

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia



Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie
Département des sciences alimentaires

Master : Conservation des aliments et emballage

Présenté et soutenue publiquement par

M^{me}. CHIBANE Imane

Titre :

L'impact de la qualité de la matière première sur le produit semi-fini et le produit fini du carton ondulé au sein de la SARL Mery Carton

Sous la direction du professeur **KATI Djamel Edine**

Devant le Jury :

M. BOUDJOUAN Fares	Université A. Mira Bejaia	Président
M. KATI Djamel Edine	Université A. Mira Bejaia	Promoteur
M^{me}. SIDANE Djahida	Université A. Mira Bejaia	Examinatrice

Année universitaire : 2022/2023

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia



Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie
Département des sciences alimentaires

Master : Conservation des aliments et emballage

Présenté et soutenue publiquement par

M^{me}. CHIBANE Imane

Titre :

**L'impact de la qualité de la matière première sur le
produit semi-fini et le produit fini du carton ondulé au
sein de la SARL Mery Carton**

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers le Professeur Djamel Edine KATI, qui non seulement m'a montré le chemin qui a contribué à ce que je suis devenu actuellement, mais m'a également guidé dans la réalisation de mon travail de master en étant mon encadreur.

Je voudrais remercier les membres du jury, M. Boudjouane, Président du jury et M^{me}. Sidane examinatrice, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer mon travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers mon employeur M. MERIDJI Houdene le gérant de la SARL MERY CARTON pour son professionnalisme et pour m'avoir permis de poursuivre mes études. Je remercie également mes collègues de travail pour leur soutien et leur collaboration durant cette période.

J'adresse mes sincères remerciements à mon camarade de classe M. MAMMASSE pour son soutien et ses encouragements toute au long de ma formation de master.

J'adresse également un grand merci aux enseignants, étudiants et amis qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de mon parcours de formation et à la réalisation de mon mémoire de Master.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents : KAMEL ET KARIMA,
Sources de mes joies et secrets de mes libertés.*

*A mon époux Sofiane et aux membres de ma belle-
famille, tout particulièrement BOUZID et REKIA,
pour leur patience et leurs perpétuels encouragements.*

*A mon fils YOLANE, lueur de mon espoir qui m'a
tant appris sur le bonheur et la joie de vivre.*

A tous les membres de ma famille.

*À mes amis, collègues et tous ceux en qui j'ai
trouvé un soutien.*

LISTE DES FIGURES

- Figure n° 01** : Cycle de fabrication du papier
- Figure n° 02** : Différents stades de blanchiment de la pâte à papier
- Figure n° 03** : Types de liaisons hydrogène sur les surfaces des fibres
- Figure n° 04** : Fabrication du papier carton à partir de pâte à papier
- Figure n° 05 (A)** : Observation au MEB d'une coupe d'un papier couché à 50 μm
(B) : Observation au MEB d'une surface d'un papier couché à 100 μm .
- Figure n°06** : Représentation schématique du passage d'un papier dans un nip de calandre
- Figure n° 07** : Observation au MEB de la surface d'un papier non couché avant et après calandrage à 200 μm .
- Figure n° 08** : Principaux types de carton ondulé
- Figure n° 09** : Types de cannelures.
- Figure n° 10** : Paramètres des cannelures
- Figure n° 11** : Vue générale schématique d'un train onduleur
- Figure n° 12** : Schéma représentatif de la fabrication de la simple face d'un train onduleur
- Figure n° 13** : Margeur en état de marche
- Figure n° 14** : Groupe imprimeurs
- Figure n° 15** : Montage cliché
- Figure n°16** : Slotteur
- Figure n°17** : Découpoir
- Figure n°18** : Eprouvettes pour test ECT
- Figure n°19** : Machine ECT
- Figure n°20** : Machine RCV
- Figure n°21** : Schéma représentatif d'un tuilage

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Types et caractéristiques de bobines du papier utilisées

Tableau II : Différents Types de cannelures

Tableau III : Anomalies liées à la fabrication du carton ondulé

Tableau IV : Non-conformités liées à l'impression

Tableau V : Non-conformités liées à la découpe

Tableau VI : Non conformités liées au collage et au pliage

LISTE DES ABREVIATIONS

RCV : Résistance à la compression verticale

ECT : Résistance à la compression sur chant

TMP : Pâtes thermomécaniques

CTMP : Pâtes chimico-thermomecaniques

TRS : Taux de rendement synthétique

MEB : Microscope électronique à balayage

GAE : Groupe d'application d'encollage

mm : Millimètre

LZ : Laize

LC : Longueur de coupe

DF : Double face

DDF : Double-double face

SF : Simple face

MT : Million de tonne

SARL : Société à responsabilité limitée

Sommaire

Introduction générale.....	1
Présentation de la SARL Mery-Carton.....	2
Chapitre 1 : Technologie de la fabrication du papier carton ondulé : De la pâte à la bobine de papier ..	4
Introduction	4
1.1. Elaboration de la pâte	4
1.2. Blanchiment de la pâte	6
1.3. Structure moléculaire de la fibre cellulosique	6
1.4. Transformation de la pâte en feuille	7
1.5. Procédé de couchage	8
1.6. Procédé de calandrage	9
1.7. Papier et carton ondulé.....	10
Chapitre 2 : Technologie de la fabrication et de la transformation du carton ondulé : de la bobine au produit fini.....	11
Introduction	11
2.1. Définition et structure du carton ondulé.....	11
2.2. Types et profils des cannelures.....	12
2.3. Processus de fabrication du carton ondulé.....	13
2.3.1. L'onduleuse : Fonctions et technologie.....	13
2.4. Processus de transformation du carton ondulé.....	18
2.4.1. Fonctionnement des machines de transformation	18
CHAPITRE 3 : Traitement des non-conformités : analyse et mise en place de solutions efficaces	21
Introduction	21
3.1. Paramètres technologiques clés du processus de fabrication au niveau de l'onduleuse.....	21
3.2. Contraintes rencontrées lors de la fabrication de la plaque en carton ondulé.....	23
3.2.1. Contraintes rencontrées au niveau de l'onduleuse.....	23
3.2.2. Contraintes mécaniques.....	25
3.2.3. Contraintes climatiques	28
3.3. Évaluation de la qualité de la plaque.....	28
3.3.1. Analyse des eaux entrantes et sortant de la chaudière.....	28
3.3.2. Détermination du temps de passage.....	29
3.3.3 Flux thermique transféré par préchauffeur	29
3.3.4. Détermination du pourcentage de tuilage.....	29
3.4. Non conformités de fabrication et de transformation du carton ondulé	30
3.4.1 Anomalies rencontrées lors de la fabrication de carton ondulé	30
3.4.2. Anomalies rencontrées lors de la transformation du carton ondulé.....	34
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	42

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Rapport d'analyse des eaux de chaudière.....	45
Annex II : Divers produit fini fabriquer au sein de la SARL Mery Carton.....	46
Annexe III : Procès-verbaux des réclamations du mois de mai.	47
Suite de l'Annexe III : Procès-verbaux des réclamations du mois de mai.	49
Suite de l'Annexe III : Procès-verbaux des réclamations du mois de mai.	50

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Le carton ondulé est un matériau cellulosique constitué par l'assemblage de plusieurs feuilles planes, maintenues équidistantes entre elles par une ou plusieurs ondulations, et collées ensemble pour conférer au complexe son indéformabilité. Aujourd'hui, il est considéré comme le premier matériau de l'emballage, car il permet la manutention, la livraison, le stockage et la présentation des produits en conservant leur qualité originale, depuis leur lieu de production jusqu'à leur destination. L'emballage remplit simultanément des fonctions diverses telles que le regroupement des produits, leur protection contre les chocs, les vibrations, la lumière et la poussière, lors de leur utilisation. Il joue également un rôle important dans l'information légale et commerciale du consommateur. En outre, c'est un matériau recyclable qui peut être récupéré et transformé en papeterie pour la fabrication de nouveaux emballages [1].

L'emballage est la première chose que le client verra lorsqu'il recevra sa commande. Par conséquent, soigner cet emballage semble primordial pour satisfaire la clientèle. Dans ce travail de recherche, nous mettons en évidence la problématique suivante : Quels sont les processus spécifiques et les étapes clés impliquées dans la fabrication de la matière première "bobine", du produit semi-fini "plaque" et du produit fini "carton ondulé", et comment ces processus peuvent-ils être optimisés pour améliorer la qualité, la durabilité et l'efficacité de production du produit final ?

Dans cette optique, la méthodologie adoptée se base sur une analyse approfondie des facteurs clés qui influencent la qualité et la solidité des conteneurs en carton ondulé. Ces facteurs incluent les propriétés mécaniques et la composition du matériau, le contrôle de la qualité tout au long du processus de fabrication, la précision des machines utilisées, ainsi que le rôle des facteurs humains dans le processus de production. L'analyse de ces facteurs permet de mieux comprendre les critères d'optimisation des processus de fabrication, afin d'améliorer la qualité, la durabilité et l'efficacité de production de l'emballage final.

Compte tenu de la complexité de notre objet d'étude, cette recherche est divisée en trois chapitres :

Le premier chapitre se concentre sur la production industrielle de papier, qui implique l'utilisation de fibres cellulosiques pour créer un matériau complexe. Nous aborderons les deux activités principales de la production de papier, à savoir la préparation de la pâte à

papier ainsi que la transformation de la pâte en feuilles. Nous aborderons également deux processus de finition, le couchage et le calandrage, qui sont utilisés pour améliorer la qualité du papier.

Le deuxième chapitre a pour objectif de décrire le processus de fabrication et de la transformation du carton ondulé, un matériau de grande importance pour de nombreux secteurs industriels en raison de ses caractéristiques uniques telles que sa légèreté, sa résistance et sa durabilité. Nous allons explorer en détail les processus de fabrication du produit semi-fini et de la transformation on produit fini, ainsi que les technologies clés impliquées dans ces processus, afin de garantir la conformité et l'efficacité de production du produit final.

Le troisième chapitre de cette étude se concentre sur les causes sous-jacentes des problèmes de qualité du produit de papier et de carton, ainsi que sur les stratégies d'amélioration mises en place pour garantir la qualité du produit final. Notre objectif est de garantir la qualité de l'emballage final en identifiant et en corrigeant les défauts potentiellement préjudiciables à la satisfaction du client.

Présentation de la SARL Mery-Carton

La SARL Mery Carton a été créée en 2020 par Monsieur MERIDJI Houdene, associé principal et gérant de l'entreprise qui assure aujourd'hui la présidence de l'unité. L'effectif total de l'entreprise a atteint 60 employés. L'unité Mery Carton s'étend sur 4150 m². C'est une unité de transformation de carton ondulé implantée dans la zone d'activité d'El-Kseur.

En Algérie, le marché des emballages connaît une croissance soutenue due au dynamisme des secteurs utilisateurs de sacs, de boîtes de conditionnement et de caisses en carton ondulé. Cette unité a été créée afin de contribuer à combler le vide que connaît le marché national de la caisse ondulée qui ne fait que s'accroître, créant un déséquilibre entre l'offre et la demande. C'est une usine de transformation qui est en mesure de résorber une grande partie de ce déficit avec des performances comparables aux standards européens. La conception de l'entreprise répond aux normes en vigueur dans le domaine de l'emballage, avec un choix adéquat de machines et un personnel compétent issu du milieu de l'emballage. L'entreprise fabrique, selon la commande, des caisses américaines, des boîtes, des ceintures, des barquettes et intercalaires Annex II.

La mission de Mery Carton est de mettre son savoir, le génie et la passion de ses équipes au service des projets de ses clients afin de faire de l'emballage un compagnon agissant de leurs produits. Cette usine œuvre au quotidien pour :

- Renforcer la confiance de ses clients, c'est-à-dire, satisfaire ses clients en entretenant une relation basée sur l'écoute et la compréhension de leurs besoins, tout en assurant réactivité, expertise et innovation.
- Entretenir l'adhésion de ses collaborateurs au projet de l'entreprise, consolider des relations mutuellement bénéfiques avec ses partenaires et faire évoluer ses collaborateurs en assurant un niveau de compétence grâce aux actions de formation et à un recrutement pertinent.
- Poursuivre sa croissance en améliorant sans cesse la qualité de ses produits et en développant son programme d'investissement par de nouveaux systèmes de gestion favorisant la performance.

CHAPITRE 1

**Technologie de la fabrication du papier carton ondulé :
De la pâte à la bobine de papier**

Chapitre 1 : Technologie de la fabrication du papier carton ondulé : De la pâte à la bobine de papier

Introduction

Le matériau du papier est élaboré de manière complexe avec une production en grande quantité et à une vitesse élevée. Il est constitué de fibres cellulosiques dont la distribution garantit les caractéristiques finales du produit. En 1799, la première machine à papier en continu a été mise au point, ce qui a permis d'accroître considérablement la production de papier tout en réduisant les coûts [2].

L'industrialisation à grande échelle de la production de papier a commencé en Europe et aux États-Unis vers 1825, et depuis lors, la consommation mondiale de papiers et de cartons a considérablement augmenté pour atteindre environ 350 millions de tonnes en 2005, et près de 418.3 MT en 2021 [3]. Les producteurs de papier ont deux activités principales : la préparation de la pâte à papier et la transformation de la pâte en feuilles, ainsi que deux processus de finition (le couchage et le calandrage) qui permettent d'améliorer la qualité d'impression du papier.

1.1. Elaboration de la pâte

La première phase implique l'extraction des fibres de bois tout en préservant leur intégrité autant que possible. Cette séparation peut être réalisée par des moyens mécaniques ou en utilisant des réactifs chimiques [1].

Le processus mécanique implique la fragmentation du bois en utilisant des meules pour les troncs d'arbres et des défibreurs pour les copeaux. L'échauffement et la friction mécanique contribuent à la séparation du bois en fibres individuelles, ce qui est appelé le défibrage du bois [1].

La pâte résultante est assez grossière et très hétérogène, contenant des amas de fibres, des bûchettes, des fibres individuelles et des éléments fins. Des étapes de triage et de raffinage supplémentaires sont nécessaires pour produire des fibres homogènes qui offrent les propriétés requises pour la production de papier [4]. La figure n°01 représente un schéma de cycle de fabrication de la pâte à papier.

Avant le processus de défibrage, les pâtes thermomécaniques (TMP) sont soumises à des traitements de vapeur pour ramollir la lignine du bois, ce qui facilite la séparation des fibres. Les pâtes chimico-thermomécaniques (CTMP), quant à elles, utilisent des agents

chimiques à une température supérieure à 100°C pour améliorer davantage la séparation des fibres [5].

Le processus chimique implique la cuisson du bois dans un réacteur appelé "lessiveur" à une température élevée (entre 130 et 180°C selon le procédé) et sous pression, en utilisant une liqueur de cuisson acide ou basique [6], [1].

La première étape de l'élaboration de la pâte consiste à suspendre les fibres dans l'eau. La désintégration a pour objectif de décomposer la pâte jusqu'à ce que les fibres soient individualisées et hydratées. Cette étape est facilitée par la nature hydrophile de la cellulose [7], [8].

Ensuite, les fibres sont raffinées pour obtenir les propriétés nécessaires à la formation de la feuille. Cette opération implique le passage de la pâte entre deux disques en rotation opposée, équipés de lames. Les fibres sont hydratées (elles gonflent et deviennent plus souples) et fibrillées (partiellement déchirées pour augmenter leur surface et leur capacité à créer des liaisons inter-fibres) [4].

Finalement, la pâte est épurée et diluée pour réduire sa concentration.



Figure n° 01 : Schéma représentatif du cycle de fabrication de la pâte à papier

1.2. Blanchiment de la pâte

Le blanchiment de la pâte à papier consiste à obtenir une pâte blanche de haute qualité ; un processus qui vise d'abord à éliminer les impuretés et les colorants naturels contenus dans la pâte à papier, ensuite à purifier avec un traitement de dioxyde de chlore, enfin à rincer avec de l'eau claire.

Il existe différents procédés de blanchiment de la pâte à papier, mais le plus courant est le blanchiment au chlore. Ce procédé consiste à traiter la pâte à papier avec du dioxyde de chlore et du gaz chloré pour éliminer les colorants et les impuretés [9], [10].

Après le blanchiment, la pâte à papier est rincée à l'eau claire pour éliminer les produits chimiques utilisés lors du processus de blanchiment. La pâte à papier blanchie est ensuite prête à être utilisée dans la fabrication du papier [11]. La figure n° 02 montre les différents stades de blanchiment de la pâte à papier.



Figure n° 02 : Différents stades de blanchiment de la pâte à papier [9]

1.3. Structure de la fibre cellulosique

La feuille de papier est une surface plane composée de fibres cellulosiques liées entre elles, ainsi que d'air, d'eau et de charges, comme le carbonate de calcium (CaCO_3), finement dispersées. Les pourcentages de charge utilisés varient généralement de 5 à 35 % en fonction de l'application. L'ajout de charges modifie les propriétés du papier et réduit son coût de production. Des agents de rétention peuvent également être ajoutés pour éviter une perte excessive des éléments fins (fines, charges, colorants) lors de la phase d'égouttage dans la caisse de tête pendant la formation de la feuille [8].

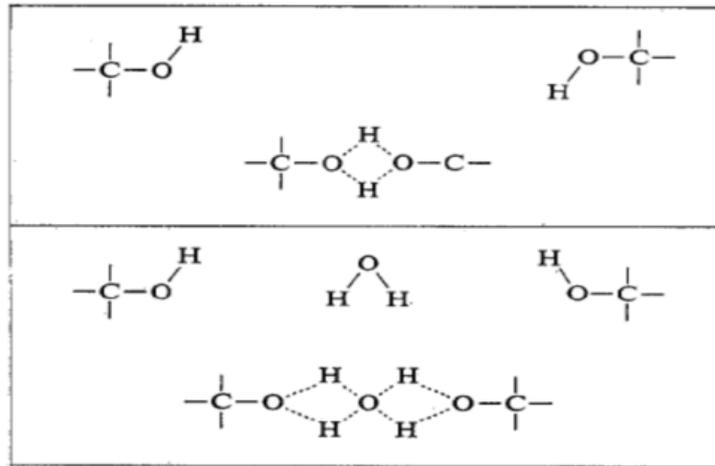


Figure n° 03 : La structure moléculaire de la fibre cellulosique [12]

1.4. Transformation de la pâte en feuille

La première étape de la fabrication de la feuille de papier consiste donc à suspendre les fibres dans l'eau. La désintégration vise à fragmenter la pâte jusqu'à ce que les fibres soient séparées les unes des autres et hydratées [13].

Les fibres sont ensuite affinées pour obtenir les propriétés requises pour la création de la feuille de papier. Cette opération consiste à faire passer la pâte entre deux disques en rotation opposée, équipés de lames. Les fibres sont hydratées (elles gonflent et deviennent plus souples) et fibrillées (partiellement déchirées pour augmenter leur surface et leur capacité à créer des liaisons inter-fibres) [14]. Cependant, ce traitement peut également entraîner une coupure des fibres cellulosiques, ce qui n'est généralement pas souhaité. Enfin, la pâte est purifiée, diluée pour réduire sa concentration, et des charges peuvent être ajoutées avant son arrivée sur la machine à papier.

Il existe différents procédés pour la formation de la feuille de papier, mais le principe de base reste le même : une suspension très diluée de pâte (2 à 4 grammes de fibres par litre d'eau) est versée sur une toile à la caisse de tête. La suspension s'égoutte à travers la toile pour éliminer une partie de l'eau [9]. Le matelas fibreux est ensuite transporté par un feutre dans la section de presses, où l'action mécanique permet d'éliminer davantage d'eau avant d'entrer dans la sécherie. Dans cette dernière partie, l'eau restante est évaporée sous l'effet de la chaleur et de l'air. Après la formation de la feuille, deux procédés complémentaires sont utilisés pour améliorer la qualité d'impression du papier : le couchage et le calandrage.

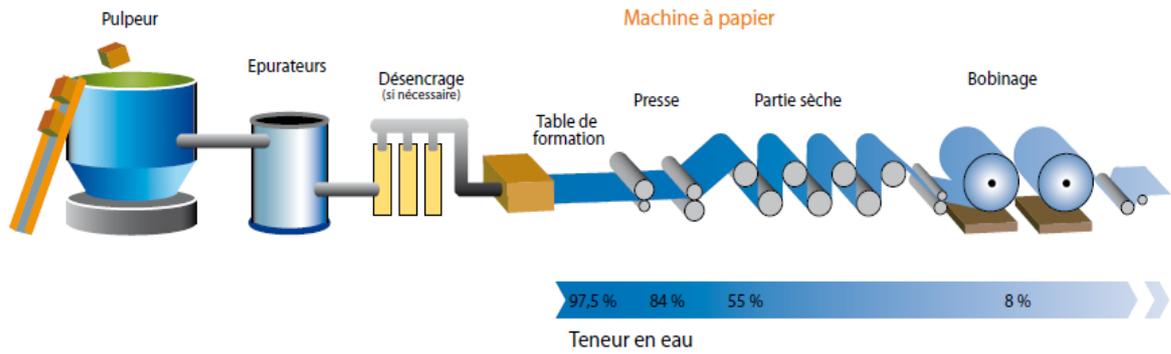


Figure n° 04 : Fabrication du papier carton à partir de pâte à papier [1]

1.5. Procédé de couchage

La modification des propriétés du papier peut être réalisée par le traitement de surface connu sous le nom de "couchage". Il s'agit d'appliquer une solution, appelée "sauce de couchage" ou "bain d'enduction", composée principalement de pigments et de liants dispersés dans de l'eau, sur une ou les deux faces du papier. Après le séchage, la surface du papier est transformée de microporeuse [13]. La Figure 05 présente des observations en Microscope Electronique à Balayage d'une coupe et de la surface d'un papier couché, qui permettent d'observer une nette amélioration de la qualité de la surface. De plus, l'absence locale de couche sur une partie du matelas fibreux permet de mettre en évidence la transformation de la surface du papier.

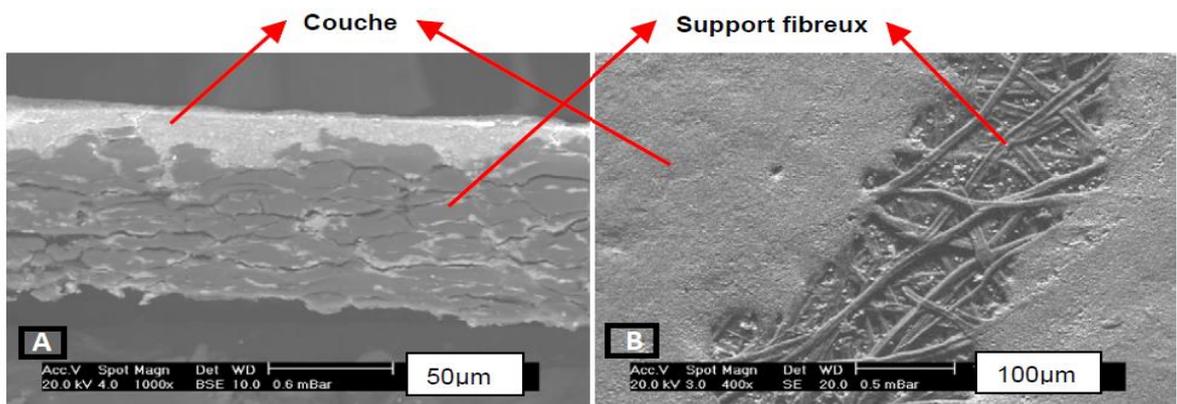


Figure n° 05 : A : Observation au MEB d'une coupe d'un papier couché à 50 µm
 B : Observation au MEB d'une surface d'un papier couché à 100µm [13]

1.6. Procédé de calandrage

Le calandrage est une étape finale importante dans la fabrication du papier, qui permet de modifier certaines de ses propriétés. Contrairement au couchage, qui modifie la composition de la surface du papier, le calandrage est un traitement mécanique et thermique qui ne nécessite pas l'ajout de matière extérieure. Pendant cette opération, la bande de papier est comprimée entre au moins deux rouleaux, également appelés presses, qui peuvent être chauffés [15]. La figure n° 06 représente un schéma d'un passage d'un papier dans un nip de calandre.

Cette compression est réalisée sous une forte pression, généralement de l'ordre de quelques dizaines de MPa, et pendant un temps très court, généralement moins d'une milliseconde [11].

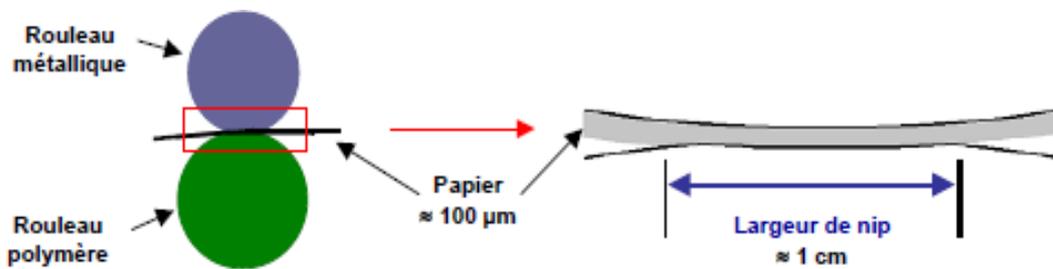


Figure n° 06 : Représentation schématique du passage d'un papier dans un nip de calandre [13]

Le but principal du calandrage est d'améliorer la qualité de surface du papier afin d'obtenir les meilleures propriétés possibles avant l'impression, notamment le brillant et le lissé. Cependant, une conséquence du calandrage est la réduction de l'épaisseur du papier, ce qui peut nécessiter l'utilisation de calandres pour homogénéiser le profil d'épaisseur du papier. La Figure n° 07 A et B illustrent l'impact du calandrage sur l'état de surface du papier.

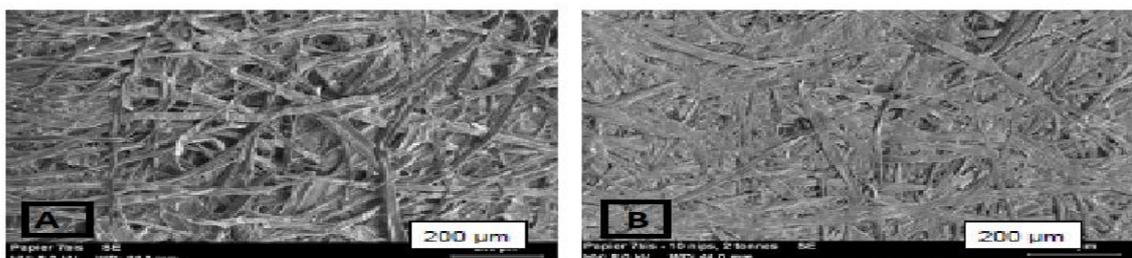


Figure n° 07 : A: Observation au MEB de la surface d'un papier non couché avant calandrage à 200μm. B: Observation au MEB d'une surface d'un papier non couché après calandrage à 200μm [13]

1.7. Papier et carton ondulé

Le papier est généralement évalué selon quatre critères principaux :

- Les propriétés de texture, telles que le grammage, la densité du papier, la porosité, la perméabilité à l'air et aux liquides, etc.
- Les propriétés optiques, comme la blancheur, la couleur, l'opacité, la capacité à transmettre la lumière de manière homogène, etc.
- Les propriétés de résistance mécanique, telles que la traction, la déchirure, l'éclatement, le pliage, la flexion avec la rigidité statique et dynamique, l'abrasion, la compression, etc.
- Les propriétés de surface, telles que la rugosité/lissé, la brillance, etc. L'annexe 2 présente quelques techniques de mesure des propriétés papetières, notamment en ce qui concerne les propriétés de surface [13].

Dans le cadre de la fabrication et de la transformation du carton ondulé, on utilise différentes bobines de papier, chacune est distinguée par des caractéristiques spécifiques présentées dans le tableau I.

Tableau I : Quelques types et caractéristiques de bobines du papier

Type de bobines	Grammage g/m ²	Laize (mm)	Application
Saica kraft	120,140, 220	2 400,2300,2450,2200	Interne et externe
Kraft	200,140	2 200,2400,2450,2100	Interne et externe
Duosaica	130,110, 120	2100,2200,2300,2400, 2450, 1950	Interne, externe et cannelure
Saica kraft blanc	140	2400	Externe
Hydrosaica	135	2200,2300	Cannelure
Teste blanc	140,135	2200,2300,2450 ,1730	Externe
Fluting	127	2300,2400,2200	Cannelure

CHAPITRE 2

**Technologie de la fabrication et de la transformation du carton
ondulé : de la bobine au produit fini**

Chapitre 2 : Technologie de la fabrication et de la transformation du carton ondulé : de la bobine au produit fini

Introduction

Dans ce chapitre nous allons expliquer le processus de fabrication du carton ondulé ainsi que le processus de transformation du produit semi-fini au produit fini prêt à être utilisé dans divers domaines

Le carton ondulé est un matériau essentiel dans de nombreux secteurs industriels, en raison de sa légèreté, de sa résistance et de sa durabilité [27]. Dans ce chapitre, nous allons explorer les processus de fabrication du produit semi-fini et du produit fini du carton ondulé. Nous allons également examiner les différentes technologies clés impliquées dans ces processus, afin de garantir la conformité et l'efficacité de production du produit final.

2.1. Définition et structure du carton ondulé

Le carton ondulé est constitué d'au moins deux feuilles de papier carton, une couverture et une cannelure, maintenues ensemble par une couche de colle appliquée sur chaque point ou sommet d'ondulation du papier cannelure [16].

Les ondulations "entretoises" sont formées par humidification du papier carton, suivi d'un préchauffage sur les cylindres cannelés. Elles servent à écarter les deux couvertures intérieure et extérieure de manière régulière et équidistante afin d'augmenter considérablement la rigidité et la résistance de toute la structure sandwich du carton.

Tant dit que les papier couvertures participent à la rigidité de la traction. Elles servent aussi de support d'impression ou de protection contre les agressions mécaniques et climatiques.

Nous distinguons trois différents modules de carton ondulé :

- **Simple face** : est constitué d'une couverture et d'une cannelure solidarisée par des joints decolle sur les crêtes de cannelure en contact avec la couverture
- **Double face** : est formé d'une simple face et d'une couverture collée sur la face libre de lacannelure
- **Double Double** : association de deux simples faces et une couverture

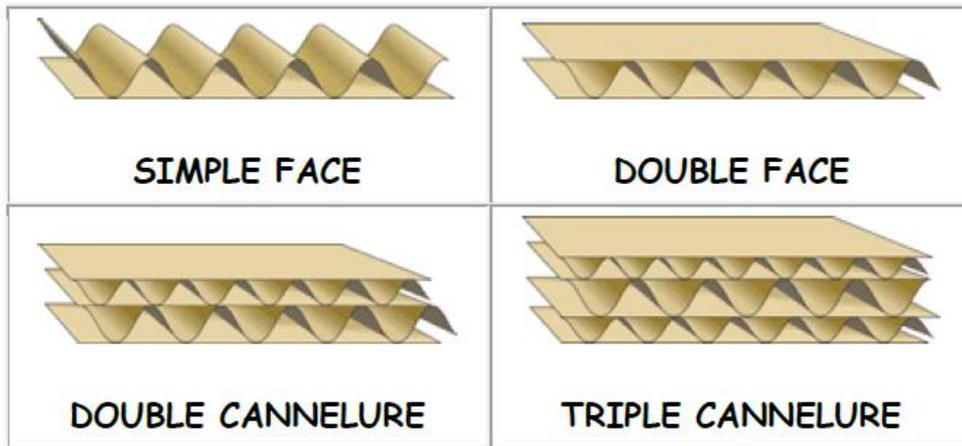


Figure n° 08 : Principaux types de carton ondulé [17]

2.2. Types et profils des cannelures

Le type de carton fabriqué est déterminé par plusieurs facteurs, notamment le nombre de feuilles de papier ondulé et de feuilles de papier horizontal employées, ainsi que par le type de cannelures utilisées. En effet, l'épaisseur du carton ondulé est principalement influencée par les caractéristiques des cannelures employées.

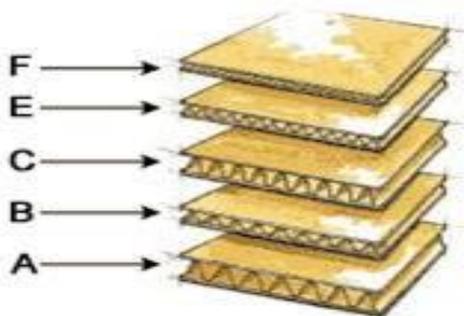


Figure n° 09 : Types de cannelures.

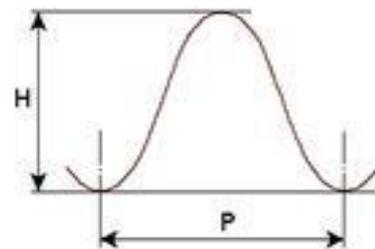


Figure n° 10 : Paramètres des cannelures

H = Hauteur, P = Pas

Les cannelures sont classées selon ces deux variables et sont nommées selon différentes lettres comme on peut le voir dans le tableau II.

Tableau II : Différent Types de cannelures

Profils de la cannelure	Epaisseur du carton	Pas	Coefficient d'ondulation
Très grande cannelure (A)	5mm	> à 8	1.48 à 1.52
Grande cannelure (C)	4mm	7 à 8	1.41 à 1.45
Moyenne cannelure (B)	3mm	6 à 7	1.33 à 1.36
Micro cannelure (E)	2mm	< à 4	1.23 à 1.30

2.3. Processus de fabrication du carton ondulé

Le train onduleur est une ligne de fabrication avec laquelle nous fabriquons des plaques en carton ondulé destinées à la transformation en produit fini en utilisant le papier et la colle comme matière première.

2.3.1. L'onduleuse : Fonctions et technologie

La machine est utilisée pour assembler les différents types de papiers (couvertures et cannelures) afin de produire du carton ondulé en continu, qui est ensuite découpé selon les dimensions souhaitées pour obtenir des plaques. Elle est capable d'atteindre des performances de production élevées allant jusqu'à 46 200 m²/heure (TRS) par jour, avec une longueur pouvant atteindre 150 mètres et un poids de 500 tonnes.

En raison de son exposition à des conditions telles que la chaleur, l'humidité, la colle, la poussière et les résidus de fibres de papier, la machine nécessite une maintenance régulière et minutieuse pour garantir une production sans défauts.

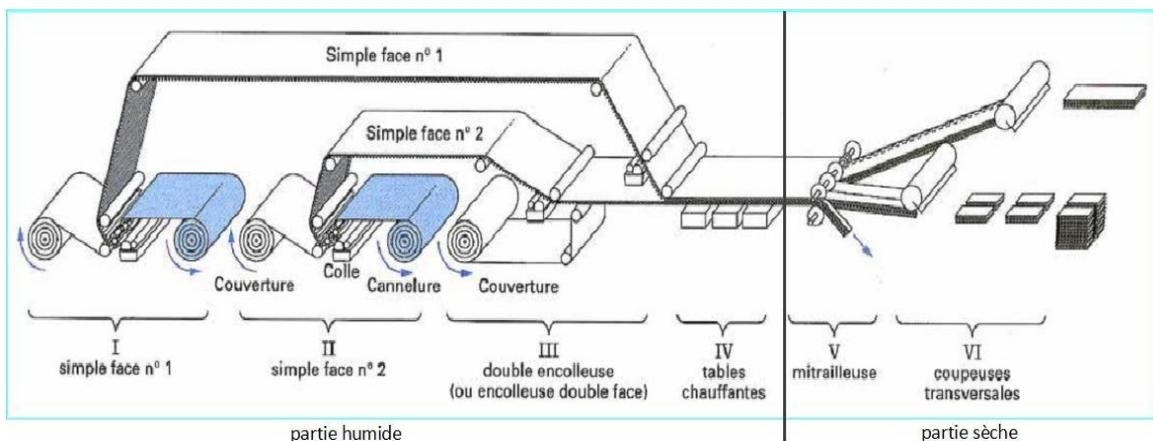


Figure n° 11 : Vue générale schématique d'un train onduleur [18]

Le train onduleur se compose de deux parties : l'une est la partie humide, tandis que l'autre est la partie sèche. Chacune de ces parties est constituée de différents compartiments qui assurent des fonctionnalités pour la fabrication du produit semi-fini "plaque en carton ondulé".

2.3.1.1. Partie humide

La partie initiale de la ligne ondulatoire comprend un ensemble de machines qui assurent le déroulement du papier, l'ondulation de la cannelure, l'encollage, le contre-collage, le collage et le séchage.

a) Poste simple face

Le groupe initial de la ligne ondulatoire est équipé d'un double dérouleur, l'un pour la couverture interne et l'autre pour la cannelure, chacun équipé d'un raccordeur de bobine, d'un groupe onduleur et d'un pont magasin. La fonction du poste simple face est de former la nappe, une bande de papier cannelé collée à la couverture interne.

- **Préchauffeur** : Il s'agit d'un cylindre vide qui est chauffé à la vapeur et dont la fonction est de réchauffer la bande de papier de la couverture.
- **Un pré conditionneur avec un humidificateur** pour la face ondulée non collée de la nappe pour la préparer à l'encollage.
- **Cassette** : Composée de deux cylindres engrenés entre eux en surface par des rainures parallèles à la laize (c'est-à-dire perpendiculaire au sens de marche de l'onduleuse), ces rainures sont en forme sinueuse. Généralement, les cylindres sont montés sur des structures mobiles et/ou démontables de la machine pour permettre la production de différents profils d'ondulation.
- **Presse lisse** : Il s'agit d'un cylindre lisse chauffé à la vapeur, en contact direct avec le cylindre onduleur supérieur, ce qui entraîne le contact et le collage de la couverture interne avec les pointes des ondulations du papier cannelure en exerçant une pression qui doit être réglée en fonction de l'épaisseur du papier.
- **Groupe à colle** : Situé à l'intérieur du groupe onduleur, il est constitué essentiellement d'un cylindre colleur qui s'alimente en colle depuis la cuve, d'un doseur qui charge l'encolleur (GAE) ainsi que le limiteur (barrage) de colle qui permet de limiter l'encollage aux extrémités gauche et droite selon la laize demandée. Son rôle est de déposer de la colle sur chaque sommet d'une ondulation.

- **Le pont magasin** : Le pont magasin se trouve au niveau supérieur de la machine et sert à accumuler la nappe pour qu'elle termine son séchage et créer une réserve. Ce système est équipé d'un dispositif qui module la vitesse de la simple face par rapport à celle du train onduleur, grâce à des photocellules qui détectent le maximum et le minimum de charge. En fonction de ces mesures, la vitesse de la simple face peut être augmentée ou diminuée pour créer cette réserve, qui sera utile lors de l'opération de raccordement des bobines sans arrêter l'onduleuse. Le pont magasin est également équipé d'un guide-nappe pour centrer et aligner la nappe avec la couverture externe, ainsi que de freins pour tendre la nappe

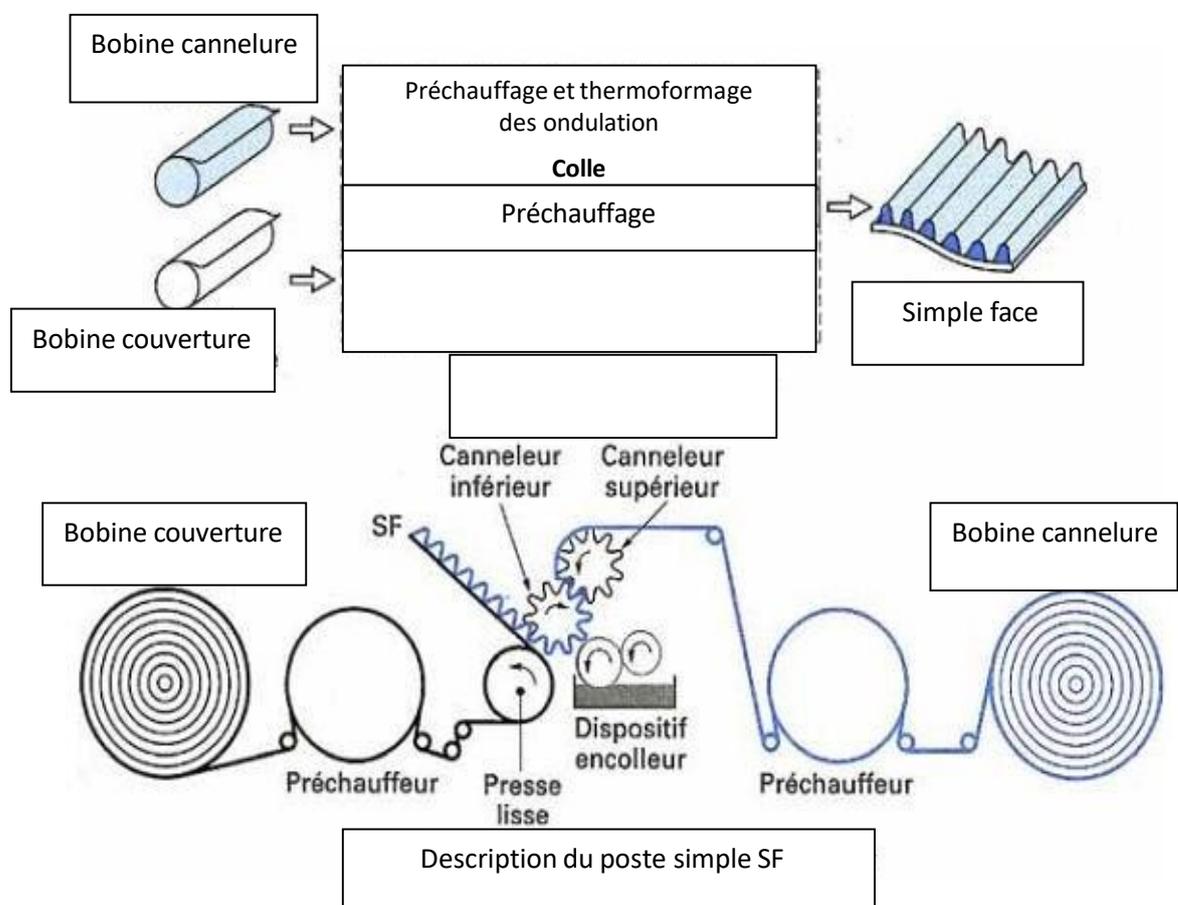


Figure n° 12 : Schéma représentatif de la fabrication de la simple face d'un train onduleur [18]

b) Poste double face

C'est la partie où se réalise le contre collage de la couverture extérieure sur la nappe pour former un tapis continu de carton ondulé. Ces compartiments sont :

- **Porte bobine** : déroulement du papier de la couverture et tendre le papier par des freins bobines.
 - **Préchauffeurs triplex** avec ses embarreurs pour chauffer et éliminer l'humidité résiduelle du papier.
 - **Le groupe à colle (double encolleuse)** pour le contre collage.
 - **Les tables chauffantes** : Cette partie de la machine est formée de trois sections : (collage, séchage et entrainage) des plaques en fonte à l'intérieur dans la quelles circule la vapeur, ainsi que des caissons équipés de patins et de tapis roulants.
- a) Collage** : À l'entrée de cette machine, la nappe entre en contact avec la couverture externe, où une certaine pression est exercée en même temps qu'une source de chaleur. Cette chaleur doit être réglée à une température adaptée en fonction des caractéristiques du papier utilisé, telles que le grammage, l'épaisseur ou le type de profil. En effet, cela permet d'éviter le phénomène de cristallisation tout en favorisant la prise de la colle, grâce aux échanges thermiques qui se font plus lentement par rapport à la simple face et sous faible pression. Cela permet d'assurer une adhésion définitive de la nappe avec la couverture externe.
- b) Séchage** : dans cette partie il faut dégager le surplus de l'humidité sinon on aura une plaque trop humide.
- c) Entrainage**: c'est la dernière étape de la table chauffante, la bande de carton est envoyée vers les machines successives (partie sèche) par force de traction (Manuel Fosber modifié).

2.3.1.2 Partie sèche

Une fois la nappe chauffée, le carton en ressort sous forme d'un tapis continu, appelé "nappe double face (DF) " ou "double double face (DDF)". Il doit ensuite être découpé en plaques de dimensions appropriées grâce à la découpe transversale et longitudinale. Les refouleurs, signalés par les fiches de commandes peuvent également être utilisés pour réaliser des rainures. Après cette étape, la nappe est prête à être traitée par les machines finales de l'onduleuse. Ces machines comprennent :

- **Coupeuse auxiliaire** : La machine de prédécoupe est utilisée pour couper le carton avant qu'il n'atteigne la mitrailleuse, afin d'éviter tout bourrage. Elle est principalement constituée de deux rouleaux, un supérieur et un inférieur, sur lesquels sont montées les

lames de découpe, ainsi que de dispositifs pour éloigner et récupérer les déchets. Cette machine est utilisée pour éliminer le carton de qualité non acceptable et pour effectuer des changements de commande. L'opérateur est chargé de l'élimination et ne désactive pas la découpe continue jusqu'à ce qu'il juge que la qualité du carton est acceptable.

- **Coupeuse longitudinale et refoulage (la mitrailleuse)** : La fonction de cette machine est de découper la bande continue de carton dans le sens longitudinal (dans le sens de la marche) pour obtenir des plaques de différents formats, Les couteaux utilisés sont très fins, avec une épaisseur de seulement 1-2 mm et un diamètre de 250-300 mm. En plus de la découpe, cette machine est également capable de réaliser le refoulage. Elle est équipée de 7 à 8 couteaux et de 10 à 12 refouleurs. Les deux couteaux situés aux extrémités (gauche/droite) sont utilisés pour éliminer la rogne, qui ne dépasse pas 15mm sur chaque côté, ces derniers sont aspirés vers le broyeur.
- **Refouleurs longitudinaux** : La fonction du pré-plier est d'écraser partiellement le carton dans le sens longitudinal par rapport au sens de marche pour faciliter les pliages ultérieurs des rabats, exceptionnellement pour les caisses américaines, La machine peut posséder trois types de refouleurs (mâle-femelle, mal à plat, ou offset).
- **Coupeuse transversale** : La coupeuse transversale réalise la découpe perpendiculaire au sens de marche du carton, c'est-à-dire la coupe de la longueur des plaques. Cette opération est effectuée à l'aide de deux tambours porte-couteaux disposés de manière hélicoïdale. Les couteaux ont également une forme hélicoïdale pour permettre une découpe en continu de bout en bout, en suivant la vitesse de la machine. Pour éviter les bourrages, les couteaux de cette machine sont conçus comme des ciseaux et sont synchronisés avec la vitesse de rotation des tambours à l'aide d'un encodeur. La vitesse de découpe élevée permet une découpe plus précise et plus rapide
- **Empileuse** : La machine d'empilage est conçue pour récupérer les plaques de carton découpées par la coupeuse transversale. Elle se compose d'une série de convoyeurs et d'une plate-forme qui s'abaisse progressivement au fur et à mesure que les plaques s'accumulent pour former une pile. Lorsque la hauteur désirée est atteinte et que la plate-forme a atteint le niveau du sol, l'alimentation du carton est bloquée par la pince, et la plate-forme est automatiquement relâchée, permettant à la pile de carton de glisser sur le système de manutention au sol.

2.4. Processus de transformation du carton ondulé

Pour produire des produits de haute qualité conformes aux normes réglementaires et aux besoins du client, l'entreprise dispose d'une série de machines de transformation connectées et organisées pour garantir une production efficace et une transformation des produits semi-finis en plaques de carton ondulé en produits finis prêts à être utilisés dans divers secteurs tels que l'agro-alimentaire, la cosmétique, la pharmacie, l'entretien et les détergents.

2.4.1. Fonctionnement des machines de transformation

Au sein de la SARL Mery Carton, il existe deux catégories de machines : les rotatives et les auto platines.

Les machines à découpe rotative prennent une forme cylindrique, sur laquelle la forme de découpe doit être courbée. Les filets sont fixés sur une coquille fixée sur un cylindre rotatif. Nous distinguons la machine **MACARBOX 924** dotée de 4 groupes d'imprimantes, d'une capacité de production de 16 000 caisses/heure et une capacité dimensionnelle maximale de LZ : 900mm et LC : 2400mm.

Les machines à découpe auto platine disposent de supports pour les formes de découpes planes. Nous distinguons les machines suivantes :

- **ETERNA** : une auto platine d'une capacité dimensionnelle maximale de LZ : 1200mm et LC : 2100mm, et une capacité de production de 8000 barquettes/heure.
- **PORTEFEUIL** : une auto platine d'une capacité dimensionnelle maximale de LZ : 1250mm et LC : 1600mm, et une capacité de production de 500 barquettes/heure.

D'autres machines à la disposition de l'entreprise :

- **Plieuse colleuse**
- **Trois ficeleuses autonomes**
- **Une mitrailleuse**

La machine MACARBOX se compose de : Marqueur, 4 groupes d'imprimantes, slotter, découpeur, plieuse-colleuse, ficeleuse.

Avant d'alimenter la machine, il faut d'abord insérer des clichés dans les cylindres des imprimantes, puis insérer une forme de découpe dans un découpeur et enfin introduire des plaques en carton ondulé dans le marqueur de la machine.

- **Le margeur** est la première fonction de toute machine de transformation, il joue un rôle de positionnement et transmission individuel des plaques vers les imprimantes d'une manière successive. **(Figure n°13)**



Figure n° 13 : Margeur en état de marche

- **Le groupe imprimantes** : elles ont pour rôle d'imprimer sur la face extérieure de l'emballage toute sorte de graphisme. Chaque imprimante imprime une et une seule couleur sur un seule cliché **(Figures n° 14, n°15)**.



Figure n° 14 : Groupe imprimeurs



Figure n° 15 : Montage cliché

- **Le sloteur** : il est destiné principalement dans la fabrication des caisses à rabats « Réalisation d'encoches ». Il contient des lames et des contre lames rotatives circulaires pour la coupe. Et refouleurs de même forme pour le refoulement. Sa fonction est de découper en un seul passage la plaque du carton pour en fabriquer des caisses américaine standard **(Figure n°16)**.



Figure n°16 : Sloteur

- **Le découpoir** : c'est un système de moule rotatif qui effectue de coupes : poignée, trous d'aération, ou encore ongle d'arrachage sur les caisses (**Figure n°17**).

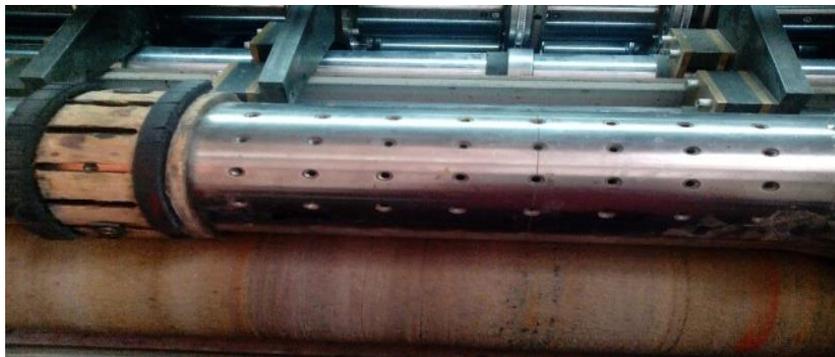


Figure n°17 : Découpoir

- **Plieuse colleuse** : L'assemblage se fait par : Collage le plus souvent -agrafage - collage et agrafage -bonde collante- La colleuse insère de la colle sur la patte de la plaque découpée. La plieuse soit avec des bras ou des panneaux extrêmes de pliage plie la plaque de façon à rassembler la patte contenant de la colle avec l'extrémité de la caisse de manière à ce qu'elle soit stockée et transportée à plat.
- **Ejecteur** : comptage et assemblage de quantité de caisses par trentaine par exemple puis il les fait éjecter vers la ficelleuse.
- **Ficelleuse** : entoure et attache les caisses éjecter par une ficelle. Le produit à présent fini prêt à être expédier.

CHAPITRE 3

**Traitement des non-conformités :
Analyse et mise en place de solutions efficaces**

CHAPITRE 3 : Traitement des non-conformités : analyse et mise en place de solutions efficaces

Introduction

Le papier et le carton subissent plusieurs contraintes mécaniques, climatiques et autres, c'est pour cela que la SARL Mery Carton a mis en place plusieurs stratégies d'amélioration pour garantir la qualité de son produit et se conformer aux réglementations, normes et exigences de ses clients. Tout un service bien structuré et organisé ainsi qu'un laboratoire de contrôle qualité très sophistiqué ont été mis en place avec des équipements avancés pour évaluer la qualité de la matière première (bobine), des plaques produites par l'onduleuse et du produit fini destiné à l'expédition.

3.1. Paramètres technologique clés du processus de fabrication au niveau de l'onduleuse

Afin d'obtenir des plaques en carton ondulé conformes aux normes de la réglementation en vigueur, il existe six paramètres technologiques clés qui jouent un rôle très important dans le processus de fabrication du carton ondulé. Ces paramètres doivent être respectés minutieusement en suivant les intervalles et les normes en vigueur.

- **Tension**

Assurer une tension optimale du papier est essentiel pour garantir un contact efficace entre sa surface et les différents cylindres chauffés, tels que les préchauffeurs et la presse lisse, afin d'obtenir un collage de meilleure qualité. En effet, cette tension permet d'obtenir une température homogène sur l'ensemble de la laize. Par conséquent, le freinage des bobines peut affecter la température du papier. Il est donc crucial d'adapter la tension du papier en fonction du grammage, du type de papier (Kraft, test-liner, etc.) et de la laize pour obtenir les meilleurs résultats.

- **Chaleur**

Le préchauffage du papier couverture et le pré-conditionnement du papier cannelure sont deux étapes importantes dans le processus de production de papier. Des cylindres chauffés à la vapeur sont utilisés pour chauffer le papier, car la vapeur est un fluide pratique pour transférer de l'énergie thermique. La vapeur est produite dans une chaudière à une pression spécifique, sachant que plus la pression est élevée, plus la température de

transformation du liquide en vapeur est élevée.

- **Vitesse**

Afin d'être compétitive sur le marché du carton ondulé, l'onduleuse doit maintenir une vitesse de production comprise entre 200 et 400 mètres par minute, en tenant compte des périodes d'inactivité telles que les pauses et les ajustements techniques. Par conséquent, pour respecter cette plage de vitesses, la machine doit fonctionner à une vitesse minimale de 250 mètres par minute.

- **Pression**

Le train onduleur utilise trois types de pression : la pression pneumatique générée par un compresseur, la pression hydraulique et la pression de vapeur d'eau issue de la chaudière. Les opérateurs peuvent ajuster les rouleaux de pression pour appliquer une force spécifique en fonction des exigences de production.

La pression peut être ajustée en modifiant la vitesse de la machine, Ces réglages sont effectués pour obtenir la pression optimale nécessaire pour produire un carton ondulé de haute qualité.

Cependant, il est important de noter que le réglage de la pression doit être effectué avec précaution pour éviter une pression excessive, qui pourrait endommager le carton ondulé, ou une pression insuffisante, qui pourrait entraîner des problèmes de qualité dans l'emballage final. Les opérateurs doivent donc ajuster la pression avec soin pour garantir la production d'un carton ondulé de haute qualité.

- **Humidité**

L'humidité est un paramètre crucial dans la fabrication de la plaque de carton ondulé, car elle varie d'une bobine à l'autre en fonction du type de papier, du grammage, de la laize, de la qualité du papier, ainsi que de sa capacité d'absorption d'eau. Lorsque la bobine arrive dans le stock principal, elle conserve en moyenne l'humidité présente à son arrivée. Pendant son transport depuis le lieu de fabrication, la bobine est soigneusement enroulée pour préserver son humidité et éviter la pénétration de l'air. Il convient de noter que l'humidité indiquée sur l'étiquette de la bobine peut différer de celle mesurée dans le stock principal et temporaire en raison des conditions de transport depuis le fournisseur jusqu'à l'entreprise, de la longue distance parcourue et des conditions de stockage. Par conséquent, il est essentiel de surveiller régulièrement le niveau d'humidité des bobines pour garantir la qualité constante du carton ondulé.

Au niveau de l'onduleuse, le papier subit plusieurs modifications d'humidité. Tout d'abord, l'excès d'humidité est éliminé à chaque passage du papier couverture par les préchauffeurs et du papier cannelure par le pré-conditionneur. Ensuite, l'excès d'humidité de la nappe est éliminé par le pont magasin et les tables chauffantes. La colle joue un rôle crucial dans la régulation de l'humidité de la plaque de carton ondulé, car elle peut contribuer à la perte ou au gain d'humidité. En effet, la tension de la bobine et la vitesse de la machine ont une influence sur l'humidité résiduelle du papier. Il est important de noter que la norme d'humidité du papier couverture et de la cannelure est respectivement de 6% à 9% et de 7% à 10%. L'humidité est considérée comme le facteur le plus important dans les défauts de qualité de la plaque de carton ondulé produite.

- **Paramètre de colle**

La fonction de la colle au niveau de l'onduleuse est de joindre la cannelure et la couverture pour former la nappe Simple Face (SF), de joindre la SF et la couverture externe pour obtenir la double face (DF), et de joindre cette dernière avec une seconde SF pour obtenir la double-double face (DDF). Une seule recette de colle est utilisée pour les nappes simple et double face. Deux types de collage sont possibles sur l'onduleuse : un collage rapide réalisé par la presse lisse, et un collage lent à la table chauffante. La quantité de colle appliquée est limitée par la distance entre le doseur et l'encolleur, qui est influencée par la vitesse de la machine.

3.2. Contraintes rencontrées lors de la fabrication de la plaque en carton ondulé

3.2.1. Contraintes rencontrées au niveau de l'onduleuse

Les matériaux utilisés dans la technologie de fabrication et de transformation du carton ondulé sont soumis à des contraintes mécaniques rigoureuses, en particulier pour la cannelure. La qualité du carton produit dépend non seulement des matériaux utilisés, mais également du réglage des paramètres tels que la tension, la pression, la vitesse, la chaleur et l'humidité. De plus, la qualité du produit final dépend en grande partie des composants des papiers utilisés. La plaque de carton subit une série d'opérations entre la sortie de l'onduleuse et le colisage, sur les machines de transformation et de transfert. Néanmoins, ces opérations peuvent endommager le matériau si elles ne sont pas réalisées avec

précaution. Bien que certaines contraintes technologiques soient inévitables, d'autres risques peuvent être considérablement réduits grâce à une attention particulière portée aux différentes étapes de transformation. Le personnel joue un rôle clé dans la préservation de la qualité du carton, notamment en ajustant les paramètres des équipements d'impression, de découpe et de transfert pour éviter un écrasement excessif des plaques.

- **Tuilage** : c'est un phénomène qui peut se produire sur la plaque de carton ondulé après sa sortie de l'onduleuse ou avant sa transformation, en raison d'une différence excessive d'humidité entre les couvertures. Ce phénomène peut prendre diverses formes et ralentir considérablement la cadence de production des machines de transformation, ce qui constitue un handicap important. Bien que le réglage de l'onduleuse puisse parfois éliminer ou réduire ce phénomène, il peut rester inefficace dans certains cas, notamment lorsque les couvertures présentent des différences de grammage et d'humidité très importantes, ce qui peut entraîner le déclassement des bobines.
- **Collage défectueux** : Le collage du carton ondulé peut se présenter sous différentes formes problématiques. Parmi ceux-ci, on peut citer :
 - 1- Le décollement de la couverture lors de la fabrication, qui est dû à la fragilité du joint de colle humide, en particulier sur une simple face. Ce problème est causé par la vitesse de production.
 - 2- Le collage insuffisant, qui peut être localisé sur des zones telles que les soufflures ou les bordures, ou même étendu sur toute la laize. Ce problème est dû à un dépôt de colle insuffisant sur l'un des composants, à une mauvaise synchronisation du processus de gélification de la colle ; la cristallisation de la colle qui est due à la température trop élevée dépassant la norme réglementaire qui a un effet négatif sur la colle mais aussi sur les couvertures et cannelures, la colle devient alors cristalline qui donne un résultat sur la plaque de carton trop cassante et sèche.
- **Écrasement** : Au cours de son parcours dans l'onduleuse, la plaque de carton peut subir des écrasements. Cette déformation peut survenir à plusieurs endroits tels que la presse lisse, la cassette, l'encolleur, les tables chauffantes, l'introducteur et les ballets. Ces zones sont particulièrement sensibles et requièrent une attention particulière pour éviter les défauts de qualité du carton ondulé.
- **Déchirure du papier** : Il est fréquent que le papier se déchire pendant le déroulement

de la bobine en raison de la tension exercée par chaque porte-bobine sur le papier. Cette anomalie est particulièrement observée avec le papier pour cannelure, car il est composé à 100% de papier recyclé ou contient un pourcentage élevé de papier recyclé. De plus, la désynchronisation des vitesses entre les différents compartiments peut provoquer la rupture ou le bourrage de la nappe.

3.2.2. Contraintes mécaniques

Le produit fini est soumis aux différents tests afin de déterminer ses propriétés et de s'assurer de la bonne qualité résistante aux différents tests de la qualité, notamment :

3.2.2.1. Résistance à la compression sur chant du carton ondulé (ECT)

La résistance à la compression sur chant du carton ondulé se réfère à la force maximale qu'une éprouvette peut supporter avant de s'écraser, lorsque celle-ci est placée sur une tranche et que la force est appliquée sur la tranche opposée, dans des conditions spécifiques. Il convient de noter que l'ECT peut être affectée par divers facteurs tels que le rainage, l'impression et la manipulation du carton lors de la transformation en emballage, ainsi que lors de l'utilisation de l'emballage lui-même. Pour mesurer la résistance à la compression sur chant, une éprouvette rectangulaire du carton ondulé est placée entre les plateaux d'un appareil de compression, avec les cannelures perpendiculaires aux plateaux, et soumise à une force de compression croissante jusqu'à ce qu'elle se rompe. La force maximale supportée par l'éprouvette est enregistrée et la résistance à la compression sur chant est calculée. Ce test ECT est réalisé selon la norme FEFCO [19], [20].



Figure n°18 : Eprouvettes pour test ECT



Figure n°19 : Machine ECT

Pour calculer la résistance à la compression de chant R , en kilonewtons par mètre on utilise la formule ci-dessous où F est la charge maximale en Newtons et L est la longueur de l'éprouvette en millimètres (ici $L = 100$).

$$R = \frac{F}{L} \text{ kN/m}$$

3.2.2.2. Résistance au gerbage

La RCV (Résistance à la compression verticale) est un critère important pour mesurer les performances mécaniques d'une caisse en carton et évaluer sa capacité à supporter des empilements « gerbage ». Cette résistance est influencée par plusieurs facteurs, tels que la forme de l'emballage (par exemple pour les caisses à rabats, la hauteur, le périmètre, le sens des cannelures et l'aménagement intérieur doivent être pris en compte), ainsi que le type de cannelure utilisé pour la structure de l'ondulé. La RCV peut être utilisée pour évaluer la qualité et la résistance des emballages en carton, afin de s'assurer qu'ils peuvent résister aux contraintes et aux charges auxquelles ils seront soumis pendant le transport et le stockage [21], [22].

❖ **La RCV pratique** est obtenu en utilisant un appareil et en introduisant les données nécessaires (longueur, largeur, hauteur) elle nous donne la résistance exacte de la caisse au gerbage. (Figure n°20)

❖ **La RCV théorique** est calculée à l'aide de la valeur de l'ECT mesurée expérimentalement c'est-à-dire le ECT du carton avant le processus de transformation (plaque avant transformation). La formule théorique est la suivante :

$$\text{RCV (théorique)} = 5.3 * \text{ECT} * \sqrt{(L + D) * 2 * H} * E / 1.15 \quad \text{Tel que:}$$

L : est la longueur de la caisse.

D : est la largeur de la caisse.

H : est la hauteur de la caisse.

E : est l'épaisseur de la cannelure.



Figure n°20 : Machine RCV

3.2.2.3. Test de la compression à plat (FCT)

Il est nécessaire de mesurer la force de compression à plat d'une éprouvette circulaire de carton ondulé ayant une surface de 10 cm² ou de 100 cm² et ramener le résultat aux 100 cannelures par mètre, afin d'avoir une valeur comparable à d'autre effectuer ailleurs [23].

La résistance moyenne à la compression R est donnée par la formule suivante ;

$$R = F / (S / 100)$$

Tel que :

F : moyenne des forces (en N). **S** : surface de l'éprouvette (en cm²).

3.2.2.4. Pressions latérales

Les forces qui s'exercent sur l'emballage peuvent être soit externes soit internes, et peuvent causer une déformation des parois latérales. Cela peut accélérer le bombement de ces parois et réduire considérablement la RCV [24].

3.2.2.5. Vibrations

Les vibrations liées au transport peuvent causer une pression supplémentaire sur les angles et les parois de l'emballage, ce qui doit être pris en compte lors de l'estimation de la résistance à la compression verticale initiale requise [25].

3.2.2.6. Écrasement à plat du carton

Cette contrainte ne concerne que la cannelure et constitue un moyen permettant d'évaluer:

- La bonne formation des ondulations ;
- L'écrasement excessif de la plaque.

3.2.2.7. Chocs

La capacité d'amortissement de l'ondulé dépend de la force des impacts subis. Les emballages peuvent résister à plusieurs impacts, mais les manipulations et les processus de conditionnement automatisés peuvent causer des dommages tels que la déchirure ou la déformation des angles de l'emballage, affaiblissant ainsi la résistance à la compression verticale. Les points de faiblesse des parois peuvent être causés par l'enfoncement ou l'écrasement localisé des cannelures [25].

3.2.2.8. Absorbance

La perméabilité liquide du papier se réfère à sa capacité à permettre le passage de liquides, généralement de l'eau. Cette propriété est mesurée selon une méthode normalisée qui

n'inclut pas la vitesse d'absorption, et est exprimée en termes de "Cobb". Le test de Cobb mesure la quantité d'eau absorbée par une éprouvette de papier de 10 cm² pendant une période d'une minute sous une hauteur d'eau de 10 mm.

3.2.3. Contraintes climatiques

On retient en général trois types de conditions climatiques :

- **Conditions courantes** : l'humidité relative de l'air n'excède pas en moyenne 85 % HR, cas du climat continental.
- **Conditions sévères** : l'humidité relative est en permanence autour de 90 % HR, cas des fruits ou des produits frais en chambres froides avec humidité forcée ;
- **Conditions très sévères** : l'humidité relative est supérieure à 95 % HR ; point de rosée lors de chocs thermiques violents.

3.3. Évaluation de la qualité de la plaque

Cette étape est essentielle pour assurer la satisfaction du client et constitue une clé de l'évaluation de la réussite ou non du processus de fabrication. Pour effectuer cette évaluation, il est nécessaire de vérifier et de tester un ensemble de paramètres conformément aux normes réglementaires en vigueur.

3.3.1. Analyser les eaux entrantes et sortant de la chaudière

Les analyses des eaux de la chaudière d'un train onduleur ou lors de la fabrication du carton ondulé sont importantes pour contrôler la qualité de l'eau : L'eau utilisée dans la chaudière du train onduleur doit être de qualité suffisante pour éviter l'accumulation de dépôts et la corrosion des équipements. Les analyses permettent de mesurer la qualité de l'eau en termes de pH, de dureté, de teneur en oxygène dissous, de conductivité, etc.

Le retour condensat est un processus de récupération de la vapeur d'eau condensée puis réinjectée dans la chaudière pour réutilisation.

La bêche à eau permet de stocker l'eau de refroidissement de la machine, qui est ensuite acheminée par pompage vers les différentes stations de refroidissement de l'onduleuse. Cette opération permet de maintenir une température de fonctionnement optimale pour la machine.

L'adoucisseur permet de réduire la teneur en ions calcium et magnésium, qui sont à l'origine de la formation de tartre et de dépôts de calcaire dans les chaudières, Il consiste

à faire passer l'eau de chaudière à travers une résine échangeuse d'ions, qui permet de remplacer les ions calcium et magnésium par des ions sodium ou potassium. Cette résine est régénérée périodiquement grâce à une solution saline. Ainsi, l'adoucisseur joue un rôle crucial dans le maintien du bon fonctionnement des chaudières utilisées dans la production de carton, en prolongeant la durée de vie des équipements. Annex n° 01

3.3.2. Détermination du temps de passage

- On calcule le temps de passage de papier à travers d'un pré-chauffeur destiné à chauffer le papier d'une laize précise à une vitesse de 200m/min à partir de la formule suivante : Surface du cylindre (S) est égale $=2\pi r$.
- Il est important de calculer la quantité de chaleur transféré à travers d'un cylindre en acier d'une conductivité (λ), épaisseur (e) avec deux température (T1, T2).

Cette quantité est mesurée à partir de la loi de la puissance calorifique du cylindre par conduction.

Périmètre d'un cylindre est égale à $(2\pi r + L)*2$

Tel que : **r** : Rayon du cylindre est égale à 450mm ; **L** : Longueur du cylindre est égale à 2500mm
Surface = $2*3,14*0,45*2,5=7,07m^2$ Périmètre= $(2*3,14*0,45+2,5)*2=10,65 m$

3.3.3 Flux thermique transféré par préchauffeur

Flux thermique $=(\lambda/e)*S*(T1-T2)$ tel que :

Tel que : $\lambda = 50,2 w.m^{-1}.K^{-1}$ $e : 18mm$. Surface = $7,07m^2$

T1-T2 = (180+274)-(100+274)=454-374=80 K AN.

3.3.4. Détermination du pourcentage de tuilage

Le présent paramètre s'applique aux plaques en carton ondulé de toutes cannelures confondues. Afin de réaliser cette mesure on suit les étapes suivantes :

- Placer l'éprouvette en carton sur un support plat ;
- Mesurer les distances A et A/2 (expliquer les abréviations) en millimètre ;
- Tracer un angle de 90° au point A/2 avec la verticale pour déterminer la flèche max

H en millimètre.

$$\text{Tuilage (\%)} = H/A * 100$$

Tel que : **A**: laize de la plaque tuilé (mm) , **H** : hauteur du tuilage au point milieu de la laize avec un angle 90° en (mm)

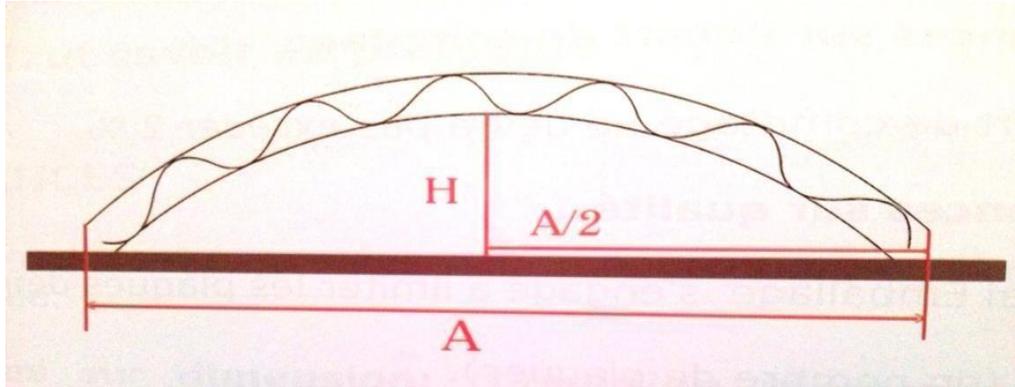


Figure n°21 : Schéma représentatif d'un tuilage [26]

3.4. Les non conformités de fabrication et de transformation du carton ondulé

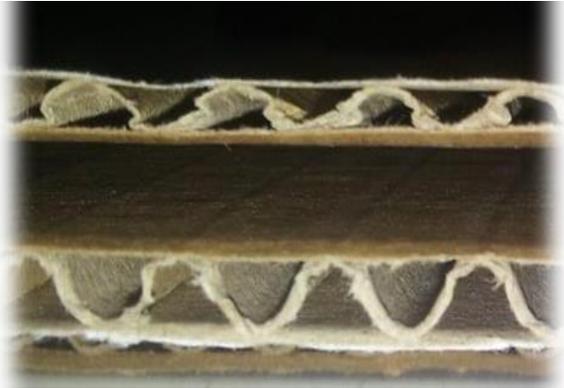
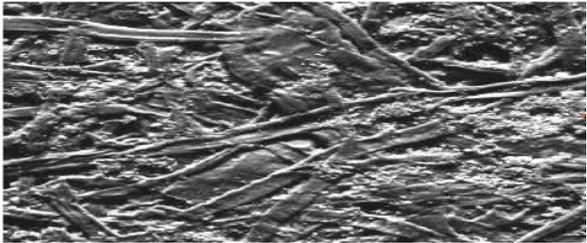
Lors de la fabrication et de la transformation du carton ondulé, nous avons rencontré plusieurs non-conformités pour lesquelles nous avons été en mesure de proposer des solutions efficaces afin de réduire voire éliminer l'impact de ces anomalies et de poursuivre la production. Annex III.

3.4.1 Anomalies rencontrées lors de la fabrication de carton ondulé

L'onduleuse peut subir des arrêts non programmés dus soit à des pannes mécaniques, fautes de manipulation ou à des défauts de l'un des constituants de fabrication. Pour cela le conducteur essaye de régler le défaut en minimisant le temps consommé à chaque fois que l'anomalie apparaît. Pendant la fabrication de carton ondulé, divers défauts peuvent survenir tels que le tuilage, un mauvais alignement, un mauvais collage des cannelures et couvertures, un bourrage, des dimensions incorrectes, des coupures et refoulements défectueux (en raison de l'usure des couteaux et refouleurs), etc.

Cette étude examine et rapporte les difficultés auxquelles un contrôleur de qualité peut être confronté pendant la production. Chaque problème est décrit en détail, avec une liste des solutions proposées pour y remédier. Le tableau IV regroupe les principales non-conformités rencontrées.

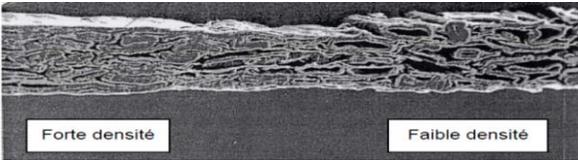
Le tableau III : Répertoire des non-conformités liées à la fabrication de la plaque

Les non conformités	Les Causes	Les solutions
<p>Le chauvauchement de nuance</p> 	<p>Le blanchiment de pate à papier</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliser la même bobine de papier blanc jusqu'à la fin de la commande. -Utiliser la même référence de bobine dans le cas où la première bobine vient de s'achever et que la commande est en cours de fabrication. -Eviter de passer les commandes en partielle. -Essayé de minimiser le nombre de fournisseur de papiers.
<p>Ecrasement de la cannelure</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvaise qualité du papier (non régide/ fragile) papier à faible grammage. -Trop de pression exercer sur la cannelure -La température de pré-conditionneur et préchauffeur n'est pas adequate (humidité) 	<ul style="list-style-type: none"> -Régler les paramètres machine. -Diminuer le taux d'humidité exercé sur la cannelure. -Eviter trop de pression au niveau de l'empileur. -Utiliser des anneaux cannelés en forme v.

Suite du tableau III : Répertoire des non-conformités liées à la fabrication de la plaque

Les non conformités	Les Causes	Les solutions
<p>Cheveux d'ange</p> 	<p>L'usur des couteaux circulaire</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Changer les lames des couteaux circulaire du train onduleur. - Changer les lames (utiliser des lames en dents de scie au lieu des lames standards). - Couper dans le sens de la cannelure.
<p>Tuillage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Gonflement du carton par l'humidité -Différence de vitesse de production entre la simple face et la double face -Mauvaise condition de stockage des plaques (milieu humide) -Le taux d'humidité de la bobine de papier non uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la tension de la bobine pour éviter un étirement et une distorsion de la plaque. - Contrôler la température et l'humidité. - Contrôler la température des préchauffeurs et pré-conditionneurs -Utiliser des matériaux de haute qualité.
<p>Mauvaise impression</p> 	<p>Taux d'humidité de la plaque très élevé</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôler l'environnement du stockage du papier. -Optimiser les réglages des températures entre le préconditionner et le préchauffeur. Optimiser les réglages entre la tension, la pression. -Eviter le stockage de la plaque à long terme

Suite du tableau III : Répertoire des non-conformités liées à la fabrication de la plaque

Les non conformités	Les Causes	Les solutions
<p>Plaque mal collées</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - La mauvaise qualité de la colle - Manque de colle au niveau de l'encolleur 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser une qualité de colle plus vicieuse ; - Vérifier le remplissage de l'encolleur ; - Utiliser la qualité de la colle adéquate par rapport à la qualité du carton utiliser (paraffiné).
<p>Mauvais alignement</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisation de bobines de papier différentes laizes -Rogne non programmée 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des bobines de papier de la même longueur. - Programmer la rogne dans le cas ou les bobines ne sont pas de la même longueur - Utiliser des rouleaux de support adéquats de bonne taille.
<p>Gerbage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - La non rigidité du carton - L'inadéquation du grammage du carton par rapport aux produits à emballés 	<p>Appliquer et respecter l'équation relative à la qualité du support du carton ondulé par rapport au poids du produit à emballé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un carton ondulé plus rigide et plus adéquat par rapport au produit à emballé (condition de stockage et condition de transport).

3.4.2. Anomalies rencontrées lors de la transformation du carton ondulé

Chez la **SARL Mery Carton**, le service de la qualité et les conducteurs des machines font face aux différentes anomalies relevant de l'impression, de la découpe, du pliage et du collage.

La qualité d'un emballage dépend principalement de certaines exigences, telles que :

- Les performances mécaniques normalisées ou non (par exemple, la tenue au gerbage, l'éclatement, etc.), qui peuvent être exigées par des estampilles ou des cahiers des charges clients.
- Les tolérances dimensionnelles, qui sont nécessaires pour la mécanisation.
- La présentation et l'aspect, qui incluent la forme géométrique et la qualité d'impression.

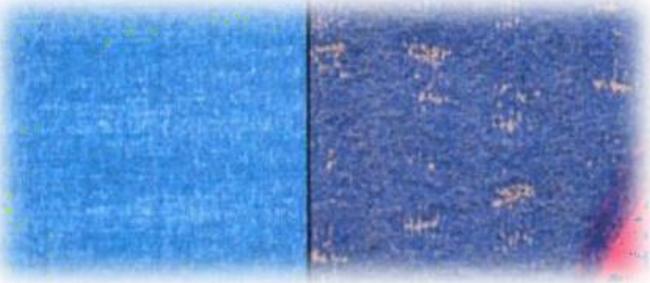
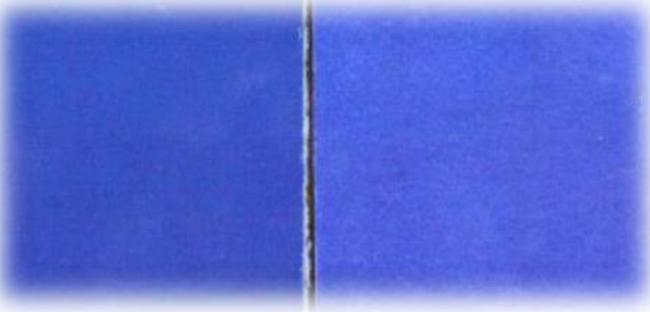
La forme de l'emballage, la structure de l'ondulé et le choix des papiers sont déterminés en fonction du type de contraintes auxquelles l'emballage sera soumis.

Pour prévenir et éviter les problèmes et défauts qui peuvent apparaître en aval de la transformation, le contrôleur qualité doit tout d'abord s'assurer de la conformité de la plaque à transformer avant chaque début de commande. Les tableaux IV-V-VI regroupe les principales non-conformités rencontrées liée à l'impression, à la découpe, au collage et au pliage.

Tableau IV : Les non-conformités liées à l'impression

Les non conformités	Les solutions
<p>Détrempe de la première encre par la deuxième</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Eviter la surimpression des couleurs foncé sur les couleurs claire l'ors du traitement des séparations du cliché, (il faut éviter d'imprimer le jaune là où le noir doit être imprimé). -Augmenter la vitesse de séchage de la première encre en utilisant un accélérateur de séchage. -Baisser la viscosité de la 1^{ère} encre. -Augmenter le dépôt de la 2^{ème} encre. -Diminuer ou augmenter le volume de l'anilox. -Passer en mode skeep feed pour la 2^{ème} encre. -Changer les groupes imprimeurs pour les deux cliches
<p>Maculage/Résistance à l'abrasion</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliser des encres à séchage rapide. -Baisser la viscosité de la 1^{re} encre. -Diminuer le dépôt d'encre (serrage du racle). -Utiliser des encres plus siccatives « cataliseurs ». -Diminuer la vitesse de la machine et le volume entre l'anilox et le cylindre porte cliché. - Ajuster le réglage entre la racle et l'anilox
<p>Strie</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Ajuster la pression de la chambre à racle. -Remplacer ou nettoyer l'anilox s'il est usé. -Augmenter la viscosité de l'encre avec de l'encre neuve. -Exercé une pression sur le cliché.

Suite du tableau IV : Les non-conformités liées à l'impression

Les non conformités	Les solutions
<p data-bbox="315 347 674 376">L'impression non homogène</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Exercé une pression sur le cliché support d'impression. - Augmenter l'épaisseur du film d'encre. - Augmenter la viscosité de l'encre. - Augmenter l'apport d'encre par réglage de l'encrage. - Choisir un anilox apportant plus de volume. - Choisir une encre mieux adaptée au support d'impression.
<p data-bbox="344 721 696 750">Perte de puissance colorant</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Eviter l'excès d'eau lors de la préparation de l'encre - Contrôler le système de distribution d'eau sur le système de distribution de l'encre. - Remplacer l'encre ou ajouter de l'encre neuve non diluée. - Nettoyer ou remplacer l'anilox (anilox usé ou dégradé).-Augmenter le dépôt d'encre

Suite du tableau IV: Les non-conformités liées à l'impression

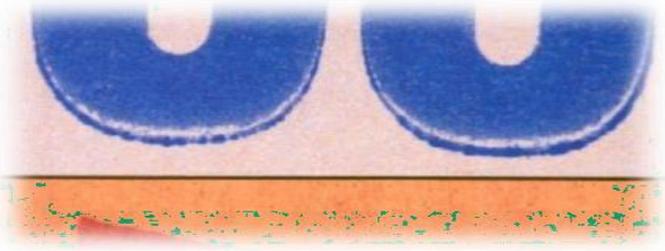
Les non conformités	Les solutions
<p data-bbox="472 360 546 384" style="text-align: center;">Halos</p> 	<ul style="list-style-type: none">- Réduire la pression entre le cliché et le support d'impression.- Réduire la pression entre l'anilox et le cliché.- Contrôler l'état de la surface du cliché.- Renouveler le cliché usé par écrasement répétitif.
<p data-bbox="367 675 645 699" style="text-align: center;">Manque d'impression</p> 	<ul style="list-style-type: none">- Nettoyer et déboucher les pompes d'encre des imprimantes- Remplacer les pompes par des neuves

Tableau V : Les non conformités liée à la découpe

Les non conformités	Les solutions
<p data-bbox="344 288 607 320">Décalage de découpe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier le centrage de l'impression par rapport à la découpe. -Vérifier si le cliché et la FDC sont adéquats et conformes -Vérifier convenablement les réglages de la machine. -S'assurer que les margeurs n'inversent pas la plaque imprimée en l'introduisant dans la machine à découpe.
<p data-bbox="344 596 689 628">Renversement de la plaque</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Eviter le renversement des plaques après impression -Empiler les plaques sur le même sens
<p data-bbox="376 968 622 1000">Mauvais épluchage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Ajouter des mises dans les endroits où les filets sont usés. -Exercer une pression sur la découpe. -Remplacer les filets coupants par des filets neufs.

Suite du tableau V Les non conformités liée à la découpe

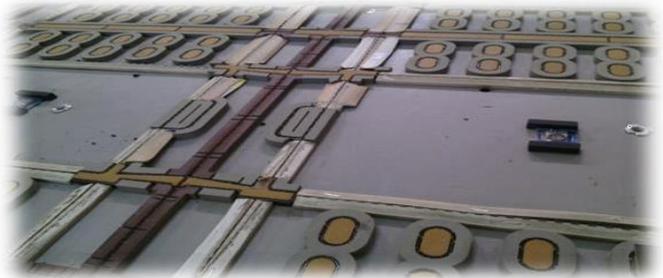
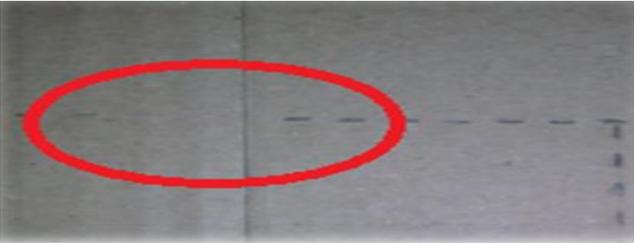
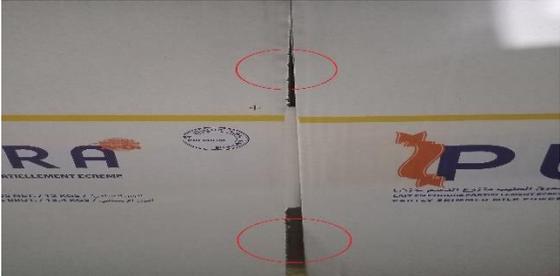
Les non conformités	Les solutions
<p data-bbox="479 300 647 323">L'éclatement</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -S'assurer que la conception de l'emballage doit être adaptée en fonction du produit à emballer. -Contrôler la conformité de la plaque. -Respecter le Type de cannelure à utiliser par rapport aux types des filet sur la FDC. -Respecter le sens de cannelure. -Utiliser des gommés plus dures autour des refouleurs. -Utiliser les filet coupants et refouleurs de bonne qualité. -Diminuer la pression de la contrepartie.
<p data-bbox="338 687 792 711">Dégradation de la forme de découpe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Réparer la FDC -Renouveler complètement la FDC (durée de vie 1 millionde frappes). -Respecter le tonnage de la FDC (4 tonnes par 1 million de frappes).
<p data-bbox="304 1054 725 1078">Non-conformité des prés découpe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -S'assurer que le type de perforateur utilisé dans la FDC est compatible avec le profil de la cannelure de la plaque de carton ondulé. -S'assurer de la conformité de la plaque de carton ondulé. -Remplacer le perforateur usé par un nouveau.

Tableau VI : Les non-conformités liées au collage et au pliage

Les non conformités	Les solutions
<p>Débordement de la colle</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire le volume de la colle émise. - S'assurer que la colle est appliquée au bon endroit sur l'emballage. - Réduire le nombre de points de colle utilisés. - Introduire les bonnes mesures dimensionnelles dans le dispositif de collage de la machine.
<p>Mal collée</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer et débouché le sabeau de colle. - Réduire la viscosité de la colle si elle est trop épaisse pour éviter les obstructions dans les buses d'application de colle.
<p>Mauvais pliage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier l'alignement des rouleaux : Les rouleaux de la machine de transformation doivent être correctement alignés pour éviter toute déformation du carton ondulé pendant le processus de production. -Utiliser des techniques de pliage adaptées. -Régler manuellement et correctement les bras de pliage. -Ecraser les refouleurs et les prés refouleurs au niveau du slotter.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

La présente recherche avait pour objectif d'aborder les principaux facteurs influençant la solidité et la performance d'un conteneur en carton ondulé, notamment les propriétés mécaniques, le protocole de contrôle de la qualité tout au long de la fabrication et de la transformation, la précision de la machine et le facteur humain impliqué dans le processus de production. Autrement dit l'assurance du respect des fonctions attendues d'un emballage implique le maintien de sa qualité.

Nous avons pu constater, à la fin de ce travail et au cours de mon parcours professionnel dans la fabrication et la transformation du carton ondulé, que l'onduleur doit concevoir l'emballage en réalisant le meilleur compromis entre les exigences techniques et la bonne qualité du produit fini, que ce soit en termes de rigidité, d'impression, de découpe ou autre, dépend principalement de la qualité de la plaque en carton ondulé semi-finie.

La qualité de la plaque en carton ondulé semi-finie dépend de plusieurs facteurs tels que l'ondulation de la cannelure, les réglages des machines, et la composition (type de papier, grammage) en fonction du produit emballé, du poids, et des paramètres logistiques déployés. Les résultats soulignent que la qualité et la composition de la plaque sont des éléments clés pour garantir la qualité du produit fini. La qualité du papier utilisé, y compris la densité, le couchage et le calandrage, joue également un rôle crucial dans la qualité de l'emballage final.

Cependant, il n'y a pas de règle générale ou de formule/solution toute-faite pour déterminer avec certitude le choix optimal de cartons ondulés et de composants papier répondant aux types de contraintes supportées par l'emballage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [2] Glomb J.W., Mulligan D.D., Arridge R.G.C., McCartney L.N., O'Halloran M.R., Prevorsek D.C., Mills P.J., 1994, Paper and paperboard, Concise Encyclopedia of CompositeMaterials, Pages 225-248.
- [4] Lenes M., Andersen I., and Stenbacka U., 2001, Deposition of secondary stickies in DIP and TMP suspensions. Proc. 11th ISPWPC International Symposium on wood and PulpingChemistry, Nice, France, pp. 111-114.
- [5] Allen L.H., 2002, Deposition synergy between mechanical and deinked pulps. Proc. TAPPI Technology summit, Atlanta, USA, March 3-7.
- [6] Johnsen I.A., Lenes M., and Magnusson L., 2004, Stabilization of colloidal wood resin bydissolved materiel from TMP. Nordic Pulp and Paper Res. J. vol. 19 p. 22-28.
- [7] Dechandt A, Watkins T. et Pruszynski P., 2004, Total approach to deposit control on newsprint machine using TMP and DIP pulp mix – from specialized fication of individual pulps to retention. Appita, pp.13-18.
- [8] Cael C. 2012, Compréhension des mécanismes de déstabilisation des substances dissoutes et colloïdales contenues dans les mélanges de pâtes à papier recyclée et mécanique en vue de proposer des solutions pour limiter le nombre de casses stickies, Thèse soutenue publiquement à l'Université de Lorraine.
- [9] Bernot É. et Houssou M., 2013, Guide pratique autour du carton, A4 Technologie.
- [10] ECOFOLIO, Tous les papiers ont droit à plusieurs vies, L'histoire du papier.
- [11] Conseil de l'industrie forestière du Quebec, Le papier, Découvrez les 5 étapes de fabrication.
- [12] Dodson C. T. J., 1970, The nature of bonds in paper and the behaviour of paper undermechanical strain, Reports on progress in physics, pp 4-6.
- [13] Tourette E., 2007, Etude mécanique et physico-chimique du contact rouleau – papier lors du calandrage, Thèse dirigée par Darque-Ceretti E. et Felder E. Ecole des mines de Paris.
- [14] Escourrou R., 2012, La fabrication du papier. Collection Armand Colin, CAC, Paris.
- [15] Browne T.C., Crotogino R.H., 2001, Future directions in calendaring research, 12th Fundamental Research Symposium, vol.2, pp.1001-1036, Oxford, United-Kingdom.

- [16] AFIFOR (Association Filière Formation), Le guide de la filière carton ondulé. Paris
- [17] Organisation de Maintenance – Etude CAPITOLE – Correction. Etude des méthodes de maintenance.
- [18] Union syndicale française du carton ondulé, 1996, Emballages en carton ondulé, Techniques de l'ingénieur, réf. A9765.
- [19] Holik H., 2006, Handbook of Paper and Board, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, Pages 465-493.
- [20] Jimenez M. A., Liarte E., 2003, Simulation of the Edge Crush Test of corrugated paper board using ABAQUS, Instituto Tecnológico de Aragón Área de Mecánica y Nuevos Materiales C/ Maria de Luna 8, 50018 Zaragoza.
- [21] Frank B., 2014, Corrugated box compression - A literature survey. Packag. Technol. Sci., vol. 27, n° 2, pp. 105–128.
- [22] McKee R. C., Ganer J. W. et Wachuta J. R.. 1963, Compression strength formula for corrugated boxes. Perform. Eval. Shipp. Contain., vol. 48, n° 8, pp. 62–73.
- [23] Luong V. D., 2020, Etude expérimentale et modélisation numérique des phénomènes d'endommagement par fatigue des emballages. Thèse dirigée par Abbès B. et Erre D., Université de Reims Champagne-Ardenne.
- [24] Institut Belge de l'Emballage, 2017, Dossier : Essais sur carton ondulé.
- [25] Bouakil A., 2000, Le Carton Ondulé, Formation des commerciaux, Générale Emballage.
- [27] Hernandez R.J., Selke S.E., 2001, Packaging Corrugated Paperboard, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, Pages 6637-6642.

Références webographiques

- [1] <https://www.fefco.org/carton-ondule>
- [3] <https://fr.statista.com/statistiques/561149/consommation-mondiale-papiers-cartons/>
- [26] www.generalemballage.com

ANNEXES

Annexe I : Le rapport d'analyse des eaux de chaudière

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Pression de la chaudière (bar)				13						
Température bûche eau (C°)				96						
Pression eau Entré (bar)				3						
Pourcentage du produit analyflux (%)				30						
Bulletins d'analyses des eaux.										
Paramètre	1-Adoucisseur		2-bûche alimentaire		3- chaudière (NF 3813)		4-Retour condensat (NF 3813)			
	12:30H	Norme	12:30H	Norme	12:30H	Norme	12:30H	Norme		
PH à 20C	9,3	8à9	8,4	8,3-12,5	8,4	10,5-12,5	8,2	8,5-12,5		
TH	0	<0,5	0	<0,5	0	<0,5	0	<0,5		
TA (F°)	4		5,6		46,8	50à80	5,2			
TAC (F°)	34,4		28,4		54,8	80/120	14			
NACL (F°)	13,2	<140	8,8	<140	21	<140	12,0	<140		
TA/TAC	0,11	<0,7	0,20	<0,7	0,39	>0,7	0,37	<0,7		
Conductivité (Microsemence/centimètre carré)						<7000				
	12.02.2020	13.02.2020	16.02.2020	17.02.2020	27.02.2020					

Annexe III : Les procès-verbaux des réclamations du mois de mai.

Procès-verbaux des réclamations du mois de mai.

Problème	Client	Désignation	Pertinent	Solution	Observation
Nuance	Plusieurs	Plusieurs	Oui	Réclamation fournisseur	*Même livraison *même palette



Suite de l'Annexe III : Les procès-verbaux des réclamations du mois de mai.

Problème	Client	Désignation	Pertinent	Causes	Solution
Nuance	SNAIC	HENA BENT RIF	Oui	1- passage skip fild 2- debut de commandes 3- redémarrage après un arrêt machine	



Problème	Client	Désignation	Pertinent	Causes	Solution
<u>texte</u>	fettal	<u>mojito</u>	<u>non</u>	1- Erreur sur le code clique 2- Manque de concentration lors de la vérification	



Suite de l'Annexe III : Les procès-verbaux des réclamations du mois de mai.

Procès-verbaux des réclamations du mois de mai.

Problème	Client	Désignation	Pertinent	Solution	Observation
Nuance	Plusieurs	Plusieurs	Oui	Réclamation fournisseur	*Même livraison *même palette



Résumé

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur la fabrication de la matière première "bobine", du produit semi-fini "plaque" et du produit fini "carton ondulé", en identifiant les étapes clés et les processus spécifiques impliqués dans leur production. Ainsi, nous nous posons la question suivante : Comment peut-on optimiser les processus de fabrication du carton ondulé pour améliorer la qualité, la durabilité et l'efficacité de production de l'emballage final ?

Afin de répondre à cette question de recherche, la méthodologie adoptée dans cette étude consiste à examiner de manière approfondie les facteurs clés qui influencent la solidité et la performance d'un conteneur en carton ondulé. Ces facteurs incluent notamment les propriétés mécaniques et la composition du matériau, le contrôle de la qualité tout au long du processus de fabrication, la précision des machines utilisées et le rôle des facteurs humains dans le processus de production. En analysant ces facteurs, nous pourrions mieux comprendre comment garantir la qualité et la solidité de l'emballage final.

Les résultats ont montré que la qualité et la composition de la plaque en carton ondulé semi-finie est essentielle pour garantir la qualité du produit fini en termes de rigidité, d'impression, de découpe et d'autres aspects. La qualité de la plaque dépend de la qualité de l'ondulation de la cannelure, des réglages des paramètres des machines et de la composition appropriée en termes de type de papier et de grammage. La qualité du papier utilisé, en particulier la densité, le couchage et le calandrage, est également importante.

Mots clés : emballage, carton ondulé, produit semi-fini, produit fini, papier, qualité, plaque

Abstract

In this study, we focused on the production of the raw material "reel", the semi-finished product "plate", and the finished product "corrugated cardboard", identifying the key steps and specific processes involved in their production. Thus, we ask the following question: How can we optimize the manufacturing processes of corrugated cardboard to improve the quality, durability, and production efficiency of the final packaging?

To answer this research question, the methodology adopted in this study involves examining in-depth the key factors that influence the strength and performance of a corrugated cardboard container. These factors include the mechanical properties and composition of the material, quality control throughout the manufacturing process, precision of the machines used, and the role of human factors in the production process. By analyzing these factors, we can better understand how to ensure the quality and strength of the final packaging.

The results showed that the quality and composition of the semi-finished corrugated cardboard plate are essential to ensure the quality of the finished product in terms of stiffness, printing, cutting, and other aspects. The quality of the plate depends on the quality of the corrugation of the flute, machine parameter settings, and appropriate composition in terms of paper type and weight. The quality of the paper used, particularly density, coating, and calendaring, is also important.

Keywords: packaging, corrugated cardboard, semi-finished product, finished product, paper, quality, plate.