



## Mémoire de Master

Présenté par :

- Ben Arab Rosa
- Souami Melkhir

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : Chimie des matériaux*

### ***Thème***

Etude de l'impact des caractéristiques du papier sur  
la résistance de la caisse Américaine

Soutenu le : 28/06/2016

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mme Hamida. ISSAADI	CHIMIE	Présidente
Mme Farida. DJERADA	CHIMIE	Examinatrice
Mme Nouria. DJAMA	CHIMIE	Encadreur
Mme Samia. BOUKHEDDAMI	Entreprise Général Emballage	Encadreur

## *Remerciements*

*Dieu merci le tout puissant de nous avoir donnés le courage, la patience et la volonté pour effectuer ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Mme Djama Noria pour avoir dirigé ce travail, pour son aide précieuse, sa disponibilité et son dévouement à notre travail.*

*Nous tenons aussi à remercier Mme Boukheddami Samia notre Co-promotrice et ses collègues au sein de l'entreprise Général Emballage pour leur aide pendant notre stage pratique et leurs conseils et remarques.*

*Nous tenons également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.*

*Nous remercions chaleureusement nos amis pour leur aide et à toutes les personnes qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'accomplissement de ce travail.*

*Enfin un grand merci à nos familles, merci d'être présentes à nos cotés et de croire en nous.*

*Dédicace*

*Je dédie ce travail de plus profond de mon coeur :*

*Adieu le tout puissant, à qui je dois tout, et surtout d'avoir honoré et éclairé mon  
chemin par le savoir;*

*A la Mémoire de mon père et que dieu l'accueille dans son vaste paradis, repose en paix;*

*A ma chère mère adorée et que dieu la garde pour moi;*

*A mes très chers frères : Said, Rafik et Sofi;*

*A mon très cher frère Hocine et sa femme Hania;*

*A ma chère sœur : Safia;*

*A ma chère sœur Sabrina, son Mari et leurs enfants Salas, Massnssen et Numidia;*

*A ma grand-mère : Yaya aldja;*

*A toi Melkhir et à toute ta famille;*

*A tous mes amis.*

*A toute la promotion de chimie des matériaux 2016.*

**ROZA**

*Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, à qui revient tout le mérite , avec tout mon amour et admiration.*

*Leur encouragement, leur soutien moral et leur amour ont été décisifs pour que je puisse vaincre mes limitations et atteindre mes objectifs.*

*à tous mes cher(e)s frères et sœurs qui ont été tout le temps la pour moi*

*A tous mes chers neveux que j'aime tellement*

*A la mémoire de mon cher oncle Dadda Hamza*

*A mes cousins*

*Enfin je dédie ce travail aussi*

*d'une façon très spéciale a tous mes amis : Roza, Hanane, Asia, Kahina et Tarek qui m' ont offert un précieux soutien au cours de cette année et à toute la promotion de chimie des matériaux.*

*Melkhir*

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Histoire du papier et du carton.....	2
<b>Figure 2</b> : Structure de fibres ordonnées du bois .....	3
<b>Figure 3</b> : Les principales pâtes fabriquées industriellement.....	6
<b>Figure 4</b> : Les types de liaisons hydrogène sur les surfaces des fibres adjacentes .....	6
<b>Figure 5</b> : La structure du carton ondulé .....	8
<b>Figure 6</b> : Exemple de structure du carton ondulé .....	8
<b>Figure 7</b> : Caractéristiques du carton ondulé .....	10
<b>Figure 8</b> : Principe du collage .....	12
<b>Figure 9</b> : Principe de la flexographie.....	13
<b>Figure 10</b> : Vue générale d'un train onduleur pour la fabrication du carton ondulé .....	15
<b>Figure 11</b> : Fabrication du carton ondulé simple face .....	16
<b>Figure 12</b> : Taux d'utilisation de papier et cartons recyclés .....	18
<b>Figure 13</b> : La variation d'ECT en fonction: (a) de la densité des couvertures. (b) de la densité de la cannelure .....	20
<b>Figure 14</b> : La compression sur chant (test de l'ECT) .....	22
<b>Figure 15</b> : La résistance à l'écrasement à plat .....	22
<b>Figure 16</b> : Les caisses pour les produits sensibles à la pression doivent posséder une rigidité .....	27
<b>Figure 17</b> : Les conséquences de la chute d'une caisse de pastilles céramiques d'une hauteur de trois mètres .....	27
<b>Figure 18</b> : La déformation des parois d'une caisse en fonction du temps .....	28
<b>Figure 19</b> : L'allure de la résistance du carton ondulé à la compression ECT en fonction de sa teneur en humidité .....	29
<b>Figure 20</b> : L'effet de l'humidité sur l'éclatement .....	30

<b>Figure 21</b> : Principe de détermination de la teneur en humidité sur la bobine .....	34
<b>Figure 22</b> : La balance et la découpeuse utilisées pour la détermination du grammage .....	35
<b>Figure 23</b> : Le rouleau métallique et l'équipement Cobb .....	36
<b>Figure 24</b> : Principe de détermination de la résistance à l'éclatement .....	37
<b>Figure 25</b> : Principe de la CMT .....	38
<b>Figure 26</b> : Le sens de la cannelure sur la crémaillère .....	38
<b>Figure 27</b> : Collage des cannelures à l'aide d'un adhésif pour garder leur forme .....	39
<b>Figure 28</b> : Le micromètre qui mesure l'épaisseur .....	40
<b>Figure 29</b> : Principe de l'ECT .....	41
<b>Figure 30</b> : Principe de la FCT .....	42
<b>Figure 31</b> : Principe de la RVC .....	43
<b>Figure 32</b> : La comparaison entre la RCV théorique et la RCV pratique .....	53
<b>Figure 33</b> : L'effet de l'humidité sur la RCV .....	54
<b>Figure 34</b> : L'effet du type de papier couverture sur la RCV .....	55
<b>Figure 35</b> : L'impact du blanchiment sur la RCV de la caisse américaine .....	56
<b>Figure 36</b> : Effet de la durée de stockage sur la RCV .....	57
<b>Figure 37</b> : L'impact des dimensions de la caisse américaine sur la résistance à la compression verticale .....	58

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Comparaison des propriétés sélectionnées de bois et de papier .....	3
<b>Tableau 2</b> : Les types de fibres du bois .....	5
<b>Tableau 3</b> : Les caractéristiques des différents profils .....	10
<b>Tableau 4</b> : Les différentes qualités du papier et leur grammage .....	14
<b>Tableau 5</b> : Effet du stockage .....	25
<b>Tableau 6</b> : Les différents types de papiers utilisés .....	38
<b>Tableau 7</b> : Les tests effectués sur les papiers utilisés.....	38
<b>Tableau 8</b> : Les différents tests effectués sur la plaque et la caisse .....	39
<b>Tableau 9</b> : Les résultats des tests effectués sur le Kraftliner.....	50
<b>Tableau 10</b> : Les résultats des tests effectués sur le Semi-Kraft.....	51
<b>Tableau 11</b> : Les résultats des tests effectués sur le papier cannelure Hydrosaica .....	52
<b>Tableau 12</b> : Les résultats des tests effectués sur la plaque du carton ondulé .....	52
<b>Tableau 13</b> : Les résultats du test effectué sur la caisse (produit fini) .....	53
<b>Tableau 14</b> : Les résultats du ratio L/l sur la RCV .....	58

## **Abréviations**

KE : kraftécru.

HS : Hydrosaica.

TE: Test liner

TB: Test blanc

SM: Semi Kraft

SKB: Semi kraft blanc

FL: Fluting

DS: Duo saica

SK: Saica kraft

CMT : Résistance à plat de la cannelure.

ECT: Résistance à la compression sur chant(Edge Cruch test)

RVC: Résistance à la compression verticale

BCT: Box Compression Test

RMP : Pâte mécanique raffinée (Refined Mechanical Pulp)

TMP : Pâte thermo-mécanique (thermo Mechanical Pulp)

CMTP : Pâtes chimico-thermomécaniques (Chemical thermomécanical Pulp )

CO : Carton ondulé

HR: Humidité relative

FEFCO: Fédération européenne des fabricants de carton ondulé

ISO: International Standard Organization



# *Sommaire*

## Sommaire

### Liste des Figures

### Liste des Tableaux

### Abréviations

Introduction.....	1
<b>Chapitre I : Bibliographie</b> .....	<b>2</b>
I. Généralités et notions de base .....	2
I.1. Historique .....	2
I.2. papier .....	3
I. 2.1. Définition .....	3
I.2.2. Procédé de fabrication du papier .....	3
I.2.3. Les matières servant à l'élaboration de la pâte à papier .....	4
I.2.3.1. La matière première fibreuse .....	4
I.2.3.2. La matière première non fibreuse .....	5
I.2.4. Les différents types de pâte de l'industrie papetière .....	5
I.2.5. La nature des liaisons entre constituants fibrillaire .....	6
I.2.6. Les paramètres influençant sur la performance des fibres .....	7
I.2.7. Les propriétés du papier .....	7
I.3. Carton ondulé .....	7
I.3.1. Définition et structure du carton ondulé .....	7
I.3.2. Les types de carton ondulé .....	8
I.3.3. Les composants .....	9

I.3.3.1. Les couvertures .....	9
I.3.3.2. Les Cannelures .....	9
I.3.4. Type et profil des cannelures .....	9
I.3.5. Propriétés de chaque profil .....	11
I.3.6. Le choix de l’emballage avec le carton ondulé .....	11
I.3.7. Performances des emballages en carton ondulé .....	11
I.4. La colle .....	12
I.5. Les encres.....	12
I.6. Les grandes sortes de papiers .....	13
I.7. Choisir le type de papier approprié .....	14
I.8. Les applications du papier et carton .....	14
II. Le procédé de fabrication du carton ondulé .....	14
II.1. L'onduleuse .....	15
II.1.1. Partie humide ( Assemblage et Collage) .....	15
I.1.2. Partie sèche (de la nappe à la plaque ) .....	16
II.2. Les critères de qualité des papiers .....	17
III. Recyclage .....	18
III.1. Les fibres recyclées.....	19
III.2. Réduction des propriétés de résistance mécanique.....	19
<b>Chapitre II :Contraintes liées par l'emballage .....</b>	<b>20</b>
I. Propriétés du papier carton .....	20
I.1. Propriétés de base .....	20
I.2. Propriétés optiques .....	21
I.3. Comportement face aux liquides .....	21

I.4. Exclusion de gaz et de vapeurs .....	21
I.5. La résistance à la compression sur chant (ECT) .....	21
I.6. La compression à plat (FCT) .....	22
I.7. Résistance au gerbage .....	23
II. Les contraintes subies par le carton ondulé.....	24
II.1.Contraintes mécaniques .....	24
II.2.1. Pressions latérales .....	24
II.1.2. Pressions sur le fond .....	24
II.1.3. Ecrasement à plat du carton .....	24
II.1.4. Chocs .....	24
II.1.5. Les vibrations et les conditions de transport .....	25
II.1.6. La palettisation .....	25
II.2. Contraintes physiques .....	25
II.2.1. Durée du stockage des emballages complets et pleins .....	25
II.2.2. Conditions climatiques .....	25
II.2.3. La hauteur de l'emballage .....	26
II.2.4. Le ratio L/ l .....	26
II.2.5. Débordement sur la palette .....	26
II.2.6. Les découpes.....	26
II.2.7. Alignement des refoules.....	26
III. Les règles fondamentales .....	26
III.1. Les caisses pour les produits sensibles à la pression doivent posséder une grande rigidité .....	26

III.2. Les produits qui résistent à la pression mais font éclater la caisse, il faut un carton ondulé ayant une grande résistance à l'éclatement .....	27
III.3. Les produits fragiles et sensibles aux chocs exigent un matelassage approprié.....	28
IV. Effet de la fatigue.....	28
V. Effet de l'humidité .....	29
V.1. Teneur en humidité, résistance à la compression sur chant et l'écrasement à plat .....	29
V.2. Teneur en humidité et résistance à l'éclatement .....	30
Partie expérimentale	
Présentation de l'entreprise.....	31
Chapitre I : Matériel et méthode.....	37
Chapitre II : Résultats et discussion .....	50
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexes	

# *Introduction*

## **INTRODUCTION**

A l'origine, les fonctions respectives de l'emballage et du conditionnement étaient de protéger et de conserver des produits en vue de leur manutention, transport et stockage. L'industrie de l'emballage regroupe six grandes familles: le papier, le plastique, le verre, le métal, le bois et le matériau composite [1]. Mais la question qui se pose pourquoi le papier carton reste le roi des matériaux d'emballages?

Le mot « Carton » est un terme générique qui regroupe diverses variantes, dont la plus courante est le carton ondulé, c'est-à-dire l'alternance de feuilles de papier plus ou moins épaisses et cannelées et de feuilles planes. Il est l'emballage le plus utilisé grâce à ses nombreux avantages : il n'est pas cher, léger et souple. De plus, il est un matériau 100% naturel constitué de fibres de cellulose, sa recyclabilité et sa biodégradation font de lui un emballage respectueux de l'environnement [2] [4].

L'efficacité et la qualité de ce type d'emballage dépend de plusieurs paramètres. En effet, pour un type de carton ondulé donné, le processus et les conditions de fabrication ainsi que le choix des matériaux, influent sur les propriétés du produit final. La première préoccupation des producteurs et utilisateurs, est la résistance de l'emballage aux différentes contraintes physiques, mécaniques et climatiques [5]. A cet effet, plusieurs travaux de recherche et de développement traitent cette problématique avec beaucoup d'intérêts, et nous espérons y contribuer par notre modeste travail.

Dans ce travail nous nous sommes intéressés aux différents paramètres qui peuvent influencer la résistance du produit fini (caisse américaine).

La synthèse bibliographique réalisée est scindée en deux chapitres portant respectivement sur des généralités sur le carton et les différents tests effectués sur le papier ainsi que les différentes contraintes que l'emballage peut subir. La partie expérimentale effectuée au sein du Laboratoire Général Emballage, comporte la discussion des résultats obtenus et la conclusion générale.

*Synthèse  
bibliographique*

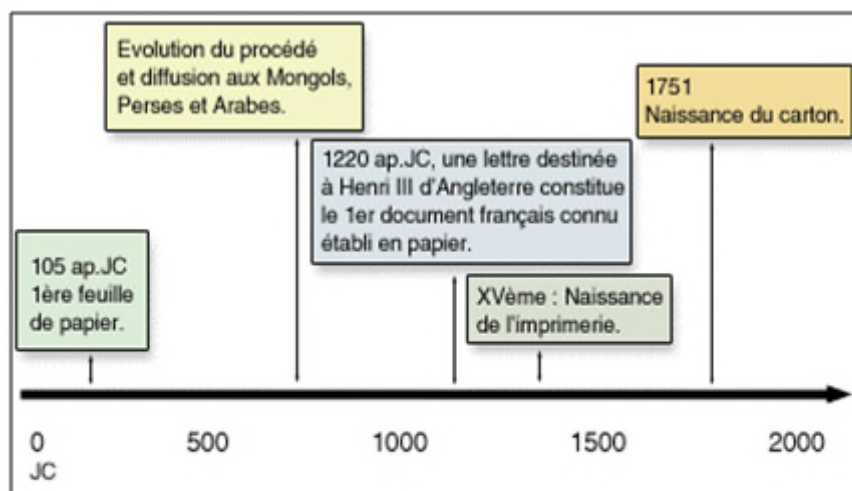


*Chapitre I:*  
*Bibliographie*

## I. Généralités et notions de base

### I.1. Historique

Le papier est né en Chine vers la fin du III<sup>ème</sup> siècle avant l'ère chrétienne. Au VIII<sup>ème</sup> siècle, les arabes apprennent l'art chinois de fabrication du papier, et le transmettent peu à peu à l'occident. Au XV<sup>ème</sup> siècle, l'invention de la typographie par Gutenberg accroît la consommation du papier. Mais c'est au XIX<sup>ème</sup> siècle que son industrie prend réellement son essor. Cette évolution est toujours en cours. Grâce à son caractère recyclable et biodégradable, ses qualités mécaniques, ainsi sa grande résistance et sa rigidité, il est devenu un emballage de regroupement et de protection. Il sert aujourd'hui à l'emballage de vente, communicant, attrayant et percutant grâce à son excellent rapport qualité/prix. De plus, ses faces servent de supports pour l'impression [2, 3, 6].



**Figure 1 : Histoire du papier et du carton**

Source: La fédération française du cartonnage, 2005

## I.2. Papier

### I. 2.1. Définition

Le terme papier se réfère à un matériau en feuille qui est fait essentiellement à partir de fibres cellulosiques enchevêtrées qui sont agglutinées par des liaisons naturelles de type hydrogène d'origine végétale. Ces fibres sont principalement extraites du bois ou de papiers et cartons récupérés pour être recyclées [8] [9].

Il absorbe ou perd de l'eau en fonction du degré d'humidité relative de l'atmosphère qui l'entoure, sa superficie changeant de dimensions selon l'humidité résiduelle des fibres dont il est constitué [10].

**Tableau 1** : Comparaison des propriétés sélectionnées du bois et du papier

Propriété	Bois	Papier
Densité	0.3-0.5	0.5-1.5
Le module de Young (GPa)	1.3	1.8-4.3
Resistance à la traction (MPa)	90-200	20-200
Longueur de rupture (Km)	7-30	1-8
Allongement à la rupture (%)	0.6-0.8	0.8-4
L'alignement des fibres	ordonnée	aléatoire

Les propriétés du papier diffèrent sensiblement de celles des fibres utilisées [12].

### I.2.2. Procédé de fabrication du papier

La fabrication du papier comporte deux opérations principales : l'élaboration de la pâte et la transformation de la pâte en feuille [13].

La première étape consiste à isoler les fibres du bois qui était initialement soit sous forme de rondins, soit sous forme de plaquettes appelées copeaux. Cette séparation peut être obtenue par des moyens mécaniques ou par action de réactifs chimiques [14] [16].

On peut alors classer les pâtes obtenues en plusieurs catégories selon leur rendement :

- **R >90% Pâte mécanique** : Obtenue essentiellement par traitement mécanique et /ou thermique. On n'utilise que l'énergie mécanique pour séparer les fibres, en les arrachant du bois.

• **70% < R < 90%** **Pâte mi-chimique** : obtenue par combinaison d'un traitement chimique et d'un traitement mécanique (en utilisant à la fois des produits chimiques et de l'énergie mécanique).

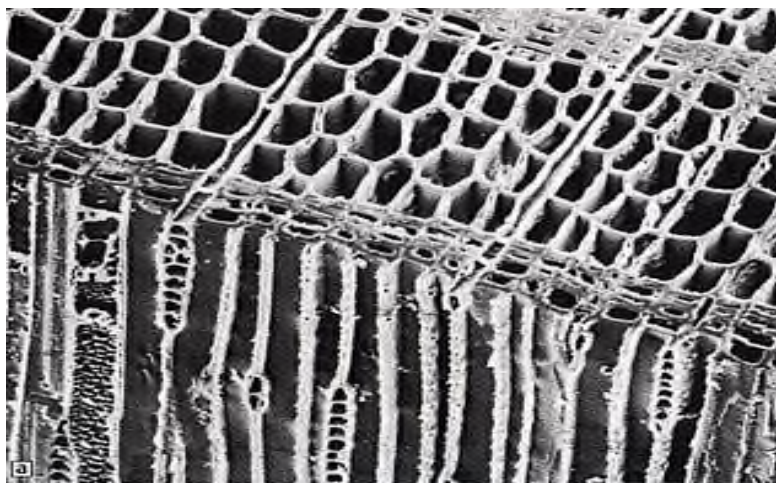
• **45% < R < 90%** **Pâte chimique** : obtenue par traitement chimique, on utilise des produits chimiques pour dissoudre la lignine et ainsi séparer les fibres dans les copeaux de bois [17] [18].

Il y'a aussi la pâte obtenue dite « Kraft » par le procédé basique (soude caustique et sulfures de sodium) présente d'excellentes propriétés mécaniques (donne une forte résistance au papier) [7].

### I.2.3. Les matières servant à l'élaboration de la pâte à papier

#### I.2.3.1. La matière première fibreuse

**Le bois:** Il est principalement constitué de (cellulose, lignine, hémicelluloses). Les fibres de cellulose ont des caractéristiques essentielles pour la qualité du papier, elles sont de couleur blanche, translucides, résistantes. La cellulose de formule chimique  $(C_6H_{10}O_5)_n$  est un sucre constitué par la polymérisation linéaire du glucose. Elle représente environ 40 à 45 % du bois [18].



**Figure 2** : Structure de fibres ordonnées du bois

Il existe deux grands types de fibres provenant du bois comme le montre le tableau suivant:

Tableau 2 : Les types de fibres du bois

	Longueur de fibres	Largeur de fibres
Fibres courtes (feuillus)	0.8 à 1.5 mm	0,015 à 0,025 mm
Fibres longues (résineux)	3 à 4 mm	0,025 à 0,050 mm

Dans une bobine de papier cannelure ou couverture, le plus souvent, les fibres sont préférentiellement orientées dans le sens marche (dans le sens du déroulement).

Les fibres de cellulose donnent au papier ses qualités mécaniques mesurées par les indices de déchirement et d'éclatement, elles sont hydrophiles (ont une grande affinité avec l'eau). Elles sont aplaties et rigides à l'état sec et gonflées et souples à l'état humide, ce qui permet d'expliquer le phénomène de " retrait " des papiers et l'apparition de tuilages transversaux sur l'onduleuse [19].

### I.2.3.2. La matière première non fibreuse

Des matières non fibreuses sont utilisées lors de la fabrication du papier et/ou incorporées, au papier pour différentes raisons :

- pour modifier et améliorer les caractéristiques du papier :

Colorant, azurants, charges, pigments de couchage, agent de "collage", provoquant le ralentissement de la pénétration de l'eau, résines synthétiques pour résistance humide.

- Pour faciliter la mise en oeuvre sur machine à papier:

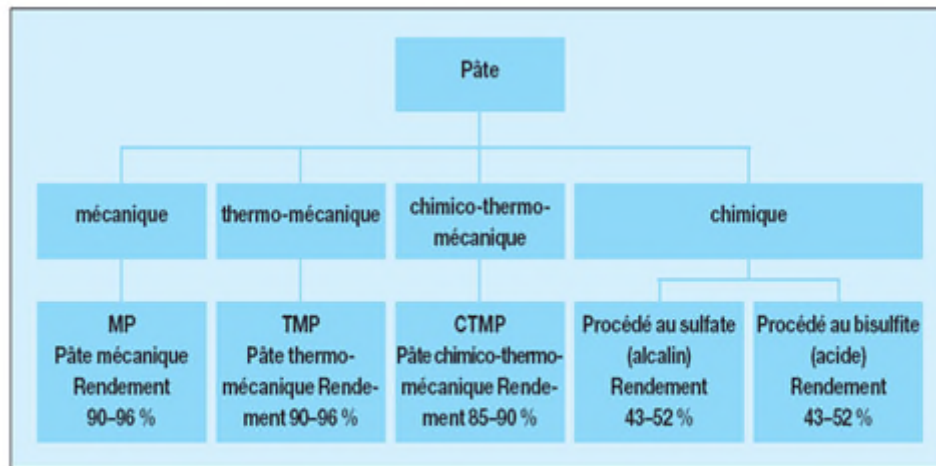
Agent de rétention pour retenir les fibres sur la toile, anti- mousses, agents antibactériens

Tous ces adjuvants sont introduits dans le papier de différentes façons :

1. soit directement dans la pâte à papier (dans les cuiviers)
2. soit par dépôt sur une face ou sur les deux faces du papier
3. soit par imprégnation de la feuille de papier en cours de formation [16] [18].

### I.2.4. Les différents types de pâte de l'industrie papetière

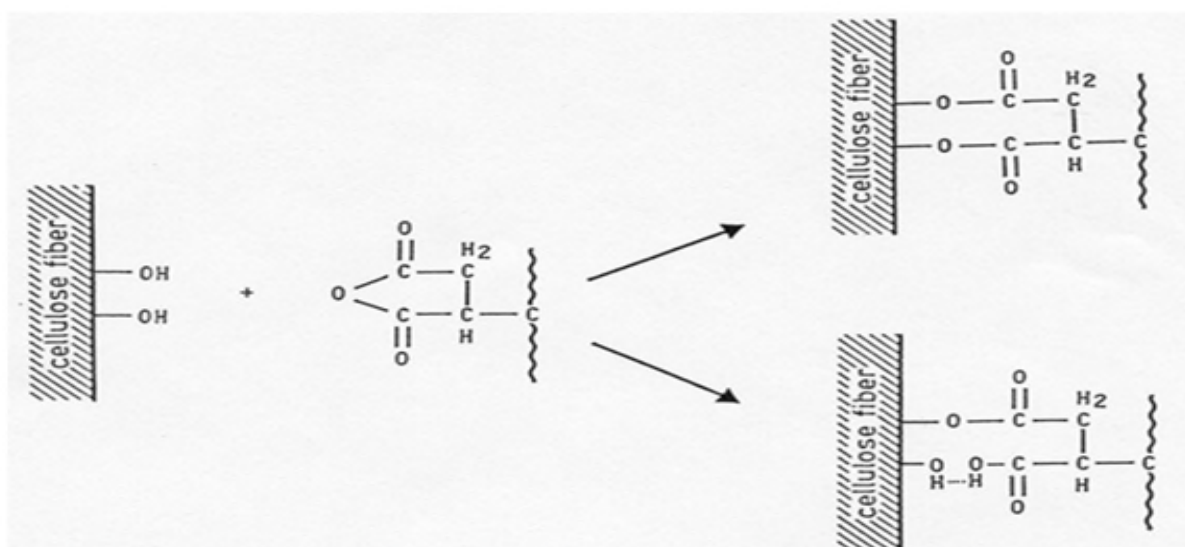
Les principales pâtes fabriquées industriellement sont montrées dans la Figure ci-dessous [19]:



**Figure 3 :** Les principales pâtes fabriquées industriellement.

### I.2.5. La nature des liaisons entre constituants fibrillaire

L'étendue de la liaison est probablement la distinction unique la plus importante entre n'importe quels deux types de papier. Il est assez difficile d'évaluer l'ampleur de la liaison par des méthodes expérimentales directes. Cependant, des théories mathématiques ont été développées pour décrire l'état de la liaison dans les structures idéalisées qui peut ressembler de très près au papier. Il est généralement admis que, sur papier, des liaisons hydrogènes se forment entre les groupes hydroxyles des molécules de cellulose sur les surfaces des fibres adjacentes [5].



**Figure 4 :** Les types de liaisons hydrogène sur les surfaces des fibres adjacentes.

### **I.2.6. Les paramètres influençant sur la performance des fibres**

Le type de pâte (mécanique, chimique), le degré de raffinage, le blanchiment, l'intensité de pressage et le séchage sont des paramètres qui influencent sur la performance des fibres pour les prochains cycles d'utilisation et par le fait même les propriétés papetières. Cependant, c'est sans doute le séchage qui joue le rôle le plus déterminant dans la modification de la structure des fibres [20].

### **I.2.7. Les propriétés du papier**

Le papier est analysé suivant quatre critères :

- Les propriétés de contexture (grammage, porosité, perméabilité à l'air, aux liquides, etc.);
- Les propriétés optiques (blancheur, couleur, opacité, capacité à transmettre la lumière de manière homogène, etc.);
- Les propriétés de résistance mécanique (traction, déchirure, éclatement, pliage, flexion avec la rigidité statique et dynamique, abrasion, compression, etc.);
- Les propriétés de surface (rugosité/lissé, brillance, etc.) [7] [17].

## **I.3. Carton ondulé**

### **I.3.1. Définition et structure du carton ondulé**

C'est un matériau essentiellement utilisé pour l'emballage, il permet de remplacer un lourd carton. Il est de structure " Sandwich ", constitué de plusieurs feuilles superposées, maintenues de manière équidistante par une ou plusieurs entretoises de forme ondulée collées à l'aide d'un adhésif. Les feuilles planes externes sont appelées couvertures (ou peaux), les feuilles planes internes sont appelées médianes et les feuilles ondulées formant entretoise sont appelées cannelures (ou âmes). La performance de la structure dépend étroitement de la qualité du collage. Les colles utilisées pour le collage couverture-cannelure sont à base d'amidon [21] [23].



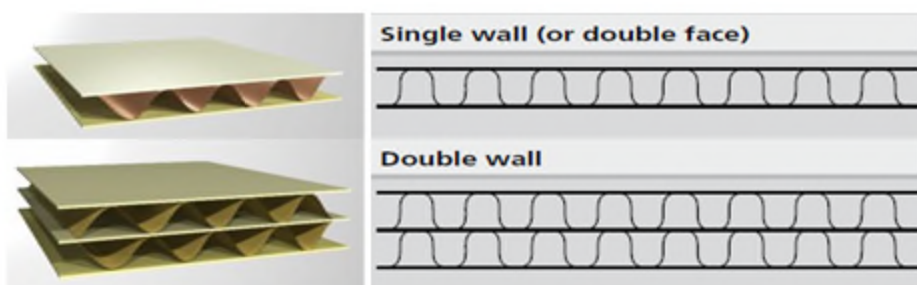


**Figure 5 :** La structure du carton ondulé

### I.3.2. Les types de carton ondulé

Il existe plusieurs types de carton ondulé, selon le nombre de cannelures et de papier utilisés on distingue :

- Le carton ondulé simple face (*single face*) composé d'une couche plane collée à une couche ondulée.
- Le carton ondulé double face (*single wall*) composé d'une couche ondulée collée entre deux couches planes.
- Le carton ondulé « double-double » (*double wall*) qui possède une structure à cinq couches dont deux cannelures et trois couvertures.
- Le carton ondulé « triple » (*triple wall* en anglais) dont la structure à sept couches est composé de trois couches ondulées et de quatre couches planes [24].



**Figure 6 :** Exemple de structure du carton ondulé



### I.3.3. Les composants

#### I.3.3.1. Les couvertures

Elles donnent au carton sa cohésion et la résistance nécessaire à la protection du contenu de l'emballage. Elles sont susceptibles d'être imprimées.

**Kraftliner** : A l'origine, c'est le papier à base de fibres neuves obtenues par un procédé chimique au sulfate de sodium ou à la soude (procédé Kraft). Le Kraftliner est d'aspect écreu ou blanc. Les grammages sont compris entre 115 et 440 g/m<sup>2</sup>.

**Testliner** : Papiers essentiellement à base de fibres recyclées dont les grammages sont sensiblement différents de ceux du Kraftliner. Il est d'aspect écreu ou blanc [25] [27].

#### I.3.3.2. Les Cannelures

Elles assurent la rigidité et permettent de supporter du gerbage pour l'emballage. Elles donnent au carton ondulé un pouvoir "amortisseur". De par sa forme, la cannelure assure une élasticité aux contraintes d'écrasement à plat de résistance aux chocs. Elles participent à la résistance à la compression sur chant du carton (force parallèle aux ondulations) chaque cannelure pouvant être considérée comme un "pilier".

Il existe plusieurs catégories qui peuvent être utilisés dans la fabrication de la cannelure :

**Papier mi-chimique** : Papiers à base de fibres neuves obtenues par un procédé chimique et mécanique pouvant incorporer des fibres recyclées. Les grammages sont compris entre 105 et 250 g/m<sup>2</sup>.

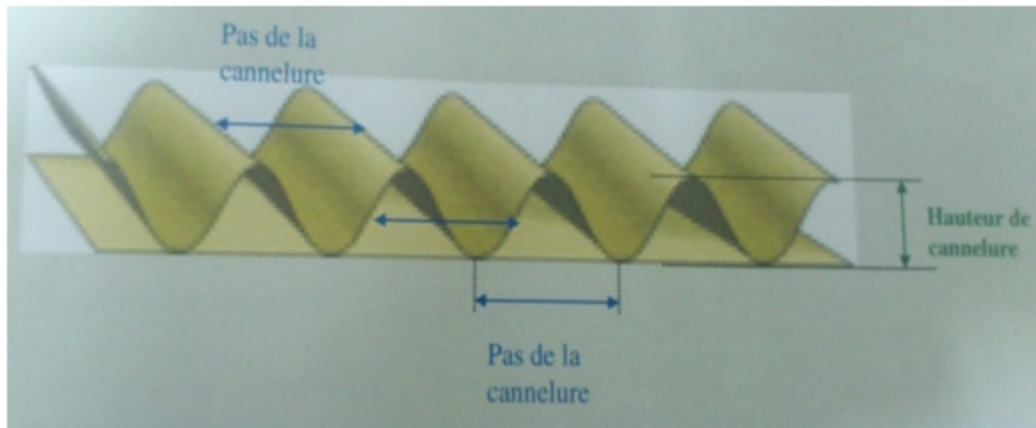
**Wellenstoff** : Papiers essentiellement à base de fibres recyclées [25] [27].

### I.3.4. Type et profil des cannelures

La technologie de fabrication conduit à onduler le papier cannelure selon des profils pseudo-sinusoidaux de différents types, ils sont caractérisés par trois paramètres (voir la figure 7).

- **la hauteur** : distance entre le sommet et le creux d'ondulation.
- **le pas** : distance entre 2 sommets consécutifs d'ondulation, qui peut aussi s'exprimer par le nombre de cannelures au mètre.

• **le coefficient d'ondulation** : rapport théorique des longueurs de papier cannelure et couverture. Ce coefficient révèle la consommation de papier cannelure [23].



**Figure 7** : Caractéristiques du carton ondulé

Il existe 4 grandes classes de profil, dénommées A, B, C et E :

**Tableau 3** : Les caractéristiques des différents profils [28]

Profil de cannelure	Épaisseur du C.O (mm)	Pas en (mm)	Nombre de cannelure au mètre	Coefficient d'ondulation
Grand cannelure (A)	5mm environ	> 8	110 à 120	1,48 à 1,52
Moyenne cannelure (C)	4mm environ	7 à 8	120 à 135	1,41 à 1,45
Petite cannelure (B)	3mm environ	6 à 7	150 à 160	1,33 à 1,36
Micro-cannelure (E)	<2mm environ	< 4	294 à 313	1,23 à 1,30

Il existe aussi 2 autres profils :

- La très grande cannelure, souvent dénommée K, dont l'épaisseur est > 7 mm.
- La mini-micro (dénommée F, G ou N) dont l'épaisseur est < 1 mm.

### **I.3.5. Propriétés de chaque profil**

**A** : Grand pouvoir de rigidité, amortissement dû à la hauteur des ondulations et résistance à la compression sur chant pour son épaisseur.

**B** : Bonne résistance à la compression à plat au nombre de cannelures, mais avec une rigidité relativement faible provenant de son épaisseur réduite.

**C** : Meilleure adéquation prix/qualité. Il constitue un bon compromis entre les résistances à l'écrasement à plat et à la compression verticale.

**E** : Bonne résistance à plat des couvertures dû au nombre élevé de micro cannelures au mètre. D'où provient la bonne imprimabilité.

### **I.3.6. Le choix de l'emballage avec le carton ondulé**

L'emballage peut revêtir des formes et utiliser les matériaux les plus divers dans lesquels les procédés de conditionnement et de transformation jouent un rôle essentiel. Cette diversité implique un choix qui est crucial, car de lui dépendra la variabilité technico-économique du produit.

Le choix de l'emballage impose un certain nombre de passages obligés, qui sont : la définition du produit, l'identification du circuit logistique et enfin la prise en compte des contraintes et réglementations [5].

### **I.3.7. Performance des emballages en carton ondulé**

La forme de l'emballage, la structure de l'ondulé et le choix des papiers sont fonctions du type de contrainte, l'onduleur doit concevoir l'emballage réalisant le meilleur compromis entre les exigences des contraintes techniques et celles des contraintes économiques.

Les moyens techniques dont dispose le fabricant d'emballage concernant essentiellement :

- La forme de l'emballage ;
- La structure de l'ondulé ;
- Les composants papier [27].

#### I.4. La colle

Une colle est un produit chimique destiné à l'assemblage de deux matériaux liquides ou solides, on l'applique à l'état fluide sur le ou les matériaux à assembler sur lesquels elle doit donc d'abord s'accrocher par divers phénomènes physico-chimiques : c'est le phénomène d'adhérence, c'est ce que l'on appelle le durcissement ou le séchage ou la prise de la colle.

Dans l'industrie de fabrication du carton ondulé, la colle remplit un rôle clé du fait qu'elle permet de lier les différents éléments de papier entre eux (les couvertures et les cannelures) [29] [30].

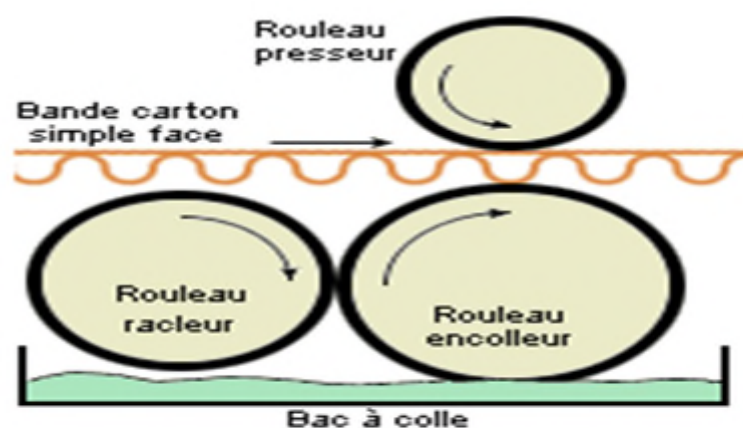


Figure 8 : Principe du collage

Voici quelques questions -types à se poser avant l'application de la colle :

- Quels matériaux veut-on coller ?
- Quelle est la superficie à coller ?
- Dans quel état sont les surfaces à encoller ? (Lisse, rugueuse, poreuse, laquée.)
- Dans quelles conditions la soudure devra-t-elle résister ? Résistance à une charge, à la pression, conservation d'une certaine élasticité, résistance à la chaleur et/ou à l'humidité [31].

#### I.5. Les encres

Les encres sont la deuxième matière première de Générale Emballage, utilisée sur les lignes d'impression « flexographie », sont principalement à base d'eau. En dépit de leur

apparence semblable, les encres d'impression et des caractéristiques distinctes qui dépendent du procédé d'impression, du support à imprimer, de la méthode de séchage et de divers aspects [25].

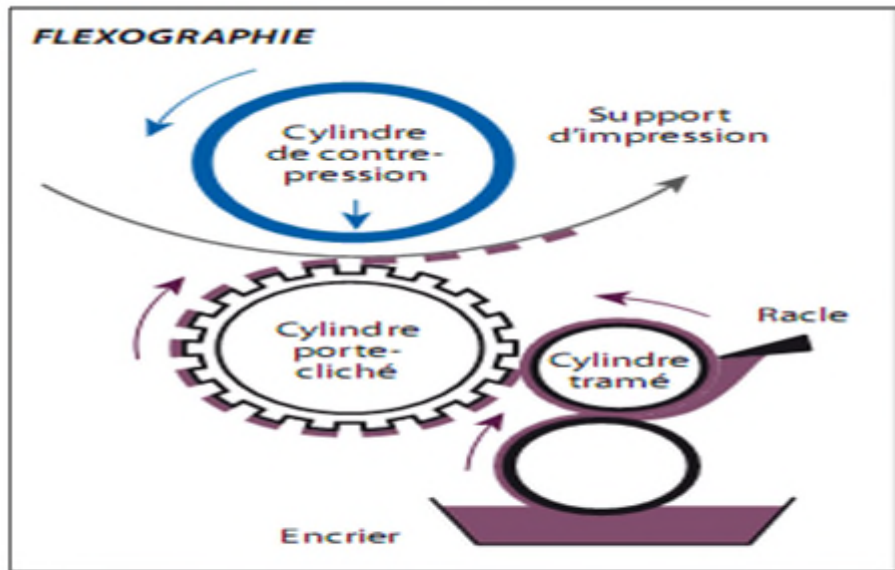


Figure 9 : Principe de la flexographie

## I.6. Les grandes sortes de papiers

Il existe une multitude de papiers, classés en grandes familles ou sortes en fonction de leur usage. Ces papiers sont en général définis par leurs principales caractéristiques d'usages (grammage en  $\text{g/m}^2$ , humidité, volume massique en  $\text{g/cm}^3$ , solidité, anisotropie, perméabilité, état de surface), d'aspect (blancheur ou couleur, opacité, lissé, épair) et de spécificité exigée (imprimabilité, douceur, absorbance, effet barrière, résistance au vieillissement [25]).

**Tableau 4** : Les différentes qualités du papier et leur grammage.

Qualité du papier	Grammage (g/m <sup>2</sup> )
Kraft E cru	115-125-135-140-200-400
Semi Kraft E cru	115-125-140-145
Semi Kraft Blanc	140-185
Test E cru	135-140
Test Blanc	120-125-135-140
Hydro-Saica	120-127-135-165
Fluting	110-125-127-130
Duo Saica	110-120-130-150-200
Test Blanc Couché	140-145

### I.7. Choisir le type de papier approprié

Tant pour des raisons économiques qu'écologiques, il est important de choisir le type de papier ou de carton approprié. Pour chaque produit, il faut ainsi examiner quel type de papier est le mieux adapté. Afin d'être suffisamment robustes, les cartons à boissons ont besoin de fibres vierges. Dans les autres emballages, par contre, des fibres recyclées peuvent être utilisées [32].

### I.8. Les applications du papier et carton

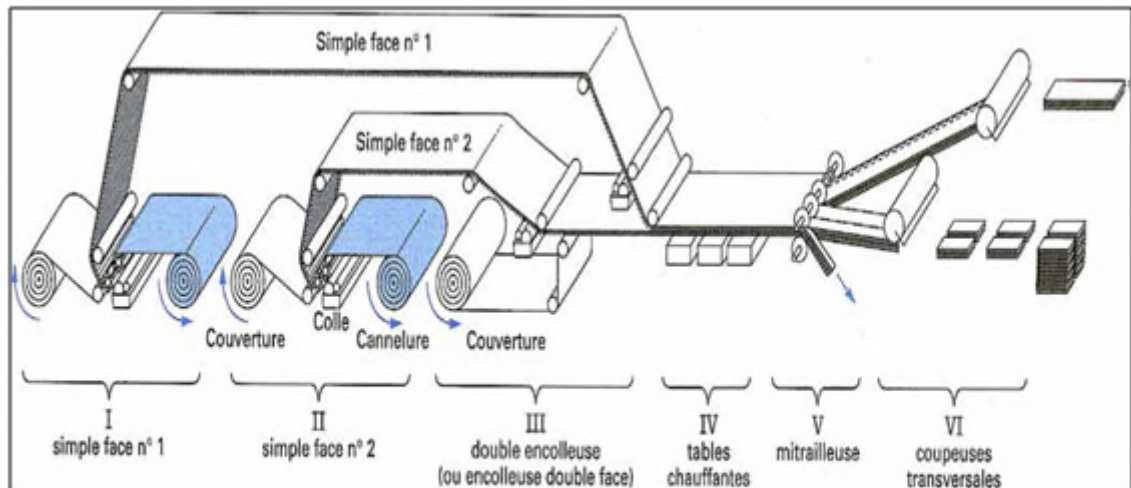
Les applications du papier se sont élargies dans de nombreux domaines au-delà de son initial en écriture et dans l'impression. Il rivalise maintenant avec le tissu, le plastique et les produits isolants. Le carton ondulé est principalement utilisé pour la fabrication de conteneurs d'expédition. Il assure également l'amortissement, la protection mécanique et la construction de palettes [33].

## II. Le procédé de fabrication du carton ondulé

Le service production a pour principal rôle d'assurer un passage de la matière première qui est les bobines de papiers et la colle vers le produit fini, à savoir le carton ondulé sous forme de plaques ou de caisses destinées à l'expédition. Ce procédé se réalise par le passage par différentes parties constituant l'onduleuse pour finir avec la transformation [34].

## II.1. L'onduleuse

Nommée aussi train onduleur, elle est considérée comme la colonne vertébrale de la production du carton ondulé, elle correspond à un ensemble de sous machines (figure 10), liées entre elles de manière bien organisée et synchronisée. Elle nécessite la présence d'une énergie mécanique sous forme de pression et d'une énergie thermique sous forme de vapeur, et elle est composée de deux parties : humide et sèche.



**Figure 10:** Vue générale d'un train onduleur pour la fabrication du carton ondulé.

### II.1.1. Partie humide (Assemblage et Collage)

Le rôle de ce processus est basé sur l'ondulation, l'assemblage des papiers ainsi que le collage. Nous le décrivons comme suit :

#### Simple Face

Pour l'ondulation du carton ondulé simple face, on applique sur une côte de papier cannelé chauffé, de l'adhésif au niveau du sommet de chaque cannelure. Immédiatement après la dépose de colle, on met sous l'influence de la chaleur et la pression, le papier cannelé en contact avec la bande de papier couverture pour former entre les deux couches une forte liaison d'adhérence sur la simple face, la distance entre le moment de l'encollage et le collage est très courte. En outre, la pression de collage appliquée peut généralement être plus élevée. Il est donc possible d'obtenir un bon collage avec moins de colle [35] [36].



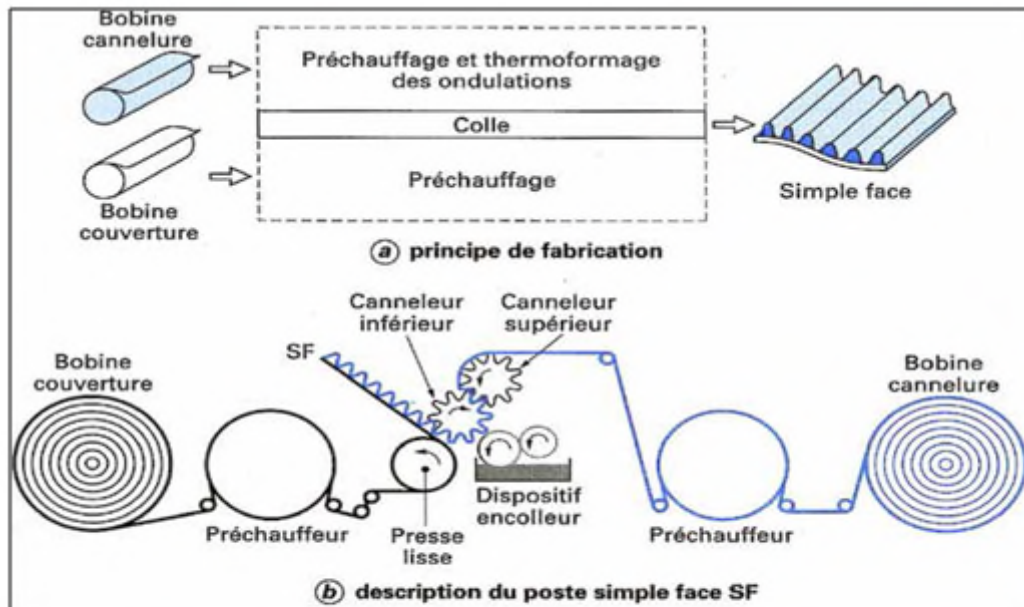


Figure 11 : Fabrication du carton ondulé simple face [27].

## Double face

Le carton ondulé dit "double face" est obtenu, en appliquant dans une nouvelle opération, de l'adhésif sur les extrémités exposées des cannelures de la simple face auxquelles on applique une seconde bande de papier de couverture que l'on colle sous l'influence de la chaleur et la pression. Sur un double face, la distance à parcourir entre l'encollage et le collage est relativement longue. La colle a plus de temps pour commencer à sécher ou pénétrer dans le papier. Le volume d'un carton double face doit donc être plus élevé [35] [37].

### II.1.2. Partie sèche (de la nappe à la plaque)

A la sortie des tables chauffantes, le carton se présente sous forme d'une nappe continue, qui doit être découpée en plaques de forme déterminée. La plaque de carton est l'élément de base pour la réalisation de l'emballage, cette opération est réalisée en continu sur l'onduleuse, et comporte les séquences suivantes:

- Coupe longitudinales avec ou sans refoulement parallèlement au sein d'avancement de la nappe, c'est-à-dire perpendiculairement aux cannelures.



- Coupe transversales perpendiculairement au sein d'avancement de la nappe, donc parallèlement aux cannelures.
- Réception et stockage des plaques [25].

## II.2. Les critères de qualité des papiers

Les critères de qualité des papiers pour ondulé peuvent être évalués selon :

- Le niveau de leurs propriétés physiques et mécaniques.
- Leur comportement sur l'onduleuse.
- La contenance de leurs propriétés. Cette contenance concerne essentiellement la caractéristique de grammage, d'humidité (bandes plus humides sur la laize), d'épaisseur et de propriétés mécaniques des papiers [5].

L'intensification des moyens de contrôles et de réglage automatisés sur machine à papier tendent à supprimer ces inconvénients et assurer cette exigence de régularités. Certaines difficultés peuvent surgir en cours de fabrication, parmi lesquelles on peut citer :

### ➤ **Le tuilage**

Dés sa sortie de l'onduleuse, ou avant transformation, la plaque théoriquement plane peut prendre une forme courbée, par suite d'une différence excessive d'humidité entre les couvertures [37].

### ➤ **Le collage défectueux**

Décollement de la couverture sous l'effet de la vitesse de la fabrication, parce que le joint de colle est humide et fragile, en particulier sur une simple face [5].

### ➤ **La fausse cannelure**

Elle se manifeste par une succession de couple d'ondulation de hauteurs différentes intervenant d'une façon aléatoire, généralement par zones sur une partie de la laize. La fausse cannelure a une incidence particulièrement néfaste sur les propriétés mécaniques du carton ondulé sur son imprimabilité et son aspect.

### ➤ **Les ruptures de cannelures**

Elles résultent du déchirement des ondulations lors du passage du papier entre les cannelures. Elles se manifestent préférentiellement sur les bords de la feuille, par suite d'une pression mécanique des cannelures supérieures à ces endroits. Son apparition sur toute la laize indique une usure intempestive des cannelures.

### III. Recyclage

Parmi les différents modes de traitement, le recyclage matière paraît avoir actuellement la faveur de législateur. Le recyclage, par un retour du matériau à sa matière première, permet de fabriquer un produit similaire (recyclage interne ou à haute valeur) ou un produit différent (recyclage externe ou basse valeur).

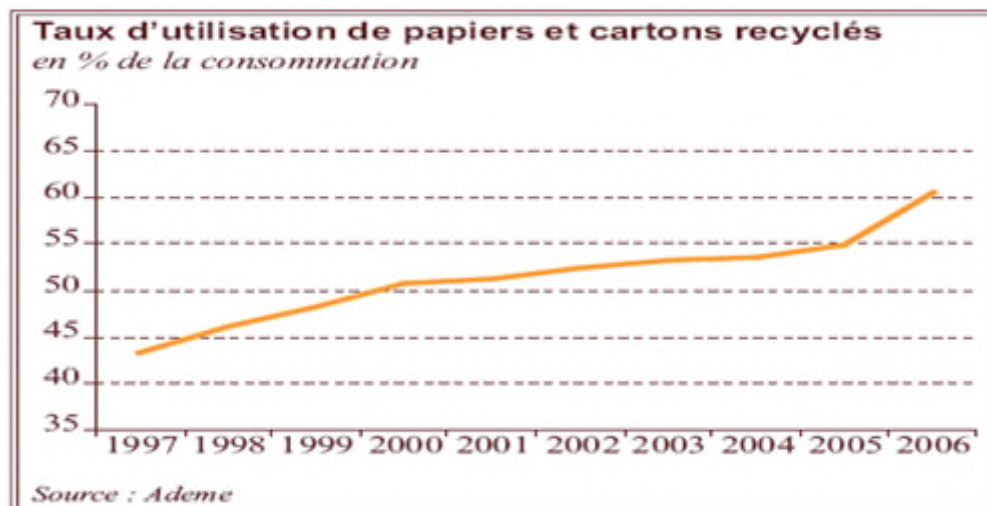
Le recyclage des papiers cartons récupérés consiste à :

- Séparer les produits fibreux des autres produits que le tri n'a pas éliminé;
- Séparer les fibres des emballages papiers-carton des autres éléments qui leur sont associés tels que l'encre, le vernis...etc.

Ces opérations sont réalisées en trois phases :

- Le pulpage qui assure le tri complémentaire et le défibrage;
- L'épuration qui sépare les fibres de leurs éléments qui leur sont associés;
- Le raffinage qui optimise les caractéristiques des fibres récupérées à l'issue de ces diverses phases.

La pâte recyclée ainsi obtenue sera seule ou mélangée avec d'autres pâtes, utilisée pour fabriquer des papiers ou des cartons [27] [38].



**Figure 12 :** Taux d'utilisation de papier et cartons recyclés en France

Source: SESSI

### **III.1. Les fibres recyclées**

Les fibres recyclées diffèrent des fibres vierges dans le sens où les premières ont subi au moins un cycle papetier. C'est une matière très hétérogène du point de vue de la composition. Le premier recyclage des fibres semble être celui qui cause le plus de dégradations sur leurs propriétés car c'est aussi le premier séchage qu'elles subissent.

Les effets du recyclage peuvent être très diversifiés selon le type de pâte utilisée (chimique, mécanique, raffinée ou non raffinée...). Plusieurs procédés de recyclage ont été étudiés et il semble que les variations des propriétés mécaniques évoluent dans le même sens. [10] [39].

### **III.2. Réduction des propriétés de résistance mécanique**

Il y a un consensus général quant au fait que le recyclage est responsable d'une importante diminution des propriétés papetières comme la longueur de rupture, l'éclatement, la densité apparente et l'élasticité, et de l'augmentation de la rigidité. De plus, plusieurs travaux comme ceux de McKee nous montrent que le premier cycle de recyclage est responsable des plus grands changements dans les propriétés papetières, avec une tendance à la stabilisation après le troisième cycle. La cause derrière le changement des propriétés papetières est la réduction du potentiel de liaison chimique des fibres, causées par des modifications majeures dans leur structure [20] [40].

*Chapitre II:*  
*Contraintes liées à*  
*l'emballage*

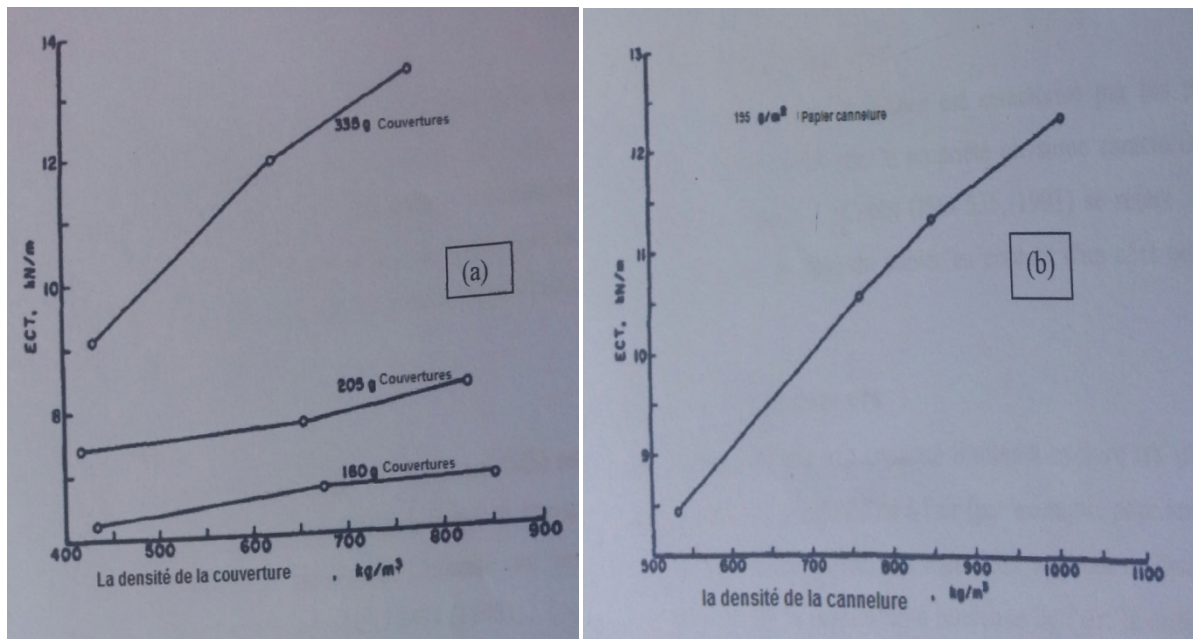
## I. Propriétés du papier carton

### I.1. Propriétés de base

Les propriétés du papier comprennent les dimensions (épaisseur) et la masse. Le poids de base (grammage)  $m_A$ , est déterminé en conformité avec la norme ISO 536 (1995). La valeur  $m_A$  représente le rapport de la masse ( $m$ ) sur la surface ( $A$ ) d'un échantillon [11].

$$m_A = \frac{m}{A}$$

Une autre propriété fondamentale du papier est son épaisseur. Le rapport entre le poids de base sur l'épaisseur est la densité du papier. La résistance sur chant dépend de la densité comme l'illustre la figure suivante :



**Figure 13 :** La variation d'ECT en fonction: (a) de la densité des couvertures. (b) de la densité de la cannelure [41].

La dilatation du papier par l'humidité, c'est à dire le changement de dimensions avec l'évolution du climat ambiant est aussi une propriété de base. Elle est standardisée dans la norme ISO 8226-1 et ISO 8226-2 [11].

### **I.2. Propriétés optiques**

La détermination du facteur de réflectance (degré de blancheur ISO) est basée sur la norme ISO 2470. Une autre propriété optique du papier est sa transparence. Cette dernière est une mesure de la transmission lumineuse. L'opacité est une mesure de l'imperméabilité à la lumière. Elle est définie dans la norme ISO 2471 [5,11].

### **I.3. Comportement face aux liquides**

L'absorption d'eau se réfère à la quantité d'eau qui est absorbée par une certaine zone du papier pour un temps d'exposition donné. La méthode de Cobb est effectuée pour déterminer la quantité absorbée qui est basée sur la norme ISO 535 [11].

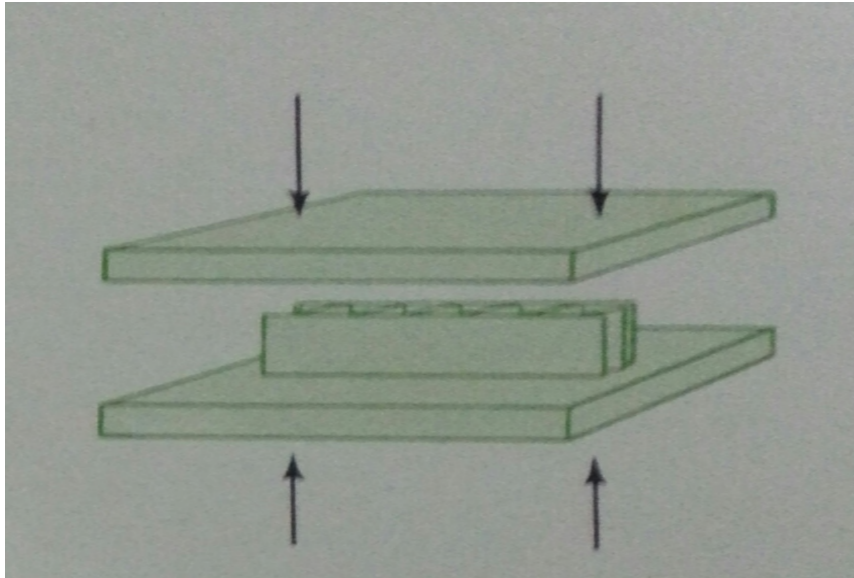
### **I.4. Exclusion de gaz et de vapeurs**

En règle générale les papiers ont une capacité limitée à exclure les gaz et vapeurs. La perméabilité à l'air (par exemple, pour les propriétés de filtration) et la perméabilité à la vapeur d'eau. Il existe deux méthodes d'essai normalisées disponibles pour la détermination de la perméabilité moyenne de l'air : la méthode Bendtsen ISO 5636-3 et la méthode de Schopper ISO 5636-2 [12].

### **I.5. La résistance à la compression sur chant (ECT)**

La résistance à la compression sur chant est la capacité du carton ondulé de résister à un effort de compression appliqué parallèlement aux cannelures.

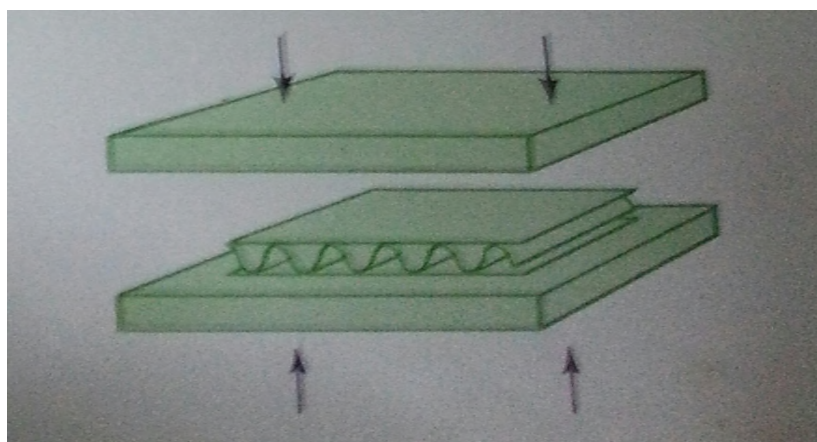
Elle donne une indication sur la résistance des cannelures considérées comme des piliers pour la tenue au gerbage des emballages. C'est une propriété très importante. Cette mesure doit toujours être associée à la rigidité ou à l'épaisseur et dépend du bon collage (cannelure-couverture) [41].



**Figure 14 :** La compression sur chant (test de l'ECT).

#### I.6. La résistance à la compression à plat (FCT)

Les différences entre les résistances à la compression à plat de la caisse faites avec des cannelures des profils différents sont largement compensés par le fait que la résistance d'un carton à l'écrasement à plat est fonction de nombres de cannelures par unité de longueur. Cela signifie, par exemple, que le carton à cannelure (A) a une résistance la plus faible à l'écrasement à plat, de sorte que ces cannelures sont facilement écrasées.



**Figure 15 :** La résistance à l'écrasement à plat.

### I.7. Résistance au gerbage

En complément à la surcharge statique engendrée par le gerbage, la répartition des charges se fait via les skis de la palette supérieure sur la palette inférieure et cette répartition peut engendrer des contraintes de pression localement supérieures à une charge uniformément répartie.

Les performances mécaniques d'une caisse se mesurent par la RCV (résistance à la compression verticale) afin de déterminer son aptitude au gerbage. Elle est fonction de la forme de l'emballage, pour les caisses à rabat sont notamment à considérer le périmètre, la hauteur, le sens des cannelures et leur aménagement intérieur. Elle dépend de la structure de l'ondulé, c'est à dire de son type de cannelure (A, B, C ...etc.) et de type de carton (double face, simple face...etc.) [28].

Les valeurs du test de compression sur chant (ECT) peuvent être utilisées pour prédire la résistance à la compression d'une boîte. Cette dernière prévue ou calculée en utilisant une formule de McKee. La corrélation entre la résistance à la compression de la boîte et l'ECT, l'épaisseur et le périmètre fut fondée en cette formule. Plusieurs modèles d'estimation ont été proposés. Elle a été simplifiée pour la relation suivante [42-44].

$$RCV = 5,87 \times ECT \times \sqrt{E \times P}$$

Avec RCV: la résistance à la compression verticale, kN

E : épaisseur du carton ondulé, mm

P : périmètre, mm

ECT : valeurs obtenues par le test de compression sur chant, kN/ m



## **II. Les contraintes subies par le carton ondulé**

### **II.1. Contraintes mécaniques**

#### **II.1.1. Pressions latérales**

Elles peuvent être externes ou internes les plus courantes, et conduire à une déformation des parois latérales ayant pour effet d'accélérer le bombé de ses parois et de réduire considérablement la RCV [37].

#### **II.1.2. Pressions sur le fond**

Elles peuvent contribuer à réduire l'épaisseur du carton et affaiblir la rigidité du fond de l'emballage et conduire à une déformation de l'architecture.

Pour les solutions:

- Ajustement des rapports dimensionnels des emballages (longueur, largeur et la hauteur);
- Emploi de cannelure à haut niveau de résistance à l'écrasement à plat;
- Augmentation de l'épaisseur du carton
- Bandes de renfort.

#### **II.1.3. Ecrasement 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

#### **II.1.4. Chocs**

L'emballage peut résister à des chocs multiples. Le plus souvent, les chocs interviennent lors des mêmes tensions et de conditionnement automatique des emballages et peuvent donner lieu à une déchirure ou une déformation des dièdres de l'emballage, entraînant notamment un affaiblissement de la RCV.

### II.1.5. Les vibrations et les conditions de transport

Un transport provoque des vibrations et donc une surcharge dynamique qui est à prendre en compte pendant la durée du transport. La mise en place généralisée des ronds-points provoque elle aussi des contraintes. Il convient de prévoir un coefficient de sécurité entre la charge statique et la charge dynamique. Ce coefficient est souvent compris entre 4 et 5.

### II.1.6. La palettisation

Une palettisation où les colis sont croisés dans l'empilage entraîne une perte de 50 % de la résistance de la caisse.

## II.2. Contraintes physiques

### II.2.1. Durée du stockage des emballages

La durée du stockage conduit à un phénomène de "fatigue" de l'emballage. Les emballages, lors du stockage, subissent une diminution de leur tenue au gerbage, très rapide dans les premiers jours, plus lents par la suite. Cette perte de résistance doit être prise en compte pour l'estimation de la RCV initiale nécessaire.

**Tableau 5 :** Effet du stockage [44]

Temps du stockage (en mois)	La résistance ECT (N.m <sup>-1</sup> )	Résistance à l'éclatement (kPa)	Force d'adhésif ( N.m <sup>1</sup> )
Demande standard	6500	588	980
0	8060	1780	1070
2	7470	1400	1030
1	6960	1310	994
3	6340	1260	956
4	6110	1210	925
5	5780	1060	919
6	5600	1030	916

### II.2.2. Conditions climatiques

La RCV diminue lorsque l'humidité augmente. Cette perte de RCV doit être prise en compte pour l'estimation de la RCV initiale nécessaire à 23°C et 50% HR.

### II.2.3. La hauteur de l'emballage

Lorsque le ratio  $H/P$  est inférieur à  $1/7$  on passe du domaine flambage à celui de la compression, et la résistance croît d'une manière vertigineuse.

### II.2.4. Le ratio $L/l$

La RCV diminue lorsque  $L/l$  augmente, l'emballage s'éloigne de la forme d'un carré.

### II.2.5. Débordement sur la palette

Un débordement du Colis de quelques centimètres entraîne une perte de 20 % de la résistance de la caisse.

### II.2.6. Les découpes

Si l'emballage comporte des découpes (trou, pointillés...), elles provoquent une perte de RCV.

### II.2.7. Alignement des refoulements

L'extrême majorité des caisses sont fabriquées avec des refoulements alignés sur la longueur et la largeur. Dans le cas de certaines mécanisations, ces refoulements doivent être décalés et la perte de RCV se rapproche de 50 % [45].

## III. Les règles fondamentales

Au cours du transport, la caisse est exposée à deux types principaux de forces qui risquent de l'endommager : une force **externe** appliquée pendant la manutention manuelle ou mécanique et une force **interne** produite par l'inertie de la marchandise contenue dans la caisse. Les propriétés du carton ondulé doivent être adaptées à chaque produit particulier, ce qui nous a conduits à formuler trois règles [46] :

### III.1. Les caisses pour les produits sensibles à la pression doivent posséder une grande rigidité

Les produits sensibles à la pression sont évidemment ceux qui résistent mal aux forces externes, comme le lait en boîte-carton, poudres en paquet, fruits et légumes, la rigidité nécessaire des caisses est en fonction de la résistance à la compression sur chant (ECT) [46].

**Exemple :** Les essais de transport de caisses remplies de lait en boîte-carton sont représentés sur la (Figure 16) qui montre les avaries en fonction de la résistance à la compression sur chant des cartons ondulés utilisés.



**Figure 16 :** Les caisses pour les produits sensibles à la pression doivent posséder une rigidité.

### III.2. Les produits qui résistent à la pression mais font éclater la caisse, il faut un carton ondulé ayant une grande résistance à l'éclatement

La deuxième règle fondamentale concerne les marchandises qui produisent des forces internes, généralement des forces d'inertie, dirigées vers l'extérieur.



**Figure 17 :** Les conséquences de la chute d'une caisse de pastilles céramiques d'une hauteur de trois mètres.

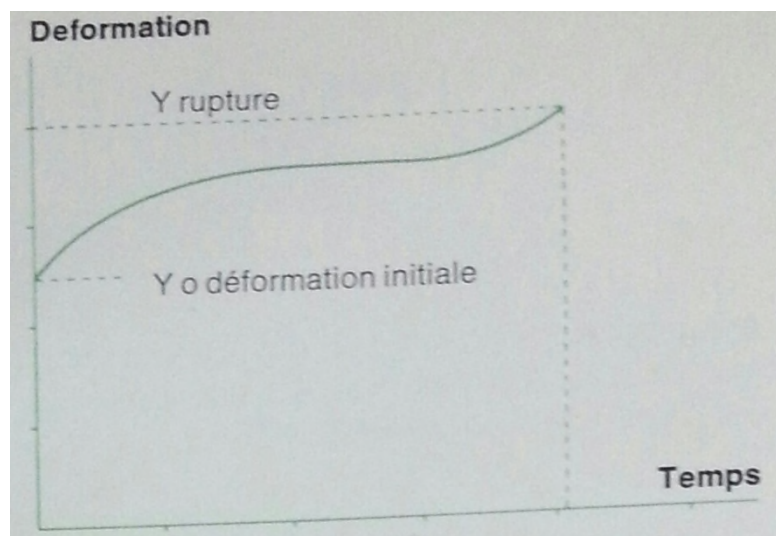
### III.3. Les produits fragiles et sensibles aux chocs exigent un matelassage approprié

La troisième règle fondamentale concerne les marchandises très sensibles aux forces d'inertie. Ces dernières arrivent des fois à endommager le produit, même si la caisse n'est pas abimée [47].

### IV. Effet de la fatigue

La fatigue du carton ondulé se traduit par une déformation lente lorsqu'elle est due à une charge, c'est-à-dire progressive, mais définitive et irréversible. D'après Dagel et Brynhildsen, ce genre de déformation des caisses se produit en deux étapes. Ces auteurs distinguent :

- la déformation initiale ( $Y_0$ ) , directement proportionnel à la charge supportée, et la déformation lente et irréversible.
- la déformation lente et irréversible. [48]



**Figure 18 :** La déformation des parois d'une caisse en fonction du temps (d'après Dagel et Brynhildsen (1))

Etant donné que la déformation lente et irréversible est fonction de la charge et de la durée, les recherches théoriques de Dagel et de Brynhildsen, appuyées après des essais faits sur les anneaux en carton ondulé au lieu des caisses, ont amené ces auteurs à conclure que

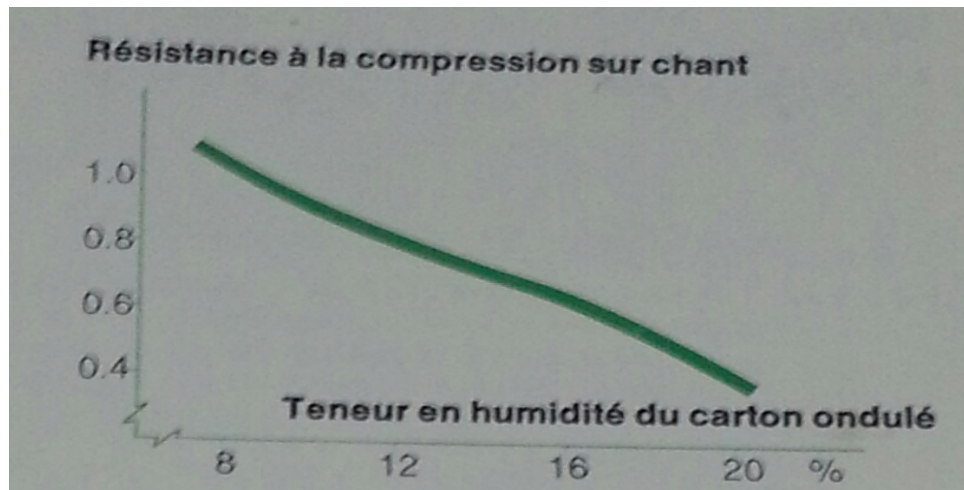
cette s'effectue rapidement, aussitôt après la déformation initiale ( $Y_0$ ) et augmente ensuite peu à peu jusqu'à l'effondrement de la caisse ( $Y_{rupture}$ ).

## V. Effet de l'humidité

En ce qui concerne le carton ondulé, la variation d'humidité relative modifie ses dimensions, sa rigidité et sa résistance à : la compression, l'écrasement à plat, l'éclatement et la perforation. En outre, les colles employées pour réunir les couvertures et les cannelures peuvent être affectées [48].

### V.1. Teneur en humidité, résistance à la compression sur chant et l'écrasement à plat

La résistance à la compression sur chant (ECT du carton ondulé) est importante, parce qu'elle est la caractéristique principale qui détermine la résistance du carton à la compression.



**Figure 19 :** Allure de la résistance du carton ondulé à la compression ECT en fonction de sa teneur en humidité [49-50].

La courbe nous montre la diminution de la résistance sur chant (ECT) du carton ondulé avec l'augmentation de la teneur en humidité.

Il existe une corrélation étroite entre les variations de la résistance à la compression sur chant ECT et la résistance à l'écrasement à plat FCT en fonction de la tenue en humidité: En effet FCT dépend principalement de la rigidité des cannelures. Lorsque la résistance à l'écrasement à plat est réduite, il n'y a pas seulement diminution de la capacité d'absorber les



chocs, mais encore d'autres inconvénients, car les cannelures sont facilement écrasées par la charge, ce qui aplatit le carton et affaiblit la résistance de la caisse à la compression.

## V.2. Teneur en humidité et résistance à l'éclatement

D'après Vollmer et Windaus ont établi que la résistance à l'éclatement est particulièrement affectée par les variations d'humidité. Cette résistance à son maximum quand l'humidité relative est comprise entre 50 et 70 %, c'est-à-dire quand la teneur du carton en humidité relative est comprise entre 7 % et 10 % [50-51].

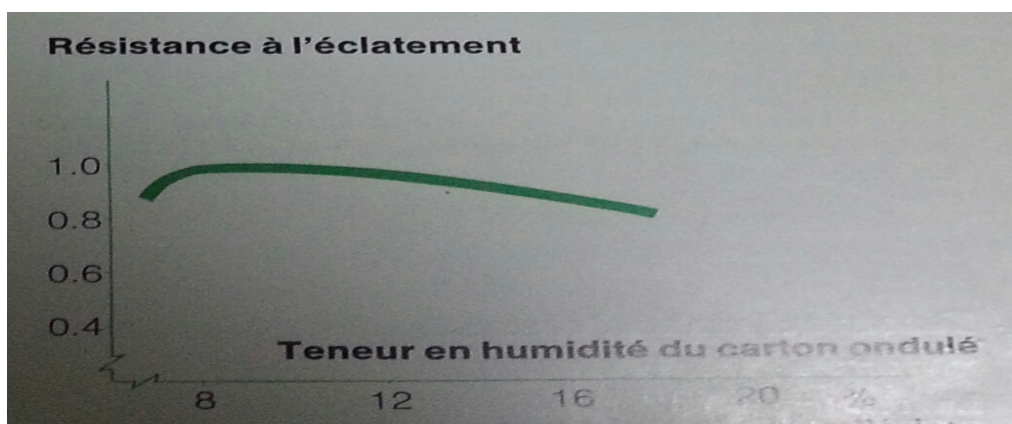


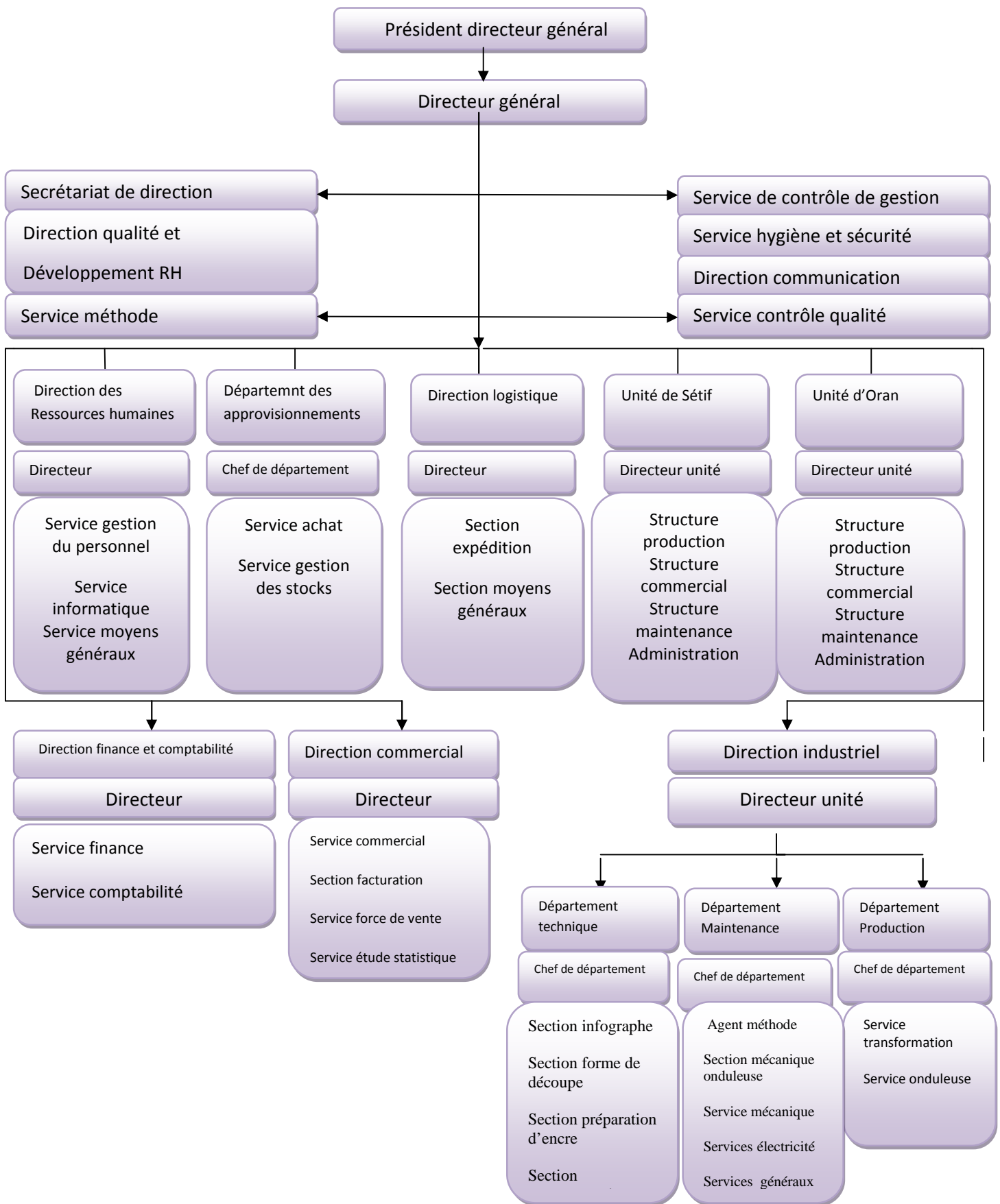
Figure 20: L'effet de l'humidité sur l'éclatement

# *Partie pratique*



*Présentation de  
l'entreprise Général  
Emballage*

**Organigramme de l'entreprise (Services et départements)**



## **I. Présentation de l'organisme d'accueil**

### **1.1 Généralités**

**Général Emballage** est une entreprise algérienne spécialisée dans la fabrication et la transformation de cartons ondulés.

Ses trois usines de production d'Akbou, Oran et Sétif cumulaient en 2011, une capacité de production de 130 000 tonnes équivalent à 80 % de la consommation algérienne.

L'entreprise a été créée en 2000, par RAMDANE BATOUCHE qui assure aujourd'hui la présidence du Conseil d'administration de la société par action (SPA).

### **1.2 Historique de l'entreprise GENARAL EMBALLAGE**

Suite à la nouvelle politique économique adoptée par l'Algérie et qui encourage les investissements dans l'industrie, plusieurs entreprises privées sont nées, Générale Emballage est l'une d'elles. Les travaux de construction de bâtiment ont débuté en août de la même année et sont réalisés par des entreprises algériennes.

En 2002, les équipements de fabrications importés d'Espagne furent installés, la société qui a commencé à fabriquer ses premier produit en juin de la même année c'est -à - dire 2002.

Le capital de l'entreprise a été porté à 70 millions de dinars algériens en 2005, puis à 150 millions de dinars en 2006 et ensuite 1 023 200 000 DA en 2007.

L'assemblée générale des actionnaires de la société tenue en date du 03 juin 2009 a décidé de modifier la société en société par action (SPA) et à augmenter le capital par l'intégration de deux nouveaux associés (MAGHEREB PRIVATE EQUITY FUND II « Cyprus » LP et MAGHREB PRIVATE EQUITY II « Mauritius » PPC) pour le porter à 1 823 200 000DA, comme elle a décidé d'autoriser Monsieur Ramdane BATOUCHE a cédé trois parts sociales lui appartenant à Mesdames Samia, Ouardia et Lynda BATOUCHE.

### **1.3 Identification de l'entreprise et sa forme juridique**

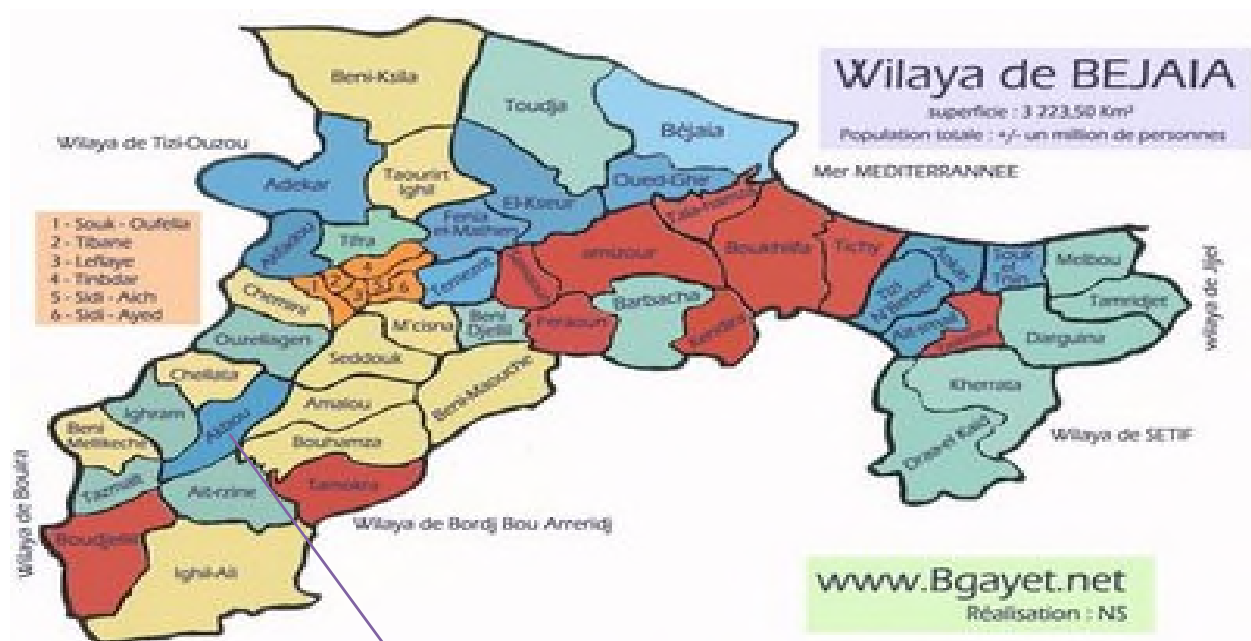
Le siège social de la société est situé à la zone industrielle d'Akbou 06200 (w) Bejaia, ALGERIE. Concernant sa forme juridique, l'entreprise Général Emballage est une Société par

actions dont le capital social est de deux milliards de dinars algériens par conversion du compte courant associé suite à la résolution N°02 de l'Assemblée générale extraordinaire tenue le 30 juin 2009.

#### 1.4 Situation géographique

Voici la carte géographique de la wilaya de Bejaia, la flèche rouge indique l'endroit exact où se situe l'entreprise Général emballage.

Situation géographique de l'entreprise Général emballage



#### **ZONE INDUSTRIELLE TAHARACHT GENERAL EMBALLAGE**

Situation géographique de l'entreprise Général emballage

Général emballage ALGERIE est implanté dans la zone industrielle de « TAHARACHT », véritable carrefour économique de BEJAIA, en effet cette situation géographique offre à l'entreprise une panoplie d'avantages dont le fait qu'elle est : à 02 Km d'une grande agglomération (AKBOU).

- A quelques dizaines de mètres de la voie ferrée.
- A 60 Km de BEJAIA, chef-lieu de la région et pôle économique important en Algérie doté d'un port à fort trafic et un aéroport international reliant divers destinations (Paris, Marseille, Lyon, St Etienne et Charleroi.....etc.).
- A 170 Km à l'est de la capitale ALGER.
- Présence de plusieurs acteurs économiques importants tels que : All Plast, Soummam, IFRI, Danone Djurdjura etc.

### **I.5 Les objectifs de l'entreprise**

Les moyens utilisés permettent de faire face à la demande actuelle, afin d'augmenter ses parts de marché, répondre dans les délais à la demande de plus en plus croissante et augmenter ses capacités de production, pour cela la SPA a entrepris des négociations pour l'acquisition d'une ligne de transformation et pour l'extension de l'espace de stockage des matières premières et des produits finis.

- Diversifier les produits;
- Optimiser la capacité de production;
- Se développer de l'infrastructure;
- Acquisition de nouveaux équipements;
- Amélioration des compétences et performances.

### **I.6 Général Emballage confirme sa position de leader national**

C'est une entreprise qui a su relever parfaitement le défi de l'exportation. Général Emballage, entreprise spécialisée dans la fabrication et la transformation du carton ondulé, s'est vue attribuer quelques années plus tard le triple "A" de la Coface pour sa solvabilité et sa bonne santé financière. Il n'y a aucun doute, l'entreprise verra se bousculer à son portillon les plus grands investisseurs en prévision de son entrée en bourse, dont la demande du visa de la Cosob est prévue pour 2014.

En 2011, le chiffre d'affaires de Général emballage était de 4,28 milliards de dinars, en progression de 21 à 25 % par rapport à l'exercice 2010 qui, lui aussi, était meilleur que le précédent. Cette nouvelle performance vient d'inscrire Général Emballage dans la liste des 50 plus grandes entreprises du pays.

Pour démystifier la courbe représentant l'évolution du chiffre d'affaires de l'entreprise, il est ainsi facilement décelable la croissance de 25 % en 2010, de 27 % en 2009, de 13 % en

2008 date des premières cargaisons de marchandises envoyées à l'étranger. Cela témoigne d'une rotation à rythme ininterrompu de l'appareil productif, signe de bonne santé de l'entreprise.

### **1.7 La gamme de produits fabriquée**

La mission de Général Emballage est de satisfaire sa clientèle de plus en plus exigeante en matière de plaques en carton ondulé.

#### **Parmi ses produits fabriqués on trouve**

- Plaque de carton ondulé ;
- Caisse à fond automatique ;
- Caisse télescopique ;
- Barquette à découpe spéciale.



**Barquettes pour laitages :** Pour lait, crème, beurre, fromage, yaourts ou desserts lactés...Respectent, ventilent et protègent la qualité de vos produits de la palettisation jusqu'à la mise en rayon



**Boîtes à pizza :** Fabriqués en carton ondulé de cannelure E



**Plateaux et caisses à fruits et légumes :** Emballages aux normes internationales, Carton et papier répondant aux normes alimentaires, Résiste à l'humidité, Recyclable et biodégradable, Fermeture : manuelle ou en machine



**Nos caisses américaines sont d'une haute qualité, et sont :**

- Economique et facile à monter (caisse à fond automatique)
- Transport de produits légers ou lourds et peu fragiles
- Qualité et fiabilité garanties
- Modules de cannelure : E, B, C, DDB+C, DDB+E
- Entièrement recyclable
- Livraison palettisée assurée sur site ; Composition et modèle à la demande du client ; Papier utilisé aux normes alimentaires

*Chapitre I: Matériels  
et Méthodes*



Les résultats de cette partie expérimentale sont obtenus au sein de l'entreprise « Général Emballage ». Notre première étude est menée sur trois types d'échantillons : papier, produit semi fini (plaque du carton ondulé) et le produit fini (caisse), elle nous a permis d'identifier leurs caractéristiques en faisant appel à quelques tests mécaniques et physiques.

Parallèlement une étude comparative a été menée sur plusieurs caisses destinées au même produit (HENKEL) mais de composition différente, afin de voir l'impact des caractéristiques du papier et du carton ondulé sur la résistance de notre caisse.

### **I. Description et identification du matériau étudié**

Type	: caisse américaine
Dédestination	: contenir des produits d'entretien (eau de Javel)
Composition	: KE140/HS135/SK140
Couverture externe	: type Kraftliner , à base de fibres vierges
Couverture interne	: type Semi-kraft, à base de fibres vierges et fibres recyclés
Grammage couverture externe	: 140g/m <sup>2</sup>
Grammage couverture interne	: 140g/m <sup>2</sup>
Cannelure	: type hydro SAICA
Grammage cannelure	: 135 g/m <sup>2</sup> .
Profil cannelure	: type C
Dimensions (L x l x h)	: 342x255x253 mm
Couleur	: Ecrû

### 1. Les types de papiers utilisés

Les différents types de papiers utilisés dans la deuxième étude sont rassemblés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 6 :** Les différents types de papiers utilisés.

Abréviation	Désignation	Caractéristiques
KE	Kraft écru (ou liner)	100 % fibres neuves
SM	Semi Kraft	50% fibres neuves
TE	Test écru	100% fibres recyclées
FL	Fluting	100% recyclé

### 2. Les essais effectués sur les papiers

Les différents tests qu'on a effectués sur les différents types de papiers utilisés sont regroupés selon le tableau suivant :

**Tableau 7 :** Les tests effectués sur les papiers utilisés.

Essais	Papier	Unité	Normes
Humidité	Couverture et cannelure	%	ISO 287
Grammage	Couverture et cannelure	g/m <sup>2</sup>	ISO 536
Eclatement	Couverture	kpa	ISO 2758
CMT 30	Cannelure	N	ISO7263
Cobb 60	Couverture	g/m <sup>2</sup>	ISO 536

### 3. Les essais effectués sur la plaque et la caisse

Les tests effectués sur le produit semi-fini et la caisse sont rassemblés selon le tableau ci-dessous :

**Tableau 8 :** Les différents tests effectués sur la plaque et la caisse

<b>Essais</b>	<b>Produit</b>	<b>Normes</b>	<b>Unité</b>
Epaisseur	Plaque	<b>ISO 5636/5</b>	<b>mm</b>
ECT	Plaque	<b>ISO 2758</b>	<b>kN/m</b>
FCT	Plaque	<b>EN 20187</b>	<b>Kpa</b>
RCV ou BCT	Caisse	<b>EN-ISO 3037</b>	<b>N</b>

## **II. Matériels et Méthodes**

### **II.1. Prélèvement d'échantillon de la matière première**

**a. Objectif :** Détermination du nombre d'échantillons

**b. Principe**

Avant de commencer la manipulation on doit faire appel à la méthode d'essai FEFCO N°1 afin d'obtenir le nombre minimum d'échantillons individuels à prélever sur un lot.

**c. Réalisation**

Le nombre d'échantillon que l'on doit prélever est déterminé par la relation suivante :

$$n = \sqrt[3]{N}$$

**n :** le nombre total d'échantillons individuels.

**N :** le nombre total des bobines ou autre constituant le lot.

L'échantillonnage est effectué de manière aléatoire, et il ne faut pas commencer la manipulation jusqu'à ce que les échantillons s'adaptent au milieu du travail (Laisser reposer les échantillons).

### **II.2. Tests effectués sur les papiers**

#### **II.2.1. L'humidité (%)**

**L'appareil :** l'humidimètre. **Norme :** UNE-EN 20287

**a. Objectif**

Mesure de la teneur en humidité d'un papier sur la bobine.

**b. Principe**

Avant de prélever les échantillons, nous devons d'abord mesurer l'humidité directement sur la bobine à l'aide d'un humidimètre, afin de la comparer à celle dans la fiche technique interne qui nous indique la conformité du papier.



**Figure 21** : Principe de détermination de la teneur en humidité sur la bobine.

**II.2.2. Grammage (g/m<sup>2</sup>)**

**Appareils**

Découpeuse, une balance de précision avec une sensibilité de 0,001g près.

**Norme** : EN-ISO 536

**a. Objectif**

Détermination du poids au mètre carré du papier ou du carton ondulé.

**b. Principe**

Les échantillons représentatifs destinés aux essais doivent être assez grands pour permettre le découpage des éprouvettes de 100 cm<sup>2</sup> à l'aide de la découpeuse. Nous pèserons séparément chaque éprouvette et on notera le poids en g.



**Figure 22 :** La balance et la découpeuse utilisées pour la détermination du grammage.

### c. Réalisation

Pour chaque pesée, le poids est converti d'après la formule suivante afin d'avoir le résultat en  $m^2$  :

$$G = g \times 10^2$$

G = le poids en  $g / m^2$

g = le poids de l'éprouvette en gramme

### II.2.3. L'absorption d'eau, méthode de COBB 60 ( $g / m^2$ )

#### Appareils

- Réservoir circulaire, rigide de  $100 \text{ cm}^2$  de section interne, de profondeur suffisante pour qu'il puisse contenir une hauteur d'eau de 10mm muni d'un dispositif permettant de se fixer solidement au plateau. Il est recouvert par un anneau de caoutchouc pour assurer une parfaite étanchéité.
- Rouleau de métal, lisse inoxydable de 200 mm de long et de  $90 \pm 10$  mm de diamètre et de  $10 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$  de masse.
- Chronomètre permettant la lecture en secondes.

**Norme :** UNE-EN 20535.

#### a. Objectif

La détermination de l'aptitude du papier à résister à la pénétration d'un liquide.

## **b. Principe**

Couper des échantillons au minimum de dimensions supérieures au moins à 10mm au diamètre du cylindre dans toutes les directions. Il faut s'assurer que la surface d'essai ne comporte pas de plus apparente ou d'autres défauts.

Nous mesurons d'abord le grammage de notre échantillon. Puis nous versons 100 ml d'eau et laisser pendant 60 secondes dans le réservoir. Essuyer avec un papier absorbant à l'aide du rouleau de métal nous ôtons l'eau. Enfin, peser une deuxième fois son grammage.



**Figure 23** : Le rouleau métallique et l'équipement Cobb.

## **c. Réalisation**

A fin de déterminer la résistance à l'absorption on a la relation suivante :

$$\text{Cobb} = (\text{masse du papier après l'absorption} - \text{masse du papier avant l'absorption}) \times 100$$

### **II.2.4. La résistance à l'éclatement, indice Mullen (kPa)**

#### **Appareils**

- Un éclatomètre hydraulique motorisé.
- Les membranes sont en matériau très élastique.
- La membrane ainsi que les mâchoires sont spécifiques pour le papier et carton.

**Norme** : UNE-57058 ISO-2758

### a. Objectif

Déterminer la résistance à l'éclatement du papier.

### b. Principe

Couper des échantillons de 150mm x 250mm et à l'aide d'un éclatomètre nous appliquons une pression croissante à une membrane qui va faire éclater l'éprouvette du papier maintenue fermement entre deux mâchoires. Il est lié directement à un ordinateur qui va nous afficher la valeur de la pression appliquée.



**Figure 24** : Principe de détermination de la résistance à l'éclatement.

### c. Réalisation

Noter la valeur affichée par l'ordinateur et calculer l'indice d'éclatement qui permet de classer les papiers par catégorie en s'affranchissant du grammage :

$$\text{Indice d'éclatement} = \frac{\text{pression d'éclatement}}{\text{grammage}}$$

#### II.2.5. Détermination de la résistance à plat de la cannelure à la compression, CMT (N)

##### Appareil :

- Dispositif de découpe.
- Canneleur, comprenant deux rouleaux onduleurs en acier.
- Appareil de compression des échantillons.



Norme : UNE-EN ISO 7263

**a. L'objectif**

Détermination de la résistance à plat de la cannelure.

**b. Principe**

Nous coupons des échantillons sous forme rectangulaire à l'aide d'un dispositif de découpe. Largeur de l'éprouvette : 12,7 mm longueur mini 150 mm avec la longueur étant parallèle au sens machine.



**Figure 25** : Principe de la CMT

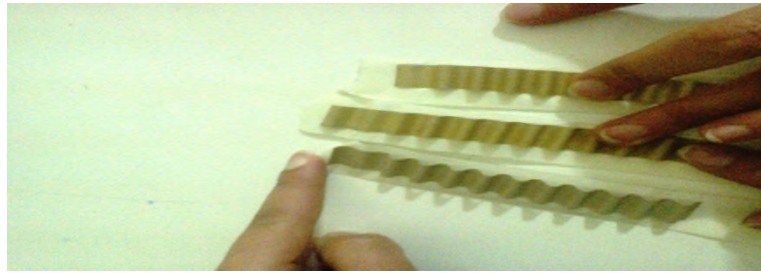
Nous augmentons la température du canneléur pour que les deux cylindres soient très chauds afin qu'ils puissent former les ondulations de la cannelure ;  $T = 177^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ . Lorsque l'éprouvette cannelée sort des rouleaux onduleurs, nous la plaçons directement sur la crémaillère de la façon montrée dans la figure suivante :



**Figure 26** : Le sens de la cannelure sur la crémaillère.

Placer une bande de ruban adhésif sur les crêtes des cannelures et exercer une pression et retirer doucement le peigne des cannelures sans endommager. Attendre 30 min et effectuer la mesure de la résistance de la cannelure sur un compressomètre.





**Figure 27** : Collage des cannelures à l'aide d'un adhésif pour garder leur forme.

### c. Réalisation

Après avoir mesuré la compression, on calcule l'indice de CMT

Indice de CMT = CMT/grammage

## II.3. Les tests effectués sur la plaque semi fini

### II.3.1. Mesure de l'épaisseur du carton ondulé (mm ou $\mu\text{m}$ )

#### Appareil

- Micromètre à cadran muni d'un poids, et comprend deux touches planes circulaires l'une fixe, l'autre mobile, dont leur surface est égale à  $10 \pm 0,2 \text{ cm}^2$ .
- L'appareil doit être suffisamment précis pour que les lectures s'effectuant à une précision de 0,01 mm.

**Norme** : ISO 5636/5.

#### a. Objectif

Détermination de l'épaisseur du Carton ondulé utilisé.

#### b. Principe

Les éprouvettes sont découpées à l'aide d'une cisaille circulaire de  $100 \text{ cm}^2$ . Elles doivent être exemptées de toute trace de machine de transformation et de tout endommagement.



**Figure 28** : Le micromètre qui mesure l'épaisseur.

### c. Réalisation

La touche mobile doit être descendue lentement et sans choc avec l'échantillon.

### II.3.2. La résistance à la compression sur chant, ECT (kN/m)

#### Appareil

- Une machine d'essai de compression motorisée avec des plateaux horizontaux conçus pour mesurer une force de compression. La vitesse de rapprochement des plateaux doit être de  $12,5 \text{ mm} \pm 2,5$  par minute.

**Norme** : EN 20 187

#### a. Objectif

Détermination de la résistance à la compression sur chant pour carton ondulé.

#### b. Principe

Consiste à couper une éprouvette rectangulaire du carton, la placer entre les plateaux d'un appareil de compression, avec les cannelures perpendiculaires aux plateaux, et est soumise à une force de compression croissante jusqu'à ce qu'intervienne la rupture.

#### c. Réalisation

La force maximale supportée par l'éprouvette est enregistrée. Calculer ensuite la résistance à la compression sur chant  $R$  selon la formule ci-dessous ( $L = 100\text{mm}$ ) :

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

R: Résistance à la compression moyenne (kN/m)

F: La charge maximale (kN)

L: Longueur de l'échantillon (mm)



**Figure 29** : Principe de l'ECT.

### **II.3.3. La résistance à la compression à plat, FCT (kPa)**

#### **Appareils**

- Appareil de compression à plateaux, mus par un moteur.
- La vitesse de rapprochement des plateaux doit être de  $12,5 \text{ mm} \pm 2,5 \text{ mm}$  par minute.

Norme : EN 20 187

#### **a. Objectif**

Détermination de la résistance à la compression à plat du carton ondulé.

#### **b. Principe**

On utilise un instrument muni d'une lame à mouvement circulaire pour découper des éprouvettes d'une surface de  $100 \text{ cm}^2$ . Les éprouvettes doivent être exemptées de toute trace des machines de transformation, de toute trace d'impression ou de dommage. Placer au centre du plateau inférieur, faire fonctionner l'appareil d'essai jusqu'à l'affaissement des cannelures.



**Figure 30** : Principe de la FCT.

### c. Réalisation

Noter la force maximale supportée par l'éprouvette. Ramener le résultat aux 100 cannelures/ m afin d'avoir une valeur comparable à d'autres effectuées ailleurs.

$$R = \frac{F}{S} \times 100$$

**R** : Résistance moyenne à la compression ;

**F** : Moyenne des forces (en N) ;

**S** : Surface de l'éprouvette.

### II.3.4. Détermination de la résistance à la compression RCV ou BCT (N)

#### a. Objectif

Déterminer la force de compression maximale appliquée sur une caisse vide et fermée.

#### b. Principe

Placement de la caisse entre les plateaux d'une machine d'essai de compression et soumission à une force d'écrasement. Faut que l'échantillon soit centré. Mettre la machine en marche et poursuivre la compression.



**Figure 31** : Principe de la RVC.

# *Résultats et discussion*

**Première étude :** Caractérisation de la caisse américaine et vérification de la conformité

### I. Echantillonnage

L'usine a reçu 125 bobines, le nombre des échantillons est calculé par la relation suivante:

$$n = \sqrt[3]{N}$$

Soit :  $n = \sqrt[3]{125} = 5$  échantillons.

Donc on doit prélever 5 échantillons (1 échantillon par bobine).

### II. Caractérisation du papier kraftliner (KE)

Les résultats des tests effectués sur le KE sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 9.** Les résultats des tests effectués sur le kraftliner.

<b>Echantillon</b>	<b>Humidité (%)</b>	<b>Grammage (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Eclatement (kPa)</b>	<b>Cobb (g/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Tolérance</b>	7à9	± 3%	555 à 620	30 et 32
<b>1</b>	8	140	610	32
<b>2</b>	8,12	139	608	30
<b>3</b>	7,9	139	609	31
<b>4</b>	8,2	140	610	31
<b>5</b>	8,6	139	608	30

Nous calculons l'indice d'éclatement selon la relation suivant:

$$\text{Indice d'éclatement} = \frac{\text{pression d'éclatement}}{\text{grammage}} = 3,71$$

Nous remarquons que tous les résultats du tableau sont conformes aux normes mentionnées dans la fiche technique interne du Kraftliner (Annexe 8).

### III. Caractérisation du papier Semi-kraft

Après avoir testé le papier Semi-kraft on a eu les résultats suivants :

**Tableau 10 : Les résultats des tests effectués sur le Semi-kraft.**

Echantillon	Humidité (%)	Grammage (g/m <sup>2</sup> )	Eclatement (kPa)	Cobb (g/m <sup>2</sup> )
<b>Tolérance</b>	7 à 9,5	± 3%	364 à 420	30 à 40
<b>1</b>	8,4	140	414	40
<b>2</b>	8,8	141	393	39
<b>3</b>	8,6	140	420	41
<b>4</b>	8,8	138	390	33
<b>5</b>	8,8	139	386	31

Les valeurs regroupées dans le tableau ci-dessus sont aussi conformes aux normes indiquées dans la fiche technique interne du produit (Annexe 9).

#### Remarque

Si on fait une comparaison entre les valeurs du Kraftliner et celles du Semi-kraft, on remarque que le premier est plus résistant aux chocs vu sa valeur d'éclatement qui est importante, et il est moins absorbant c'est pour cela qu'il est bien choisi comme couverture externe de l'emballage. Cela revient à leur composition, le premier est composé de 100% fibres vierges et le deuxième est composé de 50% de fibres vierges seulement.

### IV. Caractérisation du papier cannelure ( Hydrosaica)

Les caractéristiques de l'hydrosaica sont regroupées dans le tableau ci-dessous :



**Tableau 11** : Les résultats des tests effectués sur le papier cannelure Hydrosaica

Echantillon	Humidité (%)	Grammage (g/m <sup>2</sup> )	CMT(N)
<b>Tolérance</b>	<b>9(-1/+2)</b>	<b>± 3%</b>	<b>297 à 338</b>
<b>1</b>	8,8	135	416
<b>2</b>	8,4	134	383
<b>3</b>	8,5	135	309
<b>4</b>	8,4	134	356
<b>5</b>	8,5	136	390

D'après les résultats dans le tableau le papier cannelure est conforme aux les normes indiquées dans la fiche technique (Annexe 10).

### V. Caractérisation de la plaque

Les résultats obtenus après avoir effectué les tests sur la plaque sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 12** : Les résultats des tests effectués sur la plaque du carton ondulé

Echantillon	Epaisseur (mm)	ECT (kN/m)	FCT(kpa)
Tolérance	4,2 à 3,7 mm	5,54 à 5,7	3,5 à 5
1	4,1	5,616	3,4995
2	3,99	5,376	4,5278
3	3,98	5,554	4,2862
4	4	5,693	4,6713
5	3,97	5,586	4,6447

Les résultats obtenus lors de la détermination de l'épaisseur correspondent bien au profil de la cannelure dénommée C (moyenne cannelure) donc notre plaque est conforme [28].

Pour le calcul de la résistance à la compression sur chant on a utilisé la relation suivante :

$$R = \frac{F}{L} \text{ (kN/m)} ; \quad L = 100 \text{ mm} = 100 * 10^{-2} \text{ m (la longueur de notre échantillon)}$$

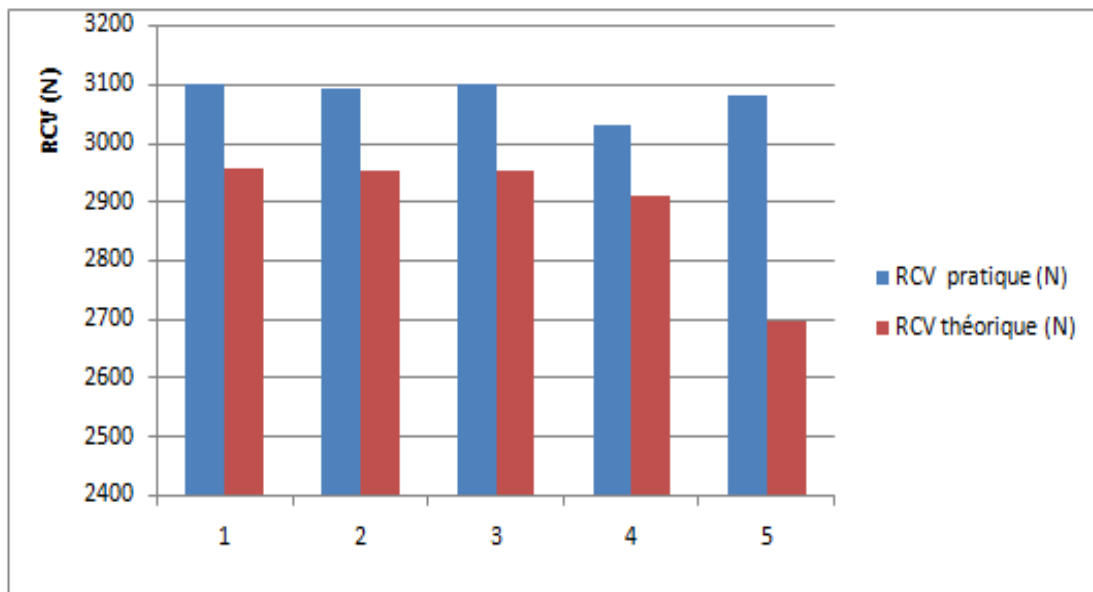
**VI. Caractérisation de la caisse**

Le tableau suivant présente les résultats obtenus après la caractérisation de la caisse américaine

**Tableau 13 :** Les résultats du test effectué sur la caisse (produit fini).

Echantillon	RCV pratique (N)	RCV théorique (N)
1	3100	2955,2
2	3093	2950,9
3	3099	2953,1
4	3031	2909,5
5	3080	2996,1

Pour Le calcul de la RCV théorique on a fait appel à la formule de McKee [20].



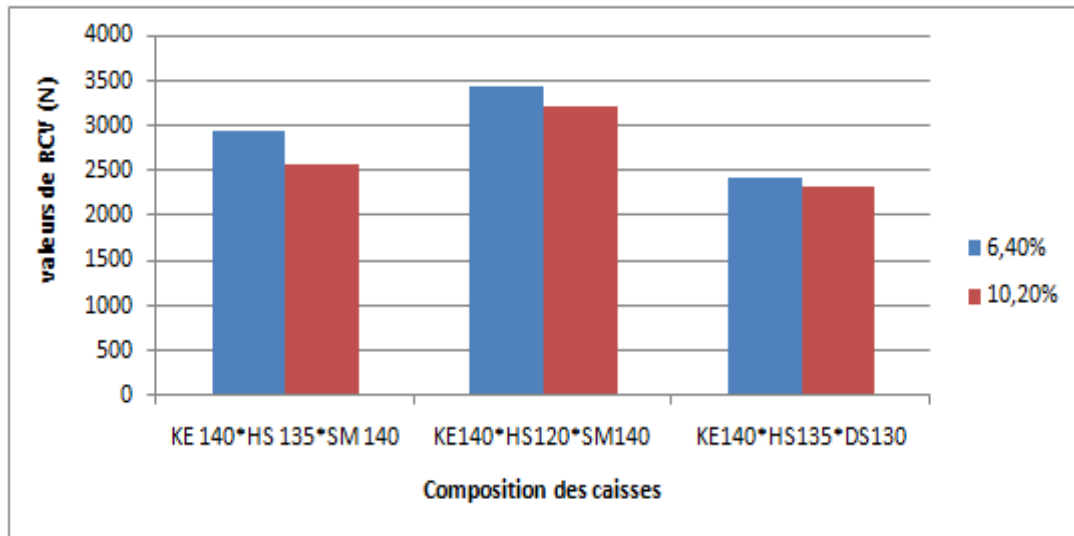
**Figure 32 :** La comparaison entre la RCV théorique et la RCV pratique.

D'après le diagramme on constate qu'il y'a toujours une petite différence entre la RCV théorique et la RCV pratique, l'erreur étant de 18 %.

**Deuxième étude:** Comparaison de la RCV entre plusieurs caisses:

### I. L'impact de l'humidité sur la RCV

Pour faire ressortir l'impact de l'humidité sur la résistance de la caisse américaine on a étudié trois cas en variant l'humidité du milieu du stockage :



**Figure 33 :** L'effet de l'humidité sur la RCV.

D'après le diagramme on remarque que la résistance obtenue dans un milieu d'humidité de 6,40% est plus grande que celle obtenue dans un milieu dont l'humidité est de 10,20%, le résultat est valable pour les trois cas. Cette différence est due à la durée et les conditions de stockage, on remarque qu'avec l'augmentation de l'humidité relative de 4% on obtient une perte de 20 % de RCV. On constate que le papier perd ses caractéristiques lors de l'augmentation de l'humidité qui fragilise les fibres du papier et cela modifie les dimensions et diminue la résistance de la caisse. Donc le stockage des caisses doit être fait dans des lieux bien aérés [50-51].

### II. L'impact du type de papier couverture

Le diagramme ci-dessous représente l'influence de la variation des types de couverture sur la résistance à la compression verticale RCV de la caisse :

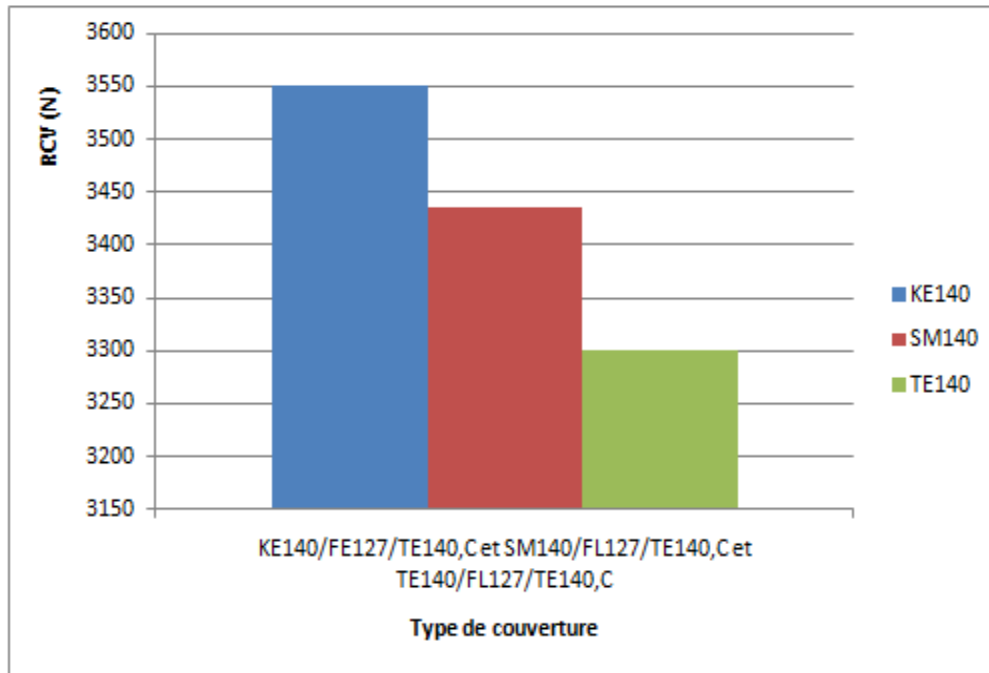


Figure 34 : L'effet du type de papier couverture sur la RCV.

D'après le diagramme on remarque que la caisse qui est élaborée avec un KE140 est plus résistante que celle qui est élaborée avec un SM140 ou TE140. Cela est dû au taux de fibres vierges présent dans le papier. En effet, le papier KE140 est à base de 100% fibres neuves, SM 140 est à base de 50% fibres neuves et le TE 140 est essentiellement constitué de fibres recyclées.

La résistance de la caisse augmente avec l'augmentation du taux de fibres vierges. En effet, les fibres vierges sont caractérisées par de longues chaînes macromoléculaires, ce qui se traduit par des propriétés mécaniques élevées, contrairement aux fibres recyclées qui ont subi un recyclage [20,40].

### III. L'impact du blanchiment

La figure 34 montre l'effet du blanchiment du papier sur la résistance de la caisse.

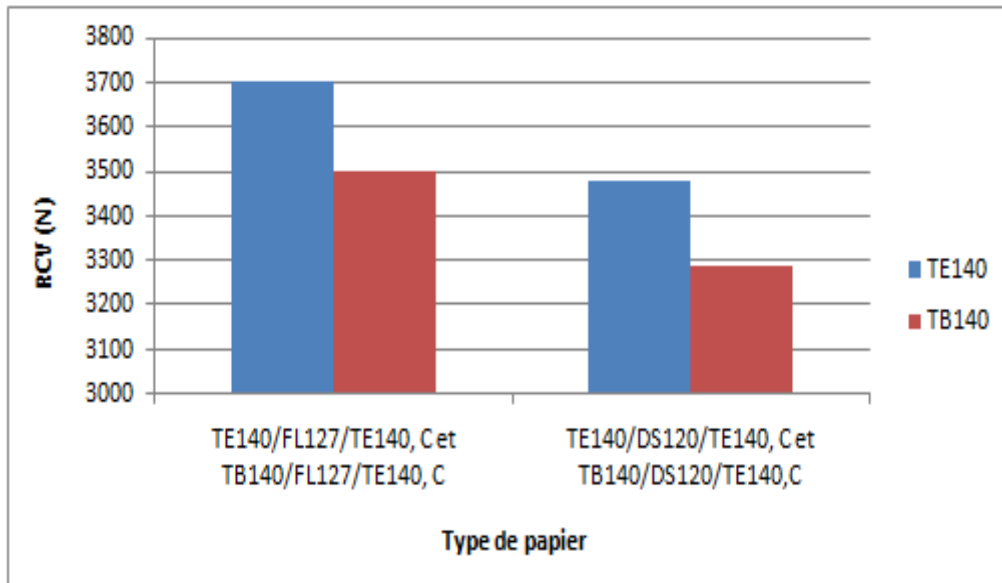


Figure 35 : L'impact du blanchiment sur la RCV de la caisse américaine.

D'après le digramme, on remarque que TE140 donne des résultats RCV meilleurs par rapport au TB140. Cette différence est due à la perte de résistance qui est expliquée par le procédé de blanchiment.

En effet, le blanchiment des pâtes mécaniques se fait dans des conditions sévères (température élevée, oxydation atmosphérique, action mécanique) ce qui provoque la dégradation des fibres cellulosiques et par conséquent une diminution des propriétés mécaniques.

#### IV. L'impact de la durée du stockage sur la résistance de la caisse

Afin de montrer l'influence de la durée du stockage sur la résistance mécanique de la caisse, on a pu faire une comparaison entre plusieurs caisses stockées dans des conditions différentes, et on a aboutit aux résultats illustrés sur la figure ci-dessous :

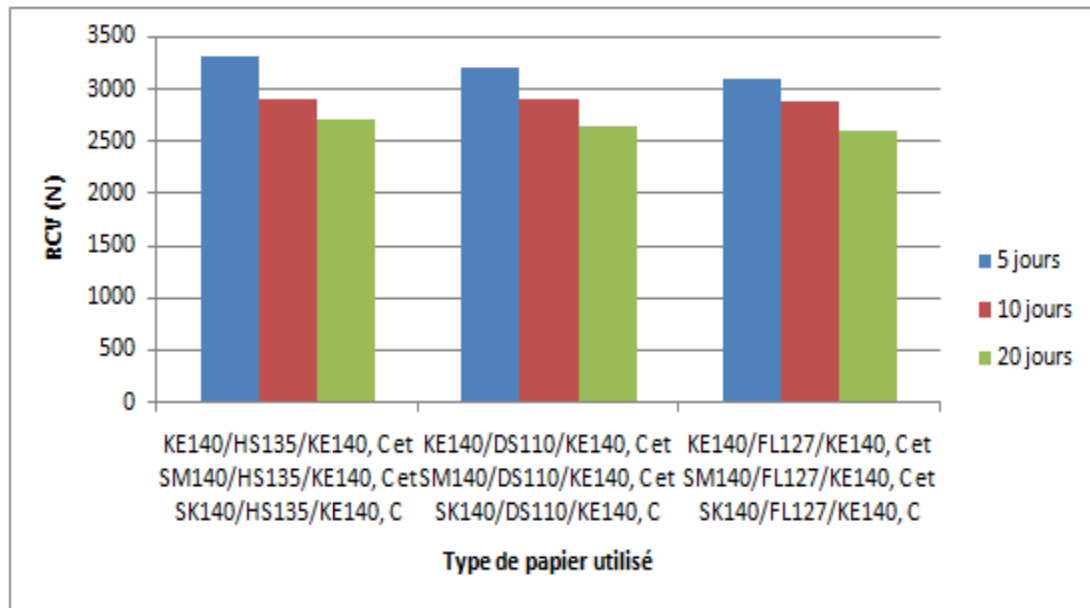
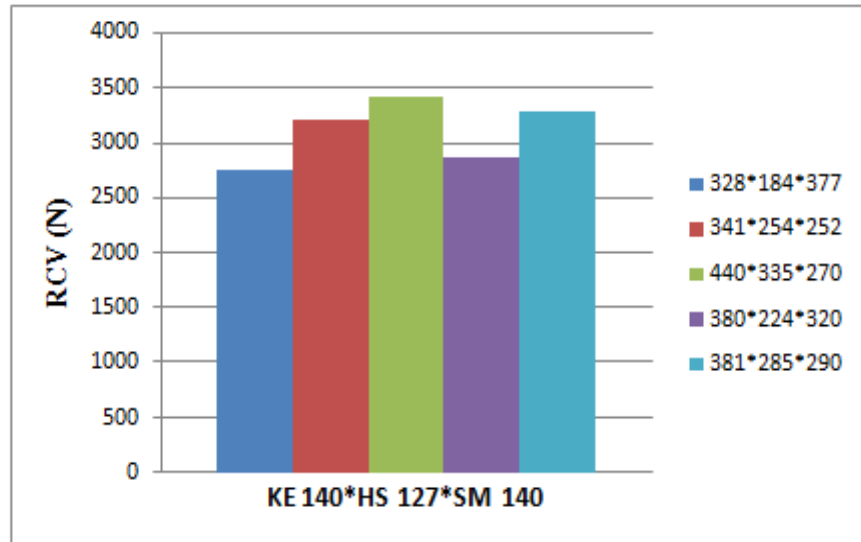


Figure 36 : Effet de la durée de stockage sur la RCV.

Lors du conditionnement de ces caisses dans une chambre froide, nous avons constaté qu'après 5 jours de stockage la résistance a baissé. Celle ci est d'autant plus faible pour une durée de stockage de 20 jours. On constate que la durée de stockage fragilise la caisse et conduit à un phénomène de "fatigue" de l'emballage.

### 5. L'impact des dimensions de la caisse (Effet du ratio L/l)

La figure ci-dessous nous montre l'effet des dimensions de la caisse sur la résistance à la compression verticale :



**Figure 37:** L'impact des dimensions de la caisse américaine sur la résistance à la compression verticale.

On remarque que la RCV des différentes caisses change avec la variation de leurs dimensions. Par ailleurs on sait que la résistance mécanique de l'emballage augmente avec la diminution du ratio L/l. Pour vérifier cela on a pu calculer ce rapport et les résultats sont rassemblés selon le tableau suivant :

**Tableau 14 :** Les résultats du ratio L/l sur la RCV

Dimensions	328*184*377	341*254*252	440*335*270	380*224*320	381*285*290
Ratio (L/l)	1,78	1,34	1,31	1,69	1,33
RCV (N)	2750	3206	3421	2860	3284

Les résultats vérifient bien que la résistance dépend de ce rapport. On constate que la résistance augmente avec la diminution de L/l. Les résultats sont aussi en accord avec la théorie de McKee. En effet, la formule de McKee a deux paramètres sont liés au carton ondulé (l'ECT et l'épaisseur) et le troisième est bien la géométrie de la caisse [20].

# *Conclusion*



## **CONCLUSION**

L'objectif de ce mémoire était de caractériser toutes les propriétés mécaniques et physiques du papier, et de faire ressortir tous les paramètres qui peuvent influencer la résistance de la caisse américaine, ainsi que les différentes contraintes qui interviennent pendant le stockage, le conditionnement et le transport.

Les résultats de la manipulation effectuée au niveau de Général Emballage nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- ✓ Les caractéristiques du papier dépendent essentiellement de l'origine des fibres (CTMP, TMP et kraft) et de leur nature (vierge ou recyclée), les papiers qui sont issus de fibres vierges montrent une meilleure résistance par rapport à ceux qui sont à base de fibres recyclées. En effet, le papier KE a une bonne résistance car il est à base de 100% fibres neuves, par contre SM est à base de 50% fibres neuves et TE est fait essentiellement à base de 100% fibres recyclées.
- ✓ Les conditions et la durée de stockage doivent être favorables, car on a constaté que l'augmentation de 4% d'humidité nous a valu une perte de 20% de la résistance. De plus, la durée de stockage peut fragiliser la caisse et conduire au phénomène de fatigue de l'emballage, car elle a une incidence sur la tenue du joint de colle couverture-cannelure et en particulier la résistance à la compression.
- ✓ Les performances mécaniques d'une caisse se mesurent par la RCV afin de déterminer son aptitude au gerbage.
- ✓ Les papiers à base de fibres neuves sont toujours utilisés comme des couvertures externes car ils ont une bonne aptitude à l'absorption d'eau, ils sont plus résistants à l'éclatement, aux déchirures et à tous les chocs que l'emballage peut subir.
- ✓ Le blanchiment du papier réduit la résistance de la caisse.
- ✓ La RCV augmente avec la diminution des dimensions de la caisse.

# *Références*

## Références

- [1] Z.ABOURA, S.ALLAOUI, et M.L.BENZEGGAGH, "étude et modélisation du comportement élastique d'une structure sandwich de type carton ondulé", 13<sup>èmes</sup> Journées Nationales sur les composites, STRASBOURG. France (2003).
- [2] J. GOOSSENG, "Papier et Carton : d'une matière première naturelle à un emballage flexible".(JUIN2010).
- [3] MARJORIE LE BERRE et CELIA PETON " Impression numérique sur carton ondulé ", Thèse de doctorat. France (JUIN 2011).
- [4] AFCO " Le secteur des conditionnements et des emballages en carton ondulé ", Institut Espagnole du Commerce Extérieur(ICEX), d'information de la division des produits industrielles et technologiques. Espagne (2010).
- [5] DEBBOUZ, SLIMANI "Caractérisation physico-mécanique du carton ondulé par mesure de la résistance à la compression sur chant" Mémoire de Master, Université A.MIRA. Bejaïa (2013).
- [6] CARLOS GOMES, "Amélioration des propriétés papetières des fibres recyclées par oxydation des tempo", Thèse de doctorat. Université du Québec (AVRIL 2009).
- [7] M. ERIC TOURETTE "Etude mécanique et physico-chimique du contact rouleau - papier lors du calandrage", Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines. Paris (2007).
- [8] P.CONIL "Fabrication des pâtes", techniques de l'ingénieur, réf.6901 (2003).
- [9] HAROUN, BELBESSAI " Procédé de fabrication et transformation du carton ondulé et vérification de sa conformité". Mémoire de Master, Ecole nationale polytechnique. Algérie (2013).
- [10] MICHEL GUILLEMETTE JR " Etude Systématique des effets de l'introduction de fibres désencrées dans un mélange pour papier journal", Thèse de doctorat. Université du Québec (JUIN 1995).
- [11] H.HOLIC, CO.KAA WILEY-VCH "Handbook of paper and board". Germany (2006).
- [12] J.REQUENA, "Choix de l'emballage", Technique de l'Ingénieur, réf . A9750 (1998).

- [13] VALETTE, C. DE CHOUDENS, "Le bois, la pâte, le papier ", 2<sup>ème</sup> édition, Centre Technique du Papier, p,192, Grenoble. France (1989).
- [14] A.LEMAITRE, "Préparation des pâtes", technique de l'ingénieur, réf. J6901(2003).
- [15] VALLETTE, C. DE CHOUDENS," Le Bois, la pâte, le papier, Centre technique de l'Industrie des papiers, Cartons et Cellulose", 3<sup>ème</sup> éd. Grenoble (1992) .
- [16] P.CONIL "Fabrication des pâtes", Technique de l'ingénieur, réf. J6901(2003)
- [17] ROBERT PERRIN, JEAN-PIERRE SCHARFF, "Chimie Industrielle" , 2<sup>ème</sup> édition. Paris (2002).
- [18] BELAMRI SAMIA "Les matière premières et le produit fini: les papiers et le carton ondulé" GENERAL EMBALLAGE-Algérie (2014).
- [19] VALERIE CHEVALIER-BILLOSTA "Influence des procédés papetiers et des variations saisonnières sur la structure des fibres – relation avec les propriétés mécaniques des papiers" Thèse de Doctorat. Grenoble (2008).
- [20] McKee, R. C "Effect of repulping on sheet properties & fiber characteristics", Paper Trade Journal, p. 34-40, (24 MAI 1971).
- [21] S. ALLAOUI, Z. ABOURA, M.L. BENZEGGAGH, N. TALBI & R. AYAD, "Modélisation analytique et numérique de structures sandwich de type carton ondulé "Troyes, (SEPTEMBRE 2005).
- [22] R.SITRAKA Annie NY AINA, "Contribution à l'amélioration du système de contrôle interne d'une entreprise industrielle face aux changements"
- [23] A. BOUAKIL "Le carton ondulé, formation des commerciaux ", General emballage (2000).
- [24] DALEZ, FLORENT, " Analyse de cycle de vie comparative de deux modes de conditionnement et d'emballage d'une purée de pomme de terre", Mémoire de Mastère, Université libre de Bruxelles (2010).
- [25] TAALBI OUAFA. MAHFOUDH KARIMA, "Planification et l'ordonnancement de la production", Mémoire de Master. Université de A, MIRA . Bejaia(2015).
- [26] D. BREUIL, M.ROBERT, "Procédé de fabrication d'adhésifs à base d'amidon pour carton ondulé " Registre Européen Des Brevets, numéro de publication EP0229741 A2, Europe (22 juillet 1987).

- [27] L'UNION SYNDICALE FRANCAISE DU CARTON ONDULE, "Emballages en carton ondulé", Technique de L'ingénieur, réf A9765 (1996).
- [28] ROBERT GUIMOND " Oxydation au tempo d'une pâte Kraft dans la fabrication de papetiers hautement chargées", Thèse de doctorat. Université du Québec (AVRIL 2010)
- [29] PHILIPPE COGNARD, Technique d'Ingénieur, traité l'Entreprise Industrielle A 9825 paris (France).
- [30] ROQUE; GAUDEVYL JL ; BOUCIN et BOUVIER F, "Chimie de formation des colles amylicées pour le carton ondulé" (1997).
- [31] ROBERT, M; BREUIL, D, "Procédé de fabrication d'adhésifs à base d'amidon pour carton ondulé" p 15-30. Europe (MARS 1991).
- [32] E.R.J. GOOSSENS, " Imprimé sur papier recyclé, Ne pas jeter sur la voie publique" Rue Martin V40, BE-1200. Bruxelles (NOVEMBRE 2010).
- [33] J.W. GLOMB, D.D MULLINGAN, R.G.C. ARRIDGE, L.N. MCCARTNEY, M.R. O'HALLORAN, D.C. PREVOSK, P.J. MILLS, " Paper et Paperboard, Consice Encyclopedia of Composite Matériaux" , P, 225-248 (1994).
- [34] CIRYL MARULIER, "Étude multi-échelles des couplages entre les propriétés hydroélastiques des papiers et leur microstructure ", Thèse de doctorat, Université de Grenoble.(7 AOÛT 2006).
- [35] VIRGINILLO, MARTIN GUSTAVO, " Méthode d'analyse du cycle de vie des Emballages", Mémoire de Master, Université Laval. Québec (2011).
- [36] NATHALIE DUFFEY, "Evaluation d'un nouveaux viscosimètre ", laboratoire d'immunologie du CHUV. Lausanne (MARS 2008).
- [37] , "Le guide pratique, industrie de carton ondulé", Général Emballage. Béjaia (JUIN2013).
- [38] J, POTHETE, "Emballage et environnement", Technique de l'Ingénieur a 9730 (1998).
- [39] VALERIE CHEVALIER-BILLOSTA, "Influence des procédés papetiers et des variations saisonnières sur la structure des fibres – relation avec les propriétés mécaniques des papiers ", thèse de doctorat, Université Josephfourier- Grenoble (MARS 2008).

- [40] HOWARD, R.C, "The effects of recycling on paper quality", Journal of Pulp and Paper Science, 16(5), p. 143-148, (1990).
- [41] W.J. WHITSITT, "Papermaking Factors Affecting Box Properties", the Institute of Paper Chemistry IPC technical paper series number 288 (1988).
- [42] D. EAGLETON, " Creep properties of corrugated fiberboard containers for produce in simulated road transport environment", Victoria University of technology (1995).
- [44] DIANA TWEDE et SUSAN E M SELKE , " Cartons, crates and corrugated board: handbook of paper and wood packing technology" , DES TECH (2005).
- [45] Y.ZHANG, J.CHEN, Y.WU, J.SUN, " Analysis on Hazard Factors of the Use of Corrugated Carton in packaging Low-Temperature Yorgurt during Logistics, Procedia Environnemental Sciences", volume 10, Part B, P, 968-973 (2011).
- [46] BUCHNAN, J.S. PIRA, " The correlation between laboratory tests and field performance of corrugated cases containing cans and cartons", symposium, p,4-5( MARCH 1969).
- [47] DAGEL, Y. UND BRYNHILSEN, H.O, "Einfluss der zeit auf die Belastbarkeit von Wellschateln", Swedish Packaging Research Institute Report 23.
- [48] JONSON.G, "Transport trials in Europe and USA", Swedish Packaging Research Institute Reports ,p74 and 88.
- [49] BRISTOW.A, "Einfluss von Regen auf die Festigkeitseigen-schaften von Wellschteln " Swedish Packaging Research Institute Report, p58.
- [50] VOLLUMER.W, " Klima und Feuchtigkeitseinfluss auf Well-pappe", Verpackungs-Rundschau 15 (1964).
- [51] WINDAUS. " Das Verhalten Von Versandschteln bei extremen Klimabeingungen" Verpackungs- Rundschau 18 (1967) .



# *Annexes*



# Annexes

## Annexe 1: Fiche technique de papier Test liner

<b>I. DESIGNATION DU PRODUIT</b>		
<b>PRODUIT</b>	<b>SEMI KRAFT ECRU</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR COUVERTURE</b>	
<b>GRADE</b>	<b>TESTLINER 1</b>	
<b>II. SPECIFICATION TECHNIQUE</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Grammage</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>±3%</b>
<b>humidité</b>	<b>%</b>	<b>7 à 9,5</b>
<b>Eclatement</b>	<b>Kpa</b>	<b>Indic d'éclatement x grammage</b>
<b>Indice d'éclatement</b>	<b>Kpa.m<sup>2</sup>/g</b>	<b>≥2.8</b>
<b>SCT CD</b>	<b>KN/m</b>	<b>Indice SCT x grammage</b>
<b>Indice SCT</b>	<b>KN.m/kg</b>	<b>≥17.5</b>
<b>COBB 60</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>40 à 45</b>
<b>Diamètre intérieur du mandrin</b>	<b>mm</b>	<b>100</b>
<b>Nuance de référence</b>	<b>Echantillon au laboratoire</b>	<b>SAIKRAFT</b>
<b>Calandrage de la surface</b>	<b>Visuel</b>	<b>obligatoire</b>
<b>Etabli par</b>	<b>Date</b>	<b>Visa</b>

# Annexes

## Annexe 2: Fiche technique de papier Testliner2

<b>I. DESIGNATION DU PRODUIT</b>		
<b>PRODUIT</b>	<b>TEST LINER BRUN</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR COUVERTURE</b>	
<b>GRADE</b>	<b>TESTLINER 2</b>	
<b>II. SPECIFICATION TECHNIQUE</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Grammage</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>±3%</b>
<b>humidité</b>	<b>%</b>	<b>7 à 9,5</b>
<b>Eclatement</b>	<b>Kpa</b>	<b>Indic d'éclatement x grammage</b>
<b>Indice d'éclatement</b>	<b>Kpa.m<sup>2</sup>/g</b>	<b>≥2.2</b>
<b>SCT CD</b>	<b>KN/m</b>	<b>Indice SCT x grammage</b>
<b>Indice SCT</b>	<b>KN.m/kg</b>	<b>≥15.5</b>
<b>COBB 60</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>40 à 45</b>
<b>Diamètre intérieur du mandrin</b>	<b>mm</b>	<b>100</b>
<b>Nuance de référence</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>Calandrage de la surface</b>	<b>Visuel</b>	<b>obligatoire</b>
<b>Etabli par</b>	<b>Date</b>	<b>Visa</b>

## Annexes

### Annexe 3: Fiche technique de papier Testliner3

I. DESIGNATION DU PRODUIT		
<b>PRODUIT</b>	<b>TEST LINER BRUN</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR COUVERTURE</b>	
<b>GRADE</b>	<b>TESTLINER 3</b>	
II. SPECIFICATION TECHNIQUE		
Paramètres	Unité	Valeurs
Grammage	$g/m^2$	$\pm 3\%$
humidité	%	6 à 9
Eclatement	Kpa	Indice d'éclatement x grammage
Indice d'éclatement	$Kpa.m^2/g$	$\geq 1.8$
SCT CD	KN/m	Indic SCT x grammage
Indice SCT	KN.m/kg	$\geq 13.5$
COBB 60	$g/m^2$	30 à 50
Diamètre intérieur du mandrin	mm	100
Nuance de référence	Echantillon au laboratoire	Austroliner 3
Calandrage de la surface	Visuel	obligatoire
Etabli par	Date	Visa

# Annexes

## Annexe 4: Fiche technique de papier Medium

<b>I. DESIGNATION DU PRODUIT</b>		
<b>PRODUIT</b>	<b>CANNELURE RECYCLEE</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR CANNELURE</b>	
<b>GRADE</b>	<b>MEDIUM</b>	
<b>II. SPECIFICATION TECHNIQUE</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Grammage</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>±3%</b>
<b>humidité</b>	<b>%</b>	<b>7-9</b>
<b>CMT 30</b>	<b>N</b>	<b>Indice CMT x CMT</b>
<b>Indice CMT 30</b>	<b>N.m<sup>2</sup>/g</b>	<b>≥1.6</b>
<b>SCT CD</b>	<b>KN/m</b>	<b>Indic SCT x grammage</b>
<b>Indice SCT</b>	<b>N.m/Kg</b>	<b>≥15</b>
<b>Diamètre intérieur du mandrin</b>	<b>mm</b>	<b>100</b>
<b>Etabli par</b>	<b>Date</b>	<b>Visa</b>

## Annexes

### Annexe 5: Fiche technique de papier Test Liner Blanc Couche

I. DESIGNATION DU PRODUIT		
<b>PRODUIT</b>	<b>PAPIER TEST LINER BLANC COUCHE</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR COUVERTURE</b>	
<b>GRADE</b>		
II. SPECIFICATION TECHNIQUE		
Paramètres	Unité	Valeurs
<b>Grammage</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>±3%</b>
<b>humidité</b>	<b>%</b>	<b>6-9</b>
<b>Eclatement</b>	<b>Kpa</b>	<b>Indice d'éclatement grammage</b>
<b>Indice d'éclatement</b>	<b>Kpa.m<sup>2</sup>/g</b>	<b>≥1.5</b>
<b>SCT CD</b>	<b>KN/m</b>	<b>Indic SCT x grammage</b>
<b>Indice SCT</b>	<b>N.m/kg</b>	<b>≥11</b>
<b>COBB 60</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>≤50</b>
<b>Blancheur</b>	<b>%</b>	<b>≥76</b>
<b>Brillance</b>	<b>%</b>	<b>≥20</b>
<b>Epaisseur de la couché</b>	<b>g/m2</b>	<b>17 et plus grade 1 14 ou plus grade 2</b>
<b>Diamètre intérieur du mandrin</b>	<b>mm</b>	<b>100</b>
<b>Nuance de référence</b>	<b>Echantillon au laboratoire</b>	<b>RiegerTop DC pour le grade 1 1 Rieger lient EC_D Grade 2</b>
<b>Calandrage de la surface</b>	<b>Visuel</b>	<b>obligatoire</b>
<b>Etabli par</b>	<b>Date</b>	<b>Visa</b>

## Annexes

### Annexe 6: Fiche technique de papier Medium Haute Performance

<b>I. DESIGNATION DU PRODUIT</b>		
<b>PRODUIT</b>	<b>CANNELURE RECYCLEE</b>	
<b>UTILISATION</b>	<b>PAPIER POUR CANNELURE</b>	
<b>GRADE</b>	<b>MEDIUM HAUTE PERFORMANCE</b>	
<b>II. SPECIFICATION TECHNIQUE</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Grammage</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b>	<b>±3%</b>
<b>humidité</b>	<b>%</b>	<b>7-9</b>
<b>CMT 30</b>	<b>N</b>	<b>Indice CMT x CMT</b>
<b>Indice CMT 30</b>	<b>N.m<sup>2</sup>/g</b>	<b>≥1.8</b>
<b>SCT CD</b>	<b>KN/m</b>	<b>Indic SCT x grammage</b>
<b>Indice SCT</b>	<b>N.m/Kg</b>	<b>≥18</b>
<b>Diamètre intérieur du mandrin</b>	<b>mm</b>	<b>100</b>
<b>Etabli par</b>		
<b>Date</b>		
<b>Visa</b>		

## Annexes

---

**Annexe 7:**Tableau ECT des composition de type C

Composition (C)	Moyenne	Ecart type
TB140/FL127/KE145	3.671	0.164
TB140/FL127/TE140	3.231	0.142
TB140/DS120/TE140	4.478	0.124
TB140/HS127/SM140	4.478	0.060
TB140/FL127/SM140	3.661	0.177
TB140/DS120/DS130	3.841	0.120
TB140/FL127/SM140	3.849	0.176
TB140/FL127/FL127	3.481	0.051
KE145/DS120/DS130	3.481	0.195
KE140/FL127/TE140	3.856	0.148
KE145/DS120/KE145	4.732	0.134
KE200/DS130/KE145	6.788	0.228
KE140/DS150/SM140	5.677	0.160
SM140/DS130/TE140	5.961	0.135
SM140/FL127/TE140	3.717	0.162
SM140/HS127/SM140	5.109	0.111
SM145/HS127/SM140	6.074	0.197
SM140/FL127/SM140	3.770	0.142
SKB140/DS120/KE145	5.124	0.137
SKB140/DS150/SM140	5.089	0.142
TE140/DS130/TE140	4.545	0.171
TE140/DS120/TE140	4.541	0.137
TE140/FL127/TE140	3.184	0.338
DS120/FL127/DS130	3.447	0.085
DS130/FL127/TE140	3.728	0.067

# Annexes

## Annexe 8 : Fiche technique Kraftliner



### Kraftliner Brown

#### Quality Declaration

##### Typical values at 50 % RH and 23°C

Property	Unit	Test method									
Substance	g/m <sup>2</sup>	ISO 536	115	125	135	170	186	200	225	275	300
Moisture content	%	on - line	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Thickness	µm	ISO 534	155	170	180	230	255	275	310	365	415
SCT, CD	kN/m	ISO 9895	2,4	2,6	2,8	3,5	3,9	4,1	4,6	5,6	6,0
Bursting strength	kPa	ISO 2758	530	580	620	750	810	860	940	1070	1130
Cobb <sub>60</sub>	g/m <sup>2</sup>	ISO 535	30	30	30	30	30	30	30	30	30

##### Guaranteed values at 50 % RH and 23°C

We guarantee that our measured values are equal to or better than the guaranteed values given. For the intervals specified we guarantee that our measured values are within the tolerance given. Our testing equipment is calibrated to match the round robin mean value of the CEPI Comparative Test.

Property	Unit	Test method									
Substance	g/m <sup>2</sup>	ISO 536	115	125	135	170	186	200	225	275	300
Substance tolerance	%	ISO 536	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3	+/-3
Moisture tolerance	%	on - line	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5	8 +/-1,5
SCT, CD	kN/m	ISO 9895	2,2	2,3	2,5	3,2	3,5	3,7	4,2	5,1	5,5
Bursting strength	kPa	ISO 2758	450	510	555	685	715	775	835	980	1010
Scott Bond	J/m <sup>2</sup>	Tappi T 833	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Cobb <sub>60</sub> , top side	g/m <sup>2</sup>	ISO 535	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40
Cobb <sub>1800</sub> , top side *	g/m <sup>2</sup>	ISO 535	≤155	≤155	≤155	≤155	≤155	≤155	≤155	≤155	≤155

\*with 3 blotting papers

Valid from July 2012

THE GENERAL MANAGER  
 7 rue de la République  
 06100 NICE  
 COORDONATEUR QUALITE  
*Validée*  
*Origine Azetale*



# Annexes

## Annexe 9 : Fiche technique Semi Kraft



### Caractéristiques types

TEST	NORME	UNITÉ	SAIKRAFT							
Grammage nominal	EN-ISO 536	g/m <sup>2</sup>	115	125	140	170	185	200	220	250
Humidité nominale	UNE-EN 20287	%	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Eclatement	UNE-57058	kPa	345	375	420	510	555	600	660	750
	ISO-2758	kPa.m <sup>2</sup> /g	3	3	3	3	3	3	3	3
SCT, ST	ISO 9895	kN/m	2,5	2,8	3,1	3,7	4,1	4,4	4,8	5,5
		kN.m/kg	22	22	22	22	22	22	22	22
COBB-60	UNE-EN 20535	g/m <sup>2</sup>	30	30	30	-	-	-	-	-
COBB-1800	UNE-EN 20535	g/m <sup>2</sup>	-	-	-	125	125	125	125	125

### Caractéristiques minimales

TEST	NORME	UNITÉ	SAIKRAFT							
→ Grammage nominal Variation	EN-ISO 536	g/m <sup>2</sup>	115	125	140	170	185	200	220	250
→ Humidité nominale Variation	UNE-EN 20287	%	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
→ Eclatement minimum	UNE-57058	kPa	299	325	364	442	481	520	572	650
	ISO-2758	kPa.m <sup>2</sup> /g	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
SCT, ST minimum	ISO 9895	kN/m	2,2	2,4	2,7	3,3	3,6	3,9	4,3	4,9
		kN.m/kg	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
→ COBB-60 maximum	UNE-EN 20535	g/m <sup>2</sup>	40	40	40	-	-	-	-	-
COBB-1800 maximum	UNE-EN 20535	g/m <sup>2</sup>	-	-	-	150	150	150	150	150

# Annexes

## Annexe 10 :Fiche technique de l'hydrosaica



### Caractéristiques types

TEST	NORME	UNITÉ	HIDROSAICA				
			110	120	135	150	165
Grammage nominal	EN-ISO 536	g/m <sup>2</sup>	110	120	135	150	165
Humidité nominale	UNE-EN 20287	%	9	9	9	9	9
SCT, ST	ISO 9895	kN/m	2,3	2,6	3	3,3	3,6
		kN.m/kg	21	22	22	22	22
CMT 30/50, SM	UNE-EN ISO 7263	N	220	264	338	375	413
		N.m <sup>2</sup> /g	2	2,2	2,5	2,5	2,5
CCT 30/50, ST	T824	kN/m	1,9	2	2,4	2,7	3,3
		kN.m/kg	17	17	18	18	20

### Caractéristiques minimales

TEST	NORME	UNITÉ	HIDROSAICA				
			110	120	135	150	165
Grammage nominal	EN-ISO 536	g/m <sup>2</sup>	110	120	135	150	165
Variation							
Humidité nominale	UNE-EN 20287	%	9	9	9	9	9
Variation							
SCT, ST minimum	ISO 9895	kN/m	2	2,4	2,7	3	3,3
		kN.m/kg	18	20	20	20	20
CMT 30/50, SM minimum	UNE-EN ISO 7263	N	187	228	297	330	363
		N.m <sup>2</sup> /g	1,7	1,9	2,2	2,2	2,2
CCT 30/50, ST minimum	T824	kN/m	1,7	1,8	2,2	2,4	3
		kN.m/kg	15	15	16	16	18

## Annexes

---

## **Résumé**

Le but de ce travail est la recherche de l'adéquation de la qualité de l'emballage au(x) type(s) de contraintes qu'il devra subir. Vu l'importance grandissante de l'utilisation du carton ondulé dans quasiment tous les secteurs d'activités, la résistance et la fiabilité de ces emballages est au cœur des préoccupations du fabricant et de l'utilisateur. Dans ce contexte notre étude a pour objet principal l'évolution de la résistance à la compression verticale (RCV du carton ondulé) produit par l'entreprise Général Emballage. Cette grandeur dépend de plusieurs paramètres à savoir : l'origine des fibres du papier utilisé, la résistance à la compression sur chant (ECT), le type de papier utilisé, le type de cannelure, l'effet de blanchiment ainsi que les conditions et la durée de stockage.

**Mots clés :** Papier, carton ondulé, résistance à la compression verticale.