

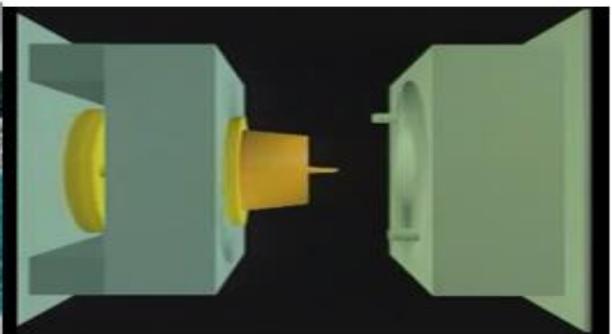


Mémoire de fin d'Etude en vue de l'obtention du Diplôme MASTER II,

Titre : Ingénieur en Génie des Procédés Chimiques et Industriels

RECYCLAGE DES DECHETS FILM

PLASTIQUES DE LA SOCIETE JB



Présenté par : RAVAOAVY Mahary Sambany Bien Aimé

Soutenu le 21 Décembre 2016

Président du jury : Professeur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné

Examinateur : Professeur RAMANAMBE RAVELOMANANTSOA Nicole

Docteur RAKOTOMAMONJY Pierre

Rapporteur : Docteur ANDRIAMANAMPISOA Tsiry Angelos

Encadreur : Professeur ROBIJAONA Baholy

SOMMAIRE

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ACRONYMES, ABREVIATIONS

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : Généralité sur le polymère

CHAPITRE 2 : Mode d'obtention du papier d'emballage]

CHAPITRE 3 : Notion d'emballage

DEUXIEME PARTIE : RAPPORT SUR LES DECHETS EMBALLAGES DE LA SOCIÉTÉ JB

CHAPITRE 4 : Rapport sur les déchets emballages de la société JB

CHAPITRE 5 : Source et mode de réduction des déchets film

CHAPITRE 6 : Existence de machine de compactage des déchets films

TROISIEME PARTIE : PROCEDE DE RECYCLAGE

CONTEXTE GLOBAL DE L'ETUDE

CHAPITRE 7 : Les différents moyens de recyclage des déchets plastiques]

CHAPITRE 8 : Le procède de recyclage]

CHAPITRE 9 : Conception machine

CHAPITRE 10 : Étude économique et étude de la marche de ce projet

CONCLUSION

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu Tout puissant d'avoir été à mes côtés tout au long de mes études, et qui par sa grâce et sa volonté, a permis que ce mémoire puisse être réalisé.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements les plus sincères tout particulièrement à :

- Monsieur ANDRIANAHAISON Yvon, Professeur titulaire et Directeur de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo ;
- Monsieur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné, Professeur, chef de la mention Génie des Procédés Chimiques et Industriel pour m'avoir fait l'honneur d'assurer la présidence du jury de ce mémoire ;
- Madame ROBIJAONA Baholy, professeur chercheur, qui n'a ménagé ni son temps ni ses peines pour me prodiguer tous les conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.
- Monsieur ANDRIAMANAMPISOA Tsiry Angelos, Docteur en Science des Ingénierie des Matériaux et aussi Directeur Technique de la société JB, Il a assuré l'encadrement technique durant la réalisation de ce mémoire.
- Madame RAMANAMBE RAVELOMANANTSOA Nicole, Professeur titulaire, qui malgré ses occupations, a bien voulu évaluer ce mémoire ;
- Monsieur RAKOTOMAMONJY Pierre, Docteur, maître de conférences, qui a bien voulu accepter d'examiner et de juger ce travail ;

Mes profonds remerciements à tous les enseignants et enseignantes de la mention Génie des Procédés Chimiques et Industriels pour les formations qu'ils ont dispensées, ainsi que les personnels du laboratoire de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo et de la société JB.

Les membres de ma famille, pour leur soutien moral, matériel, financier et leurs précieux conseils durant toutes ces années.

Ma promotion de classe, mes amis et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration du présent mémoire.

LISTE DES ACRONYMES, ABREVIATIONS

JB : Jean BARDAY

OPP : Polypropylène Orienté

PET : Polyéthylène Téréphtalate

PS : Polystyrène

PVC : Polychlorure de vinyle

PE : polyéthylène

PP : polypropylène

WO : White Opaque

n : degré de polymerisation

M : masse molaire du polymère

M₀ : masse molaire du monomère

HC : hydrocarbure

Tr : température de ramolissement

PMMA : Polyméthacrylate de méthyle

PBI : Polybenzimidazole

R : résistance de rupture

KN : kilo Newton

PEbD : polyéthylène à Basse Densité

PEhD : Polyéthylène à Haute Densité

ECCS : Electrolic Chromium Coated Steel

TFS : Tin Free Steel

HCl : Chlorure d'Hydrogène

H₂O : Eau

LISTE DES ANNEXES

<u>ANNEXE I : PRESENTATIONJB</u>	a
<u>ANNEXE II : LE POLYPROPYLENE</u>	b
<u>ANNEXE III : PET</u>	c
<u>ANNEXE IV: VALORISATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES UTILISATION COMME LIANT DANS LA FABRICATION DE MATERIAUX COMPOSITES</u>	d

LISTE DES FIGURES

Figure 1.01: Polymère	4
Figure 1.02 : Organisation moléculaire de chaîne polymères	5
Figure 1.03: Un monomère	6
Figure 1.04 : Formation d'un polymère semi-cristallin.....	16
Figure 1.05: Différentes sollicitations mécaniques.....	21
Figure 2.01 : Machine extrudeuse	25
Figure 2.02 : Machine à moulage par injection.....	26
Figure 2.03 : Etapes pour la mise en forme de moulage par injection.....	27
Figure 2.04 : Moulage par compression.....	28
Figure 2.05 : Machine de moulage parsoufflage	29
Figure 2.06 : Extrusion par gonflage.....	30
Figure 2.07 : Principe du roto moulage.....	31
Figure 2.08 : Calandrage-alimentation par mélangeur interne.....	32
Figure 2.09 : Calandrage-alimentation par extrudeuse	33
Figure 2.10 : Principe du thermoformage	34
Figure 3.01 : Film complexe d'OPP/OPP Métallisé.....	38
Figure 3.02 : Répartition des déchets	43
Figure 4.01 : Pétrissage	46
Figure 4.02 : Laminage	47
Figure 4.03 : Façonnage	47
Figure 4.04 : Cuisson	48
Figure 4.05 : Refroidissement des biscuits.....	49
Figure 5.01: Emballeuse verticale	51
Figure 5.02 : Balance d'une emballeuse verticale.....	52
Figure 5.03 :Taquet transporteur	52
Figure 5.04 : Porte bobine et conformateur.....	53
Figure 5.05 : Machine emballeuse	54
Figure 8.01 : Schéma général du recyclage.....	77
Figure 8.02 : Broyage des déchets plastiques	84
Figure 8.03 : Granulé de plastique broyé	85

Figure 8.04 : Moulage par injection	88
Figure 8.05 : Principe du moulage à injection	88
Figure 9.01 : Couteau d'un broyeur de plastique.....	93
Figure 9.02 : Broyeur "plastic grinding milling granulator"	95

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Compacteur.....	65
Photo 2 : Machine de broyeur à papier	91
Photo 3 : Conception du couteau de notre broyeur de plastique	92
Photo 4 : Emplacement du couteau dans la machine	92
Photo 5 : La conception du broyeur des plastiques vue de haut	94
Photo 6 : Caniveau obstrué par les déchets plastique.....	f
Photo 7 : Processus de fabrication.....	h

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemples de monomères et des polymères correspondants	7
Tableau 2: Les adjuvants et leurs natures.....	11
Tableau 3: Caractéristiques et applications des polymères classiques.....	19
Tableau 4 : Répartition des emballages et ses propriétés.....	40
Tableau 5 : Etat générale du déchet film en 2015	41
Tableau 6 : Répartition en masse et en pourcentage des déchets	42
Tableau 7 : Source des causes de déchet film	60
Tableau 8 : Mode de réduction des déchets films	63
Tableau 9 : Coût d'investissement du compacteur	66
Tableau 10 : Coût d'investissement pour les déchets film sans compacteur	67
Tableau 11 : Coût d'investissement pour les déchets film avec compacteur	67
Tableau 12 : Bénéfice pour la première année en utilisant le machine de compactage	68
Tableau 13 : Regroupement des déchets film dans la société	82
Tableau 14 : Incompatibilité de l'association des matériaux plastiques	83
Tableau 15 : Coût d'investissement	96
Tableau 16 : Estimation du coût de charge	96
Tableau 17 : Rémunération	97
Tableau 18 : Récapitulation de toutes les valeurs totales pour la réalisation	97
Tableau 19 : Evaluation du marché	98
Tableau 20 : Bilan économique du marché	98
Tableau 21 : Bilan économique du marché pendant les trois premières années	98
Tableau 22 Fiche technique du PP	c
Tableau 23 : Fiche technique du PET	e

INTRODUCTION

Actuellement, les matières plastiques sont indispensables aux besoins humains, pour les pièces d'emballage, comme le verre, les métaux, les papiers-cartons. Grâce aux recherches menées pour la diversification et l'amélioration de leurs propriétés ainsi que de leurs qualités, elles se sont actuellement imposées dans presque tous les secteurs d'activité, avec une grande variété de produits indispensables à de nombreuses utilisations. Comparées à d'autres matériaux, elles présentent plusieurs avantages à cause de leur faible coût d'élaboration, leur polyvalence et leur durabilité.

L'utilisation des matières plastiques jouent un rôle très important pour les activités d'emballage, ainsi que pour les produits industriels, et surtout, dans le domaine d'emballage alimentaire. Les matières plastiques ne cessent d'augmenter leur importance dans ce domaine. Elle est difficile à éliminer, à cause de leur faible coût d'élaboration, leur durabilité et leur polyvalence, même si ces emballages génèrent des déchets volumineux et en quantité importante provoquant ainsi des problèmes sur l'environnement.

Les avantages en utilisant des matières plastiques attirent les grandes industries, comme la société JB plus reconnue dans le domaine agroalimentaire à Madagascar. Elle met un terme à produire plusieurs produits et aussi des éventuels déchets emballages à l'intérieur et surtout à l'extérieur du domaine de la société. En parlant des déchets emballages lors de la production, plusieurs facteurs gèrent les causes des déchets emballages. En 2015, l'usine a une gamme de 24 tonnes des déchets emballages compacté et ensuite rejeté.

A part les problèmes environnementaux causés par les déchets film plastiques qui est en majorité, le coût de ramassage de ces déchets est très élevé et fait augmenter la charge de la société.

Pour résoudre tous ces problèmes, il faut envisager de recycler ces déchets film plastiques comme le cas de tous les déchets plastiques possibles à recycler. Ce présent mémoire intitulé «le

recyclage des déchets film plastiques de la société JB » consiste à élaborer une étude nécessaire pour la mise en place d'un procédé de recyclage de ces déchets au sein de la société.

Cette étude a été scindée en trois grandes parties : la première partie représente les recherches bibliographiques concernant les polymères et les emballages plastiques, nous avons donc fait des mis au point sur la généralité sur les polymères, sur les modes d'obtention des emballages plastiques et ainsi que les notions d'emballages. La deuxième partie s'intéresse aux rapports sur les déchets emballages de la société JB, en parlant rapport sur les déchets emballages de la société JB, les sources et les modes de réduction des déchets film, mais aussi existence de machine de compactage des déchets films pour réduire le volume des déchets film. La troisième partie traite le procédé de recyclage qui s'intéresse sur les différents moyens de recyclage des déchets plastiques et le procédé de recyclage, avec conception proposition de machine, et terminant par l'étude économique et étude du marché de ce projet.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET

ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : Généralité sur le polymère

1.1 DEFINITIONS :

1.1.1 *Polymère :[2], [1], [12]*

Le mot polymère vient du grec « *polus* » plusieurs, et « *meros* » partie. Le polymère est un matériau dont son constituant de base est un composé organique ou inorganique macromoléculaire à structure constituée par une répétition d'unité relativement simple appelée « monomères » (ou motifs monomères, du grec *monos* : un seul ou une seule, et *meros* : partie) reliées par des liaisons covalentes. Le polymère n'est pas un composé pur.

Dans la macromolécule suivanteA-A-A-A-A-A-A..... = [-A-] n l'unité constitutive est A ; elle est formée d'un groupe d'atomes qui se répète. A l'échelle moléculaire, quelques centaines de nm, la plupart des macromolécules se présentent sous forme de « fils long et souples ». Les réactions chimiques permettant de passer d'un monomère A à la macromolécule [-A-] n s'appellent polymérisation.

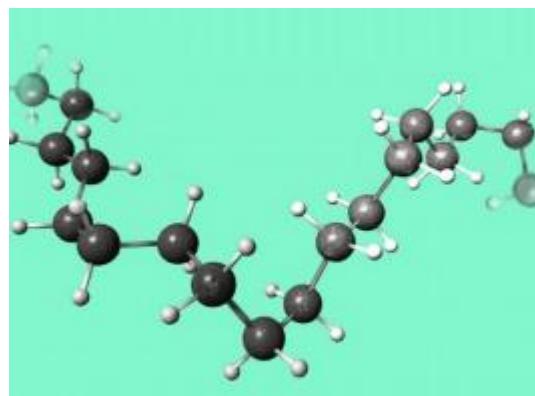
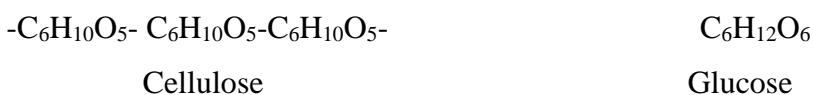


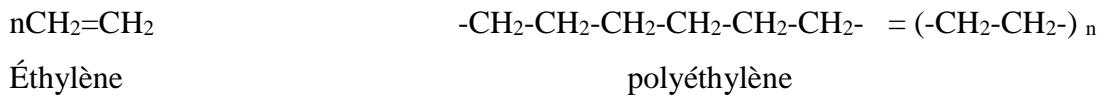
Figure 1.01 : *Polymère*

- Exemple 1 : Cellulose = un polymère dont sa structure est constituée par une répétition du motif cellobiose ($C_6H_{10}O_5$)

Considérée comme résultant d'un grand nb de molécule de glucose ($C_6H_{12}O_6$)



- Exemple 2 : Dans des conditions (T, P, Cat), les molécules d'éthylène réagissent entre eux pour former une macromolécule appelée polyéthylène selon :



Remarque :

- Pour améliorer les propriétés de ces matériaux, on ajoute à ce constituant de base d'autres composés appelés adjuvants.
- Le matériau porte toujours le nom de la macromolécule même si sa qualité est de faible pourcentage en adjuvant.
- Un polymère est appelé aussi matériau plastique ou matière plastique ou plastique.

« Les matières plastiques » : Les matières plastiques sont des matériaux organiques de synthèse fondés sur l'emploi des macromolécules (polymères). Les caoutchoucs sont aussi regroupés sous cette appellation.

Matière plastique = résine de base + adjuvants + additifs

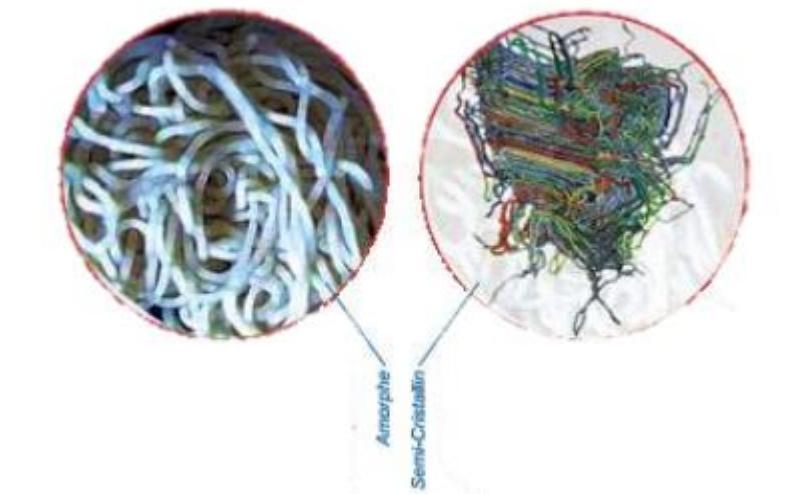


Figure 1.02 : **Organisation moléculaire de chaîne polymères**

1.1.2 Monomère :[2]

C'est un composé constitué de molécules simples pouvant réagir avec d'autres monomères pour donner un polymère. C'est l'unité relativement simple présente dans la macromolécule.

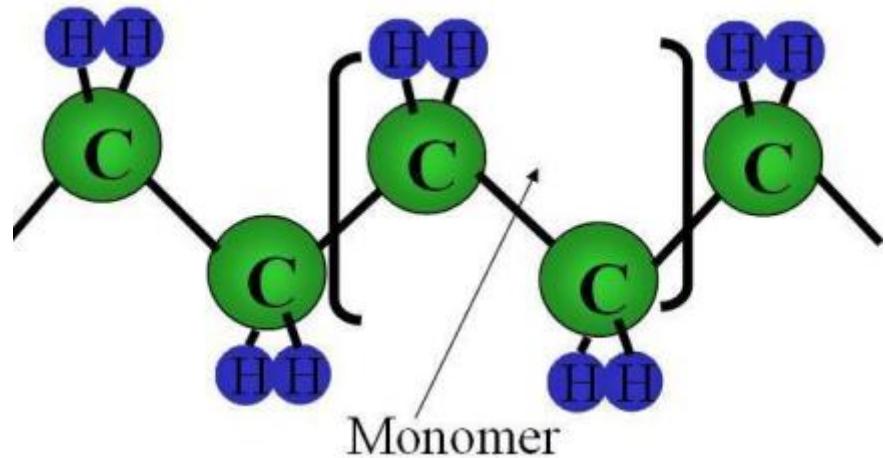


Figure 1.03 : ***Un monomère***

Exemples de monomères et des polymères correspondants :

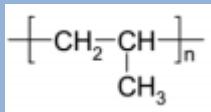
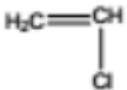
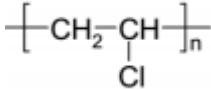
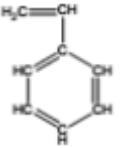
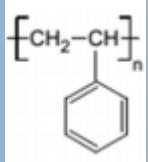
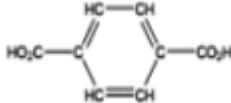
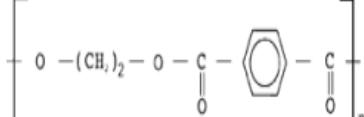
Monomères	Polymères	Symboles
Ethylène $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Polyéthylène (PE)	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$
Propylène $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_3$	Polypropylène (PP)	
Chlorure de vinyle 	polychlorure de vinyle (PVC)	
Styrène 	Polystyrène (PS)	
Diméthyle Téréphthalate et Ethylène glycol  et $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Polyester Polyéthylène Téréphthalate PET	ou 
Tétrafluoroéthylène $\text{CF}_2=\text{CF}_2$	Polytétrafluoroéthylène	$(-\text{CF}_2=\text{CF}_2-)_n$

Tableau 1: Exemples de monomères et des polymères correspondants

1.1.3 Polymérisation :

C'est la réaction qui, à partir des monomères, forme, en les liant, des composés de masse moléculaire plus élevée, les polymères ou macromolécules. Les noyaux des monomères sont le plus souvent constitués d'un atome de carbone (molécules organiques) ou d'un atome de silicium (polymères siliconés).

1.1.4 Degré de polymérisation « n » :[2]

C'est le nombre de motif ou répétition présent dans la macromolécule. Le degré de polymérisation a pour formule :

$$n = \frac{M}{M_0}$$

Avec :

n : Degré de polymérisation

M : masse molaire du polymère

M_0 : masse molaire du monomère

Remarque :

- n dépend de plusieurs facteurs tel que : température, pression, nature de catalyseur (acide ou base), quantité des catalyseurs, la pureté des monomères
- un polymère ne présente jamais un seul degré de polymérisation (un mélange) :
 - Si son degré de polymérisation est peu dispersé autour de n : c'est un polymère homogène
 - Si son degré de polymérisation est très dispersé autour de n : c'est un polymère hétérogène
- les caractéristiques du polymère dépendent de n

1.1.5 *Les Adjuvants :*

C'est les constituants des matières plastiques autres que les macromoléculaires. Ils ont des différentes sortes des adjuvants, tel que : les plastifiants, les charges, et les autres additifs (colorants, catalyseur, stabilisants, lubrifiants)

a. Les plastifiants : généralement ajoutés aux thermoplastiques pour améliorer leur plasticité (fluidité à chaud et souplesse à froid)

Remarque :

- Teneur = 10%
- Les plus utilisés sont : esters phtaliques ; phosphates; dérivés chlorés du diphenyle ; HC lourd extrait du pétrole.

b. Charge :

Généralement ajoutés aux thermodurcissables pour améliorer leurs propriétés mécaniques (résistance au choc) et pour réduire le prix de revient du matériau

Remarque :

- Proportion : jusqu'à 90%
- Présentation : poudre ou fibre
- Les plus utilisés sont : carbone en poudre (fibre ou toile) ; silice et silicates en poudre (brique plastique) ; silice et silicates en fibre (fibre de verre) ; carbonates et sulfates de Ca (dolomie, gypse) ; fibre de cellulose (fibre de cigale)

c. Autres additifs :

Ce sont les adjuvants employés à faible quantité

Les plus utilisés sont :

- Colorants et pigments :

Pour la teint ; il existe : les colorants minéraux comme le FeO₃ et les colorants organiques comme le noir de carbone et l'oxyde de titane

- Catalyseurs :

Le catalyseur a pour but d'accélérer la formation du revêtement (acide sulfurique, carbonate, soude). Il est utilisé surtout pour le thermodurcissable

- Stabilisants :

Leur rôle est d'empêcher le vieillissement des matériaux. Destinés à empêcher le vieillissement sous l'action de la température, la lumière, l'oxygène de l'air et de la décomposition de la chaleur

- Lubrifiants :

Pour faciliter le démoulage (0.5% ou appliqué en couche mince sur le moule)

- Les ignifugeants :

Ces additifs, appelés aussi retardateurs de flamme, permettent d'augmenter la résistance au feu des matières plastiques, ils rendent plus difficile l'amorçage ou la propagation de la combustion. Ils sont très utilisés dans la fabrication de matériaux pour la construction et l'aménagement intérieur

- Fongicides :

Pour éviter l'altération provoquée par des champignons microscopiques (ajout dans la masse ou traitement de la surface)

On le résume dans le tableau suivant :

ADJUVANTS	NATURE
Plastifiants	Huiles époxydes, phosphates, esters phtaliques, polyesters, glycols et leurs dérivés,...
Charges	<ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Minérales</u> : carbonate de calcium, kaolin, silice, talc, argile, noire de carbone, graphite, ferrite de baryum... ○ <u>Organiques</u> : farine de bois, pates de cellulose, amidon. ○ <u>Métalliques</u> (rendre la matrice organique partiellement conductrice) : ajout de poudres ou paillettes d'aluminium, cuivre, zinc.
Colorants et pigments	<ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Colorants</u> : Amines d'anthraquinone, les bases de nigrosine ou d'induline ○ <u>Pigments</u> : Noirs d'aniline et de pétrole, oxydes de sels métalliques de titane, plomb, etc.
Catalyseurs	acide sulfurique, carbonate, soude
Stabilisants	Dérivés époxydes, composés organométalliques, sels métalliques d'acides gras et d'autres acides organiques
Lubrifiants	Stéarates métalliques, stéaramides, esters d'acides gras, cires, paraffines, talc, graisse de silicone, poudre de téflon...
Ignifugeants	Les composés : phosphorés, halogénés, halogénés phosphorés, de l'antimoine, du bore ; hydrates d'aluminium
Fongicides	Amines, sels d'ammonium quaternaire, phosphates organiques

Tableau 2: les adjuvants et leurs natures

1.2 CLASSIFICATION DES POLYMERES :[3], [12]

Il existe 3 modes de classification des polymères, selon : leur déformation, leur plasticité, leur mode d'élaboration.

1.2.1 Selon leur déformation :

Il existe 2 types :

- Plastomère : ce type de plastique susceptible d'acquérir une déformation permanent sous l'action d'une contrainte, c'est-à-dire que leur déformation est permanente(exemple : le seau plastique)
- Elastomère : ce sont des caoutchoucs. Capable d'être étiré et reprend rapidement sa forme initiale après la déformation, c'est-à-dire que leur déformation est temporaire (exemples : pneu, chambre à air, joint)

1.2.2 Selon leur plasticité :

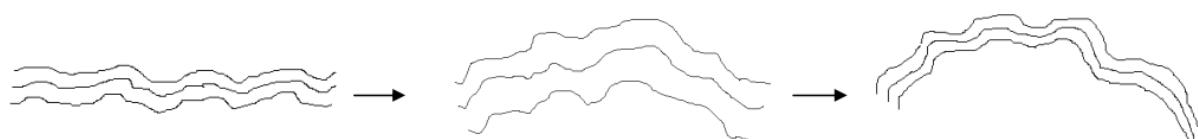
La plasticité caractérise: - l'aptitude à la déformation sous l'action de la chaleur (fusion ou souplesse lorsque T augmente)

- comportement sous l'action de la chaleur

Il y a 2 types de polymère selon leur plasticité :

- Thermoplastique (poly plaste) :

Se ramollit et passe à l'état de fusion lorsque chauffé au-dessus d'une température appelée **Température de ramollissement T_R**



Polymères froids et durs : les chaînes sont proches grâce aux interactions intermoléculaires

Polymères chauds et malléables : les chaînes sont éloignées : les interactions intermoléculaires se sont rompues sous l'effet de la chaleur. On donne une

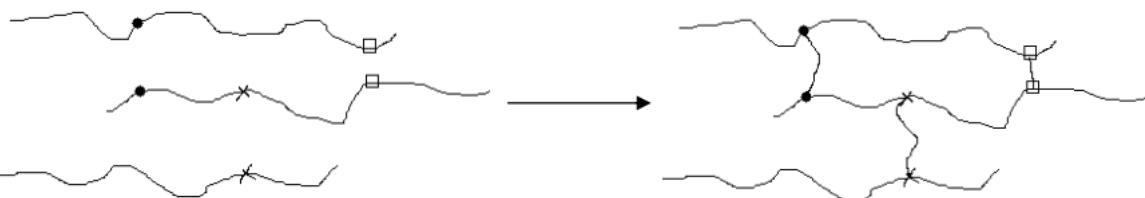
Polymères froids et durs : les interactions intermoléculaires se reforment, en conservant la forme donnée à chaud.

Remarque : ce phénomène est réversible et peut se reproduire plusieurs fois sans altérer le polymère

- T_g est généralement supérieur à la Température de décomposition
- Pour remédier à cet inconvénient on ajoute à ce polymère un composé appelé **plastifiant** pour diminuer sa température de fusion afin de permettre sa mise en forme

- Thermodurcissable (mono plaste) :

Durcit progressivement quand on le chauffe et devient infusible.



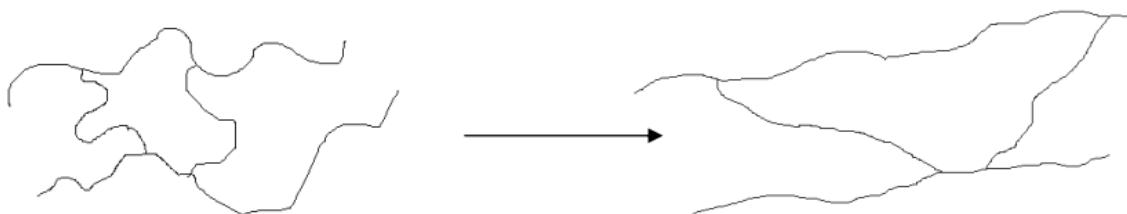
Avant chauffage les chaînes ne sont pas reliées entre elles.

Au cours du chauffage, des liaisons covalentes se forment par réaction chimique : les chaînes

Remarque : Les plasturgistes= Transformateurs de plastique (mise en forme) se préoccupent de la plasticité d'un polymère car ceci conditionne sa mise en forme et son emploi

- Elastomère :

Ils s'étirent sous l'effet d'une action mécanique et reviennent à leur forme initiale lorsque l'action mécanique cesse. Ex : caoutchouc, polyester. Les élastomères sont des polymères réticulés :



Sans action mécanique : les chaînes sont reliées entre elles par des liaisons covalentes

Avec action mécanique : les chaînes s'étirent mais sont toujours reliées entre elles grâce aux liaisons covalentes.

1.2.3 Selon leur mode d'élaboration :

- a) Polymères naturels : Matériau utilisé sans modification ; son élaboration = extraction+ purification

Exemples : - peau en cuir

- soie, coton, laine en fibres textiles

- résine de pin en essence de térébenthine et colophane

- b) Polymères artificiels :

Polymère obtenu à partir des polymères naturels auxquels on fait subir une réaction chimique convenable

Il existe 2 grandes familles:

- Famille de la cellulose

Exemple: Bois en pâte de cellulose puis, par réaction chimique, en ester de cellulose ; en éther de cellulose

- Famille du caoutchouc

Exemple : caoutchouc naturel en pneu, résine pour peinture....

Polymères synthétiques : polymère préparé à partir des petites molécules simples (monomère). Il y a 3 méthodes de synthèse

Polymères de polymérisation :

Un grand nb de monomères identiques se réunit pour donner une macromolécule, au cours de la réaction il n'y a pas de perte de masse



Conséquences: - monomère et polymère de même composition centésimale

- Monomère contenant, au moins, une double liaison C=C donc de formule brute $CH_2=CHX$

Polymères de polycondensation

Remarque : condensation = 2 molécules réagissent pour donner un produit et au cours de la réaction il y a élimination d'une molécule simple tel que H_2O ; HCl

Exemple : estérification

Polycondensation : c'est une réaction entre molécules polyfonctionnelles identiques ou différentes au cours de laquelle il y a formation de sous-produit comme H_2O ou HCl . Les protéines sont des polymères naturels de polycondensation d'acides aminés de plusieurs espèces

différentes pour donner la soie, la laine, les fibres musculaires, les hormones, et bien d'autres molécules complexes. Elles sont synthétisées dans les organismes vivants animaux et végétaux.



Conséquences :

- monomère et polymère de composition centésimale différente
- monomère est une molécule au moins di fonctionnelle
- Polymères de polyaddition:

Union de 2 molécules différent non éthyléniques pour donner une macromolécule et au cours de la réaction, il n'y a pas perte de masse. Les réactions mises en jeu sont des additions, réalisées à partir de composés insaturés ; molécules possédant une ou plusieurs (double ou triple) liaisons.



1.2.4 Selon leurs structures

Deux grandes classes de polymères sont différenciées par la microstructure :

- Les polymères amorphes

En général, on les reconnaît par leurs propriétés transparentes. En dessous de leur température de transition vitreuse, ces polymères sont à l'état vitreux; ils deviennent alors rigides et cassants, et peuvent se fissurer ou se briser en éclats. L'adjonction de particules d'élastomère permet de les rendre plus ductiles. Il s'agit des PP, PE, PET,...

Remarque :

Au-dessus de Tg, les chaînes macromoléculaires peuvent être orientées par étirage au cours de la mise en œuvre, afin de les spécialiser par des propriétés mécaniques élevées par rapport aux non orientées.

- Les polymères semi-cristallins

Ils sont constitués de phases cristallines et de phases amorphes du même polymère. Leur microstructure est souvent complexe et, en conséquence, la description de leurs propriétés aussi. Leurs propriétés mécaniques sont généralement bonnes.

Ce sont les cas des: Polyméthacrylate de méthyle (PMMA), polyacryliques, Polystyrène (PS), Polycarbonate, PVC, ABS

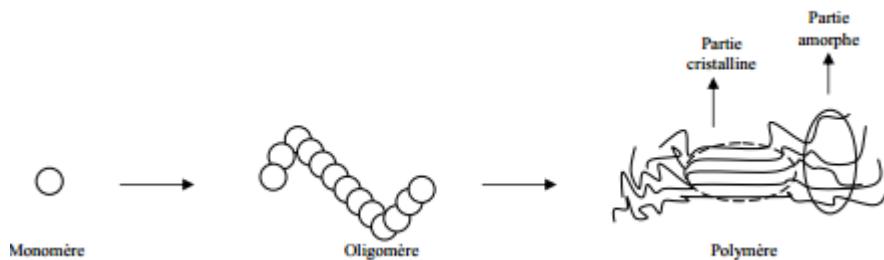


Figure 1.04 : **Formation d'un polymère semi-cristallin**

1.2.5 Selon leurs utilisations [1], [4], [5], [7]

L'utilisation des polymères sont liés généralement à leurs propriétés physico-chimique et mécanique. Ainsi, on distingue les polymères classiques et les polymères techniques.

- Les polymères classiques

Les polymères appelés classiques sont ceux qui ont des applications standard, très répandus dans la vie quotidienne, et en particulier ont des propriétés mécaniques relativement faibles dont les 2/3 sont des thermoplastiques.

Le tableau suivant présente des caractérisations et quelques applications des polymères classiques utilisés couramment.

Polymères	Caractérisation	Applications
PE	Souple, sensible à la rayure	<ul style="list-style-type: none"> - Emballages : films, sachets et flacons, - Pièces moulées : bacs, corps creux, jouets, ... - Fils, câbles, tuyaux souple.
PP	Dur, bon résistance à la rayure	<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques : tapis, moquettes, cordes, ficelles, textiles... - pour les emballages alimentaires : flacons, films,

		<p>pots, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipements automobiles: tableaux de bord, parechocs,... - Divers : jouets, mobilier de jardin, ...
PS	Dur, rigide, cassant et transparent, isolant thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Emballages alimentaires, - Emballages des appareils électroniques et électroménagers - Plafond sous forme de mousse - Verre plastique,...
PVC	<ul style="list-style-type: none"> - PVC rigide : lisse, dur - PVC souple : brillant 	<ul style="list-style-type: none"> - Dans l'industrie de l'ameublement : armoires et bacs de rangement, bancs, chaises ... - dans le bâtiment ou le génie civil : tuyaux de canalisation, barrières, clôtures, portails. - Emballages: boîtes, films, bouteilles d'eau, flacons ... - Divers : jouets, classeurs, écrans antibruit, les interrupteurs,
PET	Dur, pliure non cassant	<ul style="list-style-type: none"> - fibres textiles : tergal, maillots - Emballages: films alimentaires, et bouteilles d'eau minérale et de jus.
Les polyamides		<ul style="list-style-type: none"> - Fibre textile: linge (nylon) et voilages. - Tapis et des moquettes, de la robinetterie, de la

serrurerie, des engrenages.		
Poly acétate de vinyle	Souple à température ambiante, soluble dans des solvants	<ul style="list-style-type: none"> - Colle, vernis, peinture de bois, - Cuir artificiels
Polyalcool vinylique	Soluble dans l'eau, insoluble dans les solvants organiques	<ul style="list-style-type: none"> - Colle de bureau - Enduits muraux - Agents émulsifiants
Poly acétal vinylique	Soluble dans l'eau, insoluble dans les solvants organiques	<ul style="list-style-type: none"> - Vernis, enduits des tissus - Cuir artificiels
Polyester acrylique	Soluble dans des solvants organiques	<ul style="list-style-type: none"> - Peinture, vernis, apprêt de tissu, cuir
Polycarbonate	Rigide, transparent, neutre physiologiquement	<ul style="list-style-type: none"> - CD, DVD, - Feux arrière, clignotants et phares automobiles - Domaine médical : prothèses
Téflon	Bon isolant thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Engrenage autolubrifiant, joint, tuyau
Les phénoplastes	<ul style="list-style-type: none"> - Le plus ancien matériau polymère synthétique : « bakélite » - Une bonne résistance à la chaleur 	<p>Domaines scientifiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> - téléphone, - postes de radio. - fer à repasser
Les aminoplastes	Dureté élevée, faible résistance à l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Pièces moulés: articles ménagers, jouets, pièces automobiles. - Résine en stratification : bateau, plaquette ... - Industrie de peinture: agglomération, colle.
Les polyuréthanes	Vastes applications dans un grand nombre d'industries	<ul style="list-style-type: none"> - colle, peinture, - caoutchoucs, - mousses,

		- matelas
Les silicones	<ul style="list-style-type: none"> - Fournissent une grande variété de matériaux - Formes polyvalentes : du liquide jusqu'au plastique dur - Produits chers 	<ul style="list-style-type: none"> - mastics, colle, joints, - antimoussants, cosmétiques, - gaines isolantes, câbles électriques - graisses haute performance

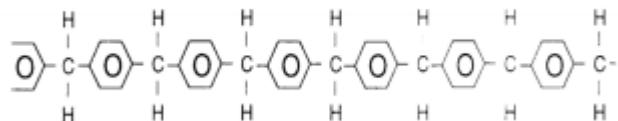
Tableau 3: caractéristiques et applications des polymères classiques

- Les polymères techniques

Ce sont des polymères à caractéristiques spécifiques avec des propriétés particulièrement remarquables mais de prix de revient élevés. C'est la raison pour laquelle ils sont destinés à des usages spéciaux dans des domaines allant du vêtement de protection et de sécurité (anti-balle, antichoc, anti-feu) au renfort de matières plastiques pour fabriquer des matériaux composites et pneumatiques.

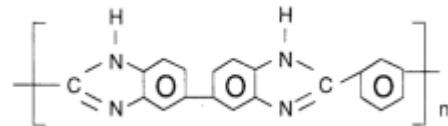
Ils sont généralement produits sous forme de fibres, à l'exemple des :

- Fibres modacryliques : obtenus par copolymérisation du 30 % chlorure de vinyle et 70 % d'acrylique.
- Polyphénoliques : formés par des groupements phénoliques liés par des radicaux méthylènes. Le KINOL de TOYO MENKA est une marque connue pour ces polymères.

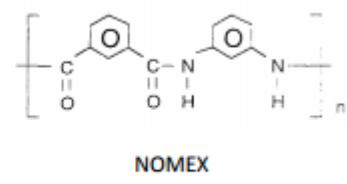
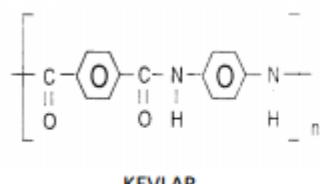


- Polybenzimidazoles : dans lesquels le groupement benzimidazole est inclus dans le squelette de la macromolécule.

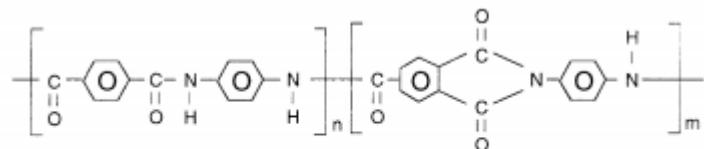
Le plus connu est le P.B.I. de CELANESE, obtenu par condensation du 3-3', 4-4' tétraaminobiphényle et du diphénylisophthalate :



- Aramides : Fils et fibres de polyamides aromatiques, constitués par des macromolécules linéaires contenant au moins 85 % de groupements amides liés à deux noyaux aromatiques. Les marques les plus connues sont : KEVLAR de DUPONT DE NEMOURS et NOMEX de DUPONT DE NEMOURS



- Aramide-imides : identique aux aramides mais en plus la présence de groupes imides jusqu'à 50%. Ils sont connus par un nom : KERMEL de RHONE POULENC TEXTILE de formule :



1.3 PROPRIETES GENERALES ET APPLICATIONS DES POLYMERES : [9]

1.3.1 Propriétés physiques : [9]

Les propriétés physiques qui mesurent le comportement des matériaux soumis à l'action de la température, des champs électriques, magnétiques, ou de la lumière.

- Couleur : incolore, transparent, à la limite, translucide
- Masse volumique : ce sont des matériaux légers, inférieurs à la masse volumique des métaux et alliages

Exemple :

PVC= 900 Kg/m³,

Alliage d'aluminium= 2400 Kg/m³,

Acier= 7800 Kg/m³

- Propriété électrique : isolant thermique et électrique, fourique
- Température de ramollissement T_R : entre 90 à 250°C
- Rigidité : ce sont des matériaux souples, pas de déformation sous l'action des efforts extérieurs.

1.3.2 Propriétés mécaniques : [9]

Les propriétés mécaniques décrivent le comportement des matériaux soumis à des sollicitations telles que des pressions, des étirements, des torsions, des frottements, des cisaillements, des chocs ou sous l'effet de la pesanteur. Elles dépendent fortement du type de contrainte appliquée.

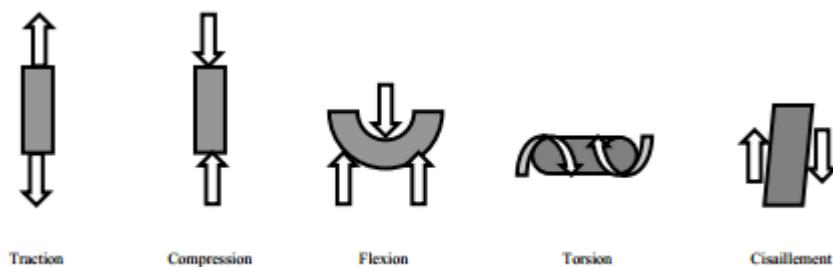


Figure 1.05 : *Differentes sollicitations mécaniques.*

- Elasticité : Sensiblement égale aux métaux et alliages
 - Plastomère : Identique à celle des métaux et alliages
 - Elastomère : très comparable à des ressorts et Boudin
- Plasticité : - Thermoplastique : plasticité élevée
 - Thermodurcissable : ce ne sont pas du plastique
- Résistance à la rupture R : (en KN / mm², Kgf / mm²)

$$R = 2 \text{ à } 7 \text{ C}$$

Il existe quelques plastiques qui ont une résistance à la rupture identique ou supérieur à celle des aciers (fibre textile > 40 Kgf / mm²).

Exemples : le polypropylène (60 Kgf / mm²), les polyesters (50 Kgf / mm²), les polyamides (50 Kgf / mm²),

- Résistance thermique :[9]

La résistance thermique d'une matière plastique se caractérise principalement par la température de résistance à la déformation et la température d'utilisation continue. La résistance à la déformation thermique est décrite par la température à laquelle on obtient une dilatation des fibres de bordure de 0,2%, sous une certaine contrainte de flexion. En utilisant couramment le procédé HDTA, la contrainte de flexion est de 1,8 MPa.

La température de résistance à la déformation thermique donne une indication sur la température maximum d'utilisation pour les pièces à contraintes mécaniques. La température d'utilisation continue détermine la limite de température au-dessus de laquelle il se produit une destruction du matériau par contrainte thermique. Il faut savoir qu'à cette température, les propriétés mécaniques sont très différentes de celles à température ambiante.

- Résistance aux chocs : ils sont moins abîmés, ils sont plus résistants.

1.3.3 Propriétés chimiques :[9]

Les propriétés chimiques caractérisent le comportement des matériaux soumis à un environnement plus ou moins agressif.

- Pyrolyse : action de la chaleur
- Combustion : ils peuvent, en théorie, être refondus et remodelés un grand nombre de fois tout en conservant leurs propriétés.
- Action des réactifs usuels : il résiste à l'oxydation, non attaqué par des acides et des bases
- Solubilité dans des solvants :
 - Thermoplastique : certains insolubles et certains solubles dans des solvants.
 - Thermodurcissable : insoluble dans le solvant

Avantages : on peut remplacer les métaux oxydables

1.3.4 Utilisations :

- Elastomères : 90 % des élastomères sont utilisés pour des pneumatiques ; et les restes sont utilisés comme semelle de chaussure, joint et courroie.
- Thermoplastique :
 - matériaux de construction (tuyau, joint ; décoration...)
 - peinture et vernis (polymères solubles dans des solvants)
 - fibres textiles (R 50kgf/mm² ; textiles pour habillement 250°C, emballages, sac, vêtements,.....)

CHAPITRE 2 : Mode d'obtention du papier

d'emballage[6], [11], [18]

2.1 Définition : [11], [18]

Les matières plastiques sont des matières organiques (ou semi-organiques) composés d'un ou plusieurs polymères issus de la pétrochimie et de divers adjuvants pour améliorer les caractéristiques du plastique. Par analogie de propriétés et de structures, le terme matières plastiques regroupe un ensemble de produits issus de la pétrochimie (distillation puis « craquage » des essences légères), caractérisés par leur structure de polymères, leur légèreté, leur imperméabilité et leur grande résistance

2.2 Les différents types de procédé d'obtention d'emballage

2.2.1 *Matières premières : [11]*

Nous avons une matière première sous forme de poudre ou de granulé, qui se ramollit au chauffage.

Pour les thermoplastiques, les techniques utilisées pour la mise en forme sont : l'extrusion (gonflage, allégement, soufflage, étirage), moulage en compression, le moulage soufflage, moulage gonflage, moulage par rotation, calandrage, thermoformage.

Pour les thermodurcissables et les élastomères, en générale, on utilise le moulage en compression en utilisant le chauffage pour assurer la réaction de polycondensation, la mise en forme, et le durcissement du produit.

Nous allons voir un par un tous les principes et appareillages de ces procédés de mise en forme.

2.2.2 *Extrusion :[5], [18]*

L'extrusion conduisant à la production en continu de profilés peut être appliquée, en pratique, à toutes les matières thermoplastiques.

L'extrusion est une technique de transformation des matières thermoplastiques qui permet d'obtenir des objets finis ou semi - ouvrés par un processus technologique continu. Cette technique, modifiée par l'adoption d'un matériel approprié, permet d'élargir l'assortiment d'objets fabriqués, et d'étendre la gamme de produits à partir des profilés rigides et souples à la fabrication

des plaques, des feuilles, des films, des objets creux, des granulés plastifiés, des câbles multi fils et multicolores, des films et des feuilles stratifiées, des profilés expansés et allégés, etc.

La presque totalité des matières thermoplastiques sont au moins extrudée une fois, lors de sa préparation, mais seulement une partie en sort sous forme d'objets finis. L'extrusion est largement utilisée pour la fabrication des granulés et des compounds, transformés ensuite par d'autres méthodes (exemple : injection) et des produits semi - ouvrés tels que : plaques, feuilles, films, tubes, etc.

Indépendamment du principe de fonctionnement, chaque extrudeuse accomplit trois actions principales :

- Elle transporte, le long du cylindre, la matière du point d'alimentation à la filière,
- Elle la plastifie grâce au malaxage et à la chaleur apportée de l'extérieur,
- Elle augmente progressivement la pression de la matière et la force à passer par la filière qui lui donne la forme figée, ensuite par le refroidissement.

Il existe plusieurs systèmes d'extrudeuses basés sur le travail d'une, de deux ou de plusieurs vis et sur les mécanismes sans vis. Bien que toutes les machines aient leurs avantages et leurs inconvénients, l'écrasante majorité des extrudeuses dans l'industrie sont composées de machines à une et à deux vis.

L'extrudeuse à une ou plusieurs vis est une machine conçue pour un travail en continu et son principe de fonctionnement est basé sur l'effet de frottement de la matière plastique sur le métal dans des conditions appropriées.

Le mécanisme du fonctionnement des extrudeuses dépend de leur conception. Les extrudeuses à une vis et à plusieurs vis se différencient non seulement du point de vue de leur construction, mais aussi du point de vue de leur application, compte tenu des différences dans le principe de leur fonctionnement.

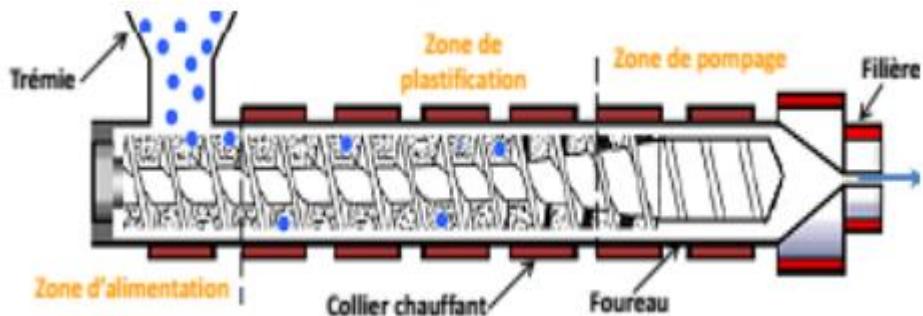


Figure 2.01 : **Machine extrudeuse**

2.2.3 Injection :[18]

Dans le moulage par injection, la matière est fluidifiée dans un organe approprié puis injectée sous forte pression dans l'empreinte(ou les empreintes) du moule. L'une des caractéristiques la plus appréciée du moulage par injection est la possibilité de travailler à cadence élevée. Pour un objet de dimension moyenne (quelques centaines de grammes), la durée du cycle est de quelques dizaines de secondes. Elle peut être bien inférieure pour des objets de faible épaisseur (une fraction de seconde pour des gobelets) et bien supérieure pour des objets de forte épaisseur (quelques dizaines de minutes pour des containers de grande capacité). Par suite de la mauvaise conductibilité thermique des matières plastiques, c'est souvent la durée de refroidissement qui conditionne la durée du cycle. Pour des raisons économiques, la limite supérieure de l'épaisseur des parois pour les objets moulés par injection se situe au voisinage de 6 mm. Au-delà, la durée de refroidissement devient prohibitive.

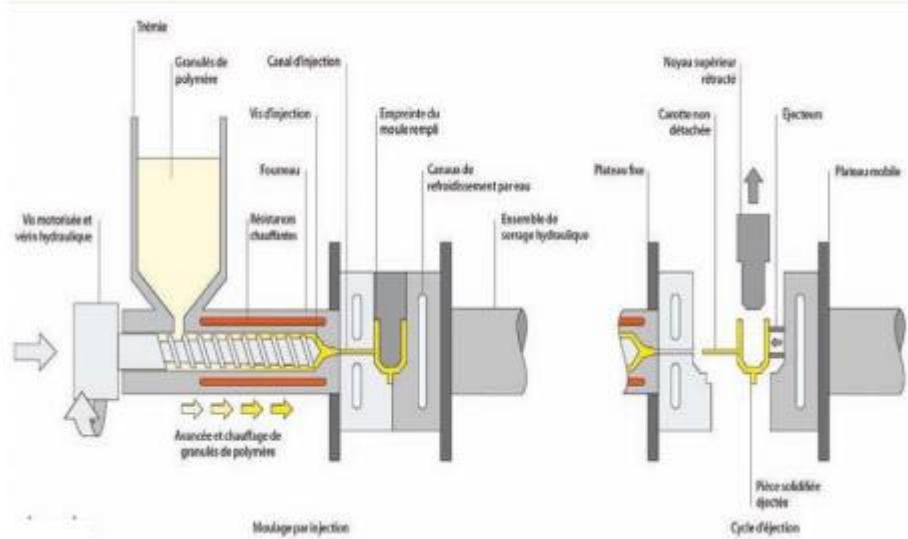


Figure 2.02 : **Machine à moulage par injection**

Les granulés de polymère sont versés dans la trémie. La matière est acheminée dans le fourreau où elle est simultanément chauffée, mélangée et poussée vers le moule par une vis sans fin. Le polymère est toujours maintenu dans le fourreau pendant que la pression monte progressivement. Lorsque la pression correcte est obtenue, le plastique fondu est injecté dans le moule. La durée du cycle dépend de la taille des pièces et du temps de solidification du polymère, soit généralement de 30 à 60 secondes. La pression de serrage maintenue après l'injection limite la déformation et le retrait après démoulage. Pour éjecter les pièces, les deux parties du moule se

séparent, le noyau se rétracte et les éjecteurs sont poussés pour décoller les pièces de la surface du moule.

Ce procédé est appliqué surtout pour la fabrication des profilés à de forme complexe, en particulier des palettes, coques de télévisions, boîtes, pots, tableaux de bord, ...

Le moulage par injection se fait en 4 étapes :

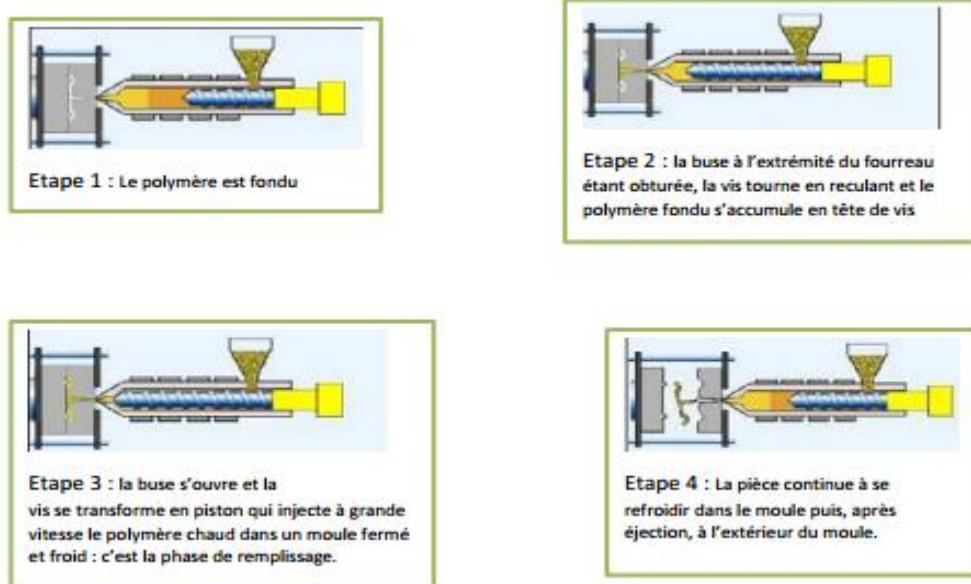


Figure 2.03 : *Étapes pour la mise en forme de moulage par injection*

2.2.4 *Moulage par compression :[18]*

C'est la technique la plus connue pour la transformation des thermodurcissables. La méthode consiste à presser directement la matière dans l'empreinte d'un moule à chaud. Le moule est composé de 2 parties : le poinçon (partie supérieure) et la matrice (partie inférieure). Le cycle de production est long.

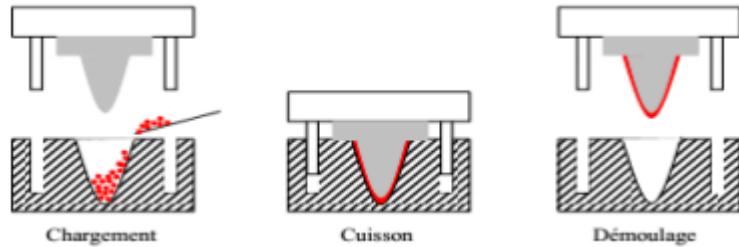


Figure 2.04 : *Moulage par compression*

2.2.5 *Moulage par injection-soufflage :[18]*

L'injection-soufflage permet de réaliser des corps creux qui présentent de bonnes propriétés mécaniques. Cette technique est essentiellement réservée aux thermoplastiques. Le cycle de fabrication se compose de quatre étapes.

- 1) Réalisation par injection d'une préforme.
- 2) Transfert de cette préforme dans une station de réchauffage pour que le matériau soit réchauffé dans un domaine d'état caoutchoutique.
- 3) Transfert de la paraison chaude dans un moule et soufflage pour que le polymère vienne en contact avec les parois du moule.
- 4) Refroidissement et éjection de la pièce.

Ce procédé est utilisé pour fabriquer des corps creux, par exemple bouteilles, flacons, bidons, réservoirs, conteneurs, ...

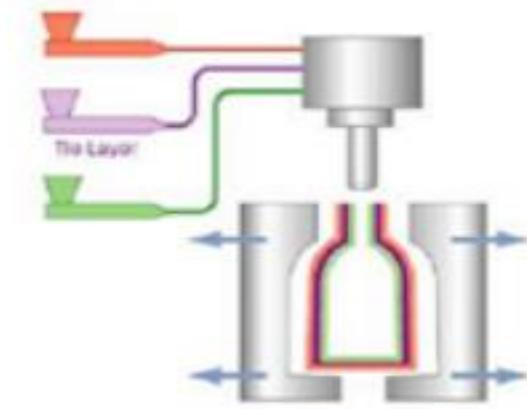


Figure 2.05 : **Machine de moulage par soufflage**

2.2.6 **Moulage par extrusion gonflage : [18]**

Il s'agit d'un cas particulier d'extrusion, mais qui a pris une importance économique considérable du fait des tonnages de sachets ou sacs en plastiques qu'il permet de réaliser.

La technique de l'extrusion gonflage (appliquée au début au polyéthylène basse densité ou PEHD) avait bouleversé le marché des films plastiques dont la production par calandrage était relativement chère.

Elle s'applique à la plupart des matières thermoplastiques (qui, à l'état fondu, ont une viscosité élevée et résistent à l'oxydation) et permet de fabriquer un film très fin, jusqu'à 10 μm d'épaisseur.

Principe :

La technique de production de film par extrusion - gonflage consiste à extruder une mince gaine qui, momentanément pincée, est gonflée avec de l'air. L'air qui remplit la gaine est introduit par l'axe de la tête- filière annulaire utilisée pour cette production. Le dispositif de refroidissement placé au niveau de la gaine déjà gonflée arrête l'étirage du film. Ce phénomène est provoqué par la solidification de la matière refroidie qui supporte alors les contraintes provenant du gonflage. Le film, en forme de bulle, est ensuite aplati par un dispositif appelé "foulard" composé de deux panneaux convergeant vers les rouleaux pinceurs.

L'étirage en direction transversale est obtenu par la surpression de l'air dans la gaine extrudée et pincée par deux rouleaux - tireurs (un rouleau est recouvert de caoutchouc et l'autre est en acier).

L'étirage en direction longitudinale résulte du rapport de la vitesse de l'étirage et de la vitesse d'extrusion.

Les rouleaux - pinceurs jouent le rôle d'un bouchon qui reste fixe quand le film se déplace. Les petites fuites entre les rouleaux ou par les petits trous sont compensées par une soupape automatique très sensible de soufflage d'air. La pression d'air emprisonné dans la gaine varie de 0,01 à 0,02 MPa.

On applique l'extrusion - gonflage vers le haut pour les PEbd, PEhd et leurs copolymères. L'extrusion vers le bas, avec le refroidissement dans un bain d'eau se pratique pour le PP, ce qui donne une excellente transparence au film. L'extrusion horizontale, assez délicate à réaliser, est utilisée dans le cas du PVC, ce qui supprime la tête d'équerre dans laquelle la matière risque de brûler.

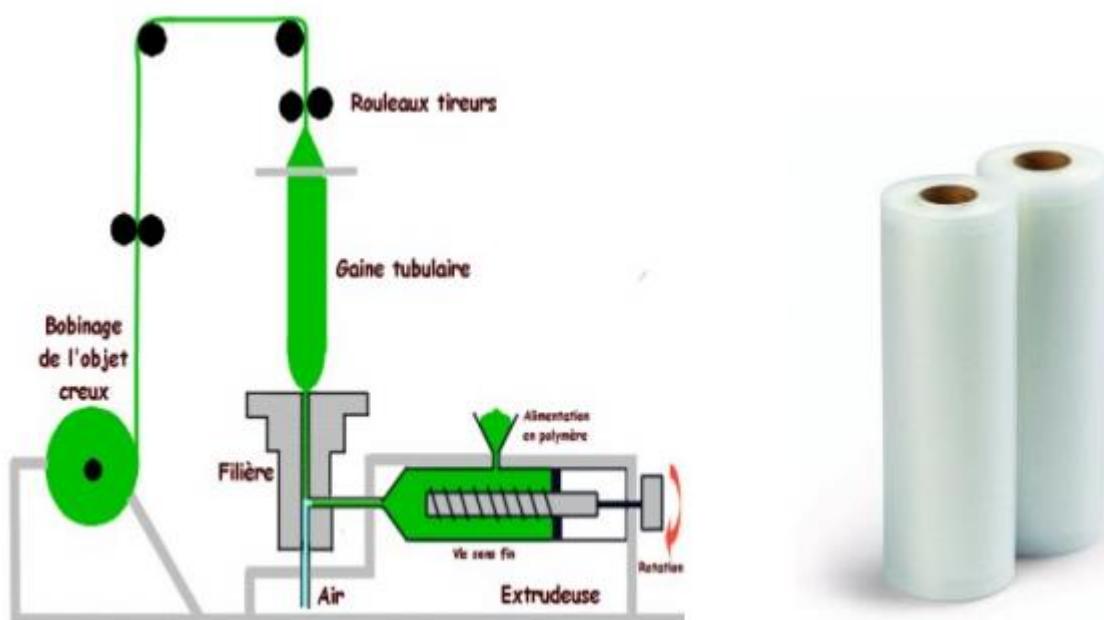


Figure 2.06 : *Extrusion par gonflage*

2.2.7 *Moulage par rotation ou roto moulage* :[18]

Le moulage par rotation est conçu pour réaliser des corps creux de toutes dimensions. La méthode de fabrication est très simple: la matière (thermoplastique) est introduite dans un moule sous forme de poudre très fine (~300 µm) ou de liquide, le moule est fermé puis chauffé ; pendant que la matière devient fluide, l'ensemble est mis en double rotation (ou rotation plus une oscillation) pour que la matière tapisse toutes les parois. Lorsque la matière est fondue et correctement répartie dans l'empreinte, le moule est introduit dans un système de refroidissement.

Utilisable pour les thermoplastiques : PVC, PE, PP, polyuréthane

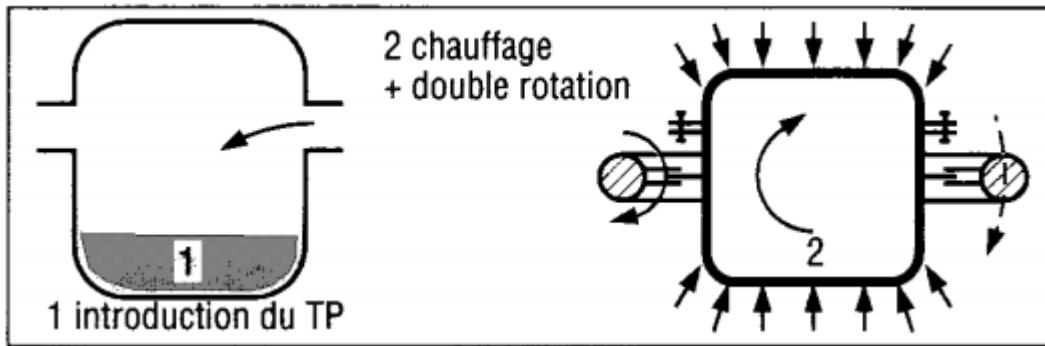


Figure 2.07 : **Principe du roto moulage**

2.2.8 Calandrage : [18]

Le calandrage est une technique de fabrication de feuilles, de plaques ou de films par laminage d'une matière thermoplastique entre plusieurs cylindres parallèles constituant la machine appelée : calandre. Cette dénomination est accordée à toutes les machines équipées de cylindres indépendamment du procédé auquel elles sont prédestinées.

On peut les ranger en trois groupes :

-les calandres utilisées pour la fabrication de feuilles, de films et de plaques souples à partir d'un mélange d'une résine thermoplastique avec les différents additifs. Ce sont des machines lourdes à plusieurs cylindres (4- 6) de grand diamètre (- 800 mm) chauffés, consommant beaucoup d'énergie (entraînement, chauffage, refroidissement) et accompagnées d'un équipement auxiliaire important (dispositifs d'alimentation, de contrôle, de réception). Ce sont les calandres de production ;

-les calandres sont destinées à la finition de feuilles ou de plaques extrudées ou Co-extrudées par la filière plate. Les cylindres de diamètre 600 mm ont une longueur jusqu'à 850 mm et sont refroidis. Les calandres sont placées en aval de l'extrudeuse équipée d'une tête plate qui les alimentent. Les cylindres donnent la brillance de la surface ou un aspect décoratif (par exemple le grainage) et règlent l'épaisseur de plaques. Leur nombre varie entre 2 et 5. Ces machines présentent une partie constituante de la chaîne d'extrusion de plaques. On les appelle les calandres de lissage ;

-les calandres auxiliaires utilisées par plusieurs techniques de finition, telles que : complexage, plaxage, enduction, contre- collage et grainage. Ces machines sont plus légères, les cylindres sont de dimensions moins importantes, chauffés ou refroidis. On peut les appeler les

calandres légères. Comme plusieurs éléments de ces machines et leur fonctionnement sont identiques, on les présente ensemble.

Principe :

La matière à calandrer passe d'abord par le malaxage et le préchauffage. La matière passe d'abord par un mélangeur interne (1) et ensuite par un mélangeur à cylindres (2), d'où elle sort sous forme d'un ruban gélifié ou de morceaux de crêpe qui alimente, par un convoyeur (3), la calandre. Un séparateur magnétique détecte les éventuelles impuretés métalliques (4) qui peuvent endommager gravement les cylindres de la machine (5). Le mélange passe ensuite par un ensemble de cylindres chauds pour en sortir (6) sous forme d'un large feuille refroidie sur les tambours (8). Ce passage par passes successives entre les cylindres est indispensable pour chasser toutes les bulles d'air emprisonnées dans le film.

Pendant cette opération, les bords de la feuille sont cisaillés des deux côtés par un dispositif à couteau rotatif. Un appareil de contrôle d'épaisseur (9) vérifie en continu le film qui est dirigé vers l'enrouleur de produit fini (10). Si on donne à la surface un dessin spécial, la feuille encore chaude passe entre le cylindre graveur et le cylindre presseur (7). Pour alimenter la calandre, on utilise de plus en plus les extrudeuses et les extrudeuses- mélangeuses (paragraphe précédent) qui exercent toutes ces actions dans une seule opération en continu et qui extrudent directement par la filière plate la matière plastifiée entre les cylindres de la calandre.

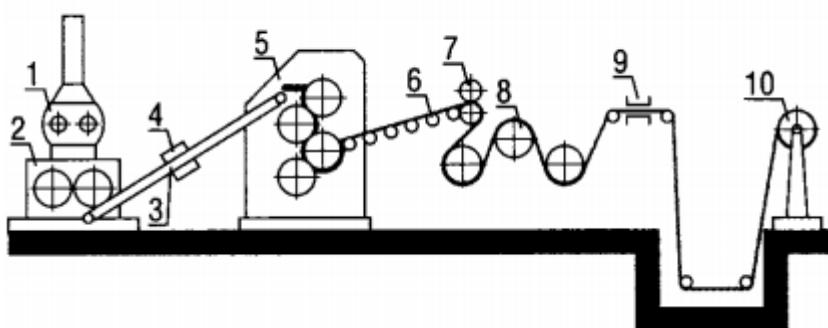


Figure 2.08 : *Calandrage-alimentation par mélangeur interne*

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Malaxeur interne | 6. Transporteur |
| 2. Mélangeur à cylindres | 7. Cylindres graveurs |
| 3. Transporteur | 8. Tambours de refroidissement |
| 4. Séparateur magnétique | 9. Dispositif de cisaillage des bords |
| 5. Calandre en « Z » | 10. enrouleur |

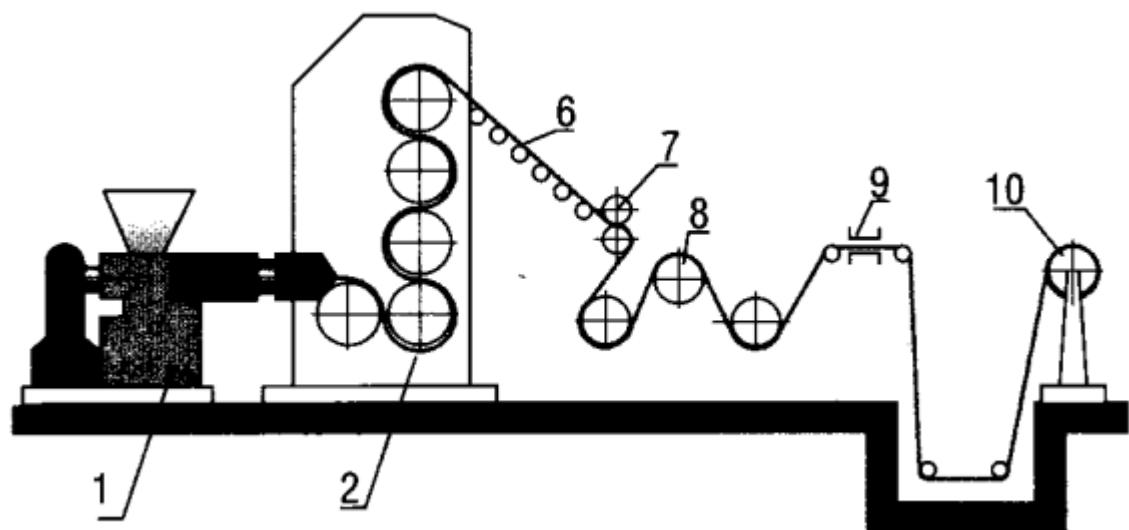


Figure 2.09 : *Calandrage-alimentation par extrudeuse*

1. Extrudeuse
2. Calandrage en « L »

2.2.9 Thermoformage : [18]

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.

L'utilisation de cette technique est possible grâce au comportement des matières thermoplastiques (plus marqué pour les amorphes) qui prennent une consistance caoutchouteuse au - dessus de leur température de transition vitreuse et peuvent donc être aisément formées et figées dans cet état par refroidissement.

Les matières thermoplastiques qui se transforment par thermoformage sont : les produits vinyliques (PV C et ses copolymères), les styréniques et leurs copolymères, les méthacryliques, les cellulosiques, les polycarbonates.

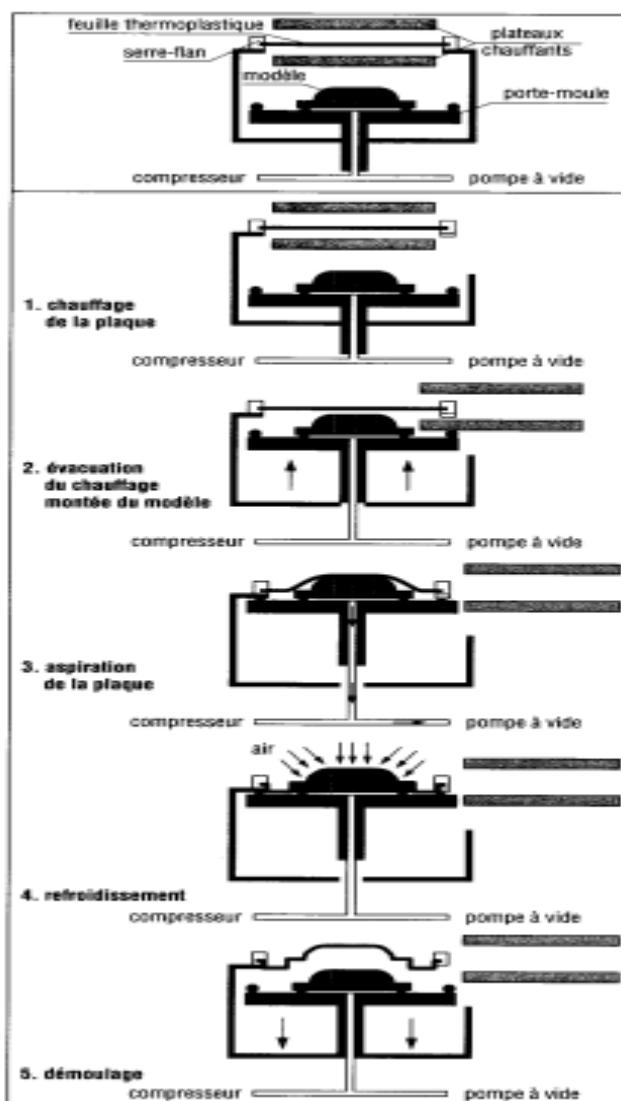


Figure 2.10 : *Principe du thermoformage*

CHAPITRE 3 : Notion d'emballage

Nous avons 5 types de matériaux utilisées comme emballages, tel que : le papier, le verre, le bois, les aciers et les matériaux métalliques, les matériaux plastiques.

3.1 Les différents supports d'emballage :

3.1.1 Papier :

Ce type d'emballage provient de l'assemblage en bandes de fibres cellulosique végétales. Il est présenté sous forme de feuilles minces.

Les avantages de l'emballage en papier se focalise au point de vue économique pour son faible prix de revient et une bonne rigidité. Mais, il ne possède ni barrière ni soudabilité.

3.1.2 Bois :

Il est utilisé depuis longtemps pour l'emballage de produits alimentaires traditionnels, comme le camembert. Cependant, il est surtout employé dans le secteur d'emballage tertiaire, sous forme de cageots ou de palettes pour le transport et la manutention.

3.1.3 Verre :

Le verre est un matériau minéral à base de silice, fabriqué à partir du sable siliceux. Il est utilisé dans l'emballage alimentaire et apporte plusieurs avantages importants, tel que :

- il est imperméable aux gaz, vapeurs et liquide;
- il est un matériau hygiénique et inerte dans le domaine bactériologiques : facile à laver et à stériliser ;
- Il est inodore et ne modifie pas les goûts du produit ;
- Par sa transparence, il permet le contrôle visuel du produit ;
- Il résiste aux pressions internes élevées qu'il fait subir certains liquides.

Mais, le verre est un matériau fragile.

Il est utilisé comme emballage des boissons gazeux, des gaz,

3.1.4 Aciers et matériaux métalliques :

Le métal remplace souvent le verre pour le conditionnement des conserves alimentaires et des boissons. L'acier est le métal le plus utilisé (90 % des conditionnements en matériaux métalliques).

Les plus utilisés sont :

- Le Fer blanc et le Fer chromé :

Le principal matériau pour les boîtes à conserve est le fer blanc : mince feuille d'acier doux revêtu électrolytiquement d'une couche d'étain pur sur ses deux faces.

Actuellement, un produit dérivé, appelé le fer chromé, a pris une place importante. C'est un matériau composé d'acier et d'une couche de chrome, l'opération d'addition de ladite couche est appelée « chromage ». Son nom international est ECCS (ELECTROLITIC CHROMIUM COATED STEEL) mais la désignation usuelle TFS (TIN FREE STEEL) est encore couramment employée.

- L'aluminium :

L'aluminium est utilisé sous forme de complexe, souvent en association avec du papier ou plastique. Très utilisé dans le domaine de l'agroalimentaire.

Il a des bonnes caractéristiques, tel que :

- Sa légèreté ;
- L'étanchéité contre l'eau et les gaz ;
- Il est flexible et stable ;
- De plus, il est recyclable.

Il est employé en feuille pour des produits chocolatés, crémé,

3.1.5 *Matériaux plastiques* :

Les matériaux plastiques sont obtenus à partie du pétrole (le plus utilisé), du charbon ou des gaz naturels. Ils sont les plus utilisés dans le domaine d'emballage primaire en raison de leurs bonnes qualités.

Les matières plastiques ont de bonnes caractéristiques :

- résistantes aux chocs ;
- étanches aux liquides et à l'air ;
- opaques aussi bien que translucides ou transparentes ;
- Excellente soudabilité ;
- Il peut être souple (sac souple) ou rigide (flacons, tubes, bouteilles,...).

3.2 Répartition des emballages en plastiques chez JB :

Actuellement, la société produit 50 variétés de produits alimentaires avec des types (biscuit, bonbon, chewingum) et caractéristiques différents, qui nécessitent différents types d'emballage à utiliser, selon leurs caractéristiques des produits à emballer. Avec ces 3 types de produits (biscuit, bonbon, chewingum), la société n'utilise que du film plastique et du papier emballage pour emballer tous leurs produits.

Remarque :

- Tous ces emballages utilisés sont importés.
- Notre étude se focalise seulement sur les emballages en film plastique.

3.2.1 Les emballages en film plastique chez JB :

Les emballages en film plastique de la société sont des films complexes, composés de deux films en plastique superposé. Ce film complexe est parfois associé avec du métal en aluminium selon le produit à emballer (produits chocolatés, produits crémeux, produits huileux).

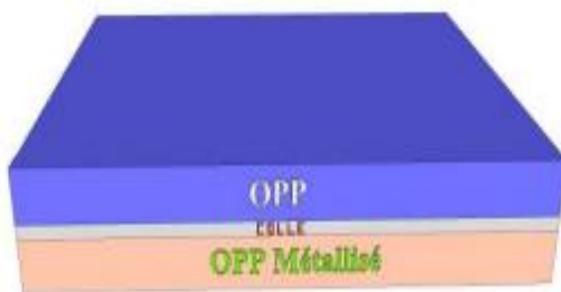


Figure 3.01 : *Film complexe d'OPP/OPP Métallisé*

Nous allons voir sur le tableau ci-dessous la répartition de ces emballages :

Nom du film	Propriétés	Produit à emballer
OPP/OPP métallisé	Film complexe d'OPP transparent et OPP imprimé et métallisé en aluminium à l'intérieur, l'aluminium est une bonne barrière à l'eau et O ₂ ,	- Gouty crock - Tu'crock - Happy - Deli'choc - Sablito

	tandis que l'OPP est une bonne barrière d'humidité.	<ul style="list-style-type: none"> - Gouty d'or 15 - Pocket - Cracky - Tsiky nacks - Piwi - Bisky UP - Bisky cool - Bisky krem - Bisky J'EM - Bisky choco - Bisky dimy - Frego - Turbo - Minichoco - Choco Nimo
OPP/OPP Pearlized	Film complexe d'OPP transparent et d'OPP imprimé à l'intérieur. Bonne barrière à l'humidité.	<ul style="list-style-type: none"> - Gouty - Gouty d'Or 6 - Bisky 12 - Bisky fourrés - Salto nature - Salto fromage - Salto texas - Salto pizza - Salto Snax - Bolo kidz
OPP/OPP non métallisé	Deux couches de films OPP. Pour une bonne soudabilité et stabilité et une bonne barrière d'humidité.	<ul style="list-style-type: none"> - Bisky Bokotra - Jump
PET/OPP white opaque	Film complexe composé de film Polyéthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Salto sandwich - Bolo duo

	<p>Téréphtalate associé à un film Polypropylène</p> <p>Orienté. PET : pour ses qualités barrières et de résistance mécanique, et OPP : pour la soudabilité, la stabilité et la bonne barrière d'humidité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mini-bisky
PET/CPP métallisé	<p>Film complexe composé de film de Polyéthylène Téréphtalate et de Polypropylène non orienté.</p> <p>PET: pour ses qualités de barrières et de résistance mécanique, CPP: pour une bonne scellabilité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bisky teen - Bolo pix - Pecto GM - Opera - Sillgum
PET	<p>Simple couche de film en PET.</p> <p>Bonne qualité en barrière et résistance mécanique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jok - Pecto - Tuti - Olé

Tableau 4 : Répartition des emballages et ses propriétés

3.2.2 *Emballage en papier :*

Les emballages en papier sont destinés aux bonbons caramel et les chewingum, en particulier le Mister Boom.

3.3 Etats des déchets films chez JB en 2015 :

En 2015, la société a consommé 770 tonnes d'emballage (film plastique et papier). Dans ces 770 tonnes d'emballages, elle avait 746 tonnes à consommer pour emballer et 24 tonnes de déchets. On va voir tout ça sur le tableau suivant :

Emballages	Masse en tonne
Utilisation normal	746
Déchets	24
TOTAL	770

Tableau 5 : Etat général du déchet film en 2015

Concernant ces déchets, il faut indiquer que 87.5 % proviennent de la plateforme biscuiterie et 12.5 % de la confiserie. Et, 97.92 % sont des déchets du film plastique, 2.08 % sont des déchets d'emballage en papier. Le tableau suivant monte la répartition en masse de chaque type de ces déchets :

Types d'emballage	Masse en tonne	pourcentage
OPP/Métallisé OPP	10,5	43,75
OPP/Pearlized OPP	8	33,33
OPP/OPP (non métallisé)	1	4,17
PET/White Opaque OPP	1,5	6,25
PET/Métallisé CPP	1,5	6,25
PET	1	4,17
Papier	0,5	2,08
TOTAL	24	100

Tableau 6 : Répartition en masse et en pourcentage des déchets

Ces déchets sont répartis suivant la figure suivante :

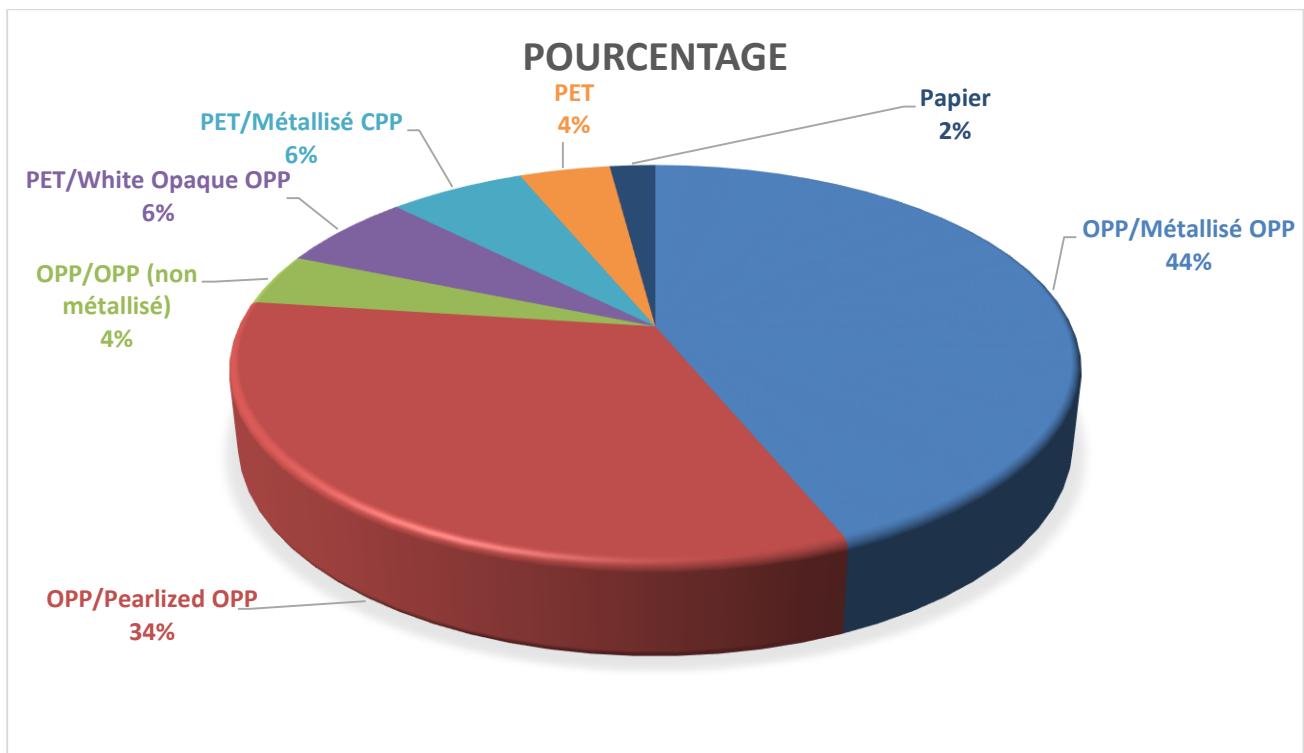


Figure 3.02 : **Répartition des déchets**

DEUXIEME PARTIE : RAPPORT SUR LES

DECHETS EMBALLAGES DE LA SOCIÉTÉ JB

CHAPITRE 4 : Fabrication biscuit

Nous parlons ici des déchets emballages de la société, tout au long de la production, mais non pas des déchets après consommation, plus précisément, tout au long du procédé d'emballage du produit. Durant le stage, toutes les analyses sont basées à la plateforme biscuiterie.

Tout d'abord, dans un premier temps, nous parlons de la généralité sur le mode de fabrication des biscuits ; deuxièmement, on parle des sources et mode de réduction des déchets emballages; et on le termine par l'existence du compactage des déchets emballages au sein de la société, avant de finir par la dernière partie de cette étude.

4.1 Généralité sur le procédé de fabrication de biscuit :

JB usine possède 3 lignes de production de biscuit avec le même procédé, mais, il y a quand même quelque différence au niveau de chaque opération, selon le produit à fabriquer. Ce procédé consiste à produire une grande quantité de biscuit. En général, ce procédé se fait en 6 étapes, tel que :

- Pétrissage
- Laminage
- Façonnage
- Cuisson
- Refroidissement
- Emballage et conditionnement

Les matières premières (farine, sucre ou sel, levure, eau, arômes...) sont pesées et introduites selon un ordre rigoureux dans un pétrin.

4.2 Pétrissage :

Le pétrissage est un procédé utilisé pour mélanger les ingrédients et malaxer la pâte formée, pour obtenir une pâte homogène, consistance, lisse, souple et facile à manier. En utilisant une machine appelée « pétrin ». C'est pendant le pétrissage qu'on ajoute tous les matières premières nécessaires.



Figure 4.01 : *Pétrissage*

4.3 Laminage :

Après le pétrissage et le temps de repos, la pâte va passer, par compression, sur un tapis roulant entre deux gros rouleaux pour être laminée.



Figure 4.02 : *Laminage*

4.4 Façonnage :

La pâte laminée est alors façonnée et détaillée en portions individuelles selon la forme bien connue des consommateurs.



Figure 4.03 : *Façonnage*

4.5 Cuisson :

La cuisson est l'étape la plus spectaculaire de la fabrication. Un four en forme de tunnel assure la cuisson à partir de 200°C, selon un intervalle de temps précis et différent pour chaque produit.

Il y a 2 types : le four direct où on utilise de feu et le four cyclo thermique où il faut chauffer les tubes avant la cuisson.

Nous avons 4 étapes pendant la cuisson dans 4 zones distinctes :

Zone 1 : chauffage

Zone 2 : gonflage

Zone 3 : cuisson

Zone 4 : coloration ou zone huileuse



Figure 4.04 : *Cuisson*

4.6 Refroidissement :

Une fois cuits, les biscuits sont refroidis tout au long d'un tapis roulant avant d'être mis en emballage ou avant de leur faire subir un enrobage ou un fourrage, selon le cas d'exigence du produit fabriqué.



Figure 4.05 : *Refroidissement des biscuits*

4.7 Emballage et conditionnement :

Après refroidissement, les biscuits sont triés puis emballés individuellement par lot, avant d'être transportés vers les circuits de distribution. L'emballage des biscuits se fait en semi-automatique pour la mise en paquet à l'aide des emballageuses ; après, on fait manuellement la mise en sachet et la mise en carton.

Ce procédé se résume comme ceci :

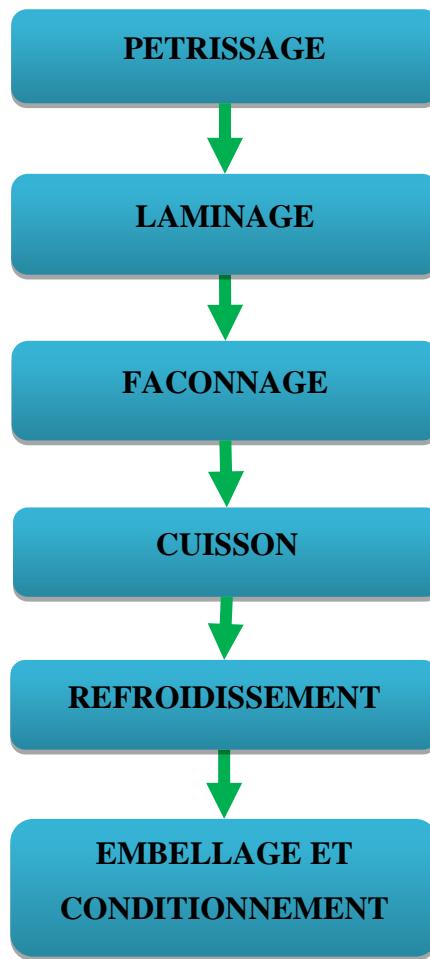


Figure 1.01 : *Procédé de fabrication de biscuit*

CHAPITRE 5 : Source et mode de réduction des déchets film

5.1 Emballeuse :

Avant toute chose, nous allons décrire la machine emballeuse de la société. Il utilise deux types de machine emballeuse, tel que :

- La machine emballeuse horizontale, qui est destinée pour les produits emballés selon leur nombre (exemples : Gouty, Salto, Sablito,.....).
- La machine emballeuse verticale, destinée pour les produits emballés selon leur masse (exemples : Bisky bokotra, Jump).



Figure 5.01 : *Emballeuse verticale*



Figure 5.02 : ***Balance d'une emballeuse verticale***

Notre étude se focalise sur la machine emballeuse horizontale, que nous allons détailler ci-dessous.

Cette machine comporte :

➤ **2 chargeurs :**

Après refroidissement, les biscuits sont prêts à être emballés et passent sur la machine emballeuse. Les biscuits sont chargés manuellement sur les deux chargeurs pour être bien arrangés.

➤ **1 convoyeur :**

Le convoyeur comporte 2 taquets ; l'une c'est le taquet convoyeur, qui destine le nombre des biscuits selon leur hauteur ; et l'autre celle du taquet transporteur, qui transporte les biscuits vers le conformateur. Cette action se fait grâce à 2 rails tournants, qui font tourner ces 2 taquets.



Figure 5.03 : ***Taquet transporteur***

Remarque : les deux taquets doivent toujours avoir le même niveau.

➤ **2 portes-bobines :**

C'est sur les portes-bobines que les films d'emballage se posent. En s'étirant, le film va passer vers l'imprimante pour le marquage du produit (date de fabrication, date d'expiration, numéro de la machine, heure de fabrication). Avant de passer à l'emballage des biscuits sur le conformateur.

Les deux portes-bobines comportent : rouleau de centrage, rouleau de freinage, marquage ou marque M, contre poids, montres (réglage de tension film), ouverture rouleau, bras, rouleau de position bras.

Remarque :

- Les deux portes-bobines sont une fonction aléatoire.
- Après les portes-bobines, il y a le photocellule ou détecteur de film

➤ **1 conformateur :**

C'est ici que les biscuits sont emballés avec l'emballage. Les guides de conformateur définissent les nombres des biscuits à emballer (exemple : Gouty d'or 6 ou 15)



Figure 5.04 : ***Porte bobine et conformateur***

➤ **1 mollette :**

La mollette assure les scellages (longueur, les deux largeurs) pour la fermeture et le pliage de l'emballage.

➤ **1 mâchoire :**

Découpe l'emballage pour avoir un paquet de biscuit.

➤ **1 tapis roulant :**

Le tapis roulant fait sortir les paquets vers l'extérieur avant la mise en sachet et en carton, faite manuellement.



Figure 5.05 : **Machine emballeuse**

5.2 Sources des déchets films :

Les principales sources des déchets emballages se font au niveau de l'emballage. Ils existent de nombreux facteurs, mais les plus fréquents sont :

- Arrêt fréquent de la machine emballeuse
- Panne de machine
- Produits non conformes à la norme exigée

Nous allons voir ci-dessous les détails de toutes ces anomalies avec l'analyse ISHIKAWA.

5.2.1 Arrêt fréquent de la machine emballeuse :

Cette anomalie est un grand facteur des déchets films. Il induit en général une brûlure des films restés dans la mollette. Beaucoup de facteurs provoquent cet arrêt, tel que :

- Les biscuits en désordres dans le chargeur : cela exige un arrêt de la machine pour le remettre en ordre.
- Changement de produit : induit aussi un arrêt pour régler les standards conformes au nouveau produit (standard : taquet, rail, conformateur).
- Des problèmes au niveau du façonnage
- Abandon de poste : conduit à la manque de personnel (non standard) et provoque des embouteillages au niveau de mise en sachet et carton, qui conduit à un arrêt de la machine.

5.2.2 Panne de machine :

- Mâchoires endommagées ;
- Rupture du ruban pour l'impression du marquage ;
- Problème de température de scellage : trop élevé ou trop faible ;
- Taquets non alignés ou non synchronisés : cela provoque un désordre et casse les biscuits.

Tout cela est considéré comme panne de machine et produit des déchets films, surtout pendant la réparation.

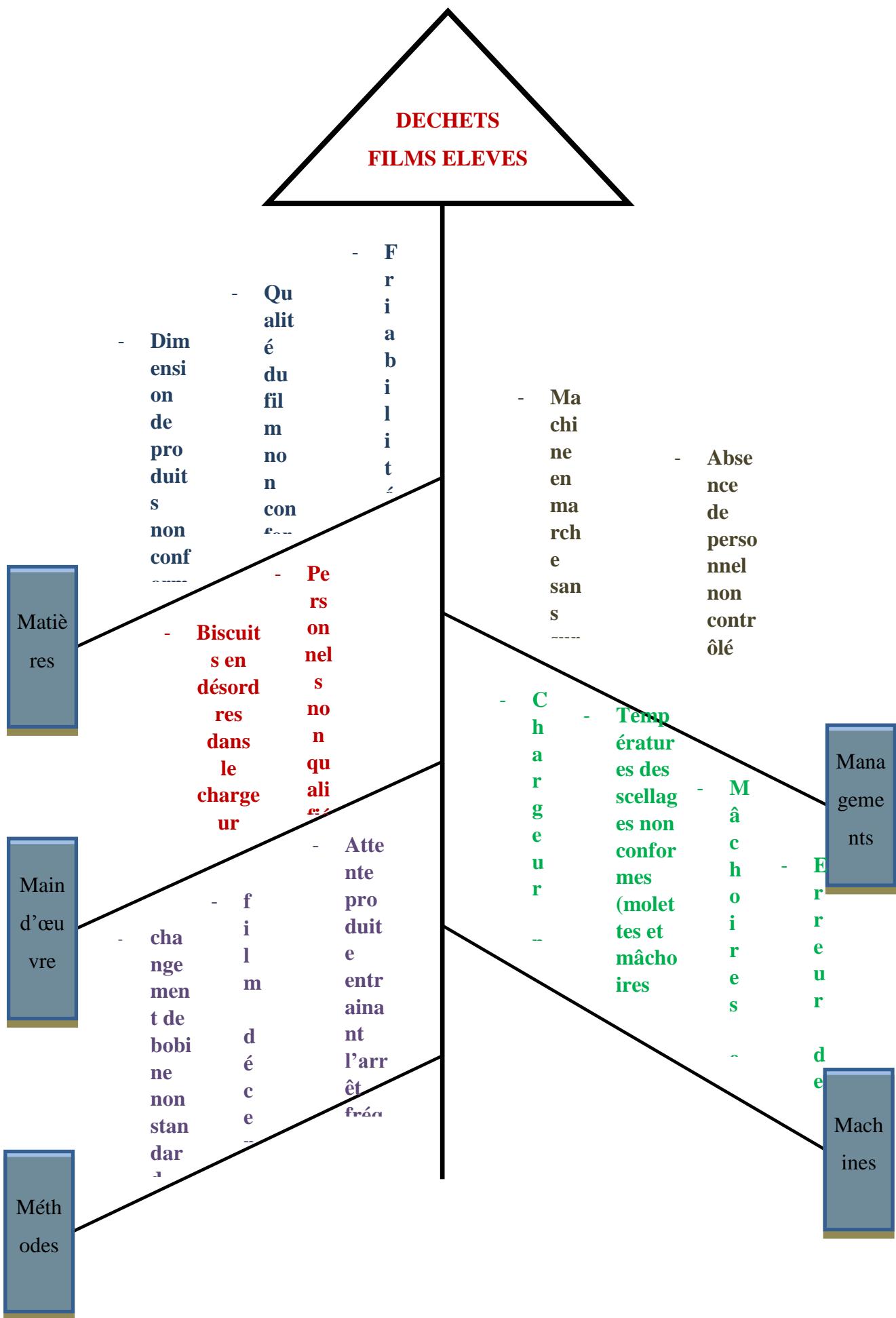
5.2.3 Produits non conformes à la norme :

Cette anomalie est due au non-standard des qualités des produits. Cela se fait au niveau du marquage et par paquet de biscuit, tel que :

- Marquage inversé par rapport au standard ;

- Marquage non lisible ;
- Manque de marquage ;
- Biscuits cassants dans le paquet ;
- Biscuits en désordres dans l'emballage.

L'analyse ISHIKAWA suivante nous montre les origines des déchets films :



5.3 Analyse ISHIKAWA : sources des causes de déchet film :

CAUSES	SOURCES
Méthodes	
<i>Changement de bobine non standard</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Changement de bobine automatique non activé - Défaillance du vérin pneumatique actionnant le rouleau à gomme - Anomalie détection de capteur lors de la fine bobine - Cône de serrage bobine desserré - Fixation porte-bobine décentrée
<i>Film décentré</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Frein bobine défaillant - Course vérin faible - Pression mollette de traction faible - Erreur spot - Conformateur non aligné / paramètre non standard - Vitesse de rouleau gomme / paramètre non standard
<i>Attente produit qui conduit à l'arrêt de machine</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Problème au niveau de façonnage - Biscuit emballé par les autres machines
Machines	
<i>Problème chargeur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dimension biscuit variée / hors-norme - Taquet non synchronisé / non aligné - Taquet trop court ou trop long - Guide biscuit déformé

	<ul style="list-style-type: none"> - Écartement guide biscuit trop grand
<i>Mâchoires endommagées</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Trop de pression - Fréquence de changement mâchoire pas bien déterminée - Dents de mâchoire non alignées
<i>Mauvaise impression de marquage</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Impression marquage inversée par rapport au standard - Paramètre non maîtrisé
<i>Marquage non figuré sur le film</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pression d'air faible - Paramètre non respecté : pas de paramètre de conduite - Rupture ruban - Tête d'impression usée
<i>Scellage mollette et mâchoire non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêt fréquent - Arrêt par bouton « arrêt d'urgence » - Température mollette non standard - Dents des mollettes ne sont pas standard - Dents des mâchoires ne sont pas en phase
Matières	
<i>Dimension de produit non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Problème au niveau de pétrissage : manque ou excès de levure, manque ou excès d'eau - Température de cuisson : trop faible ou trop élevé
<i>Qualité du film non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut d'origine
<i>Friabilité de produit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Produit non standard
Management	
<i>Machine en marche sans surveillance</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de responsabilité - Manque de personnel

<i>Absence de personnel non contrôlé</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Abandon de poste - Non-contrôle des heures de pause du personnel
Main d'œuvre	
<i>Biscuit en désordre dans le chargeur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Personnel non qualifié - Produit non conforme - Taquet convoyeur non synchronisé
<i>Personnels non qualifiés</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de formation du personnel - Non-conformité du poste occupé par le personnel par rapport à leur qualification

Tableau 7 : source des causes de déchet film

5.4 Mode de réduction des déchets films :

CAUSES	SOLUTIONS
Méthodes	
<i>Changement de bobine non standard</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Activer le changement de bobine automatique - Maintenance au niveau du porte-bobine (vérin, capteur, cône de serrage, fixation porte bobine)
<i>Film décentré</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance au niveau du porte-bobine (vérin, frein, spot, pression molette de traction) - Standardiser les paramètres au niveau du conformateur et aligner le conformateur - Standardiser les paramètres de vitesse de rouleau à gomme
<i>Attente produit qui conduit à l'arrêt de machine</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer la qualité de la pâte - chaque biscuit doit être emballé par leur propre machine emballeuse
Machines	
<i>Problème chargeur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - il faut garder la dimension du biscuit - Étalonnage de la machine emballeuse
<i>Mâchoires endommagées</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer une fréquence de changement ou de maintenance de mâchoire - Maintenance générale au niveau de la mâchoire
<i>Mauvaise impression de marquage</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Impression marquage inversée par rapport au standard

	<ul style="list-style-type: none"> - Maitriser le paramètre
<i>Marquage non figuré sur le film</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance - Respecter le paramètre de marquage - Changer la tête d'impression lors d'une destruction
<i>Scellage mollette et mâchoire non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Il ne faut pas arrêter la machine emballeuse par le bouton « d'arrêt d'urgence » qu'en cas d'urgence - Standardiser la température mollette - Mettre en phase les dents de molettes et les dents des mâchoires
Matières	
<i>Dimension de produit non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Maitriser la dose de levure et de l'eau pendant le pétrissage - Bien regler la température de cuisson avant la production
<i>Qualité du film non conforme</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut d'origine : c'est au niveau du fournisseur
<i>Friabilité de produit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisation de produit
Management	
<i>Machine en marche sans surveillance</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcer la surveillance - Il faut avoir au moins un remplaçant par poste
<i>Absence de personnel non contrôlé</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre de mesures strictes par rapport aux abandonnements de poste - Mettre un système de contrôle des heures de pause des personnels
Main d'œuvre	
<i>Biscuit en désordre dans le chargeur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre une organisation de formation du personnel - Il faut toujours respecter la qualité

	<p>de produit exigé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Synchronisation du taquet convoyeur
<i>Personnels non qualifiés</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une organisation de formation dupersonnel - Il faut que chaque travailleurs occupe un poste sconforme à sa qualification

Tableau 8 : mode de réduction des déchets films

CHAPITRE 6 : Existence de machine de compactage des déchets film

Auparavant, la société utilisait le camion SOUTHERLY, une benne pour enlever les ordures. 10m³ d'ordures coutent 150 000 Ar, tandis que 70% de volume de déchets sont constitués de déchets films, et on compte en moyenne, 14 enlèvements/mois soit 2 100 000 Ar/mois et 25 200 000 Ar/an.

Actuellement, elle utilise une machine de compactage pour économiser sur le cout élevé engendré par le ramassage d'ordure, en réduisant au minimum le nombre d'enlèvements de Southerly. Cela consiste à réduire le volume des déchets films à 1/8 de son volume en investissant dans la fabrication de cette machine de compactage, tout en respectant les exigences environnementales.

Dans un premier temps, cette machine a été conçue pour le compactage des déchets films pour en obtenir un cube plus ou moins compact qui est juste destiné à la réduction de volume et à être jeté.

6.1 Présentation de la machine :

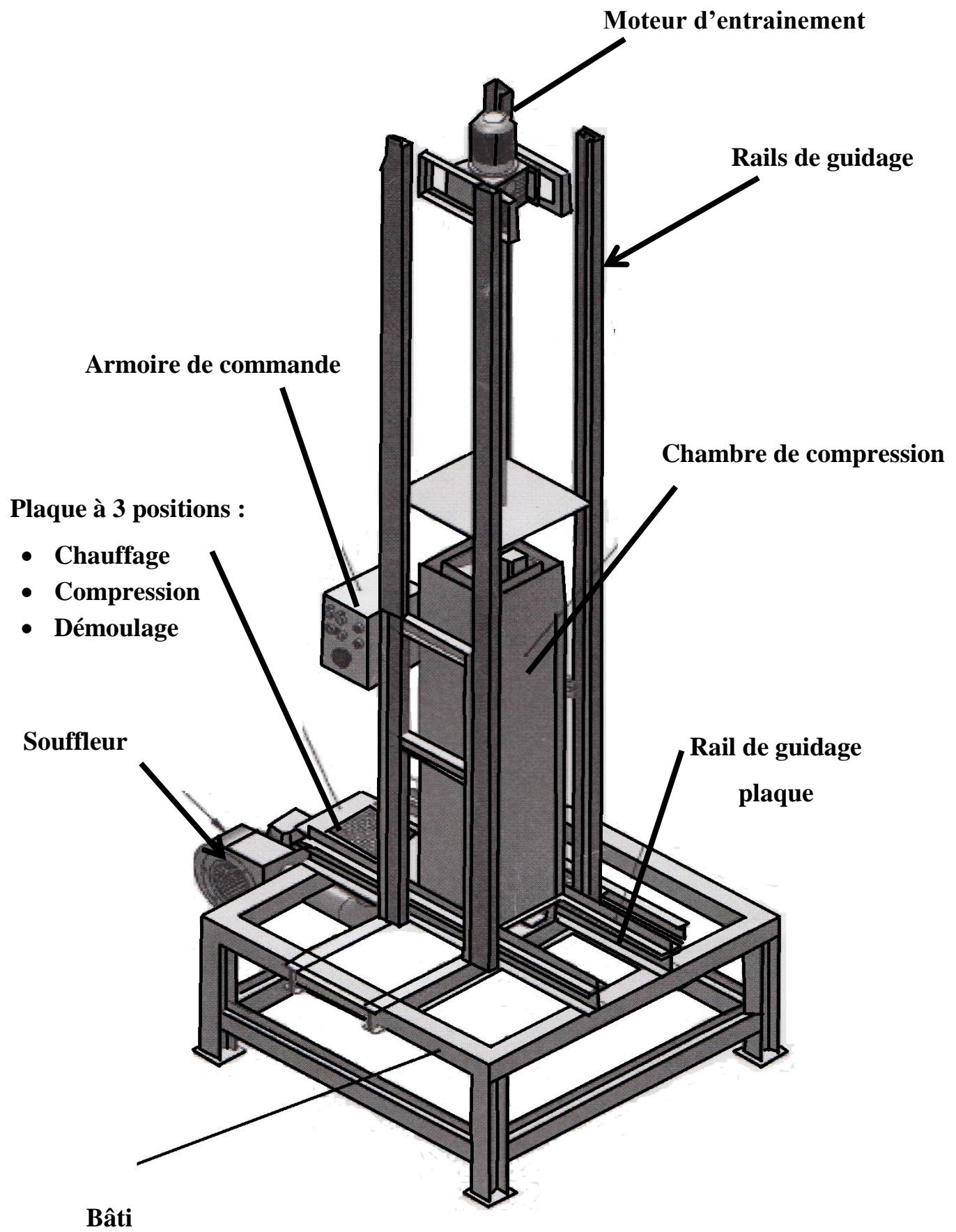


Photo 1 : Compacteur

- Élément constitutif de la machine :

La machine est composée de 3 parties bien distinctes :

- **La partie chauffage** composée d'une chambre à doubles parois qui est chauffée par des résistances chauffantes à une température de 250 à 300°C pour le pré cuit des déchets films
- **La partie compression** composée d'une presse mécanique mue par un motoréducteur et un système à vis qui comprime les déchets films.
- **La partie démoulage** composée d'un tiroir de démoulage et d'une cuve de refroidissement.

- Principe de fonctionnement :

- Préchauffage de la chambre pendant 7minutes pour atteindre la température de 300°C (au premier démarrage de la machine ou après plusieurs heures d'arrêt)
- Remplissage de la chambre avec environ 1,5kg de déchets film (varie selon la matière constitutante du film)
- Chauffage des déchets pendant 10minutes à 300°C
- Compression des déchets pour réduire le volume en cube compact de 20x20x20cm
- Démoulage du cube vers l'extrémité de la chambre de compression et refroidissement dans une cuve de réception remplie d'eau.

6.2 Couts d'investissement

Le cout de l'investissement de la machine en pièces est de **9 277 068 Ar** avec une main d'œuvre de **2 319 267 Ar**.

Le cout total s'élève à **11 596 335 Ar**.

DÉSIGNATION	PRIX en Ar
Compacteur	9 277 068
Main d'œuvre	2 319 267
TOTAL	11 596 335

Tableau 9 : coût d'investissement du compacteur

6.3 Retour sur les investissements :

Données utilisateur de la machine de compactage :

- Capacité de traitement par jour : 38 sacs de 2Kg
- Volume de déchets film de l'usine en 24heures : environ 30 sacs de 2Kg
- Durée de traitement des déchets de l'usine en 24heures : 12heures
- Réduction de volume jusqu'à 90%

Données service de gestion et logistique des ordures :

- Un enlèvement d'une benne de 10m³ d'ordure : 150 00Ar
- 14 enlèvements par mois : 2 100 000 Ar
- 168 enlèvements par an : 25 200 000 Ar
- Volume d'ordures par an : 1 680 m³
- Volume de déchets film brut par an : 1 176 m³
- Volume de déchets film compacté par an : 117 m³

Comparaison :

Sans machine	Nombre d'enlèvements/an	Volume (m ³)	PU enlèvement	PT enlèvement/an
<i>Ordure diverses</i>	51	504	150 000	7 650 000
<i>Déchets film bruts</i>	117	1176	150 000	17 550 000
TOTAL ANNUEL EN ARIARY				25 200 000

Tableau 10 : coût d'investissement pour les déchets film sans compacteur

Avec machine	Nombre d'enlèvements/an	Volume (m ³)	PU enlèvement	PT enlèvement/an
<i>Ordure diverses</i>	51	504	150 000	7 650 000
<i>Déchets film bruts</i>	12	117	150 000	1 800 000
TOTAL ANNUEL EN ARIARY				9 450 000

Tableau 11 : coût d'investissement pour les déchets film avec compacteur

6.4 Bénéfices :

Dès la première année d'utilisation de cette machine, nous avons un bénéfice de **4 153 665 Ar**

Bénéfice= prix d'enlèvement/an (sans machine) – (prix d'enlèvement/an (avec machine) + cout d'investissement de cette machine)

C'est à dire : bénéfice= 25 200 000 Ar – (9 450 000 Ar + 11 596 335 Ar)= **4 153 665 Ar**

DÉSIGNATION	PRIX (Ar)
<i>Sans machine</i>	25 200 000
<i>Avec machine</i>	9 450 000
<i>Machine</i>	11 596 335
Bénéfice	4 153 665

Tableau 12 : Bénéfice pour la première année en utilisant le machine de compactage

Soit une économie de **4 153 665 Ar** la première année et **15 750 000 Ar** la deuxième année.

6.5 Plan de maintenance :

Hebdomadaire (168heures) :

- Nettoyage bâti machine
- Vérification résistance
- Vérification état fin de course
- Vérification état des roulements moteurs et presse
- Vérification état régulateur de température
- Graissage du système vis écrou

La maintenance systématique de la machine sera gérée en conditionnel, d'où la nécessité de mettre en place un planning de tour conditionnel afin de détecter les dégradations sur la machine et le remplacement des pièces.

Par ailleurs, un minimum de stock de sécurité doit être commandé pour éviter les longs arrêts causés par les pannes des résistances qui ont une durée de vie assez aléatoire.

Au point de vue économique, l'existence de cette machine de compactage ne doit pas être d'éliminer le cout engendré par le ramassage d'ordures dans la société, mais de le réduire.

À long terme, des améliorations peuvent être envisagées afin d'exploiter la machine dans le recyclage des différentes sortes de plastique, mais surtout d'apporter plus de valeur ajoutée, en produisant d'autres matières utilisables. C'est pour cela qu'on a proposé cette idée de recyclage de ces déchets films.

TROISIEME PARTIE :PROCEDE DE RECYCLAGE

CONTEXTE GLOBAL DE L'ETUDE

Cette recherche a pour but de recycler les déchets plastiques dans la société JB en une autre matière plastique utilisable. Les objectifs principaux sont, dans les conditions techniques, économiques et écologiques satisfaisantes, de :

- Pouvoir réutiliser les différents déchets d'emballage plastiques (plus précisément : l'OPP et le PET) ;
- Avoir des granulés de plastique et les transformer en matière utilisable.

Nous avons orienté notre choix de recyclage vers le granulé de plastique. En effet, les propriétés des plastiques ne changent pas, les propriétés souhaitées en termes de rigidité, résistance mécanique, légèreté.

Nous avons choisi le procédé mécanique pour la transformation en granulé et en produit fini. Dans la première partie du procédé, on pratique le broyage comme une opération unitaire principale ; tandis que, dans la deuxième partie, on utilise un procédé d'extrusion pour avoir le produit.

CHAPITRE 7 : Les différents moyens de recyclage des déchets plastiques[10]

Avec les propriétés qu'on connaît, les plastiques occupent une place très importante dans l'ensemble des produits alimentaires. Toutefois, ce sont ces mêmes propriétés, telle la résistance aux facteurs physico-chimiques, qui leur sont reprochées sur plan environnemental. La présence de matières plastiques dispersées dans la nature, et la longévité qui leur est associée présentent comme caractéristique commune d'être polluants, visuellement d'abord, chimiquement ensuite. De plus, la fabrication de produits à base de plastique est liée à l'épuisement de ressources non renouvelables : les hydrocarbures.

Il est à noter que :

- Le recyclage matière d'un kilogramme d'emballages plastiques réduit la production de gaz à effet de serre de 0,95 kg de CO₂.
- La valorisation énergétique par incinération d'un kilogramme d'emballages plastiques émet 1,13 kg de CO₂.
- L'enfouissement d'un kilogramme d'emballages plastiques émet 0,13 kg de CO₂.

En plus, les thermoplastiques comme dans notre étude (OPP et PET) sont très bien recyclables.

Donc, le recyclage matière est la solution la plus efficace en termes de plus-value environnementale.

Les déchets plastiques ne doivent ni être abandonnés, ni brûlés à l'air libre. Il existe plusieurs façons de recycler et de valoriser les déchets plastiques.

7.1 Le recyclage conventionnel :

La méthode classique est le recyclage conventionnel ou générique. Elle consiste à ramener les résidus de plastique au stade de résines (granulées, liquides, en poudre, en flocons ou en billes). Elle exige que la matière à récupérer soit homogène et traitée différemment en fonction de chaque type de résine. Le contenu des ballots est inspecté, broyé et lavé, mis momentanément dans une cuve de flottation afin de séparer les résines des contaminants. Il est ensuite séché, car la plus légère humidité résiduelle peut causer des problèmes lors de la finition des produits. Les flocons sont ensuite liquéfiés sous l'effet de la chaleur et de la pression. Le mélange obtenu est filtré, puis coulé en fines pailles qui seront réduites en petites granules. Celles-ci deviennent la matière première pour la fabrication de nouveaux produits. Il est à noter que les contenants issus du recyclage conventionnel sont strictement réservés à des usages non alimentaires. Simple lorsque les plastiques sont constitués d'une seule résine, le recyclage mécanique présente des difficultés lorsque l'on a affaire à différents types de plastique. Les températures de transformation sont en effet différentes et le mélange de plusieurs plastiques entraîne une diminution de la qualité des caractéristiques mécaniques du produit final. Deux polymères de même nature chimique, mais de configuration différente peuvent également être incompatibles, comme par exemple les bouteilles de lait et les flacons de détergents en PEHD.

7.2 Le recyclage en vrac :

Une autre méthode de recyclage des déchets plastiques est le recyclage en vrac. Lors du recyclage en vrac, on se soucie moins des différentes résines et du degré de contamination. La matière de base est constituée de plastique mixte, à condition que celui-ci ne dépasse pas une certaine limite d'impureté. Le plus grand avantage de ce type de recyclage est de passer outre l'étape du tri. Les plastiques sont moulés directement, en substitut aux matériaux de construction, ou encore en plastibois.

7.3 Le recyclage chimique et thermique :

Le recyclage chimique consiste à décomposer les macromolécules constitutives des polymères sous l'effet de la chaleur et/ou d'un composé chimique en matières premières réutilisables, afin d'obtenir soit le monomère de départ, soit un produit pétrochimique de base. En effet, au contact de certains produits chimiques (le méthanol ou le glycol d'éthylène), certaines plastiques post-consommations se reconstituent en monomères. Le procédé porte le nom de dépolymérisation et s'applique surtout au PET. L'avantage de la dépolymérisation consiste à engendrer des résines qui peuvent être incorporées à la fabrication d'emballage pour les aliments et les boissons (affichant un contenu recyclé à 25%).

Seul le recours à un procédé thermique permet le recyclage des polymères en leurs monomères. Pour le PVC et le PS, notamment, c'est le seul moyen de dépolymérisation. Ce procédé est en revanche peu adapté aux déchets en mélange. Les conditions technico-économiques de mise en œuvre ne permettent pas un développement à l'échelle industrielle de ce procédé qui n'est utilisé qu'à l'échelle du laboratoire.

Pour obtenir de nouvelles substances pétrolières, il faut passer par la décomposition thermique, où les plastiques sont chauffés à une température équivalente à celle qui liquéfie l'aluminium. À ces niveaux incandescents, les plastiques sont convertis en produits pétroliers liquides qui seront raffinés en dérivés plastiques, tels que des gazolines et des lubrifiants. Certains recycleurs ramènent les résidus plastiques en gaz légers qui serviront de combustible sur place.

Les techniques de dissolution chimique présentent l'avantage de s'appliquer, à priori, à tous les types de plastiques et même aux mélanges et permettent d'obtenir des produits de meilleure qualité que ceux du recyclage mécanique. Les conditions technico-économiques sont meilleures que celles régissant les procédés thermiques.

7.4 L'enfouissement sanitaire :

Lorsqu'il est acheminé dans un lieu d'enfouissement sanitaire, le plastique reste stable et inerte, c'est-à-dire qu'il ne se décompose pas. Le plastique est donc peu susceptible d'affecter les sols, de produire des gaz à effet de serre ou de générer du lixiviat pouvant affecter la nappe phréatique.

La situation est différente dans le cas des plastiques biodégradables. Ces derniers, lorsqu'ils sont acheminés dans un lieu d'enfouissement, peuvent se dégrader dans des conditions anaérobiques (absence d'oxygène) et par conséquent, sont susceptibles de générer des gaz à effet de serre et du lixiviat.

7.5 L'incinération avec récupération d'énergie :

Les déchets plastiques peuvent être valorisés dans des incinérateurs avec récupération d'énergie. Les déchets destinés à l'incinération sont surtout les déchets ménagers, mais on peut cependant accueillir en petite quantité des déchets industriels. Le haut pouvoir calorifique du plastique (identique à celui du fioul et du charbon) en fait un produit intéressant pour la valorisation énergétique, sous réserve du traitement des fumées dégagées.

Les plastiques peuvent être incinérés dans :

- ✓ Des usines d'incinération des déchets non dangereux, avec récupération d'énergie. La chaleur récupérée permet de chauffer des hôpitaux, des bâtiments publics, etc.
- ✓ Dans des cimenteries où ils peuvent être utilisés comme combustibles de substitution.

7.6 Le réemploi :

Le tri peut être primaire, ce qui signifie que l'objet récupéré sera réutilisé tel quel, sans transformation (exemple : les bouteilles plastiques sont réutilisées comme bouteille d'eau ou pour contenir les huiles ordinaires).

Cependant, le tri peut être secondaire. Les emballages industriels offrent de nombreuses opportunités de réemploi, les déchets plastiques peuvent également être réutilisés en tant que charge :

- ✓ Utilisation des plastiques thermodurcissables en substitution des charges minérales,
- ✓ Utilisation des déchets de polystyrène expansé dans certains bétons ou briques ce qui permet l'allégement du matériau,
- ✓ Ajout de déchets thermoplastiques dans la constitution des revêtements routiers, ce qui permet d'améliorer les performances de l'enrobé, en particulier sa résistance à la fissuration et à l'orniérage.

La diversité des plastiques entraîne souvent des difficultés techniques dans les opérations de recyclage et de régénération.

Les thermoplastiques fondent sous l'action de la chaleur et reprennent leur rigidité en refroidissant. Cette propriété permet de les recycler sous forme de matière première.

Les thermodurcissables sont infusibles et ne peuvent donc pas être recyclés sous forme de matière première. Leur valorisation se limite à l'incinération et de façon plus fonctionnelle, à une utilisation comme charges dans les résines vierges.

CHAPITRE 8 : Le procède de recyclage [14], [16]

Le «recyclage» est la création de nouvelles matières, ou le renouvellement des matières initiales, par le biais du traitement des déchets (cela comprend le recyclage organique, mais pas le recyclage énergétique). Le recyclage peut donner une deuxième vie aux déchets.

Le recyclage des produits en fin de vie passe par l'organisation de filières spécialisées permettant à toutes les entreprises et/ou tous les particuliers de permettre la récupération des déchets.

En général, le processus de recyclage peut être simplifié comme présenté par le schéma ci-dessous :

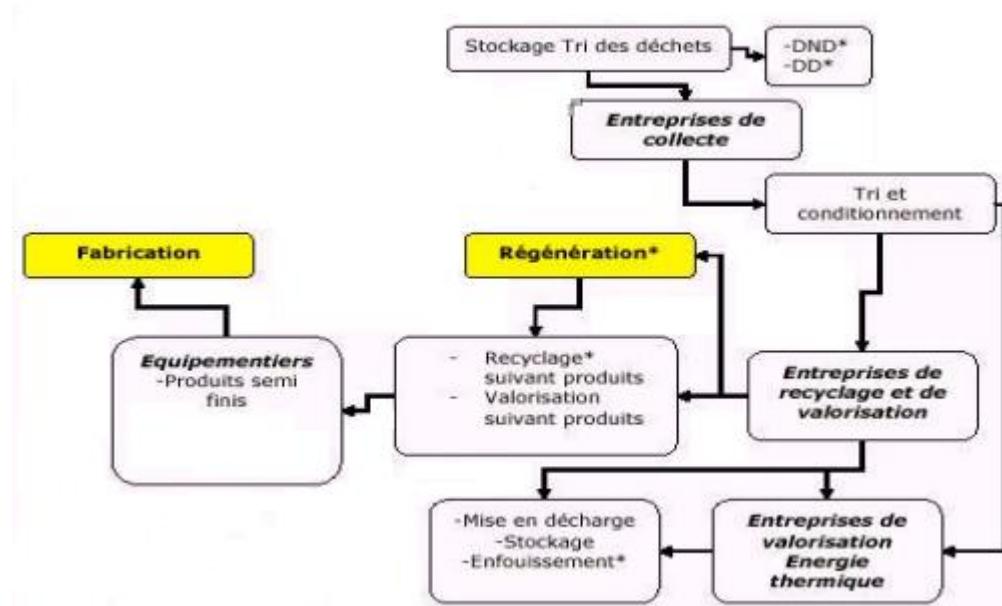


Figure 8.01 : *Schéma général du recyclage*

Le recyclage a pour but de résoudre les problèmes de pollution. Le processus de recyclage est soumis à des règles très strictes. Ainsi des normes ISO ont été mises en place pour se conformer aux directives européennes qui souhaitent la diminution des déchets ainsi que leur revalorisation. C'est ainsi que des normes, telles que celles de la famille ISO 14000, concernant la gestion de l'environnement, sont mises en place pour réduire les effets dommageables de l'activité des entreprises sur l'environnement. Toutes ces normes dont la liste est fournie peuvent

s'appliquer à tout type d'entreprises, tout secteur d'activité, ou tout organisme, quel que soit le produit ou le service réalisé.

Il existe plusieurs types de recyclage :

➤ Recyclage mécanique : transformation des déchets de matières plastiques en produits de matières plastiques par voie physique, qui permet d'obtenir un produit homogène et, après, remoulé. Cette technique est adaptée pour le traitement des déchets thermoplastiques.

➤ Recyclage chimique : transformation des déchets de matières plastiques en produits chimiques de base ou en monomères de matières plastiques par voie chimique ; ici, on utilise des produits chimiques pour séparer les composantes. Ces technologies sont encore peu développées ou limitées à certains types de résines plastiques.

Dans notre étude, concernant les déchets film chez JB usine, plus précisément les déchets plastiques en PET et surtout en OPP, on va pratiquer la méthode de recyclage mécanique. Notre but c'est de donner une nouvelle vie à ces déchets et que le processus de recyclage n'ait pas d'impacts sur l'environnement.

Notre procédé se divise en deux parties distinctes. Dans la première partie, on parle de procédé d'obtention d'un produit semi-fini ; et le procédé de transformation en produit utilisable dans la deuxième partie. Ces deux étapes se font en discontinu.

8.2 Matières premières :

Les déchets film plastique jouent le rôle d'une matière première secondaire, matière récupérée pour être utilisée comme matière première, issue de produits usagés et de rebuts, à l'exception des rebuts découlant d'un processus de production primaire.

8.3 Procédé pour l'obtention d'un produit semi-finé :[\[13\]](#), [\[17\]](#)

Dans cette étape, le but est d'avoir des granulés de plastiques, pour être vendus comme matière première, pour donner une deuxième vie aux déchets plastiques en OPP et en PET en utilisant la transformation mécanique comme procédé. Cette technique est adaptée pour le traitement des déchets thermoplastiques. Elle s'opère en plusieurs étapes afin de produire le granulé de plastique, tel que :

- Collecte des déchets
- Tri
- Lavage et Séchage
- Broyage

8.3.1 Collecte des déchets film :

La collecte des déchets film se fait au niveau de l'emballeuse. Les déchets sont collectés manuellement dans un bac et ensuite, il faut enlever les biscuits restant dans l'emballage avant la mise en sachet et pesage des déchets. Les déchets collectés sont prêts à être triés et stockés. On note que les déchets film de la société sont directement collectés dans l'usine même.

8.3.2 Tri :

Ici, nous avons regroupé les déchets film selon leurs natures et leur type de support emballage (OPP métallisé, OPP, OPP / PET, PET). Il est très important de trier, de classer les déchets plastiques, suivant leur nature chimique et leur origine, et de les stocker dans un endroit propre et sec à l'abri de l'humidité. On utilise comme matériels nécessaires pour le triage :

- un sachet emballage pour emballer
- une balance pour peser
- un tableau d'affichage pour une bonne visibilité
- un endroit (ou un local) pour le regroupement.

Action pour le protocole de triage :

- Afficher un tableau de répartition des déchets film (par types et nature de support emballage).
- Classer les déchets film de même type et nature de support d'emballage.
- Les regrouper dans un même endroit.
- Peser

Le tableau suivant montre les regroupements des déchets film :

GROUPE	PRODUITS BICSUITERIES	PRODUITS CONFISERIES
GROUPE I <i>(OPP/Met OPP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Gouty crock -Tu'crock -Happy -Bisky krem -Deli'choc -Sablito -Bisky J'EM -Bisky UP -Bisky cool -Gouty d'or 15 -Bisky dimy -Bisky choco -Pocket -Mini Bisky -Frego -Turbo 	<ul style="list-style-type: none"> -Cracky -Tsiky Nacks -Mini choco -Piwi
GROUPE II <i>(OPP/Pearlized OPP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Gouty d'or 6 -Gouty -Bisky Fourrés -Bisky 12 -Salto nature -Salto fromage -Salto pizza -Salto texas -Salto snax -Bolo Kids 	-
GROUPE III <i>(PET/White Opaque OPP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Salto sandwich 	-

GROUPE IV <i>(PET/Met CPP)</i>	-Bisky teen -Bolo pix	-Pecto -Opera -Sillgum
GROUPE V <i>(OPP/OPP non métallisé)</i>	-Bisky bokotra -Jump	-
GROUPE VI <i>(PET 19 μ)</i>		-Jok -Pecto -Tuti -Olé

Tableau 13 : Regroupement des déchets film dans la société

Les thermoplastiques sont difficilement compatibles entre eux, d'un point de vue structure. C'est-à-dire que deux ou plusieurs plastiques de nature différente ne forment pas toujours une solution solide homogène. Le tableau suivant nous montre cette incompatibilité :

	PET	PEhD	PVC	PEbD	PP	PS
P ET	1	2	3	2	2	3
P EhD	3	1	3	1	2	3
P VC	3	2	1	2	2	2
P EbD	3	1	3	1	2	3
P P	2	2	3	2	1	3
P S	2	2	2	2	3	1

Tableau 14 : incompatibilité de l'association des matériaux plastiques

Avec : 1 : compatible, 2 : compatible sous certaines conditions (dans certaines quantités et pour certaines applications), 3 : incompatible

Comme visualisé sur ce tableau ci-dessus, concernant le plastique en PET/ OPP white opaque et en PET/ CPP métallisé, le degré de compatibilité est 2, donc ils sont compatibles sous certaines conditions.

8.3.3 *Lavage et séchage :*

Le lavage consiste à enlever les poudres de biscuit restant sur le déchet emballage. Il est nécessaire de nettoyer les déchets pour assurer la qualité des produits finis.

Pour les plastiques métallisés, ils sont nettoyés par de solvant comme la soude (NaOH) pour dissoudre le métal (aluminium) et après, il faut faire de lavage avec de l'eau.

Les déchets plastiques lavés sont ensuite séchés à l'air libre pour évaporer l'eau. Ils peuvent être séchés en utilisant de la chaleur pour accélérer l'évaporation de l'eau.

8.3.4 *Broyage :[15], [17]*

Le broyage est un processus sans transfert de matière qui modifie la granulométrie des matières solides. Les déchets film plastiques lavés et séchés sont donc prêts pour une opération de broyage pour obtenir le granulé de plastique utilisé comme matière première secondaire du recyclage.

Ici, on utilise de l'eau chaude pendant le broyage de ces déchets ; le lavage à l'eau froid purifie les matières plastiques, mais présente quelques limites. Certains composants indésirables comme les liquides résiduels ou la colle restent présents après cette opération, tandis que, le lavage à l'eau chaude élimine en grande partie ces indésirables et résout ainsi les problèmes liés à leur présence : changement de propriétés physico-mécaniques des polymères, odeurs persistantes...

Pour les films métallisés, ce lavage est couplé à l'introduction d'additifs (soude) pour éliminer l'aluminium et améliorer la transformation en produits.

Le lavage à l'eau chaude permet une meilleure régénération des matières plastiques issues des déchets films par les collectivités locales et facilite ainsi leur recyclage.



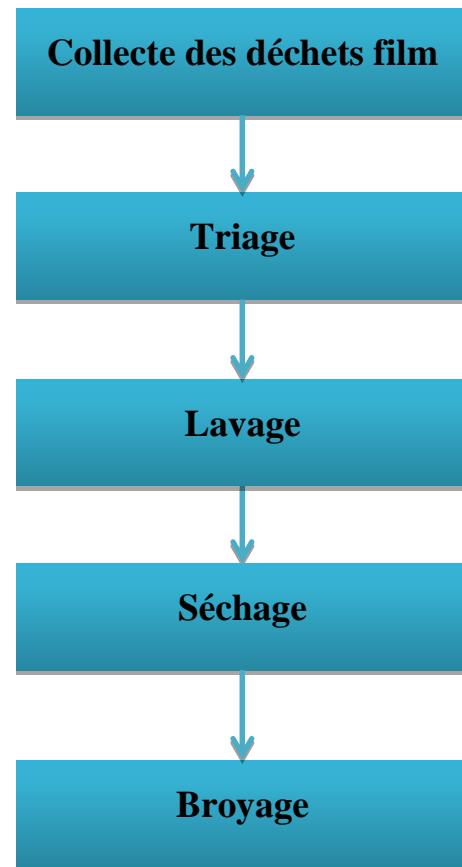
Figure 8.02 : *Broyage des déchets plastiques*

Après broyage, nous avons des granulés comme ceci :



Figure 8.03 : **Granulé de plastique broyé**

Ce processus de recyclage se résume comme ceci :



8.4 PROCEDE DE TRANSFORMATION EN PRODUIT FINI :

8.4.1 *Description :[17]*

Une fois que les déchets plastiques sont broyés, nous avons le granulé de plastique utilisé pour une matière première du processus de transformation. Les granulés peuvent être stockés dans des sacs et prêts à être transformés en produit.

Notre objectif, c'est d'avoir une matière plastique utilisable (cuvette, seau, bidon, palette...), en pratiquant le moulage par injection comme processus de transformation.

Le moulage par injection est utilisé pour produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies, de formes complexes, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes. On utilise cette technique dans de très nombreux domaines : automobile, jouets, bidon, cuvette, seau...c'est un procédé très répandu, car il permet de fabriquer des objets moulés de qualité, même quand ils ont de formes compliquées.

8.4.2 *Principe :[17], [18]*

- Une extrudeuse à vis avec un dispositif de chauffage assure la plastification ou la fusion du thermoplastique et son transport de la trémie d'alimentation jusqu'au moule. La forme de vis et les températures sont fonctions du matériau à injecter ;
- Un système faisant piston permet d'introduire la quantité voulue de matière sous haute pression dans le moule. Dans le cas le plus fréquent où la vis elle-même joue ce rôle, elle peut s'arrêter de tourner et reculer dans le fourreau pour stocker la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une moulée (une ou plusieurs pièces pour un moule multi-empreintes). L'ensemble injecte sous haute pression la matière dosée dans le moule. La pression varie avec le matériau, le volume et la forme de l'objet, le forme du moule ;
- Un système de fermeture et son moule avec dispositif de refroidissement dans lequel le thermoplastique se refroidit et reprend totalement ou partiellement sa rigidité. Le moule peut être mono-empreinte ou multi-empreintes. Chaque empreinte a la forme de l'objet à mouler avec des dimensions corrigées du pourcentage de retrait.
- Le moule s'ouvre ensuite pour faire sortir la pièce. Pour changer de pièce, il suffit de changer le moule.

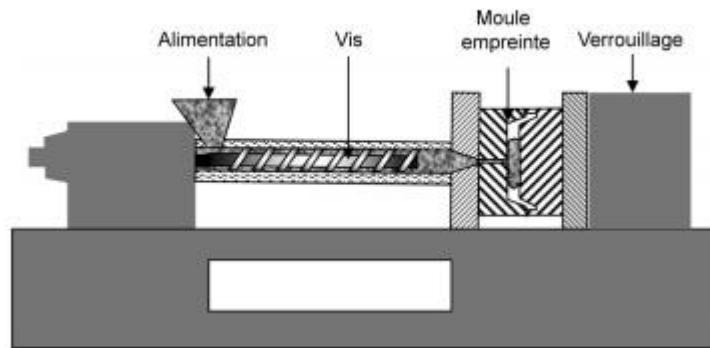


Figure 8.04 : *Moulage par injection*

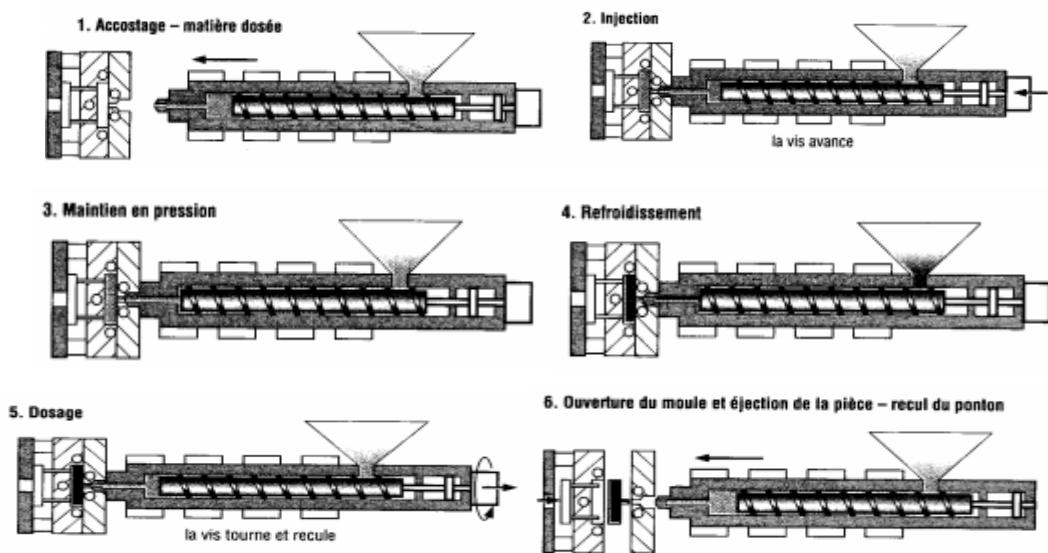


Figure 1.02 : *Principe du moulage à injection*

8.4.3 Caractéristique :

Un moulage à injection se caractérise par :

- ✓ L'indication de la capacité de plastification en kg/h ;
- ✓ La capacité d'injection ;
- ✓ Le temps de cycle théorique à vide ;
- ✓ La force de fermeture, certainement la plus importante : elle indique la résistance du moulage par injection à la pression de la plastique dans le moule. Le moule lui-même est la plupart du temps en acier.

CHAPITRE 9 : Conception machine

9.1 Conception de la machine de broyage :

C'est une machine de broyage de feuille de papier. Notre travail c'est de faire remplacer le couteau de cette machine pour être utilisé comme broyeur des plastiques.

Ce broyeur comporte :

- ✓ Un cylindre creux de 120cm de hauteur et 80cm de diamètre, c'est à dire, 2 412 743 cm³ de volume ;
- ✓ Un moteur ;
- ✓ La chicane du broyeur à papier qui se situe au centre de cet appareil ;
- ✓ Une vanne de sortie ;
- ✓ 3 pieds ;



Photo 2 : machine de broyeur à papier

9.2 Modification :

Couteau du broyeur de plastique :

- ✓ créer un couteau pour que cette machine puisse être utilisée aussi pour broyer le plastique : un couteau de 35cm de long et 2cm d'épaisseur. Le couteau doit être bien affuté.
- ✓ Un plateau situé en-dessous du couteau pour assurer la fixation sur le moteur ;
- ✓ 4 vis qui assurent la fixation du couteau et du plateau, 6 cm de longueur ;

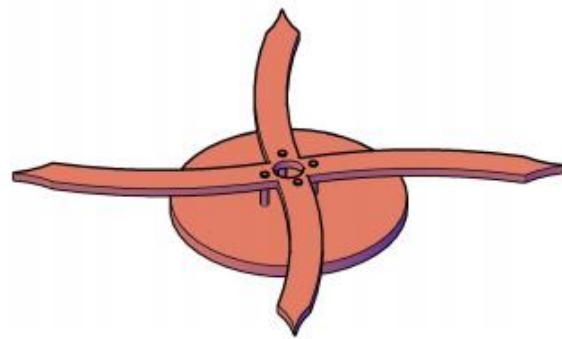


Photo 3 : Conception du couteau de notre broyeur de plastique

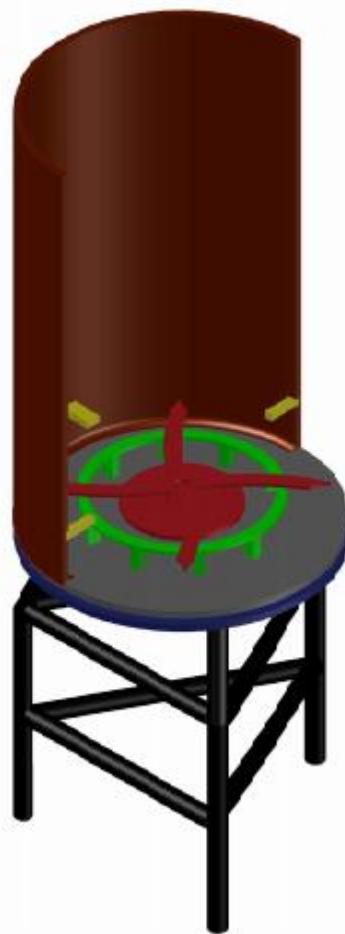


Photo 4 : Emplacement du couteau dans la machine



Figure 9.01 : *Couteau d'un broyeur de plastique*

Type de matériau : acier inoxydable (fortement allié, teneur en chrome supérieur ou égale à 11%)

- ✓ Installer 4 chicanes sur la paroi du cylindre : 10cm de longueur, 3cm de largeur et 1cm d'épaisseur

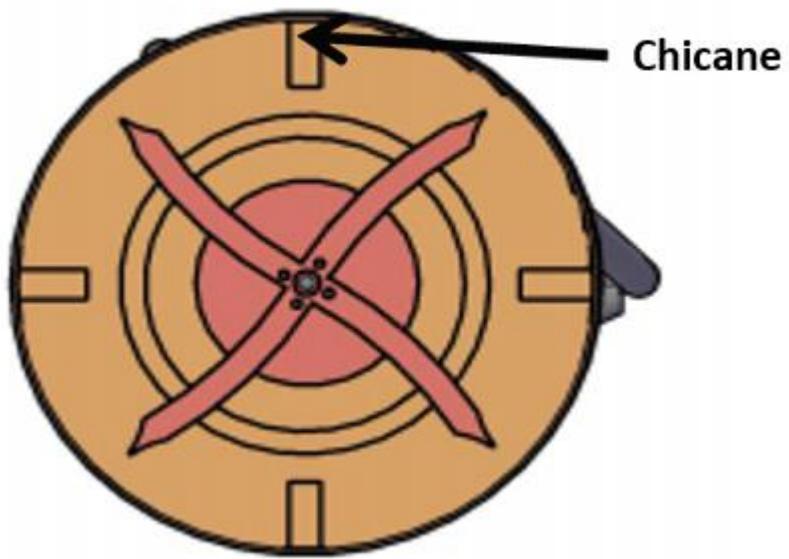


Photo 5 : La conception du broyeur des plastiques vue de haut

9.3 Proposition d'une machine « plastic grinding milling granulator » :

La machine « plastic grinding milling granulator » est une machine de broyeur de plastique en polypropylène et en PET. Cette machine peut nous aider de broyer nos déchets films. Cette machine vaut 4 000 US \$ / pièce, c'est-à-dire 13 293 160 Ar (cours des devises journalière en Ariary le 14 décembre 2016).



Figure 9.02 : **Broyeur "plastic grinding milling granulator"**

CHAPITRE 10 : Étude économique et étude de la marche de ce projet

Nous allons évaluer tout au long de cette étude le prix de la machine de broyage « plastic grinding milling granulator ». Si nous avons un gain en utilisant cette machine, nous avons aussi un gain en utilisant notre broyeur (à concevoir).

10.1 Étude économique :

10.1.1 *Coût d'investissement :*

MATERIEL	MONTANT en Ariary
Broyeur	13 293 160
TOTAL	13 293 160

Tableau 15 : coût d'investissement

10.1.2 *Estimation du cout de charge :*

Les charges : l'électricité, l'eau pour le procédé et pour les lavages, le sac pour stocker les granulés.

Charges	Montant mensuel en Ariary	Montant annuel en Ariary
Electricité	205 200	2 462 400
Eau	150 000	1 800 000
Sac	120 000	1 440 000
TOTAL	475 200	5 702 400

Tableau 16 : Estimation du coût de charge

10.1.3 Rémunération :

On estime ici les salaires mensuel et annuel du personnel

DESIGNATION	SALAIRE MENSUEL	SALAIRE ANNUEL	NOMBRE	MONTANT ANNUEL
Gérant	700 000 Ar/personne	8 400 000 Ar/personne	1	8 400 000 Ar
Ouvriers	200 000 Ar/personne	2 400 000 Ar/personne	3	7 200 000 Ar
TOTAL				15 600 000 Ar

Tableau 17 : rémunération

On récapitule ici toutes les valeurs totales pour la réalisation de ce projet

DESIGNATION	MONTANT
Matériel	13 293 160 Ar
Charges	5 702 400 Ar/an
Salaire	15 600 000 Ar/an
TOTAL	34 595 560 Ar

Tableau 18 : Récapitulation de toutes les valeurs totales pour la réalisation

10.1.4 Evaluation du marché

Le coût du granulé de PP vierge importé vaut 3 214 200Ar /tonne. Donc, il faut que notre granulé de PP soit réduit de 50% par rapport au granulé vierge importé.

	Quantité	Prix unitaire	Valeur total
Granulé	24 tonnes/an	1 607 100 Ar	38 570 400 Ar/an

Tableau 19 : Evaluation du marché

10.1.5 Bilan économique du marché :

Le projet permet d'avoir un gain si la valeur obtenue par le recyclage est supérieur à celle de la valeur nécessaire pour le déroulement du projet ; si non, c'est une perte.

Le tableau suivant montre le bilan économique du projet :

	Valeur nécessaire pour la réalisation		Valeur obtenue pour le recyclage
DESIGNATION	Matériel	Besoins annuels	Valeur de granulé recyclé
MONTANT	13 293 160	21 302 400 Ar/an	38 570 400 Ar/an
TOTALE	34 595 560 Ar/an		38 570 400 Ar/an

Tableau 20 : Bilan économique du marché

Dès la première année de l'opération, nous avons déjà un gain de 3 974 840 Ar. Et dans les années suivantes, nous n'avons pas besoin d'acheter le broyeur. Donc, notre coût d'investissement se réduit à 21 302 400 Ar/an.

Ainsi, le bilan économique du marché pendant les trois premières années se résume dans ce tableau ci-dessous :

	1 ^{ère} année	2 ^e année	3 ^e année
Valeur des Granulés	38 570 400	38 570 400	38 570 400
Coût de l'opération	34 595 560	17 327 560	89 560
Prix de revient	3 974 840	21 212 840	38 480 840
Bilan économique	GAIN	GAIN	GAIN

Tableau 21 : bilan économique du marché pendant les trois premières années

Comme nous avons vu plus haut, nous avons toujours des bénéfices si on réalise ce projet. Ainsi, le recyclage des déchets film sera un gain pour la société.

10.2 : Étude de marché

Afin de se situer dans le marché, il est important de faire des analyses sur les besoins des clients, la cohérence entre l'offre et la demande, ainsi que les concurrents possibles.

10.2.1 *La demande :*

Il est important de s'intéresser aux attentes des clients pour mieux les satisfaire. La demande est donc essentiellement définie par les besoins des clients.

10.2.2 *Les clients ciblés :*

Le produit est destiné à toutes les industries pour la fabrication des matières plastiques. En particulier, ce sont les industries qui intègrent dans leurs produits 20 à 100% de matières recyclées, de préférence dans la province d'Antananarivo.

10.2.3 *Les critères de choix des clients :*

Tout d'abord, le prix est considéré comme critère important pour le choix du client : le prix du produit doit être réduit au minimum possible.

La qualité des matières obtenues à partir de ce produit est aussi prise en compte comme le choix des clients.

10.2.4 *L'offre :*

L'offre doit répondre aux besoins principaux des clients. Ainsi, le produit constitue une source avantageuse d'approvisionnement en plastique recyclé pour les industries de fabrication de produits finis (tuyaux, isolant électrique, arrosoirs, seaux, ...) car les déchets films recyclés peuvent venir en remplacement, partiel ou total de matière première neuve.

10.2.5 *La concurrence :*

Les concurrents sur un marché peuvent être directs et indirects.

Les concurrents directs sont les entreprises qui disposent d'un produit similaire aux offres visées. A ce point, le projet est actuellement sans concurrence directe à Madagascar.

Les concurrents indirects sont les entreprises qui représentent un produit totalement différent mais pouvant répondre aux mêmes besoins que notre projet. Cependant, chez tous les industriels qui valorisent localement leur déchet lors d'une production, les matières premières vierges importées par les industries sont spécifiquement catégorisées de concurrents indirects.

CONCLUSION

Pour conclure, en tenant compte des quantités de déchets film plastiques répandus dans la société, le procédé de recyclage de ce dernier s'avère utile et très important pour l'environnement, mais aussi de gain pour la société. Recycler les déchets revient à assurer de réaliser un traitement des déchets efficace au plan environnemental et économique ; à créer un produit, un matériau ou de l'énergie à partie des déchets. Durant les recherches pour ce mémoire, cette étude commence par la généralité sur les polymères, puis les modes d'obtention du papier emballage, vient après la notion d'emballage, dans la synthèse bibliographique et généralité. Ceci fait, on est passé à la notion sur les déchets de la société qui commence par le procédé de fabrication de biscuit, ainsi qu'ont effectué à identifier toutes les anomalies entraînant l'augmentation de ces déchets, ensuite à la méthode de réduction de ces derniers, et qui se termine par faire connaître l'existence d'une machine de compactage pour réduire le volume des déchets. La dernière partie nous éclaire sur toutes les opérations unitaires à faire pour le procédé de recyclage : en premier lieu le broyage pour avoir des granulés de plastiques, ensuite l'injection qui est un procédé de transformation en produit fini ; puis, de conception d'une machine peut être envisagé pour broyer ces déchets film, afin que les granulés puissent être valorisés, et on a aussi proposé une autre machine de broyage « plastic grinding milling granulator » pour résoudre nos problèmes ; en faisant l'étude économique sur ce projet, on a confirmé que le marché est tout à fait rentable soit pour la société elle-même soit pour l'environnement et la sensibilisation au respect de celle-ci.

Enfin, l'expérience montre qu'avant de s'engager dans telles stratégies et/ou fabrications, il est bon de s'assurer qu'il y aura un marché rémunérateur et que les consommateurs potentiels s'approprieront le produit.

ANNEXES

ANNEXE I : PRESENTATION JB

Créée en 1963, la société JB fait partie du groupe familial BASAN. Elle fabrique des produits alimentaires (biscuits, gaufrettes, snacks, etc.) Essentiellement distribués sur le marché local, mais aussi à l'exportation dans les zones COMESA, COI et SADC.

Avec l'ambition d'œuvrer de manière durable contre la malnutrition, et forte de sa longue expérience dans le secteur de l'agroalimentaire et ses acquis en matière de production industrielle, de gestion commerciale et logistique, JB a souhaité rejoindre le réseau PlumpyField pour fabriquer des produits de type Plumpy. Pour cette activité, JB s'est dotée d'une nouvelle marque, TANJAKA Food.

Alors qu'un enfant de moins de cinq ans sur deux souffre de malnutrition à Madagascar, l'objectif est de rendre ces solutions nutritionnelles accessibles aux ménages les plus défavorisés de l'île, mais aussi dans les pays voisins. Prochainement, JB proposera également des suppléments nutritionnels vendus directement aux particuliers dans le commerce. Adoptant les techniques de marketing social, ce projet vise à prévenir la malnutrition des enfants en bas âge.

Le Directeur Général actuel du groupe BASAN est monsieur Karim BARDAY.

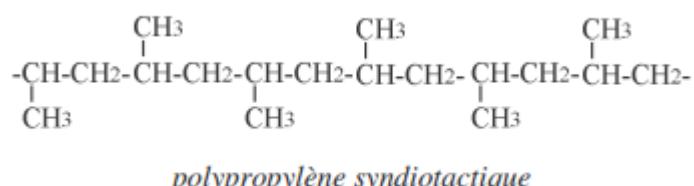
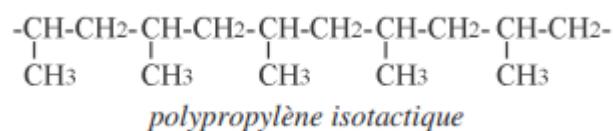
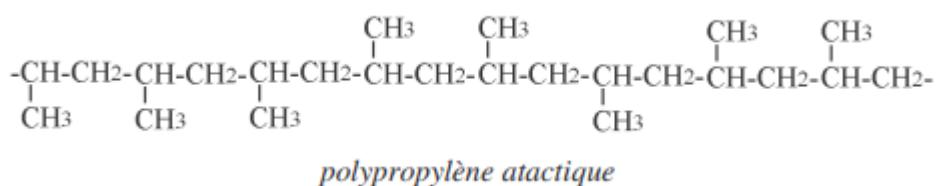
Le groupe BASAN est marqué par 3 sociétés indépendantes l'une de l'autres :

- JB : Jean Barday, domaine biscuiterie et confiserie fabrication et distribution de biscuit, gaufrettes, bubble-gums et snacks (à Amboditsiry).
- Lecofruit : conservation des fruits (à Tanjombato), exploitation de légumes en frais et en conserves.
- OIM : Omnium Industrie de Madagascar (à Anjeva), dans le domaine cuir modèle, fabrication de cuirs et chaussures.

ANNEXE II : LE POLYPROPYLENE [10]

Le polypropylène est l'un des matériaux thermoplastiques le plus important d'un point de vue économique.

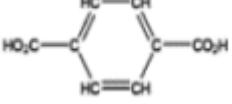
Le PP est un polymère linéaire qui appartient à la classe des polyoléfines. Le groupe méthyle (CH_3) est caractéristique. En fonction de la disposition spatiale de ces groupes par rapport à la chaîne principale C-C, on peut différencier le PP atactique (PPa) avec une disposition CH_3 irrégulier de part et d'autre de la chaîne, le PP isotactique (PPI) avec des groupes CH_3 du même côté de la chaîne de carbone et le PP syndiotactique (PPs) avec une disposition en alternance de CH_3 .



Monomère	$\text{CH}_2=\text{CH-CH}_3$
Température de ramollissement	150°C
Charge à la rupture R	60kgf/mm ³
Masse volumique	0,91/cm ³
Caractéristiques	Bonne tenue à la fissuration sous tension, fragile, chimiquement résistant aux acides (à l'exception des acides oxydants), aux liquides alcalins, au solvant, à l'alcool, à l'eau, aux jus de fruits, au lait ainsi qu'aux huiles, aux graisses et aux détergents. N'est pas résistant aux hydrocarbures chlorés et aromatiques, au benzène, au gasoil et aux oxydants puissants.
Utilisations	Seau, casier, pare-chocs, tableaux de bord, pots, corbeilles, enjoliveurs, mobilier de jardin.

Tableau 22 Fiche technique du PP

ANNEXE III : PET [10]

Monomère	Diméthyle Téréphthalate et Ethylène glycol  et $HO - CH_2 - CH_2 - OH$
Température de ramollissement	79°C
Degré de polymérisation	
Indice de refraction	1.576
Caractéristique	Excellent transparency and brillance ; Available with UV protection ; High impact resistance, close to that of Polycarbonate ; Thermoformable, does not require pre-drying ; For applications based on impact, one can use thinner thicknesses than acrylic plates with better results ; Excellent fire resistance, low smoke generation, non-toxic ; Recyclable, respectful of the environment, completely combustible, without dioxin or other toxic pollutants for public waste ; Ductile, elongation at break comparable to polycarbonate ; Excellent chemical resistance ; Reduces noise transmission ; Can be used in contact with food products.
Densité	1.34g/cm ³
Transmission de lumière	89%
Résistance à la traction	59MPa

Résistance à la flexion	86MPa
Utilisations	fibres textiles : tergal, maillots emballages : films alimentaires, et bouteilles d'eau minérale et de jus.

Tableau 23 : fiche technique du PET

ANNEXE IV : VALORISATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES UTILISATION COMME LIANT DANS LA FABRICATION DE MATERIAUX COMPOSITES[4], [10], [13]

1. Objectif:

L'objectif est de réduire la pollution occasionnée par le rejet des sachets plastiques dans la nature, en les considérant, moins comme une nuisance, et plus comme une ressource, génératrice d'emplois et de revenus. Une des pistes proposées est leur utilisation comme liant, comme le ferait du ciment, pour la fabrication de matériaux de construction.

2. Problématique :

Les villes du Sud connaissent un accroissement important de leur population, et, par voie de conséquence, de leurs déchets ménagers. Malgré les moyens techniques mis en œuvre, seul, un faible volume est évacué vers des centres de stockage, plus ou moins organisés et bien gérés. Les déchets non collectés sont, malheureusement, bien que cela soit illégal, incinérés par les habitants, rejetés, de manière sauvage, dans les rues, dans les caniveaux, dans d'anciennes carrières ou déversés, tels quels, dans les champs, à la demande d'agriculteurs, pour servir d'engrais, entraînant, de ce fait, une dispersion de ses très nombreux plastiques souples, principalement des sachets plastiques, utilisés comme emballages.

Ceux-ci « décorent » tristement les arbres, « tuent » les sols, entravent le drainage des caniveaux, favorisant la stagnation des eaux et la propagation de maladies hydriques (choléra, typhoïde) et du paludisme. Ils sont la cause, de source officielle, d'un important taux de mortalité des animaux domestiques. Ces nuisances, leur durée de vie (≈ 4 à 500 ans), leur accumulation régulière, la présence de très nombreux emballages ayant contenu des produits dangereux et toxiques imposent d'agir sans attendre.



Photo 6 : Caniveau obstrué par les déchets plastique

3. Solution :

La solution pour réduire la pollution due aux sachets plastiques serait, évidemment, d'interdire leur usage. Cette interdiction, effective dans la réglementation de la plupart des pays, s'avère souvent difficile, voire impossible, compte tenu des intérêts économiques, enjeu localement.

La stratégie proposée est de faire en sorte que les utilisateurs ne les rejettent plus. Cela passe, bien sûr, par une sensibilisation au respect de leur environnement, mais plus sûrement par un intérêt économique, que l'on peut obtenir en donnant à ces sacs une valeur marchande par une valorisation en produits utiles. Ce qui l'on peut traduire par « concilier économie et écologie».

De nombreuses pistes existent pour « donner une valeur » à ce type de déchets et faire en sorte qu'ils soient considérés plus comme une ressource qu'une nuisance.

La première, la valorisation énergétique, consiste à les incinérer, dans des installations adaptées (usines d'incinération, cimenteries, ..), pour produire de l'énergie. La difficulté est que ces installations sont très techniques, extrêmement coûteuses et restent, malgré le respect strict des normes, toujours de plus en plus contraignantes, toujours polluantes.

La deuxième, la valorisation matière, consiste à transformer ce type de déchets en produits utiles à la population.

4. Procédé de fabrication :

Le phasage de la fabrication est le suivant :

- **Préparation du mélange** : Les sachets plastiques, non lavés, sont triés et débarrassés grossièrement de leurs impuretés. Ils sont pesés, comme le sable. Le rapport plastique/sable est variable. Il est à définir préalablement, comme on le ferait avec un béton de sable. Les fournées sont généralement pensées pour être transportables et maniables sans trop de difficultés.
- **Chauffage du mélange** : Le mélange est chauffé progressivement, dans un $\frac{1}{2}$ fût de récupération, tout en subissant un malaxage vigoureux. L'énergie utilisée provient des déchets spécifiquement collectés (papier, cartons, débris de végétaux, sciures, ...) et conditionnés en bûchettes compressées. Les fumées résultant de cette manipulation, du fait de la composition des plastiques utilisés, ne se composent que d'eau et de gaz carbonique. Toutefois, il est recommandé d'équiper les personnels de masques à fumées.
- **Moulage** : La pâte obtenue est répartie à la truelle et tassée dans un moule à plusieurs compartiments, positionné sur une plaque métallique.
- **Démoulage** : Le démoulage est immédiat et s'effectue, sans problème, en retirant avec précaution le moule.
- **Refroidissement** : Les pavés et la plaque métallique sur laquelle ils reposent, sont placés dans un bac d'eau froide.
- **Finition** : Les pavés refroidis sont vérifiés, éventuellement ébarbés. Ceux qui ne sont pas conformes sont rejettés



Photo 7 : processus de fabrication

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

1. Dosier Enseignant. « VOYAGE EN INDUSTRIE » CAP SCIENCES 2006
2. Emilian Koller, Dictionnaire encyclopédie du génie des procédés, DUNOD, L'USINE NOUVELLE, 2006
3. Michel Bidon, aide-mémoire, transformation des plastiques, DUNOD, L'USINE NOUVELLE, Paris 2010.
4. Gilles DOUBLIER, Meredyth BOWLIER-AILLOUD, Ousmane SORGHO, Valorisation des déchets de sachets plastiques, utilisation comme liant dans la fabrication de matériaux composites : application dans les villes subsahariennes.
5. Vincent Chaffraix, HALAL archives-ouverts Etude de l'extrusion du polyéthylène téraphthalate et de ses non-compatibilités avec le polyéthylène haute densité.
6. M.MELAS- CEREMAP, RAPPORT FINAL, état de l'art concernant les grandes procédés de mise en œuvre des matières plastiques issues de processus de régénération de déchets. Efficacité économique des filières de recyclage des plastiques. Janvier 2013.
7. Hatem BEN ROMDHANE, URSAM-FST, utilisation des films en polymères dans l'emballage. JUIN 2002.
8. Parution : juin 2010 ERJ.Goossens. plastique : une vaste gamme d'emballages légers.
9. Abdoilaye SEYNI, propriétés physico-chimiques et d'usage de matériaux composites à charge dégradable produits par Co-broyage.
10. MANDIMBISOA Maholy, installation d'une pilote de valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction : tuile et brique, Décembre 2013
11. www.aera-sa.fr
12. www.polymereexprt.fr/presentationhistoire-des-polymeres
13. Projet stratégie de réduction des déchets d'Ouagadougou création d'emploi et de revues par des actions de collecte, de tri et de valorisation. Expérience de l'unité de fabrication de pavés plastiques par cascade fonderie à travers le PSRDO/CRE.
14. Cercle national de recyclage, les emballages plastiques : de la fabrication à la valorisation.

15. Jean Christophe MAISIN, Damien JEANNIOT, recyclage des déchets plastiques à Kinshasa un projet d'ingénieurs sans frontières (ISF) Belgique.
16. Mirakoff Alexandra, Eberlin Ludovic, Gesnel Corentin, Messaraa Cyril, projet tutoré DUT 1^{ère} année, le recyclage, 2008
17. PALLMANN, transformation de matières plastiques.
18. Ensemble Scolaire Notre Dame 39 rue Saint Lazare. Les plastiques en débat. Année 2010-2011.

Table des matières

SOMMAIRE	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES ACRONYMES, ABREVIATIONS	iv
LISTE DES ANNEXES	v
ANNEXE I : PRESENTATION JB	v
ANNEXE II : LE POLYPROPYLENE	v
ANNEXE III : PET	v
ANNEXE IV : VALORISATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES UTILISATION COMME LIANT DANS LA FABRICATION DE MATERIAUX COMPOSITES	v
LISTE DES FIGURES	vi
Figure 1: Polymère	vi
Figure 2 : Organisation moléculaire de chaîne polymères	vi
Figure 3: Un monomère	vi
Figure 4 : Formation d'un polymère semi-cristallin	vi
Figure 5: Différentes sollicitations mécaniques.	vi
Figure 6 : Machine extrudeuse	vi
Figure 7 : Machine à moulage par injection	vi
Figure 8 : Etapes pour la mise en forme de moulage par injection	vi
Figure 9 : Moulage par compression	vi
Figure 10 : Machine de moulage par soufflage	vi
Figure 11 : Extrusion par gonflage	vi
Figure 12 : Principe du roto moulage	vi
Figure 13 : Calandrage-alimentation par mélangeur interne	vi
Figure 14: Calandrage-alimentation par extrudeuse	vi
Figure 15 : Principe du thermoformage	vi
Figure 16 : Film complexe d'OPP/OPP Métallisé	vi
Figure 17 : Répartition des déchets	vi

Figure 18 : Pétrissage	vi
Figure 19 : Laminage	vi
Figure 20 : Façonnage	vi
Figure 21 : Cuisson	vi
Figure 22 : Refroidissement des biscuits	vi
Figure 23: Emballeuse verticale	vi
Figure 24: Balance d'une emballeuse verticale	vi
Figure 25:Taquet transporteur	vi
Figure 26: Porte bobine et conformateur	vi
Figure 27: Machine emballeuse	vi
Figure 28 : Schéma général du recyclage	vi
Figure 29 : Broyage des déchets plastiques	vi
Figure 30 : Granulé de plastique broyé	vi
Figure 31 : Moulage par injection	vii
Figure 32 : Principe du moulage à injection	vii
Figure 33 : Couteau d'un broyeur de plastique	vii
Figure 34 : Broyeur "plastic grinding milling granulator"	vii
LISTE DES PHOTOS	viii
Photo 1 : Compacteur	viii
Photo 2 : Machine de broyeur à papier	viii
Photo 3 : Conception du couteau de notre broyeur de plastique	viii
Photo 4 : Emplacement du couteau dans la machine	viii
Photo 5 : La conception du broyeur des plastiques vue de haut	viii
Photo 6 : Caniveau obstrué par les déchets plastique	viii
Photo 7 : Processus de fabrication	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
Tableau 1: Exemples de monomères et des polymères correspondants	ix
Tableau 2: Les adjuvants et leurs natures	ix

Tableau 3: Caractéristiques et applications des polymères classiques	ix
Tableau 4 : Répartition des emballages et ses propriétés	ix
Tableau 5 : Etat générale du déchet film en 2015	ix
Tableau 6 : Répartition en masse et en pourcentage des déchets	ix
Tableau 7 : Source des causes de déchet film	ix
Tableau 8 : Mode de réduction des déchets films	ix
Tableau 9 : Coût d'investissement du compacteur	ix
Tableau 10 : Coût d'investissement pour les déchets film sans compacteur	ix
Tableau 11 : Coût d'investissement pour les déchets film avec compacteur	ix
Tableau 12 : Bénéfice pour la première année en utilisant le machine de compactage	ix
Tableau 13 : Regroupement des déchets film dans la société	ix
Tableau 14 : Incompatibilité de l'association des matériaux plastiques	ix
Tableau 15 : Coût d'investissement	ix
Tableau 16 : Estimation du coût de charge	ix
Tableau 17 : Rémunération	ix
Tableau 18 : Récapitulation de toutes les valeurs totales pour la réalisation	ix
Tableau 19 : Evaluation du marché	ix
Tableau 20 : Bilan économique du marché	ix
Tableau 21 : Bilan économique du marché pendant les trois premières années	ix
Tableau 22 Fiche technique du PP	ix
Tableau 23 : Fiche technique du PET	ix
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	3
CHAPITRE 1 : Généralité sur le polymère	4
1.1 DEFINITIONS :	4
 1.1.1 Polymère	4
 1.1.2 Monomère	6
 1.1.3 Polymérisation	7
 1.1.4 Degré de polymérisation « n »	8

<i>1.1.5 Les Adjuvants</i>	9
1.2 CLASSIFICATION DES POLYMERES	12
<i>1.2.1 Selon leur déformation</i>	12
<i>1.2.2 Selon leur plasticité</i>	12
<i>1.2.3 Selon leur mode d'élaboration</i>	14
<i>1.2.4 Selon leurs structures</i>	15
<i>1.2.5 Selon leurs utilisations</i>	16
1.3 PROPRIETES GENERALES ET APPLICATIONS DES POLYMERES	21
<i>1.3.1 Propriétés physiques</i>	21
<i>1.3.2 Propriétés mécaniques</i>	21
<i>1.3.3 Propriétés chimiques</i>	23
<i>1.3.4 Utilisations</i>	23
CHAPITRE 2 : Mode d'obtention du papier d'emballage	24
2.1 Définition	24
2.2 Les différents types de procédé d'obtention d'emballage	24
<i>2.2.1 Matières premières</i>	24
<i>2.2.2 Extrusion</i>	24
<i>2.2.3 Injection</i>	26
<i>2.2.4 Moulage en compression</i>	28
<i>2.2.5 Moulage par injection-soufflage</i>	28
<i>2.2.6 Moulage par extrusion gonflage</i>	29
<i>2.2.7 Moulage par rotation ou roto moulage</i>	30
<i>2.2.8 Calandrage</i>	31
<i>2.2.9 Thermoformage</i>	34
CHAPITRE 3 : Notion d'emballage	35
3.1 Les différents supports d'emballage	35
<i>3.1.1 Papier</i>	35
<i>3.1.2 Bois</i>	35

3.1.3 Verre	35
3.1.4 Aciers et matériaux métalliques	36
3.1.5 Matériaux plastiques	37
3.2 Répartition des emballages en plastiques chez JB	38
3.2.1 <i>Les emballages en film plastique chez JB</i>	38
3.2.2 <i>Emballage en papier</i>	40
3.3 Etats des déchets films chez JB en 2015	41
DEUXIEME PARTIE : RAPPORT SUR LES DECHETS EMBALLAGES DE LA SOCIÉTÉ JB ..	44
CHAPITRE 4 : Rapport sur les déchets emballages de la société JB.....	45
4.1 Généralité sur le procédé de fabrication de biscuit	45
4.2 Pétrissage	46
4.3 Laminage	47
4.4 Façonnage	47
4.5 Cuisson	48
4.6 Refroidissement	49
4.7 Emballage et conditionnement	49
CHAPITRE 5 : Source et mode de réduction des déchets film	51
5.1 Emballeuse	51
5.2 Sources des déchets films	55
5.2.1 <i>Arrêt fréquent de la machine emballeuse</i>	55
5.2.2 <i>Panne de machine</i>	55
5.2.3 <i>Produits non conformes à la norme</i>	55
5.3 Analyse ISHIKAWA sources des causes de déchet film	58
5.4 Mode de réduction des déchets films	61
CHAPITRE 6 : Existence de machine de compactage des déchets films	64
6.1 Présentation de la machine	64
6.2 Couts d'investissement	66
6.3 Retour sur les investissements	67
6.4 Bénéfices	68

6.5 Plan de maintenance	69
TROISIEME PARTIE : PROCEDE DE RECYCLAGE	70
CONTEXTE GLOBAL DE L'ETUDE	71
CHAPITRE 7 : Les différents moyens de recyclage des déchets plastiques	72
7.1 Le recyclage conventionnel	73
7.2 Le recyclage en vrac	73
7.3 Le recyclage chimique et thermique	74
7.4 L'enfouissement sanitaire	75
7.5 L'incinération avec récupération d'énergie	75
7.6 Le réemploi	76
CHAPITRE 8 : Le procède de recyclage	77
8.2 Matières premières	79
8.3 Procédé pour l'obtention d'un produit semi-fini	79
8.3.1 Collecte des déchets film	79
8.3.2 Tri	79
8.3.3 Lavage et séchage	84
8.3.4 Broyage	84
8.4 PROCEDE DE TRANSFORMATION EN PRODUIT FINI	87
8.4.1 Description	87
8.4.2 Principe	87
8.4.3 Caractéristique	89
CHAPITRE 9 : Conception machine.....	90
9.1 Conception de la machine de broyage	90
9.2 Modification	91
9.3 Proposition d'une machine « plastic grinding milling granulator »	95
CHAPITRE 10 : Étude économique et étude de la marche de ce projet.....	96
10.1 Étude économique	96
10.1.1 Coût d'investissement	96
10.1.2 Estimation du cout de charge	96

<i>10.1.3 Rémunération :</i>	97
<i>10.1.4 Evaluation du marché</i>	98
<i>10.1.5 Bilan économique du marché :</i>	98
10.2 : Étude de marché	99
<i>10.2.1 La demande :</i>	99
<i>10.2.2 Les clients ciblés :</i>	99
<i>10.2.3 Les critères de choix des clients :</i>	99
<i>10.2.4 L'offre :</i>	99
<i>10.2.5 La concurrence :</i>	99
CONCLUSION.....	100
ANNEXES.....	a
ANNEXE I : PRESENTATION JB.....	a
ANNEXE II : LE POLYPROPYLENE	b
ANNEXE III : PET	d
ANNEXE IV : VALORISATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES UTILISATION COMME LIANT DANS LA FABRICATION DE MATERIAUX COMPOSITES	f
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES.....	i

NOM et PRENOMS : RAVAOAVY Mahary Sambany Bien Aimé

Nombre de page : 100

Nombre de tableaux : 23

Nombre de figures : 34

Nombre de photos : 7



RESUME :

On a entamé le sujet par les études de synthèse bibliographique qui nous ont mieux éclairé ce qui est des généralités sur les polymères telles que ses propriétés, ses classifications et ses structures ; sur les principaux modes d'obtention du papier emballage ; et sur la notion d'emballages.

Nous avons continué notre travail par le rapport sur les déchets emballages de la société JB, dans laquelle on a étudié les rapport sur ces déchets emballages de la société JB, suite à des principaux sources des déchets film tel que : arrêt fréquents de la machine emballuse, panne de machine, produits non conformes à la norme exigée et les modes réductions de ces déchets qui sont : les standardisations de système de travail, des paramètres de machine, des produits et la maintenance générale de la machine ; vient après, l'existence de machine de compactage pour réduire le volume des déchets avant de les rejeter.

Notre travail se termine par le procédé de recyclage, en proposant des machines de broyage pour avoir des granulés de plastique avant de le transformer en produits finis ; et pour finir, l'étude économique et du marché du projet dans laquelle on a vu que cette méthode de recyclage des déchets film (OPP, PET) est tout à fait rentable.

Mots clés : polymère, déchets plastiques, recyclage, broyage, granulés, produits finis, gain.

ABSTRACT :

The subject was initiated by bibliographical synthesis studies, which gave us a better understanding of the generalities about polymers such as its properties, classifications and structures; on the main methods of obtaining packaging paper; And on the concept of packaging. We continued our work with JB's report on packaging waste, in which we studied the packaging waste reports of JB, following major sources of film waste, such as: frequent shutdown of the packaging machine , machine breakdown, products not meeting the required standard and modes reductions of such waste which are: standardization of work system, machine parameters, products and general maintenance of the machine; Comes after the existence of compaction machine to reduce the volume of waste before discharge.

Our work ends with the recycling process by proposing grinding machines to have plastic pellets before transforming it into a finished product; And finally, the economic and market study of the project in which we saw that this method of recycling film waste (OPP, PET) is quite profitable.

Key words : polymer, plastics waste, recycling, grinding, pellets, finisheds products, gain.

Encadreur : Professeur ROBIJAONA Baholy, enseignante dans le département Génie des Procédés Chimiques et Industriels.

Contacts : lot IAC 152 Morarano Andramahavola

Mr RAVAOAVY Mahary Sambany Bien Aimé

Email : samabanyravaoavy@gmail.com; téléphone : +261346073067