ✚ Le cube propane  | 27 |
| ✚ Bouteille 11 kg propane                                    | 28 |
| ✚ Bouteille 35 kg propane                                    | 28 |
| I.3. CARACTERISTIQUES  | 29 |
| I.4. DEBIT DES BOUTEILLES DU BUTANE ET DU PROPANE            | 29 |
| I.5. LES ACCESOIRES DES BOUTEILLES TRADITIONNELLES DU<br>GPL | 30 |
| <b>II. LA BOUTILLE DE GAZ EN POLYCARBONATE</b>               | 31 |
| II.1. HISTORIQUE DE POLYCARBONATE                            | 31 |
| II.2. LE POLYCARBONATE                                       | 31 |
| ❖ Structure du PC  | 32 |
| II.2.1. LA FABRICATION DE POLYCARBONATE                      | 32 |
| II.2.1.1. la polycondensation                                | 32 |
| ✚ Formulation  | 35 |
| ✚ Réaction   | 35 |
| ✚ Extraction   | 36 |
| ✚ Concentration  | 36 |
| ✚ Précipitation  | 36 |
| ✚ Stripping  | 36 |
| ✚ Séchage par chaleur  | 37 |
| ✚ Séchage à l'azote  | 37 |
| II.2.1.2. LaTransestérification                              | 37 |

|  |    |
|--|----|
| II.2.2. Le traitement de polycarbonate                       | 37 |
| ✓ Extrusion  | 38 |
| ✓ Moulage par injection                                      | 38 |
| ✓ Le soufflage   | 38 |
| ✓ Thermoformage  | 39 |
| ✓ Impression 3D  | 39 |
| ❖ Forme  | 40 |
| II.2.3 LES PROPRIETES DU POLYCARBONATE                       | 41 |
| ❖ Propriétés physiques                                       | 41 |
| ❖ Propriétés mécaniques                                      | 41 |
| ❖ Propriétés chimique  | 42 |
| ❖ Propriétés électriques                                     | 42 |
| ❖ Propriétés thermiques                                      | 42 |
| ❖ Propriétés dimensionnelles                                 | 42 |
| ❖ Propriétés physico-chimiques                               | 42 |
| II.2.4.les avantages et inconvenients du polycarbonate       | 43 |
| II.2.4.2.1 les risque du polycarbonate                       | 44 |
| ❖ Risques chimiques  | 44 |
| ❖ Risques associes aux additifs                              | 44 |
| II.2.5. Utilisation d'additifs pour optimiser les propriétés | 45 |
| II.2.6. LES APPLICATIONS DU POLYCARBONATE                    | 46 |
| ❖ Appareille électroménagers                                 | 46 |
| ❖ Automobile / transport                                     | 46 |
| ❖ Bâtiments et constructions                                 | 46 |
| ❖ Les produits de consommation                               | 46 |
| ❖ Electrique et électronique                                 | 46 |
| ❖ Médicale   | 47 |

|  |           |
|--|-----------|
| ❖ Contact alimentaire  | 47        |
| ❖ Autres applications  | 47        |
| II.2.7. Valorisation du polycarbonate  | 47        |
| II.3. BOUTEILLE DE GAZ EN POLYCARBONATE  | 48        |
| II.3.1.les différent type de bouteille de gaz en polycarbon                        | 48        |
| II.3.1.1.bouteille de gaz composite de 24.5 litres avec polyvanne 80%              | 48        |
| II.3.1.2.bouteille de composite de 24,5 litres vanne d'arrête de remplissage (OPD) | 80%<br>49 |
| II.3.1.3.bouteille de gaz de 24.5 litres avec valve industrielle                   | 50        |
| II.3.2.Les avantage de la bouteille  | 51        |
| <b>CONCLUSION</b>  | <b>53</b> |
| <b>Référence bibliographique</b>   | <b>54</b> |

## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 1:</b> logo de NAFTAL  | 3  |
| <b>Figure 2:</b> organigramme de l'Enterprise NAFTAL   | 6  |
| <b>Figure 3:</b> produit commercialises par l'Enterprise   | 9  |
| <b>Figure 4:</b> organigramme de l'hiérarchique de la branche GPL                                    | 10 |
| <b>Figure 5:</b> le plan de situation du MCE 231 MTROUHA EL TARF                                     | 11 |
| <b>Figure 6:</b> Organi-gramme de MCE 231 MATROUHA, EL TARF  | 11 |
| <b>Figure 7:</b> les différentes bouteilles de gaz GPL   | 13 |
| <b>Figure 8:</b> la zone I de MCE  | 14 |
| <b>Figure 9:</b> la zone II de MCE   | 14 |
| <b>Figure 10:</b> la zone non classé de MCE  | 15 |
| <b>Figure 11:</b> utilisation domestique de GPL  | 22 |
| <b>Figure 12:</b> source de chauffage du GPL   | 22 |
| <b>Figure 13:</b> structure cristalline de propane   | 25 |
| <b>Figure 14:</b> structure cristalline de butane  | 25 |
| <b>Figure 15:</b> représentation de la bouteille de viséo butane                                     | 27 |
| <b>Figure 16:</b> bouteille 13 kg de butane  | 27 |
| <b>Figure 17:</b> le cube propane  | 28 |
| <b>Figure 18:</b> bouteille 13 kg propane  | 28 |
| <b>Figure 19:</b> bouteille 35 kg propane  | 29 |
| <b>Figure 20:</b> (a) robinet et le chapeau robinet à volant et (b) le chapeau                       | 30 |
| <b>Figure 21:</b> formule chimique de polycarbonate  | 32 |
| <b>Figure 22:</b> schéma de synthèse du PC par polycondensation du bisphénol A(BPA) avec le phosgène | 33 |
| <b>Figure 23:</b> réaction de formation du BPA   | 33 |
| <b>Figure 24:</b> réaction de formation de BPA et de la résine PC                                    | 34 |
| <b>Figure 25:</b> fabrication de résine polycarbonate  | 34 |
| <b>Figure 26:</b> formulation du polycarbonate   | 35 |
| <b>Figure 27 :</b> réaction de polycarbonate   | 36 |
| <b>Figure 28:</b> synthèse du PC par transesterification   | 37 |
| <b>Figure 29:</b> l'évolution de la consommation du PC entre 1990-2005                               | 41 |
| <b>Figure 30:</b> bouteille de gaz avec polyvanne pour composite de 24.5 litres                      | 48 |
| <b>Figure 31:</b> bouteille de gaz avec vanne OPD pour composite de 24.5 litres                      | 49 |
| <b>Figure 32:</b> bouteille de gaz de 24.5 litre avec valve industrielle                             | 50 |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 1:</b> composition molaire de GPL   | 17 |
| <b>Tableau 2 :</b> les propriétés chimique du GPL  | 19 |
| <b>Tableau 3:</b> caractéristique des autre bouteilles du butane et de propane                                   | 29 |
| <b>Tableau 4:</b> débit des bouteilles de butane   | 29 |
| <b>Tableau 5:</b> débit moyen d'une bouteille de 13 Kg propane   | 30 |
| <b>Tableau 6:</b> la différence entre une bouteille du GPL traditionnelle et les nouvelles générations bouteille | 31 |
| <b>Tableau 7:</b> propriétés mécaniques du PC  | 42 |
| <b>Tableau 8:</b> bouteille de gaz avec polyvanne pour composite de 24.5 litres                                  | 49 |
| <b>Tableau 9:</b> vanne OPD pour composite de 24.5 litres  | 50 |
| <b>Tableau 10:</b> bouteille de gaz avec vanne industrielle pour de 24.5 litres                                  | 51 |



## *Remerciements*

*Premièrement louange à « ALLAH » qui nous a fourni de la patience au moment de besoin, de la force au moment de la faiblesse et de la volonté contre le désespoir, et aussi on le remercie car il nous a mis dans des bonnes mains.*

*On tient à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur « Mme GUECHI MCA à l'université de BADJI MOKHTAR, et à qui on témoigne nos profondes reconnaissances pour le suivi continu et ses conseils dont on a pu bénéficier au cours de ce travail.*

*On tient à remercier les membres de jury pour leur présence parmi nous et d'avoir accepté de juger notre modeste travail.*

*Aussi, On exprime nos plus vifs remerciements spécialement à Mr OUANNES AMOR, Mr FICLI KAIS, Mr GHOURI ADEL, Mr CHELOUFI BILAL et tous les personnels de l'Entreprise mini centre emplisseur 231 MATROUHA EL TAREF pour leurs collaborations et leurs accompagnements avec leur savoir-faire et leurs grandes expériences professionnelles.*

*On adresse aussi nos remerciements à tous ceux qui nous ont encouragé et participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## DEDICACE

*Je suis heureuse de dédier ce modeste travail A :*

*Mon père que j'ai souhaité être avec moi ce jour-là.*

*Mon cher grand-père, mon deuxième père, qui m'a aimé et a été mon soutien auprès de ma mère durant toute ma vie.*

*Ma chère mère, qui n'a pas cessé de combler l'absence de notre père. Elle a fait tout son possible et plus pour nous offrir le confort. J'espère qu'elle puisse trouver en moi la source de leur fierté à laquelle je dois tout.*

*Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation.*

*A ma chère grand-mère qui ne m'a jamais rien refusé.*

*À ma chère sœur Khaoula, mes meilleurs vœux de l'a voir réussir sa vie.*

*A mon frère Mohamed Fouad, à qui je lui souhaite un avenir radieux plein de réussite. A mon cher époux ILYES, je te remercie pour ton soutien constant et tes encouragements.*

*Ma Tante HOUDA, Tante RADIA et tous les membres de la famille BOUNOUALA et DERBALA.*

*A mes ami(e)s, je leur souhaite du succès et merci pour l'amitié qui nous a toujours unis.*

*Nada*

## **DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui sont chers :*

*À l'espoir de ma vie... mes parents*

*Aucun dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, Mama ....., j'espère que vos bénédictions m'accompagnent toujours*

*À mon père ....., l'encre sur le papier n'exprime en rien ma gratitude envers toi pour tout ce que tu as fait et tu continues à faire pour moi !*

*À ma sœur cheima, Je te souhaite une vie heureuse et que tous tes rêves se réalisent*

*À mon frère seif, Je te souhaite un avenir radieux*

*À tout membres de ma grande famille qu'ont voulu voir en moi le fruit d'un long sacrifice, plein de patience d'amour et de tendresse.*

*À toutes mes amies, Je leur souhaite beaucoup de succès, d'amour et de prospérité*

*À tous ceux qui sèment le bonheur sur mon chemin.*

*Amel*

## INTRODUCTION GENERALE

Le citoyen dans ces activités journalières soit domestiques (cuisson, chauffage, etc....) que industrielles (soudures, travaux d'étanchéité, ...etc.) besoin d'une source d'énergies il est généralement conditionné pour une bouteille de gaz.

La bouteille du gaz est un récipient cylindrique en métal ou matériaux composites, conçu pour contenir du gaz sous pression comme le butane ou du propane. Selon la taille de la bouteille du gaz, elle est appelée cartouche du gaz (petit volume), bouteille du gaz ou bonbonne du gaz. La société NAFTAL branche GPL veille à la dotation et à pourvoir au citoyen le produit gaz butane conditionné. En mettant une équipe professionnelle et expérimenté à produire et à commercialiser son produit d'une façon à garantir une sécurité totale de son emballage (dans ces différents conditionnement et poids) et cela dès la réception de l'emballage à remplir, déchargement, triage avant emplissage, enfutage, jusqu'à la distribution finale.

Cet emballage bouteille Butane 13kg (B13) sort du centre emplisseur dans un état conforme à la consommation et l'utilisation directe, muni de tout les accessoires de sécurité, mais après de multitudes utilisations par le consommateur, il s'avère quel 'état physique de retour des bouteilles et toujours déplorable par rapport à sa sortie généralement : (robinet détérioré, corps déformé cerceau détaché). rendant inexploitable cet emballage ; ce qui à causer la détérioration d'un grand nombre du bouteilles provoquant une perte financière très importante à la société estimée à des milliards de dinars chaque année. Et pour cela la société s'investit annuellement à s'octroyer  $5 \times 10^5$  bouteilles neuves (B13) pour faire au déficit de son parc emballage outil (une bouteille estimée à 4500 DA) de telle sorte que le montant finale avoisine 160 milliards de centimes.

Malheureusement chaque année, la société met en réforme environ  $4 \times 10^5$  bouteilles estimé à la casse de 210 DA par bouteille et ne récupère que 8,4 milliards de centimes. Cette perte très importante que subit la société NAFTAL depuis des décennies à rendue les responsables très sensibles à ce fléau et essayent au mieux de gérer cette situation et de trouver au plus vite les solutions adéquates et définitives.

Dans ce constat, on essaye de contribuer par cette étude à aider cette société à trouver des solutions à ce fléau par proposition d'utilisation de nouveau produit moins onéreux et localement fabriquer.

## **PARTIE I**

### **I. INTRODUCTION**

En Algérie, la société NAFTAL intervient dans toutes ses succursales pour commercialiser les produits pétroliers en tous genres : GPL, carburants, pneumatiques, lubrifiants et bitumes...etc.

#### **I.1. PRESENTATION ET HISTORIQUE DE NAFTAL**

##### **I.1.1. Historique de NAFTAL**

Filiale de SONATRACH (Société National pour la recherche, Transport, production, transformation, la commercialisation des hydrocarbures), l'entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers (ERDP) a été créée par le décret N°80-101 datant du 06 Avril 1980. Entrée en activité le 01 Janvier 1982, elle fut chargée de l'industrie de raffinage et de la distribution de produits pétroliers. Le 04 Mars 1985, les districts suivants carburants, lubrifiants, pneumatiques et bitumes ont été regroupés sous le nom UND (Unité NAFTAL de Distribution) [1]. En 1987, «l'ERDP NAFTAL» a été restructurée et modifiée par le décret N°87/189 en deux entreprises :

- NAFTEC chargée du raffinage du pétrole ;
  - NAFTAL chargée de la distribution et la commercialisation des produits pétroliers.
- Filiale à 100% de la SONATRACH, NAFTAL est passée à l'autonomie le 18 Avril 1998 suite à l'abrogation du monopole de l'Etat sur le commerce extérieur et l'ouverture aux opérateurs privés du marché de «gros» des produits pétroliers en 1997.

Son capital est de 6,65 milliards de DA. La création de STPE, société chargée du transport des produits énergétiques par chemin de fer, en partenariat avec SNTF le 21 Décembre 1999.

Le 29 Juillet 2002 il y'avait une augmentation du capital social de l'entreprise NAFTAL de 6,65 milliards de DA à 15,65 milliards de DA conformément à la résolution de l'AGEX. Puis en 2018 ils ont fait une autre augmentation de capital social de 15,65 milliards de DA à 40 milliards de DA. Chiffre d'affaire : pour l'année 2015, les activités de la société ont engrangé un chiffre d'affaire de 333.2 milliards de DA, en légère hausse par rapport à celui réalisé en 2014 332.7 milliards de DA.

Explication du Logo:



**Figure 1:** logo de NAFTAL

- Deux lettres en arabe : نفطية بن م مواد
- Label: produit pétroliers en Français et نفطية مواد en arabe.
- Les cinq lignes: qui représentent les cinq branches à savoir ; carburants, commercialisation, Activités internationales et partenariat, lubrifiant, pneumatique, bitumes et GPL.
- Deux couleurs:
  - Le bleu : pour les deux lettres et label (NAFTAL), synonymes de largeur et d'horizon
  - Le jaune : pour le fond du logo, symbole du sérieux [2].

### **I.1.2. Définition de NAFTAL**

NAFTAL est une entreprise algérienne, filiale à 100% de groupe SONATRACH. Elle est rattachée à l'activité de la commercialisation. Elle a pour mission principale, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers est dérivée sur le marché algérien [2].

### **I.1.3. Principales tâches et responsabilités de NAFTAL**

- Identifier et recenser les infrastructures, équipements et autres moyens matériels (camions, canalisation) relevant de l'activité carburants du district, les structures d'organisation (services, maintenance, installations fixes, surveillance et entretien canalisations, reconnaissance produits, ... etc.) et les moyens humains œuvrant pour l'activité carburants.
- Suivre les plans établis par la branche carburant pour l'approvisionnement et le ravitaillement en carburants des dépôts et communiqué régulièrement les états d'exécution aux structures concernées.
- Exécuter les programmes de la distribution établis par les districts commercialisation pour la livraison de la clientèle.
- Gérer les stocks en carburants au niveau des dépôts et communique régulièrement des points de situation aux structures concernées de la branche.

- Suivre l'exploitation et la maintenance des infrastructures de stockage et autres moyens (camions, canalisations) carburants de la branche rattachés au district.
- NAFTAL est responsable, en liaison avec les responsables concernés des centres carburants et canalisations, de la sûreté interne des installations et des moyens.
- Gérer en liaison avec les structures de la branche, les relations avec les directions des raffineries NAFTEC (société nationale de raffinage de pétrole spa), capotage et transport SNTR (société nationale de transport routier) et tiers et les transmettre aux structures de la branche pour règlement.
- Approuver les bordereaux inter unités (BIU) émis par les districts commercialisation vers le district carburants [1].

#### **I.1.4. les moyens de l'entreprise NAFTAL**

Avec un personnel de 31583 agents ; Effectif au 2018, NAFTAL est le premier et seul distributeur de produit pétroliers en Algérie.

Elle contribue à 51 % de l'énergie finale en fournissant plus de 10 million de tonnes de produits pétroliers par an sous forme de :

- Carburants (8 millions de TM).
- Gaz de pétrole liquéfiés (plus de 1.6 million de TM).
- Bitumes (plus de 0.5 million de TM).
- Lubrifiants (plus de 70 000 TM) [3].

Pour cela NAFTAL dispose de :

- 67 centres et dépôts de distribution et stockage carburant. Lubrifiants et pneumatique.
- 55 dépôts d'avitaillement d'aéronefs, centres et point de ventes à la mer.
- 45 centres d'emballage Gol transport aéreos d'une capacité d'enfutage de 1.2 million de tonnes/an.
- 59 dépôts relais de stockage GPL.
- 09 centres vrac GPL.
- 16 unités de formulation de bitumes de 360.000 tonnes/an.
- 3500 véhicules de distribution et 1800 engins de manutention et de maintenance. 380 km de pipe-lines multi produits carburants et GPL. Et son réseau de distribution s'étend sur :
- 1732 stations de service dont 328 en gestion directe par NAFTAL.
- 124 points de vente d'essence sans plomb.

- 268 points de vente GPL/CARBURANT.
- 14550 points de vente GPL.

La couverture des besoins du marché national en produit pétroliers implique des transports massifs de carburants et GPL depuis les sources de production vers les zones de consommation qui sont les districts.

Pour assurer cet équilibre entre l'offre et la demande, NAFTAL met à contribution plusieurs modes de transport :

➤ Cabotage pipe : pour l'approvisionnement des entreprises à partir des raffineries.  
Rail/chemin de fer : pour le ravitaillement des dépôts de l'intérieure du pays à partir des entrepôts.

➤ Route : pour la livraison des clients et le ravitaillement des dépôts non desservis par le rail. Pour accomplir sa mission de distribution des pétroliers, NAFTAL dispose d'un parc dépassant les 3 mille véhicules de distribution constitue de :

- Tracteur routier.
- Semi-remorques plateaux.
- Semi-remorques citernes.
- Camion citernes.
- Camion plateaux.
- Camion porte palettes.

Cela permet d'assurer 70 à 75 % des livraisons clients, le reste étant assuré par les transporteurs tiers ou par les clients eux-mêmes.

Par ailleurs, NAFTAL dispose de sept (07) barges pour le soutage des navires et affrète en permanence auprès des entreprises publiques de transport :

- 160 citernes carburantes (SNTR).
- 960 wagons-citernes (SNTF).
- 04 caboteurs (SNTM/HYPROC) [1].



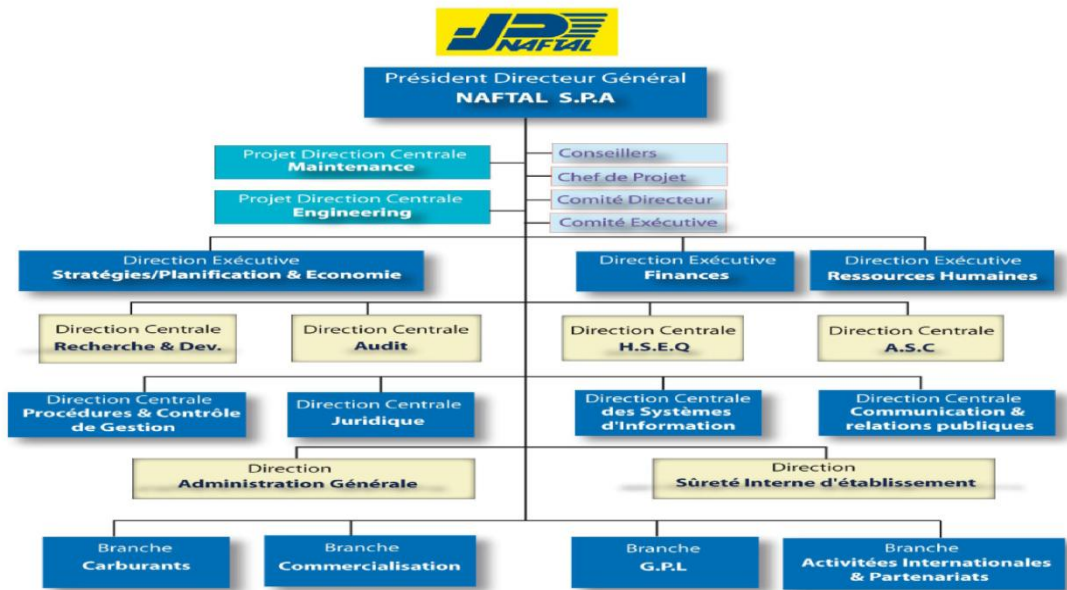


Figure 2:organigramme de l'Enterprise NAFTAL [3].

### I.2.1. Carburants

Terre, aviation, marine.

❖ Terre : NAFTAL commercialise quatre types de carburants « terre » pour la motrice essence et diesel :

- Essence super.
- Essence normale.
- Essence sans plomb.
- Gas-oil.

Ces produits stockés et distribués par NAFTAL sont tous issus des raffineries de NAFTEC et répondent entièrement aux normes de qualité algérienne.

❖ Aviation : Jet a1-for Jos issus 18 kérosène utilisé par les avions.

❖ Marine : FUEL BUNKERC - norme iso 921 FUEL 80(BTS), utilisée par les navires.

### **I.2.2. Gaz du pétrole liquéfié**

Nature et composition :

Les GPL désignent : gaz de pétrole liquéfié. Ce sont les mélanges de butane ( $C_4H_{10}$ ) et de propane ( $C_3H_8$ ). Les GPL peuvent être obtenus à partir de traitement des hydrocarbures tels que :

- Le traitement du gaz naturel ou gaz associés.
- Le raffinage du gaz naturel.
- La liquéfaction du gaz naturel.

Dans la gamme des produits GPL, NAFTAL commercialise trois (3) produits essentiels :

1. Le butane commercial.
2. Le propane commercial.
3. le GPL carburant (GPL/C) « SIRGHAZ ».

Suite à une phase d'étude d'expérimentation entamée en 1977. La décision d'introduire le GPL carburant « SIRGHAZ » est intervenue en 1983 avec l'adoption de bicarburant et de la mise en place de la réglementation liée aux conditions d'utilisation du GPL/C.

### **I.2.3. Lubrifiants**

A travers son réseau de distribution étendu sur le territoire national, NAFTAL commercialise une gamme complète de lubrifiants qui couvrent tous les besoins du secteur automobile et industriel. Répondant à des normes d'emballages variés, depuis la boîte de ½ litre au fut de 180 kg

Les gammes commercialisées par NAFTAL sont :

- Les huiles motrices à essence.
- Les huiles motrices à diesel.
- Les huiles motrices industrielles.
- Les graisses.

### **I.2.4. Pneumatiques**

Grace à des infrastructures de stockage et son réseaux de distribution, NAFTAL commercialise des pneumatiques des grandes marques dans les catégories de véhicules les plus diverses :

- Tourisme.

- Camionnette.
- Poids lourds.
- Industriel.
- Manutention.
- Agraire.
- Génie civil.
- Cycle.

Portant le label de constructeurs renommés, les pneumatiques proposés par NAFTAL sont fournis après contrôle de qualités les plus strictes pour garantir la sécurité des utilisateurs et répondent amplement aux exigences requises.

### **I.2.5. Bitume**

NAFTAL commercialise à partir de ses centres quatre (4) formes de bitumes :

- Les bitumes purs 80/100 et 40/50 utilisés dans les domaines de la construction et des chaussées.
- Les bitumes oxydés 85/25 utilisés pour l'étanchéité multicouches, pour l'isolement thermique et phonique et pour la protection des ouvrages d'art. Ils sont commercialisés en vrac et sous deux (2) formes de conditionnement, en sacs de 20 kg et en futs de 200 kg.
- Les bitumes fluidifiés ou CUT-BACKS ; ils sont obtenus en fluidifiant les bitumes pure avec le kérosène.
- Les émulsions de bitumes sont des dispersions de bitumes pures dans une solution aqueuse. [1]



Figure 3: produit commercialisés par l'entreprise [2].

### I.3. PRESENTATION DE LA BRANCHE GPL

La Branche GPL est une structure interne à NAFTAL, chargée totalement de l'activité GPL. Les principales tâches de la Branche GPL sont : la commercialisation, le stockage, le transport et le conditionnement des produits GPL.

Le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL), est un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide ; 40 % des ressources mondiales sont issues du raffinage du pétrole et les 60 % restantes sont issues plus généralement du traitement du gaz naturel.

Dans la gamme des GPL, NAFTAL commercialise les trois produits suivants :

- Le Butane ;
- Le Propane ;
- Le GPL Carburant sous le nom commercial « SIRGHAZ » : c'est un mélange de Butane et de Propane à des proportions définies selon les conditions climatiques :
  - ❖ Saison hivernale : 100% de Propane et 0% de Butane ;
  - ❖ Saison estivale : 80% de Propane et 20% de Butane ;

Les produits GPL sont commercialisés sous deux formes (vrac ou conditionnée) excepté le SIRGHAZ qui est commercialisé sous la forme vrac. [4]

#### I.4. MISSION DE LA BRANCHE GPL :

Elle a pour mission de :

- Veiller sur le bon fonctionnement des structures conformément aux normes et à la Politique de la société ;
- Veiller à l'application correcte des règles, procédures et directives de la division ;
- Assurer des missions d'inspection et de contrôle périodique à tous les niveaux tant Fonctionnels qu'opérationnels. [4]

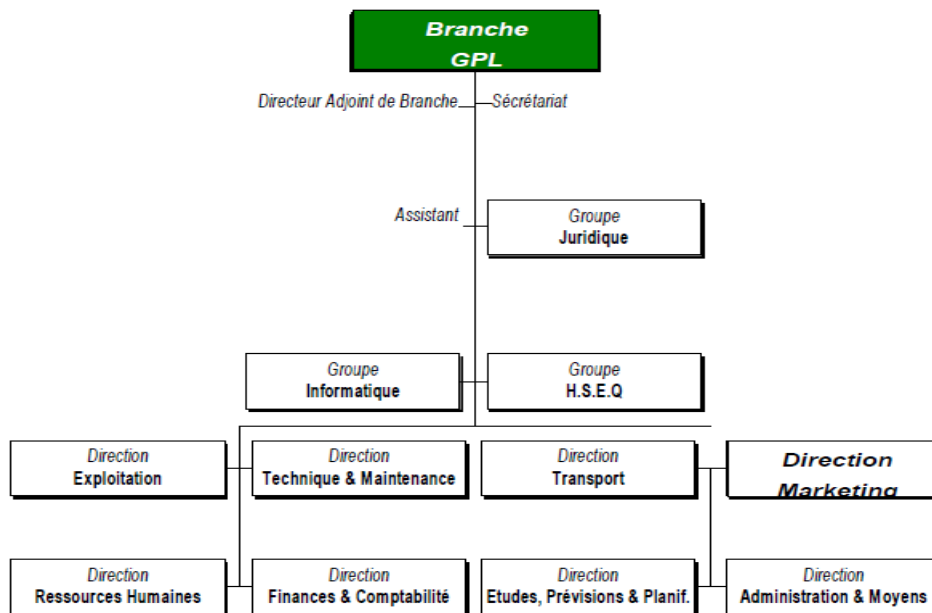
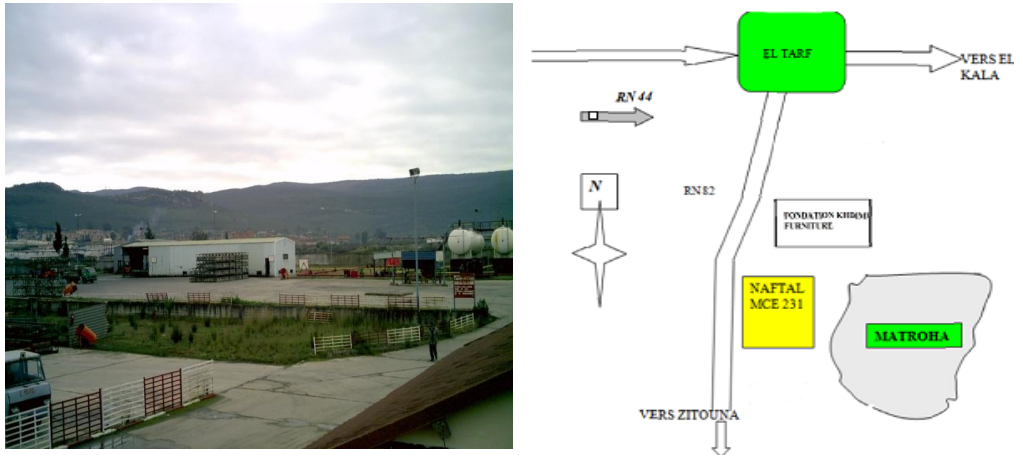


Figure 4:organigramme de l'hierarchie de la branche GPL [4].

## II. PRESENTATION DE MINI CENTRE EMPLISSEUR 231 MATROHA ELTARF

Le Mini centre emplisseur « MCE 231 » est un établissement de classe C, soumis à autorisation d'exploitation et se trouve à 07 km au sud de la willaya d'EL-TARF et à proximité de la route nationale n° 82 EL TARF –ZITOUNA et à environ 800 m du village d'EL-MATROHA. Le centre se situe à environ 170 KM du District GPL SKIKDA.



**Figure 5:** le plan de situation du MCE 231 MATROUHA EL TAREF

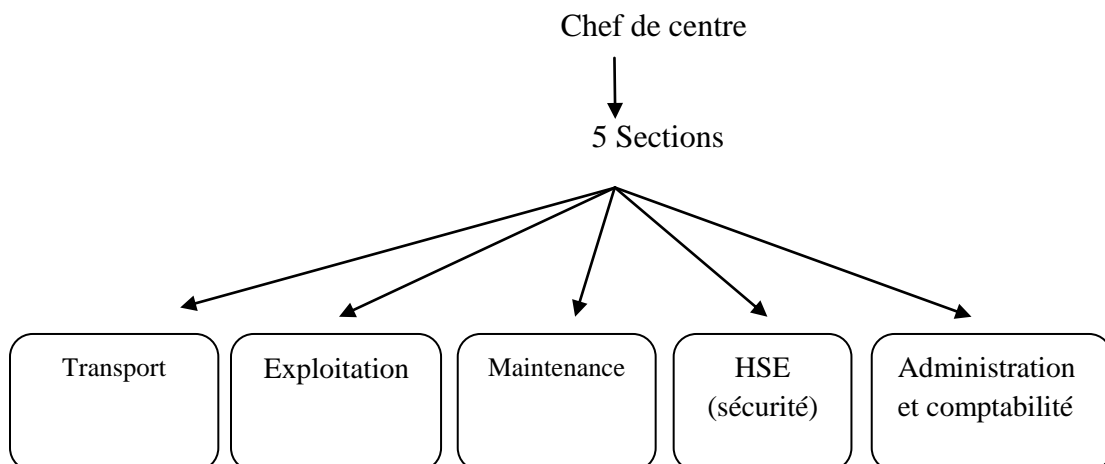
## II.1. ORGANISATION DU MINI CENTRE ENFUTEUR

Le mini centre 231 MATROUHA a été construit en 1991 et mise en service en 1993. Avec une capacité de stockage de Tonnes conditionnés (2 cigares de 100 m<sup>3</sup> chacune environ 60 tonnes) de Butane.

Le mini centre a pour rôle le stockage, le conditionnement et la distribution du butane et Propane. L’approvisionnement du M.C.E en gaz GPL se fait à partir BERAHALL (M.C.E) par Citernes.

Il permettant le ravitaillement de la wilaya de EL TAREF en GPL, avec une capacité de Production journalière d’environ 4000 bouteilles de Butane 13 kg (B13) par équipe et production Journalière qui varie selon la demande de butane 3 kg (B3) et butane 6 kg (B6) et de Propane 35 kg (P35).

Le M.C.E MATROUHA se compose de :



**Figure 6:** Organi-gramme de MCE 231 MATROUHA, EL TAREF

## ✚ **Rôle de chaque section**

### ❖ *Section sécurité*

La cellule de sécurité s'appuie sur un personnel formé sur les risques industriels. Il est constitué d'un inspecteur principal sécurité, de 04 chefs de quart et de 8 Agents prévention intervention. Ces derniers veillent à l'application des dispositions sécuritaires liées aux différentes activités de mini centre emplisseur ainsi que la fiabilité de l'ensemble de ses installations.

Par ailleurs, le mini centre enfûteur dispose d'équipements lutte anti-incendie. Il est composé de système automatique de détection et signalisation des incendies notamment dans des endroits sensibles tels que le hall d'emplissage et le poste de chargement / déchargement, d'autre part, le centre est doté d'extincteurs mobiles placés dans des endroits sensibles. On distingue des extincteurs à poudre sèche et des extincteurs à CO<sub>2</sub>.

### ❖ *Section administration et comptabilité*

Il est subdivisé en deux sections qui sont :

- Administration et moyen : a pour rôle la gestion des affaire du personnel : dossiers administratifs du personnel (congé, carrière, ...etc.), affaire sociales (congé de maladies, maternité, ...etc.). D'autre part, elle s'occupe de la gestion des moyens généraux, établir le programme d'achat fourniture de bureau.

- Finance et comptabilité : assure la gestion comptable de l'ensemble des opérations financières de centre enfûteur notamment :

- Assurer les travaux d'analyse financière.
- Gestion de la caisse, chèque bancaires et effet impayés.
- Analyse les ratios de gestion et de rentabilité.

### ❖ *Section maintenance*

Se compose de trois sous sections :

- Magasin : Le magasin comprend un rayonnage nécessaire pour l'entreposage des pièces de rechanges, des consommables et des produits pour peinture bouteilles qui sont isolés.
- maintenance du matériel roulant : elle s'occupe de la maintenance du matériel roulant (camions citernes et tracteurs) ainsi que la veille à son bonne exploitation.
- Maintenance des installations fixes: (pannes premier degré) pour chaque intervention il faut :

- Demande de travail
- Ordre de travail
- Permis de travail à froid ou bien à chaud
  - ❖ *Section transport* : qui assure la distribution des produits et le ravitaillement par le biais de camion-citerne de différentes capacités.
  - ❖ *Section exploitation* : se charge du conditionnement du produit (butane)
- emballage : NAFTAL mise à disposition du consommateur les produits butane et propane dans des bouteilles en bon état et de différents poids :
  - Bouteille de 03 KG de gaz (B03) appelée également « bouteille de camping ».
  - Bouteille de 06 KG de gaz à robinet (B06)
  - Bouteille de 06 KG de gaz à valve (B06)
  - Bouteille de 13 KG de gaz (B13)
  - Bouteille de 35 KG de gaz (P35) appelée également « tube P/35 ».

Ces bouteilles sont personnalisées par leur forme, leur dimension et leur couleur qui sont décrites dans le présent manuel.



**Figure 7:** les différentes bouteilles de gaz GPL.

### **II.3. CONSTITUTION DU MINI CENTRE ENFUTEUR**

Le mini centre enfûter se compose d'annexes permettant la gestion des ressources et de trois zones d'exploitation.

- humaines,
- matériels,



- d'ateliers de maintenance et réparation,
- de station électrique,
- et d'une station anti-incendie.

❖ **La zone I de MCE**

- Aire de stockage constituée de deux cigares où se fait le dépotage du butane vrac du camion citerne ravitailleur par le biais d'un compresseur GPL.
- Un hall d'emplissage où se fait l'enfutage des bouteilles gaz.
- Un hall de rée-preuve pour tester la conformité de réexportation des bouteilles de gaz.
- Une bâche à eau de 500 m<sup>3</sup> ; pompe d'incendie ; système de régulation ; de protection et une instrumentation (commande des pompes, câble de mise à la terre et alarmes).



**Figure 8:** la zone I de MCE

❖ **La zone II de MCE**

Constitue d'aire de stockage bouteilles, groupe électrogène, et stockage P35



**Figure 9:** la zone II de MCE

❖ **Zone III (zone non classé) DE MCE**

Constitue de administration (ADM) ; poste de garde ; atelier de soudure et sanitaire.



**Figure 10:** la zone non classé de MCE

❖ **Les moyens de transport des produits GPL**

L'alimentation du MCE 231 enfûteur en butane peut être assurée par camion citerne. L'approvisionnement de propane est assuré par le centre 234 de BERRAHAL en bouteilles de 35 kg.

❖ **Les postes de travail dans un hall d'emplissage**

• *La dépalettiseuse*

Est le premier élément d'une chaîne de postes de travail nécessaire au bon déroulement de remplissage des bouteilles ; La fonction de la dépalettiseuse est de recevoir et décharger les casiers pleins de bouteilles vides par l'action d'un moufle ou béliet sur une table constituée de rouleaux, d'arrêteurs ou stop casiers et d'un système d'entraînement de bouteilles déchargées vers le poste suivant.

Une instrumentation pneumatique installée sur la dépalettiseuse (palpeurs, compteurs, stops bouteilles...) rend automatique cette opération

• *Le tri :*

On tri les bouteilles avant l'opération d'emplissage. Ce poste à trois (3) fonctions importantes à savoir :

- ✓ Retirer du circuit toute bouteille présentant une anomalie (gonflée ou défoncée, robinet défectueux ...)
- ✓ Retirer les bouteilles dont l'état nécessite de la peinture.
- ✓ Retirer les bouteilles appelées à subir le test de réépreuve.

❖ **Emplissage bouteilles**

Après la dépose de l'écrou de sécurité à l'issue de l'opération de triage les bouteilles arrivent au poste d'introduction bouteilles de la machine d'emplissage (le manège) ; Constituée de douze bascule et disposant chaque d'une pince d'emplissage et d'un automatisme de tarage, d'enclenchement et de déclenchement en fin de remplissage, les bouteilles remplies sortent par le poste d'extraction pour subir une pesée systématique en vue de déceler une éventuelle défaillance des balances d'emplissage et de procéder à leurs réglage.

❖ **Le contrôle d'étanchéité (bassin)**

Le contrôle d'étanchéité est une opération obligatoire qui consiste à faire immerger toutes les bouteilles remplies et ce afin de déceler les éventuelles fuites de gaz sur ces dernières avant la livraison aux clients.

• *La palettiseuse*

La fonction de la palettiseuse est de recevoir les bouteilles pleines contrôlées et de les charger dans les casiers vides posés sur une table constituée de rouleaux et d'arrêteurs les casiers pleins seront évacués par un chariot conforme aux normes d'exploitation des centres enfûteurs vers le stockage ou posés sur les camions plateaux de transport pour livraison à la clientèle.

### **III. GENERALITE SUR GAZ DE PETROLE LIQUIFIE**

#### **III.1. ORIGINE DU GPL**

Le GPL est extrait à partir de diverses sources qui peuvent être :

- ✓ de la récupération à partir de la liquéfaction des gaz associés (champs Pétroliers).
- ✓ comme sous-produit à partir des unités de liquéfaction du gaz naturel GNL.
- ✓ Du pétrole brut après raffinage comme sous-produit.
- ✓ De la récupération à partir des champs gaziers [6].

### III.2. DEFINITION

Le GPL est un mélange gazeux composé essentiellement de butane et du propane à température ambiante et pression atmosphérique, et peut passer à l'état liquide sous les conditions suivantes :

- Pression relevée à la température ambiante.
- Pression atmosphérique et basse température.
- Pression modérée et température pas tellement basse.

Cette propriété lui permet d'être stocké dans un volume réduit (250 litres de GPL gazeux égale à un litre de GPL liquide).

Il peut contenir ; le propylène ( $C_3H_6$ ), butène( $C_4H_8$ ), une faible quantité de méthane( $CH_4$ ), éthylène( $C_2H_4$ ), Pentane( $C_5H_{10}$ ), exceptionnellement des hydrocarbures tels que le butadiène( $C_4H_6$ ), l'acétylène ( $C_2H_2$ ) et le Méthylacrylique ( $C_5O_2H_8$ )<sub>n</sub>. Le tableau n°1 montre un exemple du mélange de GPL [8].

**Tableau 1:** composition molaire de GPL

| Le composant de GPL | % molaire |
|---------------------|-----------|
| Méthane             | 0,32      |
| Ethane              | 0,12      |
| Propane             | 60,59     |
| Iso butane          | 15,46     |
| Normal butane       | 22,14     |
| Iso pentane         | 0,01      |

### III.3. PROPRIETE ET CARACTERISTIQUE DES GPL

Les particularités physico-chimiques des GPL (tension de vapeur, poids spécifique, pouvoir calorifique, point d'ébullition, etc.) dépendent de leur teneur en divers hydrocarbures.

### III.3.1. PROPRIETE PHYSIQUE

Le GPL a la particularité de pouvoir être liquéfié à température ambiante, sous une faible pression (3 bars). À pression atmosphérique, il se liquéfie à une température de l'ordre de  $-30^{\circ}\text{C}$

- *Tension de vapeur :*

La TVR du GPL est de 8 et 2 bars pour le propane et le butane respectivement à  $20^{\circ}\text{C}$ .

- *Dilatation*

À l'état liquide, le GPL a un haut coefficient de dilatation dont il faut tenir compte lors de leur stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies).

- *Densité*

- Aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus lourd que l'air, avec l'augmentation de la température la densité diminue à titre exemple : À  $38^{\circ}\text{C}$  la densité est de 0,534, La densité est très importante dans le GPL commerciale.

- *Température d'ébullition*

A la pression atmosphérique la température d'ébullition de propane est de  $-42^{\circ}\text{C}$ , celle de Butane est de  $-6^{\circ}\text{C}$ .

- *Pouvoir calorifique*

Le GPL à un pouvoir calorifique élevé.

-Propane 12200 k cal/Nm<sup>3</sup>.

-Butane 11800 k cal /Nm<sup>3</sup>.

- Le GPL est non corrosif de l'acier mais l'est habituellement pour l'aluminium, le cuivre et ses alliages.
- Le GPL n'a pas de propriétés lubrifiantes et ceci doit être pris en considération lors du dimensionnement et de conception des équipements pour GPL (compresseurs et pompes).
- Inflammable dans des limites relativement faibles.  
Etat gazeux à la température ambiante.
- Ses caractéristiques physiques confèrent à cette énergie un avantage certain du point de vue du stockage et du transport.
- Le GPL est aussi caractérisé par un indice d'octane recherché (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement des valeurs de RON de

chacun de ses constituants. Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques [7]

### III.3.2. Propriété chimique du GPL

Le tableau 2 illustre les propriétés chimiques de GPL.

**Tableau 2** : les propriétés chimique du GPL

|                                    | Propriétés Chimiques                                   | Conséquences Pratiques   |
|------------------------------------|--|--|
| Etat liquide                       | Le GPL liquide est plus léger que l'eau.               | Les réservoirs sur les terrains inondables (instables) doivent être ancrés parce qu'ils risqueraient de flotter en cas d'inondation. |
| Action sur les composés organiques | Le GPL dissout les graisses, les huiles et les vernis. | Les joints et les trigones doivent être en caoutchouc synthétique de qualité appropriée.   |
| Solubilité                         | Il est insoluble dans l'eau.                           |  |
| Fluidité                           | Très fluide à l'état liquide et gazeux.                | Le choix et la réalisation des circuits d'alimentation doivent se faire soigneusement.   |

**Tableau 2 (suite) : les propriétés chimique du GPL**

| Propriétés Chimiques |   | Conséquences Pratiques  |
|----------------------|---|---|
| Toxicité             | Le Butane et le Propane ne sont pas toxiques.   |   |
| Etat gazeux          | Le GPL - aux conditions normales de pression et température est un gaz plus lourd que l'air.  | En cas de fuite, il a tendance à s'accumuler dans les points bas. |
| Impuretés            | Le GPL produit au niveau des différents champs doit répondre aux spécifications suivantes :<br><br>-Teneur en gaz sec inférieure ou égale à 3 % mol.<br><br>-Teneur en condensât inférieure ou égale à 0.4 % mol. |   |

#### III.4. LES DIFFERENTES UTILISATION DU GPL

Grâce à leur fort pouvoir calorifique, à leur grande pureté et à la propreté de leur combustion ainsi qu'à la commodité de leur transport, les GPL sont la seule énergie à pouvoir répondre à une large variété d'usages, ils sont largement utilisés dans les secteurs industriels, commerciaux, domestiques ou dans le domaine des loisirs. Les GPL sont utilisés aussi comme gaz combustible ou comme carburant automobile ou encore comme matière première pour la pétrochimie.

❖ ***Dans la pétrochimie***

*Propane* : Le propane est essentiellement utilisé comme combustible domestique, cependant l'industrie pétrochimique en consomme 18% comme charge pour l'obtention de différents produits à savoir:

- Acétaldéhyde ( $C_2H_4O$ ), formaldéhyde ( $CH_2O$ ), acide acétique ( $CH_3COOH$ ) par oxydation.
- Ethylène ( $C_2H_4$ ) et propylène ( $C_3H_6$ ) par pyrolyse.
- Nitroéthane ( $CH_3CH_2NO_2$ ) et nitropropane ( $C_3H_7NO_2$ ) par nitration.

*Butane* : L'usage principal du butane est la fabrication d'essences. L'isobutane est utilisé pour la production d'alkylates et le n-butane est mélangé directement dans le pool essence pour régler la tension de vapeur, on utilise ainsi le butane pour l'obtention de :

- Butadiène ( $C_4H_6$ ) par déshydrogénation du n-butane.
- Anhydride maléique ( $C_4H_2O_3$ ) par oxydation.
- L'iso butylène ( $C_4H_8$ ) formé lors de la déshydrogénation de l'isobutane, sert de matière première pour la fabrication de plastique, caoutchouc et aussi pour la fabrication des produits pharmaceutiques et cosmétiques.

❖ ***Utilisation domestique***

Cuisiner est une des activités indispensables les plus énergivores au monde. Dans les pays industrialisés, les consommateurs ont la possibilité généralement de choisir une cuisinière ou un four fonctionnant au butane ou propane (GPL), au gaz naturel ou à l'électricité. Dans les pays en voie de développement, la majorité des habitants utilisent des combustibles locaux (par exemple bois, les résidus de récolte ou les déjections animales) avec des incidences néfastes pour la santé (particules – produits chimiques – suies...) comme pour l'environnement (déforestation...).





**Figure 11:** utilisation domestique de GPL

❖ *Source de chauffage*

Les appareils domestiques utilisés actuellement sont conçus pour s'adapter à l'utilisation de GPL. Une plus grande flexibilité, les aspirations de la clientèle et la recherche du rapport prix /qualité sont les facteurs principaux de l'évolution de ces appareils.



**Figure 126:** source de chauffage du GPL.

❖ *Utilisation industrielle et artisanale du GPL*

Le propane intervient dans de nombreux travaux de fabrication, manuels ou mécaniques. Il convient aussi bien aux grands ensembles de production d'un automatisme poussé qu'aux installations les plus modestes. Exemples :

- Climatisation et refroidissement à l'échelle industrielle.
- Production des carburants.
- Centrale électrique : combustible pour la génération électrique.

❖ *Utilisation du GPL dans l'industrie chimique*

- Chauffage de bacs d'acide.
- Fabrication de produits insecticides.
- Fabrication de caoutchouc synthétique.
- Aérosols.

- Production de gaz inerte.
- La production des matières plastiques :
  - Ramollissement avant formage.
  - Chauffage d'objets métalliques avant enrobage ; cuisson avant enrobage.
  - Travail au chalumeau.

❖ ***Utilisation du GPL comme carburant (GPLC)***

Les GPL sont utilisés également comme carburant efficace pour les véhicules, les bateaux de plaisance, les chariots élévateurs. ... ; car ils préservent les performances du véhicule et peuvent réduire l'usure du moteur .La consommation mondiale du GPL comme carburant s'élevait à près de 20 millions de tonnes en 2010.

❖ ***Utilisation du GPL dans la climatisation***

Il est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité) grâce à sa détente d'absorption de la chaleur et de créer le froid.

❖ ***Utilisation du GPL Pour la production d'électricité***

Le GPL est privilégié dans la production de l'électricité du point de vue technique car il nous permet d'atteindre des rendements très élevés. Écologique parce qu'il est un combustible propre et stratégique du point de vue diversification et garantie d'approvisionnement [7].

On conclusion Dans cette partie on a pu présenter un descriptif complet de la hiérarchie et des différentes procédures de fonctionnement de l'entreprise NAFTAL. Par ailleurs nous avons concentrés nos recherches sur le bon développement de l'outil d'exploitation de l'activité GPL.

## PARTIE II

### I.INTRODUCTION

Chaque année la mauvaise manipulation et utilisation de la bouteille B13 en générale engendre une perte très importantes pour le parc outil de l'Enterprise NAFTAL, qui subit annuellement une hémorragie financière de l'ordre de contrainte de milliard des dinars.

#### I.1. GÉNÉRALITÉ SUR LA BOUTEILLE DE GAZ

##### I.1.1. Historique

En 1870, le gaz dit portatif comprimé, transporté dans la circulation à Paris et dans les communes suburbaines, est uniquement fourni par la distillation d'un schiste bitumineux appelé boghead et exploité en Écosse. Le gaz, est comprimé à 12 atmosphères dans des cylindres en tôle qui peuvent distribuer le gaz par l'intermédiaire de régulateurs spéciaux. On le verse par simple différence de pression dans des gazomètres à cloches établis chez les consommateurs. C'est un ancêtre des réservoirs sous pression et autres bouteilles de gaz [8].

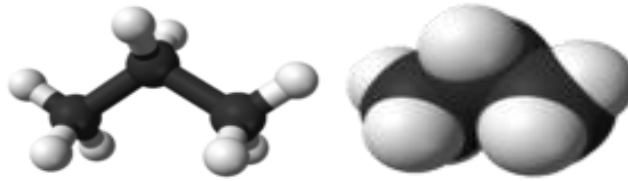
##### I.1.2. Définition

❖ *La bouteille de gaz*

Elle est définit comme un récipient ou réservoir métallique sous pression de forme cylindrique plus ou moins allongé, conçu pour contenir un gaz à une pression nettement différente de la pression ambiante [9].

❖ *Le propane*

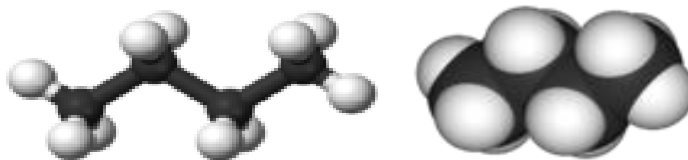
Le propane est un alcane linéaire de formule  $C_3H_8$ . Il est dérivé d'autres produits pétroliers par des processus de thermochimie de gaz ou de pétrole. Il est couramment utilisé comme source d'énergie chimique par combustion dans les moteurs à combustion interne, barbecues et chaudières. Généralement vendu à l'état liquide, sous forme de GPL notamment (c'est l'un de ses constituants principaux). Un additif, l'éthane thiol, est utilisé comme odorant pour signaler les fuites éventuelles [10].



**Figure 13:** structure cristalline de propane [11].

❖ *Le butane*

Le butane est un hydrocarbure saturé de la famille des alcanes et de formule brute  $C_4H_{10}$ . Il existe sous deux formes isomères, le n-butane et l'isobutane ou 2- méthyle propane.



**Figure 14:** structure cristalline de butane [11].

### I.1.3. matériaux utilisés

Les conduites, raccords, flexibles de raccordement et éléments de robinetterie doivent être composés de matériaux compatibles avec le gaz utilisé et résister aux sollicitations auxquelles ils seront soumis. Les matières et matériels susceptibles d'entrer en contact avec le gaz doivent être compatibles avec ce dernier et ne pas réagir dangereusement avec lui.

❖ *Exemples de matériaux appropriés*

- Matériaux incombustibles pour les gaz inflammables,
- Acier pour l'acétylène (le cuivre et ses alliages à plus de 70 % de cuivre sont Inadmissibles pour l'acétylène),
- Matières plastiques spéciales pour l'ammoniac et le chlore, Dans les zones à faible risque d'incendie, Flexibles à haute pression en caoutchouc ou en matière plastique pour le matériel de soudage aux gaz selon SN EN ISO14113 [10].

## I.2. DIFFERENTS TYPE DE BOUTEILLES

Traditionnellement, le butane et le propane sont mis à disposition des utilisateurs dans des bouteilles construites en tôle d'acier de qualité et d'épaisseur soigneusement contrôlées et protégées contre les risques de corrosion.

En règle générale, ces bouteilles contiennent 6 ou 13 kg de produit pour le butane et 5, 11, 30 ou 35 kg pour le propane. Cependant, pour répondre à l'attente de leur clientèle, les adhérents du CFBP ont mis sur le marché à partir de 2006 des bouteilles plus légères, d'une contenance de 10 kg, en matériau composite ou en tôle mince.

Le détendeur est utilisé pour faire varier la pression du gaz de l'intérieur de la bouteille à sa sortie vers le tuyau de raccordement afin de garantir une utilisation en toute sécurité. En effet, le gaz est stocké sous haute pression dans la bouteille mais sortira à une pression plus faible dans le tuyau de raccordement. Le détendeur de gaz n'est pas le même pour une bouteille de butane ou propane, il varie également en fonction de la capacité de la bouteille (capacité en kg). Les détendeurs servent à réduire la pression d'une source de gaz d'une bouteille ou d'une canalisation à un niveau de pression qui permet d'utiliser le gaz en sécurité.

- ❖ Butane : 1300g/h de débit à 28 mbar de pression
- ❖ Propane : 2600 g/h de débit à 37 mbar de pression Il existe des manodétendeurs propane pour des utilisations spécifiques [10].

### *Viséo butane*

Le détendeur Quick-on 28mbar est fourni en cas de consigne. Il permet de connecter la bouteille de manière rapide et extrêmement simple.

Ce type de bouteille utilisé pour appareils de jardin (barbecue, plancha, parasol, chauffant...etc.). Les caractéristiques techniques pour la recharge du butane sont :

- La pression est de 30 bars,
- La contenance : 10 kg,
- La quantité d'énergie disponible (Pouvoir Calorifique Supérieur) : 137 kW, et les dimensions : hauteur 50,2 cm, diamètre et de 30 cm.



**Figure 15:** représentation de la bouteille de viséo butane [10].

#### **✚ Bouteille 13 kg butane**

Les caractéristiques de la bouteille 13 kg butane sont :

Le détendeur Butane 28 mbar (type 717 BT) avec une tétine à raccorder à un tube souple avec colliers de serrage (validité 5 ans), ou sans tétine à raccorder à un tuyau flexible à embouts mécanique. Le détendeur de la bouteille Butane 13kg est de couleur bleu marine ou gris. A une pression de 30 bars, el renferme 13 kg de gaz et le poids totale de la bouteille pleine qui et de 24 kg elle a une hauteur de 60 cm et un diamètre et de 29 cm et elle et stocké à l'intérieur principalement.



**Figure 16:** bouteille 13 kg de butane [10].

#### **✚ Le Cube propane**

Cette bouteille présente plusieurs caractéristiques intéressantes qui la rendent assez simple d'utilisation.

Le Cube propane est facile à transporter, ne renfermant que 5 kg de gaz. Cette bouteille est également équipée d'une poignée moulée dans sa partie supérieure. La conception de

cette bouteille de gaz est la plus résistante au choc et à la rouille. Le détendeur propane 37 mbar (type 717 p) et raccordé à un tuyau flexible à embouts mécanique uniquement. Avec une pression de 30 bars et une quantité de gaz de 5 kg.



**Figure 17:** le cube propane [10]

#### **✚ Bouteille 11 kg propane**

Elle est utilisée pour le cuisine et pour le chauffage d'eau, elle est stockée à l'intérieur comme à l'extérieur mais toujours stockée à l'extérieur pour la sûreté.

Sous une pression de 30 bars, elle renferme 11 kg de gaz et le poids totale de la bouteille pleine qui est de 25 kg elle a une hauteur de 60 cm et un diamètre de 29 cm.

Le détendeur propane 37 mbar (type 717 p) est raccordé à un tuyau flexible à embouts mécanique uniquement. Le détendeur de la bouteille propane 11 kg est de la même couleur de la bouteille (vert).



**Figure 18:** bouteille 13 kg propane [10]

#### **✚ Bouteille 35 kg propane**

Elle est utilisée principalement pour la soudure. A une pression de 30 bars, elle renferme 35 kg du gaz et le poids totale de la bouteille pleine qui est de 70,5 kg. Elle a une hauteur de 144 cm et un diamètre de 29 cm. cette bouteille est stockée à l'extérieur principalement. Le

détendeur Propane 37 mbar (type 717 P) est raccordé à un tuyau flexible à embouts mécaniques uniquement [10].



**Figure 19:** bouteille 35 kg propane [10]

### I.3. Caractéristiques

Les caractéristiques des bouteilles du butane et du propane employées sont regroupées dans le tableau 3.

**Tableau 3:** Caractéristiques des autres bouteilles de butane et de propane [10].

| Caractéristique               | Butane  | Propane |
|-------------------------------|---------|---------|
| Quantité de gaz (kg)          | 6       | 30      |
| Poids total approximatif (kg) | 13,5    | 62,5    |
| Diamètre extérieur (mm)       | 300     | 300     |
| Hauteur totale (mm)           | 280-365 | 1250    |

### I.4. DEBIT DES BOUTEILLES DU BUTANE ET DU PROPANE:

les tableaux 4 et 5 représentent les débits des bouteilles de butane et du propane, respectivement.

**Tableau 4:** débit des bouteilles du butane [10].

| t (min) | 15   | 30   | 60  | 120 | continue |
|---------|--|------|-----|-----|----------|
| T (°C)  | Débit moyen (en g/h) d'une bouteille de 13 Kg en fonction de la durée de service |      |     |     |          |
| 15      | 1750   | 1100 | 650 | 400 | 275      |
| 5       | 500  | 250  | 150 | 100 | 75       |



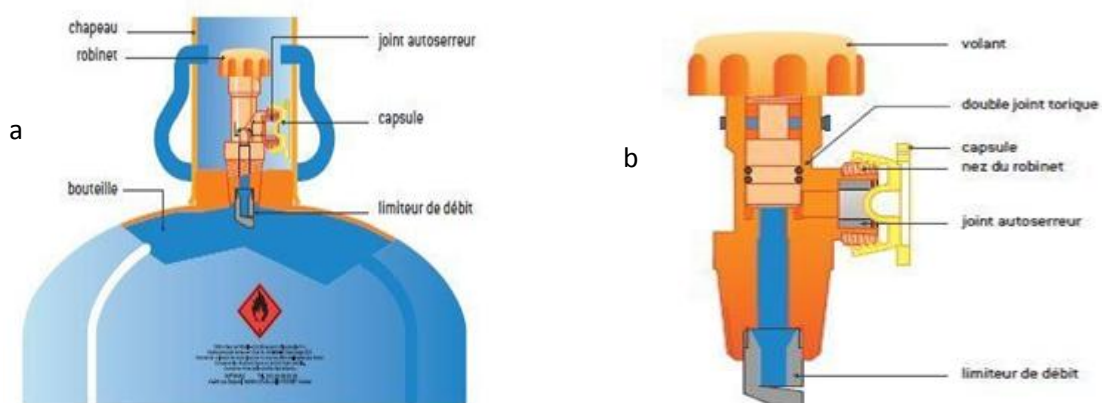
**Tableau 5:** débit moyen d'une bouteille de 13 Kg propane [10].

| t(min) \ T <sub>ext</sub> (°C) | 15   | 30   | 60   | 120  | continue |
|--------------------------------|--|------|------|------|----------|
|                                | Débit moyen (en g/h) d'une bouteille de 13 Kg en fonction de la durée de service |      |      |      |          |
| 10                             | 5000   | 3500 | 2150 | 1300 | 900      |
| 5                              | 4350   | 3250 | 1800 | 1150 | 760      |
| -5                             | 3200   | 2400 | 1250 | 800  | 520      |
| -15                            | 2500   | 1400 | 800  | 500  | 320      |

### I.5. LES ACCESSOIRES DES BOUTEILLES TRADITIONNELLES DU GPL

Traditionnellement, les bouteilles sont équipées d'un robinet à volant et d'un chapeau destiné à protéger le robinet et à faciliter la manutention de la bouteille. Après emplissage, une capsule de sécurité ou un écrou vient faire étanchéité sur le nez du robinet ou le joint auto-serreur.

La capsule remplit également le rôle de garantie commerciale puisqu'une fois enlevée, elle ne peut pas être remise en place. Le nez du robinet est équipé d'un filetage « à gauche », sécurité gaz, pour visser seulement du matériel spécifique gaz (« pas de vis à gauche ») Le détendeur en règle générale. Le limiteur de débit est un accessoire de sécurité qui interdit un épanchement massif de gaz en cas de sectionnement du flexible de raccordement [10].



**Figure 20:** (a) robinet et le chapeau robinet à volant et (b) le chapeau [10].

Actuellement les nouvelles générations de bouteilles sont équipées d'une valve avec raccordement au détendeur par clip. La valve présente plusieurs avantages par rapport au robinet. Le tableau 6 représente la différence entre une bouteille du GPL traditionnelles et les nouvelles générations de bouteilles.

**Tableau 6** : la différence entre une bouteille du GPL traditionnelle et les nouvelles générations de bouteilles [10].

| <b>Bouteilles traditionnelles</b> | <b>Nouvelles générations de bouteilles</b>                         |
|-----------------------------------|--|
| Robinet                           | Valve  |
| Chapeau                           | Poignées de préhension / galerie                                   |
| Capsule ou écrou de Sécurité      | Capsule de garantie commerciale                                    |
| Limiteur de débit                 | Limiteur de débit (selon les bouteilles)                           |
|                                   | Soupape (selon les bouteilles)                                     |
|                                   | Fusible thermique (sur certaines bouteilles en matériau Composite) |

Selon la manipulation des bouteilles enceins bouteilles B13 en générale, engendre des pertes très importantes à NAFTAL. Alors notre objectif dans ce mémoire est de proposer un nouveau matériau en polycarbonate à la place de l'acier. Afin d'économiser les grands pertes financière du NAFTAL engendré par cette bouteille GPL en acier.

## **II. LA BOUTILLE DE GAZ EN POLYCARBONATE**

### **II.1. HISTORIQUE DU POLYCARBONATE**

Polycarbonate est un matériau thermoplastique amorphe découvert 1898, trouvé par hasard par le chimiste allemand Alfred Einhorn (1896-1917). Mais, en 1953 que le polycarbonate prend son essor grâce à la mise au point par d'autres chimistes allemands, trois chercheurs travaillant dans General Electric. Sa première mise sur le marché date de 1958, sa consommation mondiale annuelle est de  $12 \times 10^5$  tonnes. En USA, des recherches ont donné un brevet pour le polycarbonate au sein de Général Electricque plastique (une division de General Electric) [12].

### **II.2. LE POLYCARBONATE**

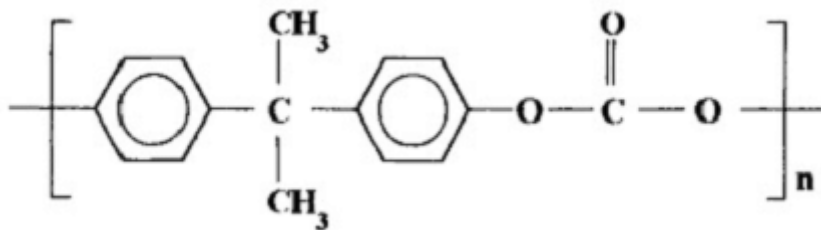
Le polycarbonate est un matériau thermoplastique composé de plaques transparentes superposées. Ce plastique possède la principale caractéristique d'être extrêmement

résistant, difficilement déformable et difficilement inflammable ; c'est aussi un matériel particulièrement approprié pour tous les objets demandant une résistance aux chocs et aux rayures [13].

#### ❖ Structure du PC

Le polycarbonate est un polymère thermoplastique largement utilisé dans de nombreux domaines d'application, du fait de ses diverses propriétés telles que sa transparence, sa stabilité thermique et sa résistance à l'impact. Il existe deux types de polycarbonate (PC) les Aliphatiques et les aromatiques. Ces derniers sont les plus communs et sont dérivés de bisphénol A ( $C_{15}H_{16}O$ ). Le polycarbonate est obtenu par synthèse du bisphénol A et du phosgène ( $CCl_2O$ ) [12].

La formule chimique du PC est :



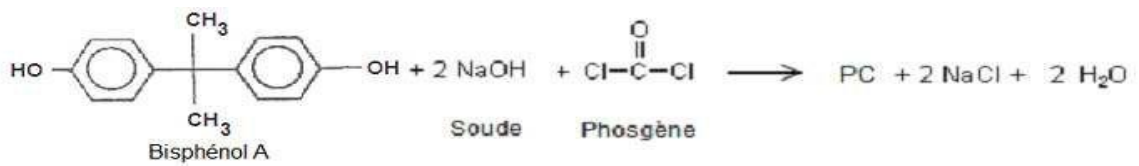
**Figure 21:** formule chimique de polycarbonate [12].

### II.2.1. LA FABRICATION DE POLYCARBONATE

Il existe deux méthodes sont possibles pour fabriquer le PC [14].

#### II.2.1.1. La polycondensation

C'est la méthode la plus répandue. 95% des polycarbonates sont produits par cette chimie de polymérisation (figure 19). Une solution aqueuse de bisphénol A ( $C_{15}H_{16}O_2$ ) et de soude réagit avec du phosgène ( $CCl_2O$ ). L'usage du phosgène doit être contrôlé pour limiter le coût de la production de PC.



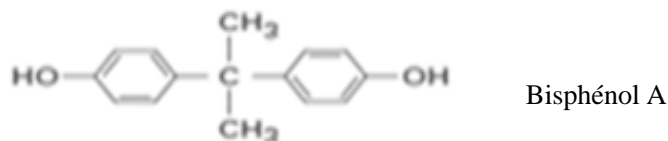
**Figure 22:** schéma de synthèse du PC par polycondensation du bisphénol A(BPA) avec le phosgène [13].

Le PC ainsi obtenu est amorphe avec une température de transition vitreuse autour de 150°C. Tous les grands producteurs de polycarbonate utilisent le procédé de polycondensation inter-faciale à deux phases en continu. Le polycarbonate tient son nom des groupes carbonates de la chaîne macromoléculaire principale. Les matières premières de base concernant ce procédé de fabrication sont

Il y'a deux étapes pour obtenir le résine du PC

### Réaction 1

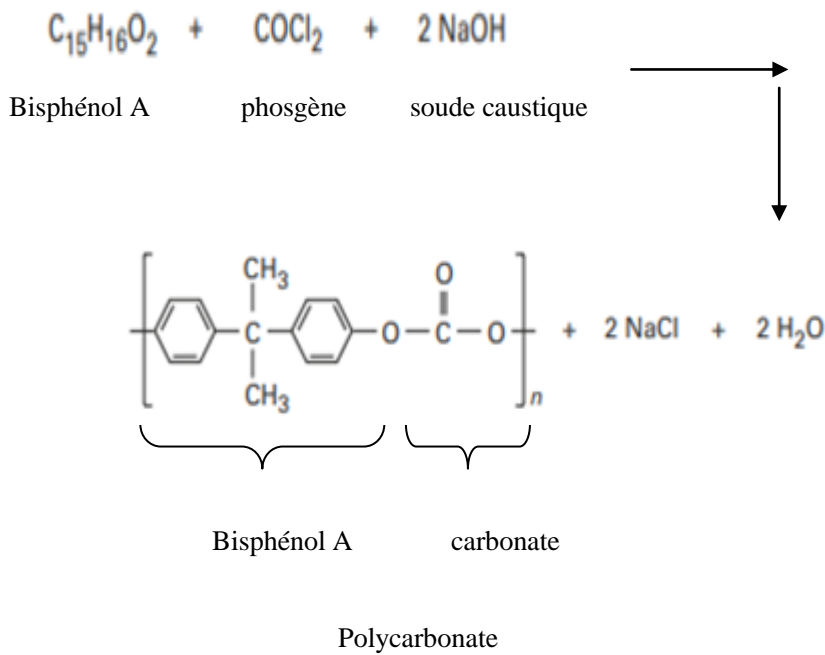
Le Bisphénol A réagit avec l'hydroxyde de sodium pour obtenir un sel sodique de bisphénol A



**Figure 23:** réaction de formation du BPA [15]

### Réaction 2

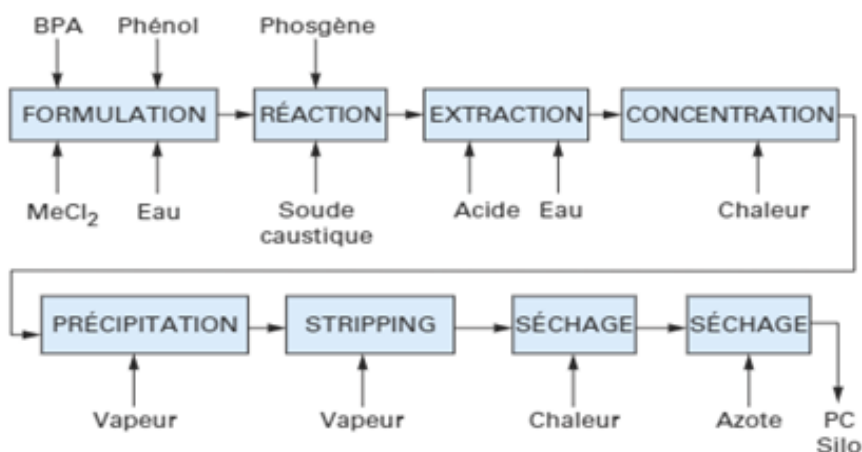
Le bisphénol A réagit avec le phosgène pour produire le polycarbonate.



**Figure 24:** réaction de formation du BPA et de la résine PC [15].

Dans ce procédé de fabrication le polycarbonate est appelé polycarbonate de bisphénol A parce qu'il est composé de bisphénol A ( $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2$ ) et de phosgène ( $\text{CCl}_2\text{O}$ ) (qui est une substance très toxique). Le procédé général de fabrication de polycarbonate peut être représenté de la manière suivante (figure 24) [15].

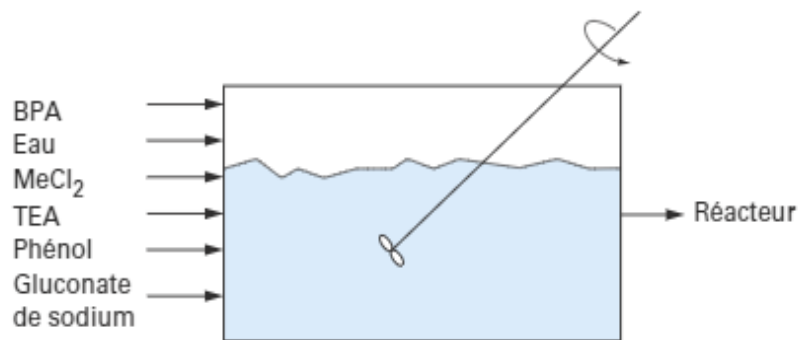
Les différents étapes du procédés de fabrication de polycarbonate son :



**Figure 25:** fabrication de résine polycarbonate [15].

❖ *Formulation*

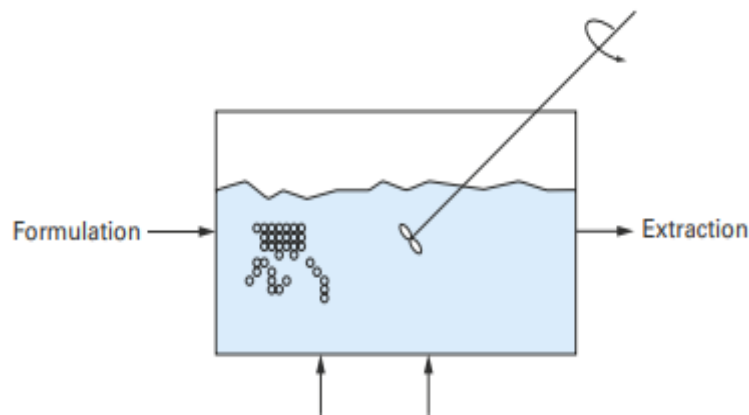
Au cours de cette étape, les composants de base de la réaction sont introduits dans une cuve sous agitation. Les ingrédients utilisés sont le bisphénol A, l'eau, le chlorure de méthylène ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), la triéthylamine ( $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}$ ), le phénol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) et le gluconate de sodium ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NaO}_7$ )



**Figure 26:** formulation du polycarbonate [15].

❖ *Réaction*

Au démarrage de la réaction, nous sommes en présence d'une solution basique en phase aqueuse et d'un solvant organique inerte qui est le chlorure de méthylène ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ). Le rôle du solvant est de dissoudre le phosgène introduit dans le réacteur en début de réaction, puis, pendant le déroulement de la réaction de milieu, pour récupérer les arylchlorocarbonates et les oligocarbonates formés dans la première partie de la réaction. Dans la seconde phase, les oligocarbonates présents dans la phase organique sont transformés en polycarbonates de différentes masses moléculaires en fonction de la quantité de triéthylamine ( $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}$ ), comme un catalyseur adéquat. La croissance des chaînes macromoléculaires de polycarbonate est stoppée par la présence de phénol qui, par réaction avec le phosgène et la chaîne macromoléculaire en croissance, se termine par la formation d'un polycarbonate et de l'acide chlorhydrique. Enfin, la présence de la soude caustique neutralise l'acide chlorhydrique formé pour obtenir de l'eau et du chlorure de sodium.



**Figure 27** : réaction de polycarbonate [15].

❖ *Extraction*

La phase d'extraction commence par la centrifugation du mélange eau/solide pour obtenir la séparation de la phase aqueuse et la phase organique qui contient le polycarbonate. Puis, un lavage à l'acide et plusieurs lavages à l'eau en continu dans des centrifugeuses permettent de récupérer la phase organique avec 16 % de solide.

❖ *Concentration*

La phase polymérique est introduite dans une extrudeuse à évaporation pour la concentration de la phase solide de 16 % à 22 %.

❖ *Précipitation*

À partir de la précipitation à 22 % et sous l'effet de la vapeur d'eau, cette phase de la fabrication va nous conduire à la précipitation finale du polymère. Le but de cette opération est d'obtenir une phase solide polymérique beaucoup plus riche en solide supérieur à 98 % [15].

❖ *Stripping* : Le stripping consiste à provoquer l'entraînement de gaz ou de matières volatiles dissoutes dans l'eau, au moyen d'un courant de vapeur, de gaz ou d'air traversant le liquide à contre-courant. Le principe consiste à injecter de la vapeur sous pression afin de mettre en vapeur des composés volatils. Les vapeurs toxiques récupérées sont traitées par un filtre à air à charbon actif ou par un autre procédé. (Le stripping désigne le mécanisme de transfert d'un polluant d'une phase liquide ou solide vers une phase gazeuse [16].

❖ *Séchage par chaleur*

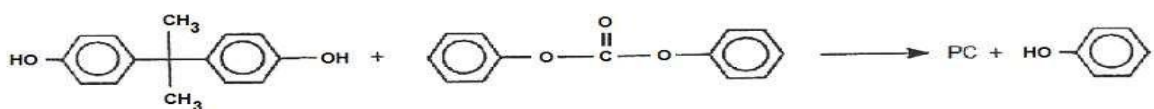
Cette méthode de séchage utilise des compresseurs d'air standard en combinaison avec des sècheurs à absorption modulée en pression (AMP). Les compresseurs fournissent chacun jusqu'à 2000 m<sup>3</sup>/heure d'air et les sècheurs AMP peuvent faire baisser le point de rosée de l'air en-dessous de -40°C. Cette méthode est à utiliser lorsqu'il reste un grand volume d'eau libre dans le système à sécher. Afin de retirer l'eau libre par une soupape d'évacuation, le système est pressurisé avec de l'air sec et dépressurisé très rapidement, grâce aux conduits d'évacuation, ce qui libère l'eau [17].

❖ *Séchage à l'azote*

L'azote liquide est fourni avec un point de rosée inférieur à -65°C, il s'ensuit que le séchage à l'azote est souvent utilisé pour des systèmes nécessitant un point de rosée très bas. Celui-ci est vaporisé et pompé dans le système par des cheminements prédéterminés et, lorsqu'il passe sur des zones humides, l'azote sec se charge d'humidité jusqu'à saturation. L'azote humide est envoyé dans une zone sécurisée [17].

### II.2.1.2. La Transestérification

C'est une méthode qui fait intervenir le bisphénol A avec du carbonate de diphenyle (C<sub>13</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>), en présence de catalyseur et à chaud (150 à 350°C), la méthode est donnée sur le schéma de la figure ci-dessous [14].



**Figure 28:** synthèse du PC par transesterification [14].

### II.2.2. LE TRAITEMENT DE POLYCARBONATE

- ✓ Extrusion
- ✓ Moulage par injection
- ✓ Soufflage
- ✓ Thermoformage
- ✓ Impression 3D



Le PC est fondu et forcé dans un moule à haute pression pour lui donner la forme souhaitée. Le séchage avant le traitement est fortement recommandé: 2 à 4 h une températures de 120 ° C. La teneur en humidité cible doit être au maximum de 0,02%.

Afin d'éviter la dégradation du matériau, le temps de séjour maximal idéal est compris entre 6 à 12 minutes en fonction de la température de fusion choisie. Deux techniques majeures impliquées dans le traitement du polycarbonate sont le moulage par injection et l'extrusion [18].

✓ *Extrusion*

Dans ce processus, le polymère fondu (230-260°C) passe à travers une cavité qui aide à lui donner la forme finale. La fonte une fois refroidie atteint et conserve la forme acquise. Ce procédé est utilisé pour fabriquer des feuilles de polycarbonate, des profilés et de longs tuyaux [18].

✓ *Moulage par injection*

Le moulage par injection est le procédé le plus souvent utilisé pour produire des pièces à base de polycarbonates et de leurs mélanges. Le polycarbonate étant très visqueux, il est généralement traité à haute température pour réduire sa viscosité. Dans ce processus, le polymère fondu chaud est pressé dans un moule à haute pression. Le moule, lorsqu'il refroidit, donne au polymère fondu sa forme et ses caractéristiques souhaitées. Ce procédé est généralement utilisé pour fabriquer des bouteilles, des assiettes en polycarbonate, etc. Puisque le polycarbonate est un plastique à faible écoulement, l'épaisseur de la paroi ne doit pas être trop fine [18].

✓ *Le soufflage*

1. Le PC est placé dans l'étuve pour y être chauffée. Le temps de chauffe et la température varient en fonction du type de matière et de son épaisseur.
2. Une fois prête à être formée, la plaque est prise en étaux entre le plateau de la presse et un moule.
3. Une fois le moule bridé par la presse, on vient injecter un filet d'air pour commencer à souffler la demi-sphère.
4. Une fois le soufflage arrivé à la bonne hauteur, une partie de l'air est rejeté pour stabiliser la bulle. Elle ne soit ni s'affaisser ni continuer de gonfler. Il s'agit de la phase de refroidissement de la pièce.
5. Une fois la bulle figée, la presse relâche la pression et libère la pièce [19].

✓ *Thermoformage*

La technique de thermoformage utilise les matériaux semi-ouvrés tels que les plaques ou feuilles rigides en matière thermoplastique pour les transformer en objets tridimensionnels avec une épaisseur de paroi proche de l'épaisseur du matériau de départ.

C'est un procédé de seconde transformation, les plaques ou feuilles sont ramollies par chauffage avant d'être mises en forme par application sur un moule géométrique simple.

Le processus du thermoformage se divise en cinq étapes :

- une plaque en plastique est placée dans un cadre qui la maintient au-dessus du moule ;
- la plaque est chauffée jusqu'à la température requise pour le formage ;
- la plaque ramollie et le moule sont mis en contact en position de formage ;
- le vide est fait entre le moule et la plaque pour que celle-ci, chaude, épouse bien la forme du moule ;
- après refroidissement du moule, la plaque formée est démoulée et détournée.

L'utilisation de cette technique est possible grâce au comportement des matières thermoplastiques amorphes comme le polycarbonate. Le polycarbonate prend une consistance caoutchouteuse au-dessous de sa température de transition vitreuse et peut donc être aisément formé et figé dans cet état, puis refroidi à l'air ambiant ou par soufflage.

Il est important d'identifier la fourchette de températures à laquelle la feuille devient élastique. Par conséquent, il est préférable que les matières à thermoformer se ramollissent avec un comportement élastique sur une large fourchette de températures plutôt que partiellement.

Le polycarbonate nécessite une température de formage élevée qui demande un appareil à chauffage radiant avec une densité énergétique importante de  $45 \text{ kW/m}^2$ . Les plaques de polycarbonate doivent être séchées au moins 4 h à  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ , jusqu'à 24 h suivant leur épaisseur. Le temps de chauffage pour le formage des plaques dépend de l'épaisseur et de la température absolue à la puissance 4 des éléments chauffants [12].

✓ *Impression en 3D*

Le polycarbonate est le matériau thermoplastique le plus résistant et un choix intéressant en tant que filament d'impression 3D. Le PC est un matériau solide et connu pour sa résistance à la température. Le polycarbonate ne se brise pas comme le plexiglas.

Le matériau en polycarbonate peut être lié en utilisant plusieurs techniques, y compris le collage au solvant, le collage ou la fixation mécanique. Il est impératif de comprendre les

exigences de qualité pour les procédés de collage selon la norme réglementaire DIN 2304-1.

1. *Configuration de l'impression* : Un logiciel de préparation d'impression est utilisé pour orienter et disposer les modèles à l'intérieur d'un volume d'impression, ajouter des structures de support si nécessaire, et découper en couches le modèle avec ses supports.

2. *Impression* : L'impression dépend du type de technique d'impression 3D : utilisé : le dépôt de fil fondu (FDM) fait fondre un filament de plastique, la stéréolithographie (SLA) polymérise une résine liquide, et le frittage sélectif par laser (SLS) fait fondre un plastique en poudre.

3. *Post-traitement* : À la fin de l'impression, les pièces sont retirées de l'imprimante, nettoyées ou lavées, traitées par UV (selon le procédé) et, enfin, les structures de support sont enlevées le cas échéant [20].

#### *Forme*

Le PC est commercialisé :

Soit sous forme de granulés (pour injection et extrusion) ;

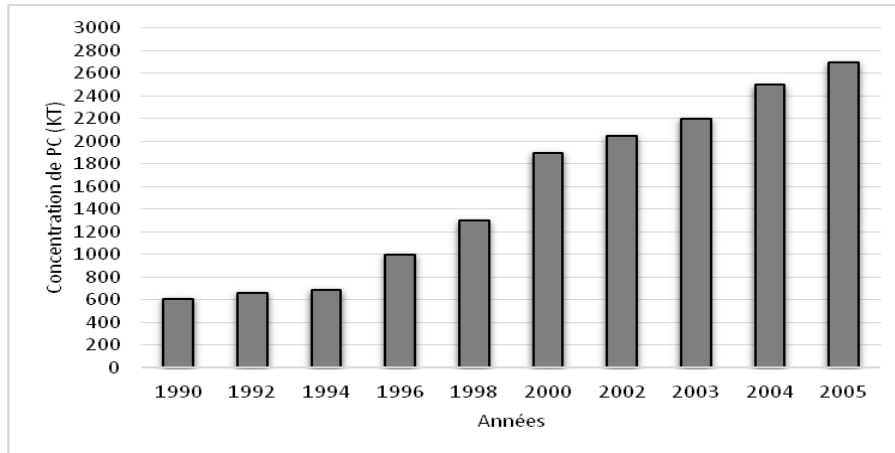
Soit sous forme de demi-produit (pour usinage ou thermoformage) [21].

Le polycarbonate peut se mettre en œuvre par injection, extrusion, thermoformage et surmoulage. Avant toute mise en œuvre. Le PC doit être étuvé à 120°C pendant au moins 4 heures.

L'injection-moulage se fait à des températures comprises entre 280°C et 320°C. La température du moule se situe entre 80 et 120°C. Le profil de température en extrusion est décroissant le long de la vis, de 300 à 270°C [22].

Sachant qu'un important développement de la consommation mondiale au cours de la dernière décennie. La consommation mondiale de polycarbonates est croissante: de 0,47 million de tonnes en 1987, elle atteint 1,3 million de tonnes en 1998 dont 15 % d'alliages puis de 2,7 millions de tonnes en 2005 [23].

La représentation de l'évolution de la consommation mondiale de 1990 jusqu'à 2005 est illustrée par la figure 26



**Figure 29:** l'évolution de la consommation du PC entre 1990-2005 [23]

Le marché mondial du polycarbonate constate une augmentation de la demande année après année en raison du changement et de la facilitation qu'il a constatée dans de nombreux domaines. L'adoption de ce matériau a réduit le nombre de pertes auxquelles de nombreuses entreprises étaient confrontées. Nous notons à travers la déclaration suivante le bénéfice réalisé par le marché mondial pour l'année 2015 par rapport aux années précédentes. Tel que Les capacités mondiales de production de polycarbonate dans le monde en 2015, par pays, en milliers de tonnes. Ainsi que les capacités de production de la Chine en polycarbonate dépassaient les 580.000 tonnes.

### II.2.3 LES PROPRIETES DU POLYCARBONATE

#### ❖ *Propriétés physiques*

La très grande transparence de cette matière est exploitée pour la fabrication de verres optiques, des CD et DVD, des lentilles de caméras thermiques (caméras infrarouge) ou encore de vitres de phares automobiles. En forte épaisseur, il possède une légère teinte jaune avec une excellente transparence et un polymère à haut poids moléculaire.

#### ❖ *Propriétés Mécaniques*

Le PC est utilisé essentiellement pour sa dureté, sa très grande résistance aux chocs et sa transparence, les propriétés mécaniques du PC sont en fonction de la structure moléculaire, de la masse molaire, des groupes terminaux, des méthodes de fabrication et du vieillissement physique. Ces principales propriétés mécaniques sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau 7).

**Tableau 7:** propriétés mécaniques du PC [24].

| Module d'Young<br>(MPa) | Contrainte maximale<br>(MPa) | Elongation<br>maximale (%) | Résistance au choc<br>entaillée (KJ/m <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| 2300-2400               | 62-65                        | 110                        | 850  |

❖ *Propriétés Chimiques*

Le PC est sensible à l'hydrolyse, et résistant à l'eau jusqu'à 60°C. Les composés chimiques qui dégradent le PC sont les cétones, les acides concentrés, les hydrocarbures aromatiques et halogénés, et les bases fortes. Le polycarbonate est insensible aux acides dilués, aux alcools, aux graisses, aux huiles, et aux hydrocarbures aliphatiques [15].

❖ *Propriétés électriques*

La permittivité relative du PC reste quasi inchangée entre [-20°C-140°C] c'est-à-dire dans tout l'intervalle des températures d'utilisation des polycarbonates. Cependant, la permittivité relative baisse légèrement lorsque la fréquence augmente. Les polycarbonates sont d'excellents isolants dans tout l'intervalle de température dont relèvent les applications pratiques [25].

❖ *Les propriétés thermiques*

Le polycarbonate présente trois transitions thermiques, Teneur thermique excellente, bonne propriétés diélectrique et électrique. La transition  $\delta$  associée aux mouvements internes de motifs PC, se situant vers 100°C. La température de transition vitreuse  $T_g$ , se trouve dans le domaine de température : [140 - 150°C].

❖ *Propriétés dimensionnelle*

Comme tous les polymères amorphes, le PC offre un retrait limité au démoulage (inférieur à 0,6 %). Sa faible reprise d'humidité lui assure une bonne stabilité dimensionnelle en, ambiance humide. Le PC a une bonne teneur au fluage surtout quand il est renforcé de fibres de verre.

❖ *Propriétés physico-chimiques*

• *Solubilité*

Les meilleurs solvants du polycarbonate pour les opérations de nettoyage (par exemple) sont :

- Acétone

- Dichlorométhane

• *Stabilité*

Les polycarbonates sont des matériaux à usage technique, durs et rigides, difficilement combustibles, dont les propriétés principales sont :

- stabilité mécanique et dimensionnelle avec une exceptionnelle résistance aux chocs qui en fait le matériau de choix pour la fabrication des casques de moto, de pompiers, etc. ;
- Solidité et résistance à l'abrasion ;
- Bonne stabilité aux très basses températures jusqu'à -150°C et aux températures élevées jusqu'à 140°C environ ;
- Transparence, 80-90 % à 1mm d'épaisseur ;
- Bonnes propriétés électriques et diélectriques ;
- Résistance vis-à-vis des produits chimiques et de certains solvants. Sensible à l'hydrolyse (attaques alcalines) et soluble dans certains solvants aromatiques et dans les solvants halogénés
- Les polycarbonates sont perméables à certains gaz et sensibles aux UV.

#### **II.2.4. LES AVANTAGE ET LES INCONVENIENT DU POLYCARBONATE**

Le polycarbonate offre de nombreuses caractéristiques remarquables :

##### **II.2.4.1. Les Avantages**

- ◆ Grande résistance à la chaleur, ce qui le rend parfait pour les applications nécessitant une stérilisation,
- ◆ Bonne stabilité dimensionnelle qui lui permet de conserver sa forme dans diverses conditions,
- ◆ Mise en œuvre par toutes les techniques,
- ◆ Bonnes propriétés d'isolation électrique,
- ◆ Inertie biologique,
- ◆ Facilité de recyclage,
- ◆ Facilité de traitement,
- ◆ Alimentaire,

### II.2.4.2. Inconvénients

En revanche les inconvénients du pc sont :

- ◆ Prix élevé,
- ◆ Mise en œuvre à haute température et haute pression,
- ◆ Tenue chimique (hydrocarbures aromatiques, lessives basiques)
- ◆ Hydrolysable au-dessus de 60°C, [26].

#### II.2.4.2.1. les risque du polycarbonate

##### ❖ *Risques chimiques*

- *Risques spécifiques au polymère*

Le PC ne présente pas de risque toxicologique particulier à température ambiante à l'exception du danger habituel dû aux poussières inertes lorsqu'il est manipulé à l'état pulvérulent. Le Bisphénol A (FT-279 4) est un perturbateur endocrinien, qui induit des pathologies sur le fœtus suite à l'exposition de la femme enceinte. la loi du 24 décembre 2012 vise à interdire l'emploi du Bisphénol A dans tout conditionnement (polymère) à vocation alimentaire depuis 2015.

Parmi les solvants utilisés, le dioxane est susceptible de provoquer des cancers.

- *Dégradation thermique*

Il est combustible à voire explosion et a un pouvoir calorifique très élevé ( $7 \cdot 10^3$  kcal/kg) Sachant que les ABS sont ordinairement difficilement inflammables mais peuvent être inflammables sous forme de feuilles, plaques ou tubes [27].

##### ❖ *Risques associés aux additifs*

Il y'a deux additifs au pc qui peuvent engendrer un risque pour l'homme.

- a) *Fibres de verre* : Danger d'irritation de la peau et des voies respiratoires, notamment au moment de leur incorporation dans les résines.
- b) *Noir de carbone (stabilisant UV)* : Le noir de carbone pénètre dans l'organisme essentiellement par inhalation mais aussi par voies orale et cutanée. Après inhalation, il s'accumule dans le tractus respiratoire et s'élimine lentement par voie digestive [27].

Il faut savoir que les polycarbonates ont certaines limitations qui incluent:

- Les propriétés mécaniques se dégradent après une exposition prolongée à l'eau à plus de 60 °C,
- Attaqué par les hydrocarbures et les bases,

- Un séchage adéquat avant le traitement est nécessaire,
- Jaunit après une longue exposition aux UV [18].

### II.2.5. Utilisation d'additifs pour optimiser les propriétés

La résistance au fluage des polycarbonates peut être améliorée avec l'ajout de renforts en fibre de verre ou de carbone. 5-40% des renforts fibre de verre peuvent améliorer la résistance au fluage jusqu'à 28 MPA à une température aussi élevée que 98.89°C. Les nuances renforcées ont un meilleur module de traction, une meilleure résistance à la flexion et à la traction par rapport aux nuances PC standard.

L'ajout d'additifs peut améliorer l'ignifugation, la stabilité thermique, la lumière UV et la stabilité de la couleur et plusieurs autres propriétés. Les feuilles de polycarbonates enduites présentent également une meilleure résistance aux intempéries et une meilleure résistance aux chocs et aux produits chimiques.

Les stabilisants à base de benzotriazole sont utiles pour stabiliser le PC contre la lumière UV et protéger de la dégradation UV.

Les stabilisants à base d'esters d'acide phosphoreux  $H_3PO_3$  sont connus pour être efficaces pour améliorer la stabilité thermique du polycarbonate.

Plusieurs retardateurs de flamme, tels que les produits halogénés, à base de phosphore et à base de silicone, sont largement utilisés pour atteindre les performances UL requises, augmenter la LOI et réduire la chaleur de combustion des produits PC.

Les mélanges de polycarbonate sont un succès commercial pour fournir un juste équilibre entre performance et productivité qui sont.

- *Mélanges PC / polyester*: Ces alliages conviennent aux applications où une résistance chimique élevée est requise. Les mélanges PC / PBT offrent une résistance chimique plus élevée que les mélanges PC / PET en raison du comportement cristallin plus élevé du PBT, tandis que les grades mélangés en PET offrent une résistance thermique supérieure.
- *Mélanges PC / bisphénol A (ABS)*: la ténacité et la résistance thermique élevée du PC combinées à la ductilité et à la capacité de traitement de l'ABS offrent une excellente combinaison de propriétés [18].



## II.2.6. LES APPLICATIONS DU POLYCARBONATE

### ❖ *Appareils électroménagers*

Les polycarbonates et leurs mélanges sont utilisés dans les appareils électroménagers, tels que les réfrigérateurs, les climatiseurs, les machines à café, les mélangeurs d'aliments, les machines à laver, les sèche-cheveux, les réservoirs d'eau en fer à vapeur, etc. L'utilisation du PC permet une liberté de forme grâce à sa large gamme de propriétés mécaniques et améliore la robustesse et l'attrait visuel d'un produit.

### ❖ *Automobile / Transport*

Étant léger et transparent, le PC est utilisé pour créer un design accrocheur et améliorer l'efficacité du véhicule en réduisant le poids sans affecter la durabilité et en améliorant l'aérodynamisme d'un véhicule. Sa résistance élevée à la chaleur permet son utilisation dans les boîtiers légers, la lunette de phare et les lentilles. Les mélanges PC conviennent le mieux aux pièces de carrosserie intérieures et extérieures d'une voiture pour avoir une rigidité et une excellente résistance au fluage.

### ❖ *Bâtiment et construction*

Le PC est connu comme une alternative appropriée au verre dans diverses applications de vitrage, telles que les maisons agricoles, l'industrie ou les bâtiments publics, les façades, les fenêtres de sécurité, les abris et les puits de lumière pour avoir des propriétés de haute résistance aux chocs, de transparence, de résistance aux rayons UV et aux intempéries.

### ❖ *Les produits de consommation*

Le PC a une faible biréfringence, une contrainte interne et une précision dimensionnelle élevée, ce qui le rend approprié pour la fabrication de CD / DVD. En outre, sa haute transparence permet de concevoir des produits innovants pour un usage quotidien, tels que des lunettes de sécurité, des lentilles ophtalmiques, des bouteilles d'eau de grand volume, etc. ou même en tant que composant dans des fenêtres pare-balles.

### ❖ *Électrique et électronique*

Sur le marché E&E, le PC est utilisé dans de nombreuses applications, telles que les disjoncteurs, les boîtiers électriques, les applications d'éclairage, les interrupteurs domestiques, les prises et les prises, les appareillages de commutation, les relais, les connecteurs, les véhicules électriques et les matériaux d'emballage de batterie. La résistance du polycarbonate aide à empêcher les logements de se briser et les films PC aident à éviter les rayures sur les écrans.

❖ *Médical*

Les polycarbonates sont principalement utilisés dans les applications médicales pour posséder une excellente combinaison de propriétés, telles que la clarté, la résistance à la chaleur, la stabilité dimensionnelle et la ténacité. Le PC peut être stérilisé par l'oxyde d'éthylène, un rayonnement à haute énergie et des cycles d'autoclave limités. Les applications médicales typiques comprennent les instruments chirurgicaux, les systèmes d'administration de médicaments, les membranes d'hémodialyse, les réservoirs sanguins, les filtres sanguins, etc., où les polycarbonates ont pu remplacer le verre et le métal.

❖ *Contact alimentaire*

En raison de sa résistance à la chaleur et à la rupture, le polycarbonate est utilisé dans les applications de contact direct avec les aliments et les boissons. Les contenants de conservation des aliments fabriqués à partir de PC sont réutilisables, aident à préserver la fraîcheur, protègent les aliments de la contamination et peuvent être commodément utilisés dans un réfrigérateur ou une micro-onde.

❖ *Autres applications*

Télécom (boîtiers de téléphone portable, pièces de téléavertisseur),

- Équipements urbains (couvercles de réverbères, vitrages anti-vandalisme, robots culinaires),
- Sports (Pièces de pinces à skis, casques, visières de protection pour protéger les enfants et les athlètes des blessures) [18].

### **II.2.7. Valorisation du polycarbonate**

Le polycarbonate dispose d'une importante durée de vie. Il est très recherché par les industriels : il peut être fondu et refondu quasiment à l'infini. Son cycle de recyclage participe à l'économie circulaire (valorisé), il redevient une matière première essentielle à la fabrication de nouveaux produits. Une fois collecté, les plastiques de polycarbonates sont transportés vers un centre de tri où ils seront pris en charge pour être recyclés :

- Pour assurer une parfaite séparation entre les plastiques, un tri manuel s'opère pour supprimer les plastiques non composés de polycarbonate.
- Ensuite, c'est l'étape du broyage pour réduire les objets en granulés.
- Ils subissent ensuite un lavage et un séchage pour les rendre parfaitement propres avant d'être revendus aux industriels en vue de leur réutilisation.

- Pour la transformation, les fabricants fondent ces granulés de polycarbonate pour en faire des plaques et procéder ensuite au thermoformage, une technique pour mettre en forme des pièces plastiques.
- De nouveaux produits finis sont prêts à entrer sur le marché [28].

### **II.3. BOUTEILLE DE GAZ EN POLYCARBONATE**

Les bouteilles de gaz composite sont parmi les bouteilles de gaz à combustion les plus innovantes du marché. Le poids est plus faible et la manipulation plus facile qu'avec les anciens modèles en aluminium ou en acier. Le boîtier en plastique robuste n'a pas besoin d'être repeint et il est facile à nettoyer.

Le matériau en polycarbonate (composite) répond à toutes les normes requises et est également utilisé dans l'industrie automobile pour les réservoirs de gaz naturel (GNV) comme exemple.

#### **II.3.1. Les différents types de bouteille de gaz en polycarbonate**

Les bouteilles de gaz en polycarbonate sont disponibles dans les versions suivantes :

##### ***II.3.1.1. Bouteille de gaz composite de 24,5 litres avec polyvanne 80%***

La vanne et la bouteille sont fabriquées en Europe et répondent à toutes les homologations nécessaires pour une utilisation en tant que bouteilles stationnaires ou portables. Le régulateur de pression ou le tuyau haute pression raccordé peuvent rester branché pendant le ravitaillement. Le ravitaillement s'effectue par un raccordement séparé via la polyvanne/vanne de sécurité. En plus de l'indicateur de niveau de remplissage intégré sur la polyvanne, le niveau de remplissage peut être lu sur la bouteille de gaz elle-même via un indicateur avec échelle graduée. Il est également possible d'équiper ultérieurement un afficheur à distance (disponible en option), par exemple pour l'habitacle du véhicule [29].



**Figure 30:** bouteille de gaz avec polyvanne pour composite de 24,5 litres [29].

**Tableau 8** : polyvanne pour composite de 24,5 litres.

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Poids net de remplissage (80%)           | 19,52 litres                      |
| Contenance                               | 11,00 kg                          |
| Poids à vide                             | 6,52 kg                           |
| Hauteur                                  | 583 mm                            |
| Hauteur (sans col)                       | Col inamovible                    |
| Diamètre                                 | 310 mm                            |
| 80% Soupape de sécurité anti-débordement | Inclus                            |
| Soupape de sécurité                      | Soupape de surpression 27 bar     |
| Entrée                                   | 1/2                               |
| Sortie                                   | G.12 (KLF)                        |
| Jauge de carburant                       | Jauge de carburant SRG            |
| Affichage à distance                     | Montage ultérieur possible        |
| Bouteille                                | 2010/35/EU                        |
|  | ADR/RID 2015                      |
|  | ISO11119-3 :2002                  |
| Vanne                                    | ECE 67. R                         |
| Vanne Durée de vie                       | Intervalle d'inspection de 10 ans |

**II.3.1.2. Bouteille de gaz composite de 24,5 litres avec vanne d'arrêt de remplissage 80% (OPD) [29].**

La version plus simple avec vanne d'arrêt de remplissage à 80% OPD n'est pas équipée d'une jauge de carburant intégrée et ne permet pas le montage ultérieur d'un afficheur à distance. Cependant, le niveau de remplissage peut être lu sur un indicateur avec échelle graduée à l'extérieur de la bouteille. Le remplissage et le prélèvement s'effectuent par la même ouverture de vanne. Le régulateur de pression ou le tuyau haut pression doit donc être dévissé lors du remplissage.



**Figure 31**: bouteille de gaz avec vanne OPD pour composite de 24.5 litres [29].

**Tableau 9:** vanne OPD pour composite de 24.5 litres

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Poids brut de remplissage                | 24,40 litres                      |
| Poids net de remplissage (80%)           | 19,52 litres                      |
| Contenance                               | 11,00                             |
| Poids à vide                             | 5,70                              |
| Hauteur                                  | 583 mm                            |
| Hauteur (sans col)                       | Col inamovible                    |
| Diamètre                                 | 310 mm                            |
| 80% Soupape de sécurité anti-débordement | Inclus                            |
| Soupape de sécurité                      | Soupape de surpression 27 bar     |
| Entrée                                   | G.5 et G.12                       |
| Sortie                                   | G.5 et G.12                       |
| Jauge de carburant                       | Directement à la bouteille        |
| Affichage à distance                     | Impossible                        |
| Bouteille                                | 2010/35/EU                        |
|  | ADR/RID 2015                      |
|  | ISO11119—32002                    |
| Vanne                                    |                                   |
| Durée de vie                             | Intervalle d'inspection de 10 ans |

**I.3.1.3. Bouteille de gaz composite de 24,5 litres avec valve industrielle [29].**

La bouteille de gaz composite à valve industrielle ne possède pas de vanne d'arrêt de remplissage à 80 % et donc ne convient pas pour le ravitaillement indépendant pour les installations fixes. Le remplissage ne doit être effectué que par un personnel spécialisé autorisé et à une station de remplissage officiel.



**Figure 29:** bouteille de gaz de 24.5 litre avec valve industrielle

**Tableau 10:** bouteille de gaz avec vanne industrielle pour de 24.5 litres

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Poids brut de remplissage                | 24,40 litres                      |
| Poids net de remplissage (80%)           | 19,52                             |
| Contenance                               | 11,00 kg                          |
| Poids à vide                             | 5,20 kg                           |
| Hauteur                                  | 583 kg                            |
| Hauteur (sans col)                       | Col inamovible                    |
| Diamètre                                 | 310 mm                            |
| 80% Soupape de sécurité anti-débordement | Sans                              |
| Soupape de sécurité                      | Soupape de surpression 35 bar     |
| Entrée                                   | G.12 (KLF)                        |
| Sortie                                   | G.12 (KLF)                        |
| Jauge de carburant                       | Directement à la bouteille        |
| Affichage à distance                     | Impossible                        |
| Bouteille                                | 2010/35/EU                        |
|  | ADR/RID 2015                      |
|  | ISO11119-3 :2002                  |
| Vanne                                    |                                   |
| Durée de vie                             | Intervalle d'inspection de 10 ans |

### II.3.2. LES AVANTAGE DE LA BOUTEILLE

- ❖ *Poids réduit* : Le faible poids des bouteilles en composite est l'un des avantages les plus remarquables en termes de simplicité d'utilisation ; celles-ci peuvent ainsi être manipulées aisément et de manière ergonomique par les utilisateurs finaux. Nos bouteilles pèsent moitié moins que les modèles en acier et peuvent être plus facilement soulevées et manipulées.
- ❖ *Design transparent* : Les utilisateurs peuvent aisément visualiser le niveau de gaz et ainsi savoir quand remplir la bouteille : cela élimine tout risque de tomber en panne de gaz en cours d'utilisation. Le design transparent des bouteilles évite l'utilisation d'indicateurs de niveau imprécis. Un simple contrôle visuel rapide suffit pour confirmer le niveau de GPL.
- ❖ *Pas de risque de rouille* : Les bouteilles en composite ne rouillent pas et ne se détériorent pas, des caractéristiques que les utilisateurs à travers le monde apprécient : ils éviteront ainsi de laisser des marques sur un meuble de cuisine, sur le comptoir, dans la voiture, le bateau ou à l'emplacement qu'ils auront choisi. Nos bouteilles suscitent l'intérêt des clients soucieux de respecter l'environnement, car elles contribuent à la préservation de celui-ci en éliminant les résidus toxiques liés au processus de réfection et en économisant de l'énergie.

- ❖ *Sécurité accrue* : Le record de sécurité inégalé des bouteilles en composite se traduit par les millions de bouteilles utilisées par des particuliers du monde entier. Depuis plus de 15 ans, nos bouteilles sont utilisées dans diverses conditions climatiques, de - 40 °C dans les zones arctiques à + 65 °C dans les zones tropicales, côtières et désertiques.

En conclusion dans cette partie, on a donné des généralités sur la bouteille du GPL en acier, aussi on a fait une recherche sur le polycarbonate qui est le matériau proposé dans cette étude pour la bouteille du GPL.

## CONCLUSIONS

Naftal endure d'énormes pertes financières estimées à des milliards de dinars chaque année en raison des dommages causés à la bouteille du gaz GPL qui est en acier, qu'ils soient dus à une mauvaise exploitation du consommateur, du distributeur ou aux conditions environnementales spécifiques de chaque région. En revanche, dans d'autres pays, ils ont fait face à ces inconvénients, en remplaçant l'acier de la bouteille du gaz par un autre matériau qui est le polycarbonate appelé bouteille en composite.

Dans cette étude on a essayé de faire une recherche pour ce nouveau matériau proposé pour la bouteille du gaz GPL (polycarbonate) en précisant les avantages (sécurité, économie,...etc.) de ce matériau en comparant avec celles de l'acier. Alors, on espère que ce matériau sera réalisé dans la fabrication de la bouteille du gaz GPL afin d'éviter les dommages financières et être en sécurité en exploitant cette bouteille.



## Références bibliographiques

- [1] <https://docplayer.fr/21376625-Chapitre-i-presentation-de-l-organisme-d-acueil-section-I-fiche-signaletique-de-naftal-district-carburants>.
- [2] T. Kherimeche, la communication marketing au lancement d'un nouveau produit cas : "carte à puce NAFTAL card" diplôme de Master en sciences de gestion (2018).
- [3] <https://www.institut-numerique.org/chapitre-i-presentation-de-naftalspa>.
- [4] A. Mezrague N.Ounnas. Simulation numérique du comportement thermique d'un réservoir de stockage de propane mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme 'master académique, Université MOULOUD MAMMARI - Tizi-Ouzou (2015).
- [5] P. Wuithier, Raffinage et génie chimique, tome I, 2<sup>ème</sup> édition, (1972).
- [6] <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads>
- [7] L.Chelbi , Y. Abbassi, calcul des paramètres de fonctionnement du dépropaniseur (unité (38) ; traitement de gpl) "module iii à hassi r'mel. Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme Master En Génie des procédés Option. Université Mohamed Khider Biskra (2012).
- [8] A. Charles, Wurtz, B. Jules. Dictionnaire de chimie pure et appliquée, vol. 2. Hachette, (1870).
- [9] [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/bouteilledu\\_gaz](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/bouteilledu_gaz).
- [10] K. Henni, N. Hadjalah. Étude de faisabilité d'un Bouteille de gaz en GPL, Mémoire fin d'étude a université Saad Dahlab blida, (2017).
- [11] B.Cheloufi. La bouteille de NAFTAL quel massacre subit-elle ?, formation alternée a moyen durée. (2015).
- [12] D.A. Folatjar, K. Horn, Polycarbonate PC, Traité plastique et composites, Technique de l'Ingénieur.
- [13] <https://www.alsol.fr/informations/19-quest-ce-que-le-polycarbonate>
- [14] O. Labisi, M.T. Show, L.M. Robeson, polymer. Polymer mixibility Academic: (N.Y) (1979).
- [15] J.M. Dumont. Polycarbonates, Plastiques et Composites, Techniques de L'ingénieur AM3 381, (2007).
- [17] <https://www.willdagroup.com/willdagroup/fr/services/drying>
- [18] <https://ommexus.special-chimie.com/selection-guide/polycarbonate-pc-plastic>.
- [19] [https://www.synoxis.fr/le soufflage des matières plastique](https://www.synoxis.fr/le_soufflage_des_matières_plastique).

- [20] <https://formlables.com/fr-blog/guide-procedees-fabrication-plastique>.
- [21] <https://physique-et-matiere.com/polycarbonate.php>
- [22] J. Jousset. Matière Plastique, Tom III, P.211, Dound, (1968).
- [23] <http://mcgroup.co.uk/researches/polycarbonate-pc>.
- [24] H.T Pham, S. Munjal, C.P Bosnyak. ‘Polycarbonate, Handbook of thermoplastique’, Ed. OLABISI O, P 609-631. (1997).
- [25] M. carrega, J.F agassant, M. biron, C. clozza, C. duval, J.M. haudin, C. houdret J.P. machon, queslel J.P., b. seguela,villoutreix G. Wirth R. Matériaux industriels - Matériaux polymères, Ed.dunod, (2000).
- [26] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.. Polystyrene and Styrene Copolymers. 29, Wiley Online Library p. 487
- [27] [https://amiante.inrs.fr/dms/POLYMERE\\_PC](https://amiante.inrs.fr/dms/POLYMERE_PC).
- [28] <https://www.hubency.com/recyclage-dechets/polycarbonate>.
- [29] <https://hybridsupply.fr/produit-bouteilles-reservoir-gpl> .