

République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
Université A.MIRA – BEJAIA.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
Département des Sciences Alimentaires.
Filière : Emballage & Qualité.



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention de diplôme
Licence Professionnelle

Thème

MAITRISE DU PROCESSUS DE COLLAGE DE LA PLAQUE DU CARTON ONDULE

Présenté par : Mlle GALOUL SAMRA

Mr HAMOUN LYES

Soutenu le 16 juin 2015.

Devant le jury composé de :

Mme F. BRAHMI	MAA	PRESIDENT.
Mme K. KOUACHI	MCA	ENCADREUR.
Mme S. BOUKHEDDAMI		TUTEUR PROFESSIONNEL

Année universitaire : 2014/2015

Remerciements

A la fin de ce parcours de la première promotion de Licence Professionnelle en « Emballage & Qualité » effectué à l'Université « Abderrahmane Mira » de Béjaia en collaboration avec l'entreprise « SPA Général Emballage », Nous tenons à remercier toute personne ayant participé à son lancement et sa réussite.

Pour commencer on remercie le bon Dieu pour sa bonté et de nous avoir donné la foi, la force et le courage pour réaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Nous Saluons le groupe pilote qui nous a suivie tout le long de cette formation à citer :

- au niveau de l'entreprise : Mr le D.R.H BERABAH Kamel et Mr YAHYAOUI Akli.
- au niveau de l'université : Mr Le chef de département KATI Djamel Eddine et Mme MAOUCHE Nadia.

Nous exprimons toute notre gratitude à notre encadreur : Mlle KOUACHI Kahina et Mlle MADI LYDIA de nous avoir guidé et mener à bien ce travail de fin d'étude sans oublier notre tuteur professionnel : Mme BOUKHEDDAMI Samia et nous remercions également Mr Chalbi Malek et Mr LARBI.

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui ont travaillé avec nous durant cette formation et toutes personnes ayant participé de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.



Avec l'aide de Dieu le tout puissant est enfin achevé ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères:

À la mémoire de ma mère, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

À celui qui m'a donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance et celui qui m'a soutenu nuits et jours, et durant tout mon parcours, à toi mon père je te dis merci

À vous mes frères Mohamad, Fodil, Tayab, Abed-alkarim, Mahphod, Toufik, Ikhlef, Hamza et ainsi que leurs épouses et leurs enfants

À vous mes soeurs : Baya et Zahra

À mes tantes: Mahdjouba, Djadjia.

À ma belle-mère Dahebia

À toi Lyes et ta famille

À tous mes amis (es), particulièrement : souhila Salowa, et Lila.

À toute la promotion d'emballage et qualité

À toutes personnes chères à mon cœur

À toutes personnes qui m'aime

À toutes personnes que j'aime

Samra

Dédicaces

Dédicaces

Bon Dieu Merci de nous donner à chaque fois tant de force et de courage pour aller au bout de nos objectifs.

Pour commencer je remercie et je dédis ce travail aux deux personnes les plus chères dans ma vie, celles qui m'ont tout offert sans contre partie : de l'amour, du temps... Mais sur tout de l'éducation :

Ma Mère et Mon Père, que Dieu Les garde pour nous.

Je le dédis à mes Frères Fouad Et Khiredine et également à mes sœurs Behidja et ma Petite Rania.

Je le dédis à toute ma famille HAMOUN ainsi que AITEUR et YAHYAOUI,

A ma chère et Belle Katia

A Tout Mes chers Ami(e)s sur tout Abdelhak, SAMI, ROMAÏSSA et SABAH.

A tout mes cousins et cousines

Je le dédis à toute personne ayant crue en moi, qui m'a encouragé et qui a été la pour moi que ce soit pour ce travail dans ma vie quotidienne.

HAMOUN Lyes

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Contexte général du stage & Etude théorique

Tableau I.1 : Caractéristiques des cannelures.....	07
Tableau I.2 : Différents types de papiers/grammages utilisés pour le carton ondulé chez Générale Emballage.....	08
Tableau I.3 : Capacités des deux Onduleuses (MEDESA/FOSBERT).....	14
Tableau I.4 : Normes de colle utilisée à GE.....	22

Chapitre III: Résultats et discussion

Tableau III.1 : Suivi de la viscosité et anomalies observées au cours de la préparation de la colle durant une étude de cinq jours et modifications adoptées.....	29
Tableau III.2 : Causes d'anomalies et correctives des préparations.....	30
Tableau III.3 : Températures de préparation de la colle.....	35

LISTE DES FIGURES

Chapitre I. Contexte général du stage et étude théorique

Figure I.1 : Plaques de carton ondulé.....	3
Figure I.2 : Caisses américaines	3
Figure I.3 : Caisses à fond automatique	3
Figure I.4 : Barquettes et ceintures	3
Figure I.5 : Carton ondulé	6
Figure I.6: Squelette de l'amylose.....	10
Figure I.7 : Structure del'amylopectine.....	11
Figure I.8 : Evolution de la température lors de la dissolution de NaOH dans l'eau.....	11
Figure I.9 : Molécule de borax.....	12
Figure I.10 : Vue générale d'un train onduleur pour la fabrication du carton ondulé.....	13
Figure I.11 : Facteurs et résultat de Production.....	14
Figure I.12: Carton Simple Face.....	15
Figure I.13: Carton Double Face.....	15
Figure I.14 : Position du jeu encolleur / docteur sur le Simple Face.....	16
Figure I.15 : Système d'encollage en Double Face.....	17
Figure I.16 : Dispositif d'une cuisine de colle.....	21
Figure I.17 : Dépôt de colle sur SF/DF.....	23
Figure I.19: Dépôt de colle régulier sur toute la laize du carton.....	23

Chapitre II Partie Pratique

Figure II.1 : Viscosimètre LORY.....	26
Figure II.2 : Test d'iode.....	28

Chapitre III : Résultats et discussion

Figure III.1 : Variation de la viscosité de la colle.....	31
Figure III.2 : Manque du dépôt de colle sur les deux faces.....	31
Figure III.3 : Tuilage de la plaque du CO sens laize.....	32

Figure III.4 : Dépôt de colle conforme sur SF/DF.....	33
Figure III.5 : Variation de point de gel de la colle en fonction de la viscosité.....	35
Figure III.6 : Manque de dépôt de colle et collage Cristallisé en SF/DF.....	37
Figure III.7 : Dépôt de colle superficiel en DF.....	38
Figure III.8 : Dépôt de colle décalé et non uniforme.....	39
Figure III.9 : Dépôt de colle en bordure sur SF.....	39
Figure III.10 : Apparition de rates dans les films de colles.....	40
Figure III.11 : Dépôt de colle en Bordure en SF.....	41

LISTE DES ABREVIATIONS

DF : Double face

ECT : compression sur chant du Carton Ondulé

FCT : compression à plat du carton ondulé

g : Gramme.

kg : Kilogramme

L : Litre

m : Mètre

NaOH : Hydroxyle de Sodium.

OEE : Overall equipment effectiveness (en Anglais) = Taux de Rendement Global

RCV : Résistance à la compression verticale

SPA : Société par action

SARL : Société à responsable limite

SF : Simple face

s : seconde

Table des Matières

Introduction Générale	01
------------------------------------	-----------

Chapitre I : Contexte général du stage & Etude théorique

I.A. Contexte général du stage	03
I.A.1 Présentation du métier	03
I.A.2 Présentation de l'entreprise.	04
I.A.3 Présentation du service.....	04
I.A.4 Activités réalisées pendant le stage.....	05
I. A.5 Compétences acquises	05
I.B. Etude théorique.....	05
I.B.1 Définitions des notions relatives au sujet de stage.....	05
I.B.1.1. Carton ondulé.....	05
a. Profils de cannelure.....	06
b. Propriétés de chaque profil de cannelure.....	07
I.B.1.2 Colle.....	08
a. Principaux types de colles existantes.....	09
b. Composition de la colle pour le carton ondulé.....	09
b.1 Composition chimique de l'amidon	10
b.2 Composition chimique de la colle.....	11
I.B-2-Description théorique des processus et outils de travail.....	13
I.B-2-1-Technologie de fabrication du carton ondulé	13
a. Onduleuse	13
a.1. Partie humide.....	14
a.1. 1. Système d'encollage Encollage	15
a.1.2. Table Chauffante.....	17
a.2. Partie sèche.....	18
b. Transformation.....	18
I.B.2.2. Procédé de préparation de la colle et étapes de collage.....	19
a. Procédés de la préparation.....	19
b. Présentation de la cuisine de colle	20

c. Etapes du collage	21
d. Dépôt de colle dans le carton Ondulé (cannelures/couvertures).....	22

Chapitre II : Partie Pratique

I. Description des méthodes et outils de travail	24
I.1 Mode opératoire pour la préparation de la colle.....	24
I.2 Etude et suivi des paramètres de préparation de la colle.....	24
I.2.1 Suivi de la recette de la colle.....	24
I.2.2 Suivi de la viscosité de la colle.....	24
I.2.3 Suivi de la température de préparation de la colle.....	26
I.2.4 Détermination du point de gélatinisation de la colle.....	27
I.3. Etude et analyse du dépôt de colle sur le carton ondulé.....	25

Chapitre III: Résultats et discussion

I. Suivi des paramètres de préparation de la colle.....	29
1. Suivi de recette de la colle	29
2. Suivi de viscosité de la colle.....	30
3. Suivi de la température de préparation de la colle.....	34
4. Suivi du point de gélatinisation de la colle.....	35
II. Analyse du dépôt de colle sur la qualité de la plaque du CO.....	36
II.1. Défauts de collage	37
a- Cristallisation de la colle	37
b- Collage superficiel	37
c- Dépôt de colle décalé	38
II.2. Défauts de l'aspect	39
a- Tuilage de la plaque (vers le Haut/Bas)	39
b- Formation de poches sur la double face.....	40
c- Apparition de nids d'abeilles	40
III. Proposition d'un mode opératoire optimale pour la de préparation de la colle.....	42
Conclusion.....	43
Perspectives	44

Introduction Générale

Qu'ils soient cultivés ou manufacturés la plupart des produits doivent être emballés adéquatement. Ainsi, l'emballage, un lien essentiel entre le fabricant de produit et le client, joue deux rôles fondamentaux : l'identification du produit et sa protection vis-à-vis des différentes manutentions lors de sa distribution. De nos jours les industriels optent pour des emballages à bon rapport qualité/prix, qui ne renferment pas d'impacts négatifs sur les produits et l'environnement, recyclable et de matières premières très abondantes. Un emballage qui semble répondre à ces paramètres est bien le carton ondulé du fait qu'il prend de plus en plus une place importante dans l'industrie « Packaging ».

Le carton ondulé est constitué de plusieurs feuilles de papiers dont l'assemblage se fait grâce à une colle généralement de nature végétale (maïs, blé, pomme de terre...) en raison de son faible coût, recyclabilité, non toxicité et plus encore pour sa bonne adhérence sur les papiers pour carton ondulé.

Au sein de l'entreprise Général Emballage la colle utilisée est à base d'amidon de maïs préparée au niveau d'une cuisine de colle. Celle-ci doit répondre à des normes bien définies par l'entreprise selon leurs besoins d'utilisation et modes d'emploi. Les paramètres de la préparation de la colle sont fixés grâce à ces différentes composantes en jouant sur leurs quantités et d'autres aspects de la préparation.

Le travail traité dans ce mémoire sous le thème « Maitrise du processus de collage de la plaque du carton ondulé » regroupe les chapitres suivants :

- Chapitres I : subdivisé en deux parties :
 - Partie A : traite le contexte général du stage en introduisant la présentation de l'entreprise ainsi que le service où c'est déroulé le stage.
 - Partie B : traite l'étude théorique qui touche au processus de fabrication du carton ondulé ainsi que la colle et son utilisation sur l'onduleuse. Suivi, de la description théorique relative au thème étudié en décrivant les processus et outils de travail utilisés.

- Chapitre II : Etude pratique qui traite les points suivants :
 - Etude et suivi des paramètres (viscosité, température et point de gélatinisation) de la préparation de la colle.
 - Etude et analyse de l'impact du dépôt de colle sur la qualité de la plaque du carton ondulé.

- Chapitre III : Présentation et discussion des résultats et Proposition d'un mode opératoire relatif à la préparation de la colle pour le carton ondulé.

Chapitre I : Contexte général & Etude théorique

I.A. Contexte général du stage

I.A.1 Présentation du métier

L'activité principale de l'entreprise Général Emballage est basée sur la fabrication et la transformation du carton ondulé. Elle a comme mission principale la satisfaction et la fidélisation de sa clientèle en répondant à leurs exigences distinctes.

Parmi les produits fabriqués au sein de cette entreprise [1] on cite :

- ✓ Les plaques de carton ondulé (Figure I.1).



- ✓ Les caisses américaines (Figure I.2).



- ✓ Les caisses à fond automatique (Figure I.3).



- ✓ Les barquettes et ceintures (Figure I.4).



I.A.2 Présentation de l'entreprise

Malgré que l'économie Algérienne s'appuie en grande partie sur l'industrie pétrolière, néanmoins de nombreuses entreprises privées sont apparues et ont pris place avec d'important capitaux. Parmi ces entreprises apparaît le géant en industrie du carton ondulé « SPA Général Emballage ». Celle-ci a été lancée comme une petite entreprise SARL, créée le 01 août 2000 par décision APSI N°13051 du 06 juin 1998 à la zone d'activité Taharacht – Akbou, Bejaia par Mohand et Ramdane BATOUCHE avec un capital social de départ de 32 millions de dinars algériens (DA). La construction du bâtiment a été confiée à des entreprises algériennes et a débuté en août de la même année. Les équipements de fabrication importés d'Espagne furent installés en 2002 et la mise en route de l'entreprise via la fabrication de ses premiers produits a débuté en juin 2002. Le capital de l'entreprise a été porté à 70 millions DA en 2005, puis à 150 millions DA en 2006 et atteint 1023 millions DA en 2007.

En 2009, l'entreprise passe de « SARL » à Société Par Action « SPA » en travaillant en collaboration avec les deux nouveaux associés Magreb Private Fund II « Cyprus » et Magreb Private Equity II « Mauritius » pour atteindre un capital de 1823 millions DA. Le capital de SPA Général Emballage a été porté en juin 2009 à deux milliards DA.

En 2014, le chiffre d'affaire de l'entreprise a été estimé dans les 700 à 1000 milliards de centimes et active sur trois sites de productions : le siège social qui se situe à Taharacht, Akbou Bejaia, l'unité de Sétif et l'unité d'Oran.

I.A.3 Présentation du service

Le travail réalisé au cours de notre stage dans l'entreprise Général Emballage c'est déroulé en grande partie au niveau du service Contrôle de Qualité. Ce service a comme principaux objectifs d'assurer :

- La conformité des matières premières qui touche les bobines de papier lors des différents arrivages et de la colle préparée.
- Une qualité optimale du carton ondulé fabriqué après sa sortie de l'onduleuse et sa transformation.
- La préparation des encres à eau utilisées au cours de la transformation.

A signaler qu'au sein de ce service on trouve :

- Un laboratoire pour les différents tests physiques pour le papier et le carton, et tests chimiques pour les eaux utilisées dans l'entreprise. Ces tests sont réalisés par des contrôleurs qualité du laboratoire.
- Un atelier pour la préparation des encres de transformation.
- Des équipes de contrôle de la qualité du carton au niveau de l'onduleuse et de la transformation.

I.A.4 Activités réalisées pendant le stage

Au cours de ce stage il a été possible d'effectuer :

- ✓ Un contrôle de la conformité des matières premières, produit fini et semi-fini.
- ✓ Un contrôle physicochimique (test de gerbage RCV, ECT, FCT...) et dimensionnel des emballages.
- ✓ Une préparation de la matière première à savoir la colle.

I.A.5 Compétences acquises

Les compétences acquises au cours du stage se réfèrent au point suivants :

- ✓ Evaluer, analyser et corriger les problèmes des matières premières (papiers et colle) du produit fini et semi-fini.
- ✓ Réaliser les différents contrôles physicochimiques et dimensionnels des emballages.
- ✓ Identifier et corriger les dysfonctionnements du processus de production.
- ✓ Maîtriser la préparation de la matière première ainsi que tous les contrôles qualité qui lui sont appropriés.

I.B. Etude théorique

I.B.1 Définitions des notions relatives au sujet du stage

I.B.1.1 Carton ondulé

Le carton ondulé (Figure I.5) est un matériau conçu de manière à contenir ou emballer un produit, il est composé de deux mots : carton son élément constitutif et ondulé la caractéristique du carton. L'emballage en carton ondulé est un volume construit à base

de feuilles de papiers cannelées collées ensemble entre les feuilles de papier plan et rigide dont l'origine est 100% naturel. Ce papier est fabriqué à partir de fibres de celluloses issues du recyclage de papiers, de cartons ou de fibres vierges, et ses formes et performances sont adaptées au produit à emballer. Il est très utilisé pour les emballages ordinaires avec une face en papier imprimé et tous les emboîtages pour le transfert et stockage.

Le carton ondulé est également utilisé pour la création, le design et la présentation. Son utilisation est très conseillée car il est biodégradable en cas d'abandon dans la nature, recyclable et recyclé à 90% et ses fibres sont recyclées entre 5 et 7 fois [2].



Figure I.5 : Carton ondulé

a- Profils de cannelure











La technologie de fabrication du carton ondulé conduit à onduler le papier selon des profils pseudo-sinusoidales dites cannelures. De sorte que les cannelures formées assurent la rigidité de l'emballage mais aussi une élasticité maximale du fait qu'elles servent d'amortisseurs en cas de chocs. A retenir que parmi le papier cannelure on peut trouver :

- **Mi-chimique** : papier cannelure le plus résistant, mais qui se fait de plus en plus rare. Les grammages sont compris entre 105 et 250 g.m².
- **Wellenstoff** : papiers essentiellement à base de fibres recyclées et le plus couramment employé et bon marché. Les grammages sont compris entre 105 et 250 g.m².

Par ailleurs, il faut signaler que les principaux profils de cannelures sont caractérisés par 3 paramètres (Tableau I.1) :

- ✓ **la hauteur** : distance entre le sommet et le creux d'ondulation.
- ✓ **le pas** : distance entre deux sommets consécutifs d'ondulation, qui peut aussi s'exprimer par le nombre de cannelure au mètre.
- ✓ **le coefficient d'ondulation** : rapport théorique des longueurs de papiers cannelure et couverture. Ce coefficient révèle la consommation de papier cannelure.

Tableau I.1 : Caractéristiques des cannelures

Profils de cannelure		Epaisseur du carton ondulé en mm	Pas en mm	Nombre de cannelure au mètre
Type A Grande cannelure		5 mm env.	>8	110 à 116
Type C Moyenne cannelure		4 mm env.	7 à 8	123 à 137
Type B Petite cannelure		3 mm env.	6 à 7	152 à 159
Type E Micro-cannelure		<2 mm env.	<4	294 à 313
AC Double double				
AB Double double				
AE Double double				
CB Double double				
CE Double double				
BE Double double				

b- Propriétés de chaque profil de cannelure

- **A** : grand pouvoir de rigidité, amortissement dû à la hauteur des ondulations et la 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 (consommation de papier)/qualité (pour sa résistance). Il constitue un bon compromis entre les résistances à l'écrasement à plat et à la compression verticale.
- **E** : Bon à plat des couvertures dû au nombre élevé de (micro) cannelures au mètre. D'où la bonne imprimabilité.

Ces cannelures peuvent être combinées pour obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques (AC, AB, AE, ...), il est dans ce cas question de double-double cannelure.

A titre d'information, chez Général Emballage les classes fabriquées sont la B, C et E. D'autre part, les différents types de papiers utilisés sont présentés dans le Tableau I.2.

Tableau I.2 : Les différents types de papiers/grammages utilisés pour le carton ondulé chez Général Emballage

Qualité du papier	Grammage (g.m ⁻²)
Kraft écru	115-125-135-140-200-400
Simili Kraft écru	115-125-140-145
Simili Kraft Blanc	140-185
Test Ecru	135-140
Test Blanc	120-125-135-140
Hydro-saica	120-127-135-165
Hydro saica plus	195
Fluting	110-125-127-130-
Duo Saica	110-120-130-150-200
Test blanc couché	140-145

I.B.1.2 La colle

La colle est définie comme une matière ayant un fort pouvoir adhésif. Elle peut être utilisée comme liant dans la préparation des supports ou comme une substance d'adhérence durable des matériaux en contact. 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), ainsi la cohésion en dépend.

Les avantages du collage sont nombreux [3] on peut citer :

- Une répartition homogène des forces sur toute la surface collée sans endommager les matériaux contrairement au rivetage, au clouage. Ceci leur donne une seconde vie pour le recyclage.
- Une économie de poids (application sur des matériaux de faible épaisseur – effet de contre placage = matériau de faible poids mais de solidité élevée)
- Un élargissement des possibilités de combinaisons des matériaux.

a- Les principaux types de colles existants

Plusieurs colles synthétisées varient selon leurs compositions et modes de préparation mais aussi selon leurs modes d'emplois [3], on distingue :

- Les colles en solution dans l'eau : elles sont à base de substances naturelles ou de résine synthétique utilisées souvent pour l'assemblage des papiers sur eux même ou papier sur verre/plastique...
- Les colles en solution dans un solvant organique (résine, éthanol) : utilisées pour décorations.
- Les colles en dispersion : elles sont couramment utilisées sur des machines de conditionnement rapide et pour la fabrication d'emballages. C'est aussi ce type de colle qui est utilisé pour les recouvrements de mur ou de sol.
- Les colles thermo-fusibles : appliquées à l'état fondu (par augmentation de température) et réalise leur collage par refroidissement.
- Les colles réactives : utilisées pour les petites réparations et la réalisation de matériaux d'emballage souples et complexes.
- Les colles thermo-fusibles polyuréthane : résulte de la combinaison de colle réactive et thermo-fusible. Elles ont comme propriétés une rapidité de prise, utilisation possible dans une large gamme de températures (basse et haute) et résistance à l'eau [3].

b- Composition de la colle pour le carton ondulé

Généralement les colles utilisées dans la fabrication du carton ondulé sont formulées à base de polymères adhésifs d'origine amylacée. Roquette, l'une des plus importante société de production d'amidon de maïs, de blé et de fécule de pomme de terre, a développé un savoir faire de formulation et d'application des colles amylacées. Ces dernières possèdent des caractéristiques physico-chimiques différentes, liées à la structure et la composition des polymères qui les composent [4].

Pour rappel, l'amidon se présente sous forme de granules blanches semi-cristallines de formes et structures variables dont la taille varie entre 2 μm et 100 μm . Les constituants de l'amidon sont essentiellement représentés par des polysaccharides : l'amylose et l'amylopectine (98% à 99%) ainsi que des fractions minoritaires de composés non glucidiques (1-2 % de lipides et minéraux) [5]. D'autre part, soumis à des traitements

acides ou enzymatiques, les grains d'amidon se craquent et exposent une structure de type lamellaire [6, 7]. Il faut signaler, que l'amidon devient soluble après chauffage au dessus de 60°C, température à laquelle on obtient la gélification qui est un processus de dispersion irréversible. Au cours du chauffage les grains d'amidon s'hydratent, gonflent et forment un gel : solution colloïdale translucide appelée empois d'amidon, qui prend un aspect plus ou moins visqueux après refroidissement. Ce gel peut se rétrograder, sa viscosité diminuée et au final précipiter.

b-1 Composition chimique de l'amidon

L'hydrolyse acide complète de l'amidon libère de 98% à 99% de D-glucose. Les unités monomères de D-glucose sont liées majoritairement (95-96 %) par des liaisons de type α -(1-4) et dans une moindre mesure par des liaisons de type α -(1-6) (4-5 %) [8].

➤ **Amylose** : Elle représente 15% à 30% de la masse de l'amidon suivant son origine botanique (Figure I.6). C'est un polymère linéaire de résidus glucose (300 à 1000 résidus) reliés par des liaisons osidiques (α 1→4) → [D-glucopyranosyl (α 1→4)]_n. Du fait de son caractère essentiellement linéaire, lié à la présence quasi-exclusive de liaisons α -(1-4) [9], l'amylose est susceptible de complexer les molécules hydrophobes (iode, acides gras, chaînes hydrocarbonées) [10].

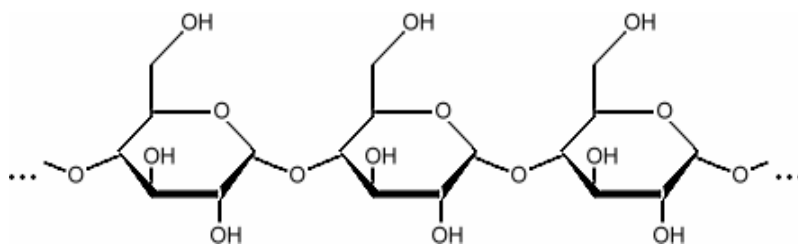


Figure I.6 : Squelette de l'amylose

➤ **Amylopectyne** : Elle représente 70% à 85% de la masse de l'amidon [9] et diffère de l'amylose du fait qu'il s'agit d'un polymère ramifié (Figure I.7). Elle est formée de résidus de glucose associés en chaînes linéaires par des liaisons osidiques de type (α 1→4) avec la présence de 5-6% de ramifications par branchement entre les chaînes par des liaisons (α 1→6) [11].

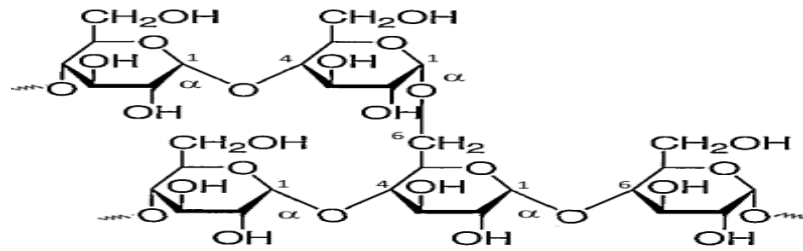


Figure I.7 : Structure de l'amylopectine

b-2 Composition chimique de la colle

- **La soude** : C'est un composé de formule chimique NaOH, appelé hydroxyde de sodium ou soude caustique, très utilisé en laboratoire et en milieu industriel pour la fabrication de pâtes à papier, produits chimiques (plastiques, textiles de synthèse, produits de nettoyage ...) et également dans la préparation de colles à base d'amidon. Elle se présente généralement sous forme de pastilles ou de billes blanches, très hygroscopique et réagit facilement au contact de l'humidité de l'air ou de toute surface mouillée. La dissolution aqueuse de la soude peut s'accompagner d'un dégagement de chaleur (Figure I.8).

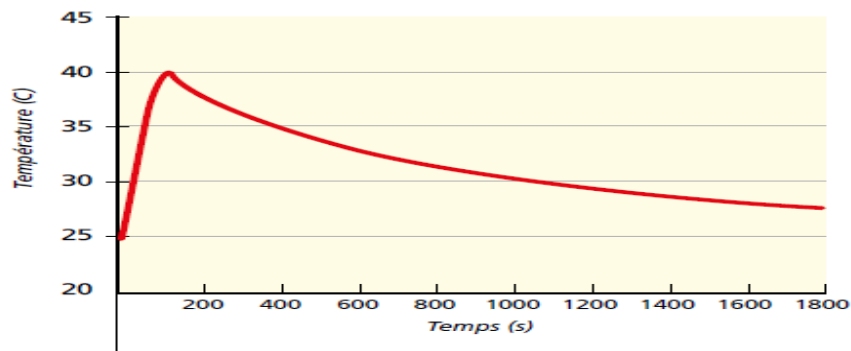


Figure I.8 : Evolution de la température lors de la dissolution de NaOH.

Caractéristiques physico-chimique de l'hydroxyde de sodium

Propriétés	Hydroxyde de sodium
Etat physique	Solide
Masse moléculaire	40,01 g.mole ⁻¹
Densité	2,13°C à 20°C
Solubilité dans l'eau	1090 g.L ⁻¹ à 20°C
Point de fusion	318,4
Point d'ébullition	1390°C
pH	11,5 solutions 0,013 %

➤ **La Borax** : C'est une espèce minérale de formule brute $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, appelée aussi tétraborate de sodium décahydraté ou borate hydraté de sodium (Figure I.9). Ce composé chimique basique est souvent décrit par les minéralogistes comme un composé comportant théoriquement des ions hydroxyle, soit $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Elle se présente sous forme de cristaux incolores, prismatiques courts à tabulaires, très légers de densité 1,74 et tendres. Les cristaux sont solubles dans l'eau et facilement fusibles, après gonflement [12].

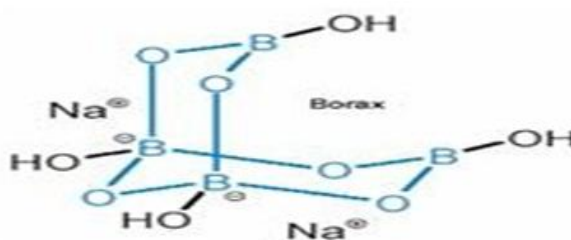


Figure I.9 : Molécule de borax

➤ **Agents de protection** : Il s'agit d'agents qui permettent d'éviter les développements bactériens. A titre d'exemple le formol est le composé le plus utilisé au cours de la préparation de la colle à fin d'éviter une instabilité de la viscosité (baisse de viscosité) et les odeurs désagréables [13].

➤ **Anti-mousse** : C'est un composé qui évite la formation de la mousse lors de la préparation ou de l'utilisation de la colle [13].

➤ **Anti-tartre** : Ce produit est nécessaire dans les régions à grand calcaire.

I.B.2 Description théorique des processus et outils de travail

I.B.2.1 Technologie 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 formes de plaques ou de caisses destinées à l'expédition. Ce procédé se réalise via le passage par différentes parties constituant l'onduleuse pour finir avec la transformation.

a- 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 I.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**.

- Une onduleuse est composée de sept sections principales :
 - Poste simple face n°1
 - Poste simple face n°2
 - Poste double face
 - Tables chauffantes
 - Mitrailleuse
 - Coupeuse transversale
 - Tables montantes et descendantes

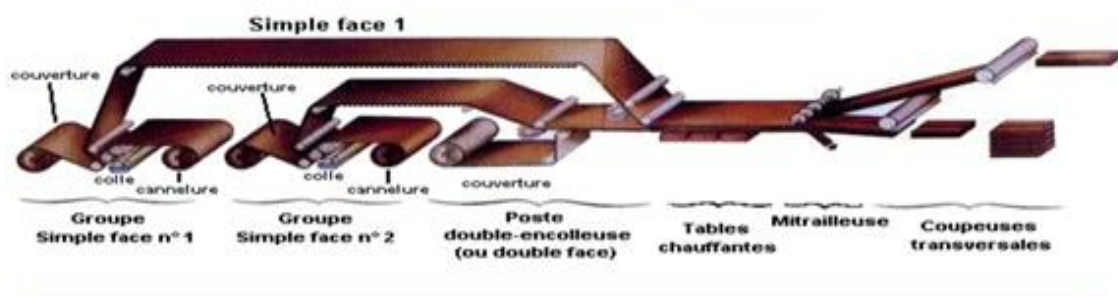


Figure I.10 : Vue générale d'un train onduleur pour la fabrication du carton ondulé

Au sein de l'entreprise Général Emballage on note la présence de deux trains onduleur dont les capacités sont présentées dans le Tableau I.3.

Tableau I.3 : Capacités des deux onduleuses (MEDESA/FOSBERT)

Onduleuse	Capacité de production	Laizes	Type de carton produit	Nombre de poses
MEDESA (2002)	350 m/min	2500 mm Max	Double Face Double-double Face	06
FOSBER (2012)	400m/min	2500 mm	Double Face	07

A signaler, que pour aboutir à des résultats optimaux il est impératif qu'il y la présence et la collaboration de plusieurs facteurs de productions et de résultats tel démontré dans la Figure I.11.

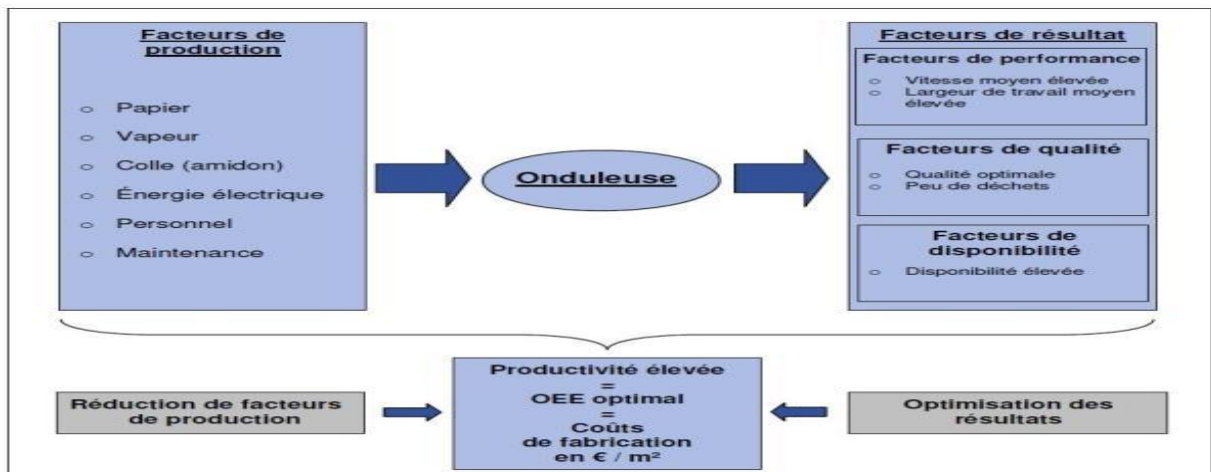


Figure I.11 : Facteurs et résultat de Production

a-1 Partie humide

Le rôle principal de ce processus est basé sur l'ondulation, l'assemblage des papiers ainsi que le collage. On distingue dans cette partie :

➤ **Simple Face** : Dans cette section il y a lieu de fabriquer le carton ondulé simple face (Figure I.12). Pour ce faire, le procédé débute par le passage d'une bonde de papier (couverture interne) sur des cylindres tendeurs pour bien étirer et aligner le papier, puis d'un préchauffage (environ 180°C/13 bar de pression) permettant l'ouverture des fibres de papier. Suivi d'un passage d'une autre feuille de papier sur un cylindre pré-

conditionneur mais aussi entre deux cylindres cannelés de même état thermique permettant le thermo formage du papier ce qui lui donne son aspect cannelé. Une colle est par la suite déposée sur les sommets des cannelures grâce à des cylindres encolleurs permettant le collage du papier cannelure sur papier couverture (plat) en pressant l'un contre l'autre entre le second cylindre cannelé et une presse lisse. Ainsi, la simple face ou nappe de papier est formée et qui sera immédiatement et continuellement guidée vers pont magasin à travers le monté pont.



Figure I.12 : Carton Simple Face

➤ **Double Face** : Dans cette section on obtient une nappe de carton double-double face (Figure I.13) qui se fait par adhésion de la nappe de carton simple face avec une feuille de papier plat (couverture externe) dont le collage se fait au niveau de la table chauffante.



Figure I.13: Carton Double Face

a-1.1 Système d'encollage

Cette partie s'intéresse aux différents types de surface et aux nouvelles évolutions permettant un meilleur potentiel d'optimisation de l'encollage. Dans l'industrie du carton ondulé il existe deux types de cylindres encolleurs différents. D'une part, les cylindres encolleurs tramés, les plus utilisés et d'autre part des modèles structurés également dits sablés ou matés. Les cylindres chromés structurés ou sablés ont une durée de vie plus courte et leur construction coûte moins cher. De plus, ils présentent un volume nettement plus faible et le plus souvent indéfini. Tandis que les cylindres encolleurs tramés avec des trames standard variant entre 7 L.cm^{-1} et 10 L.cm^{-1} ont, en comparaison, un volume beaucoup plus élevé mais bien défini. Ils sont plus chers mais leur durée de vie est beaucoup plus longue. Par ailleurs, pour atteindre une surface structurée sans pour autant

appliquer plus de colle, les trames utilisées sont souvent des trames fines. A retenir que le dosage sur une simple face et double face est très différent. Sur la simple face, l'écart entre le moment de l'encollage et le collage est très court. 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.

➤ **Simple Face** : Le principe du collage pour une simple face (Figure I.14) s'appuie sur le passage du papier couverture interne sur des cylindres préchauffeurs (environ 180°C) dont l'objectif est d'éliminer l'excès d'humidité du papier ainsi que son alignement uniforme sur toute la laize et la bonne ouverture des fibres du papier pour permettre une bonne absorption de la colle. D'autre part il y a passage du papier cannelure entre les deux cassettes chauffées à 180°C pour lui donner sa forme cannelée. Ce dernier est en contact direct avec un cylindre encolleur qui a une partie plongée dans un bac de colle alimenté automatiquement par des conduites de colle à partir de la cuisine de colle. Le cylindre encolleur est responsable du dépôt de colle sur les sommets des cannelures du papier ondulé et subit une régulation de la quantité de colle à déposer grâce à un cylindre appelé docteur ou doseur et cela en jouant sur la distance entre ces deux derniers [14]. La formation de la nappe (couverture interne-cannelure) se fait en appliquant une pression entre le papier cannelure après dépôt de colle et le papier interne passant au niveau de la presse lisse. Cette nappe est entraînée vers le pont magasin.

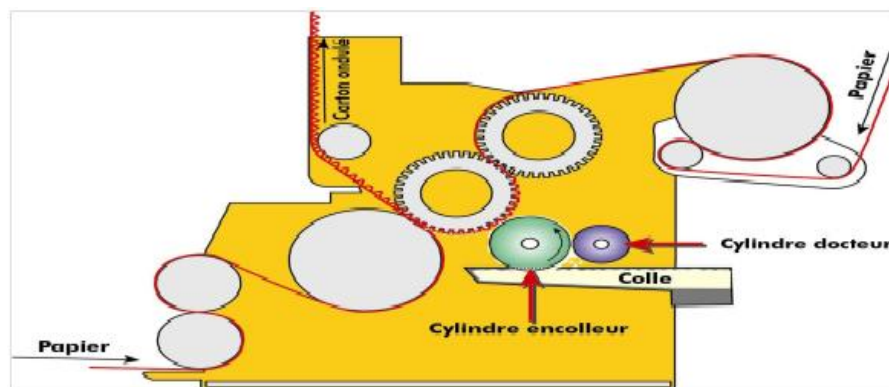


Figure I.14 : Position du jeu encolleur / docteur sur simple face

➤ **Double Face** : Le principe pour une double face (Figure I.15), repose sur la distance à parcourir entre l'encollage et le collage qui est relativement longue [14]. La colle aura donc plus de temps pour commencer à sécher ou pénétrer dans le papier. La pression utilisée pour le collage est généralement moins élevée que sur une machine unilatérale. Le volume sur double face doit donc généralement être plus élevé.

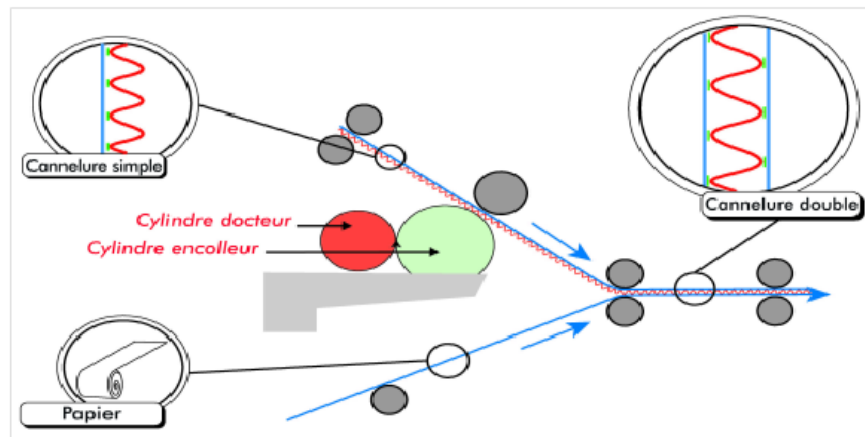


Figure I.15 : Système d'encollage sur double face

a-1.2 Table chauffante

Elle se répartie en trois principales sections : collage, séchage et entrainage, chacune a un rôle bien précis qui est défini selon la variation de la température et de la pression appliquée sur la nappe du carton. Ces paramètres varient non seulement d'une section à une autre mais aussi d'un type de carton à un autre et selon les types de papiers utilisés. Chaque section est constituée de plaque chauffante du côté inférieur sur lesquelles glisse le papier chauffé à base de vapeur délivrée par la chaudière via les conduites de vapeur et d'un tapis roulant du côté supérieur. Grâce à des plaques appelées patines, une pression physique est appliquée sur le tapis et à son tour sur le papier contre les plaques chauffantes. Ces deux facteurs température et pression constituent les deux éléments essentiels pour le bon collage de la plaque du carton.

- La partie collage provoque un éclatement total des granules d'amidon sous effet de la chaleur. Ainsi, la colle atteint son point de gélatinisation et fixe les deux papiers l'un sur l'autre. Cette phase a une température un peu moins élevée que la deuxième pour éviter un choc thermique pour la colle et sa cristallisation ce qui provoque une non-conformité de la plaque de carton.

- La partie séchage est là pour assurer une élimination de l'excès d'humidité du carton produit vu que la colle est constituée de 75% d'eau.
- La partie entrainage possède un autre tapis du coté inférieur et ne comporte pas de patine roulant sens marche de la nappe pour assurer son passage vers les autres parties d'onduleuse pour subir sa découpe et sa mise en produit semi-fini.

a-2 Partie sèche

Le rôle de cette partie consiste à effectuer les différentes découpes selon les dimensions et empilements exigés. De sorte que la forme voulue au produit semi-fini est donnée grâce à la coupeuse longitudinale (Mitrailleuse) qui réalise la découpe et les refoulements selon la largeur du carton via des couteaux et refouler circulaires, et à la coupeuse transversale via deux couteaux transversales (couteau et contre couteau) qui coupent le carton selon la longueur (longueur minimale 500 mm). Il faut retenir la présence de deux séparateurs de poses sur deux plateaux qui permettent de réaliser à la fois deux commandes différentes en dimensions. A la fin de cette partie, il y'a un tapis roulant 5 fois inférieurs en vitesse que celui de la production pour être enfin empilé sur des plateaux d'empilages selon des quantités bien définies au niveau des tables montantes et descendantes qui se termine par la réception des palettes. Les plaques ainsi obtenues sont considérées comme produit semi-fini destinées soit à l'expédition directement ou bien vers la partie transformation.

b- La transformation

La mission essentielle de cette partie repose sur le passage de la plaque du carton semi-fini vers un produit fini prêt à l'emploi selon les exigences de client avec une qualité optimale. Trois principales taches sont à réaliser :

➤ **L'impression** : elle se fait grâce à des machines de haute technologies (exemple : groupe BOBST). Au sein de l'entreprise Général Emballage, l'impression est réalisée via l'impression Flexographique dont le procédé s'appui sur trois supports : le carton ondulé, les encres à base d'eau et les clichés photo polymères.

- **La découpe** : c'est une procédure d'obtention d'un produit fini grâce à des machines à découpes rotatives ou aplat, dans les deux cas on utilise : la plaque semi-fini imprimée ou non, un moule, un plan de découpe ou un décortiquer de déchets.
- **Le collage** : réalisé pour quelques produits (boites, caisses, box...) soit de manière manuelle ou automatique grâce à des machines plieuses colleuses à fond automatique.

I.B.2.2 Procédé de préparation de la colle et étapes de collage

a- Procédés de la préparation

Les adhésifs utilisés pour la fabrication du carton ondulé sont formulés essentiellement par les procédés bien connus : « STEIN HALL » ; « NO CARRIER » et « MINOCAR » [15].

➤ **Procédé « STEIN HALL »** : Ce procédé est le plus ancien et encore très répandu car il permet la préparation de compositions aqueuses d'adhésifs dont l'extrait sec final, paramètre essentiel, varie, dans la pratique courante, entre 20% et plus de 30%. D'une façon générale, le procédé STEIN-HALL conduit à des adhésifs ayant une texture dite "longue" caractérisée par une vitesse d'écoulement STEIN-HALL d'environ 25 à 60 secondes à une température voisine de 30°C. Par ailleurs, ce procédé constitue un mode de préparation de la partie dite primaire ou support et selon d'autres règles du procédé « Stein-Hall », il est possible de préparer à la température d'alimentation de l'eau une dispersion rassemblant au moins eau et amidon granulaire. Le plus souvent, on leur associe un dérivé du bore, couramment, le borax. Le lait obtenu constitue la partie secondaire. On procède à un mélange soigneux des parties primaires et secondaires selon diverses modalités, tel que procédures continues ou discontinues.

➤ **Procédé « NO CARRIER »** : Dans ce procédé, l'amidon natif ou modifié est gonflé par l'action concomitante de la température et d'un agent alcalin dosé en excès. Ce gonflement est arrêté dès que l'adhésif a atteint une viscosité conforme aux exigences de la technique par neutralisation de l'excès de base à l'aide d'un acide ou un de ses sels et/ou par abaissement de la température. La colle dite "NO CARRIER" ainsi obtenue est à une seule phase, elle a une texture dite "courte" caractérisée par une vitesse d'écoulement STEIN-HALL d'environ 25 à 45 secondes pour une viscosité à une température voisine de

40°C. Toutefois, les exigences propres à cette préparation font que le procédé NO CARRIER est d'un emploi délicat.

➤ **Procédé « MINOCAR »** : Ce procédé a un mode de préparation où la partie primaire est associée à une dispersion d'amidon partiellement gonflé, qui constitue la partie secondaire. Quelque soit le moyen choisi permettant d'accéder à l'existence des parties primaires et secondaires, l'évolution technologique du matériel a conduit l'homme de l'art à s'orienter vers des compositions adhésives aqueuses à extraits secs élevés. Une telle démarche offre l'intérêt de diminuer la quantité d'eau à évaporer et de parvenir à un bilan calorique plus favorable. Cela nous donne une colle de viscosité LORY (15,5 s) à une température de 33°C.

b. Présentation de la cuisine de colle

La préparation de la colle s'effectue au niveau des cuisines de colle (Figure I.16). Celle-ci comporte une cuve de préparation liée par des conduites de transfert :

- ✓ **d'eau** : que se soit une eau provenant des adoucisseurs ou bien une eau recyclée.
- ✓ **de vapeur** : permettant de porter le mélange de la préparation à la température désirée.
- ✓ **d'amidon** : contenu d'un grand cilo alimenté manuellement et son transfert vers la cuve de préparation s'effectue grâce à une pompe. La quantité étant contrôlée via une vanne se désactivant automatiquement après passage des quantités établies sur recette.
- ✓ **de Borax** : son transfert se fait de la même manière que celle de l'amidon.
- ✓ **de la soude, résine, fermentant et additifs** : c'est des solutions préparées dans des cuves à part pour leur utilisation selon les besoins.

La cuve de préparation de la colle est alimentée de façon automatique par les différents composants grâce à une armoire équipée d'automatismes permettant l'enchaînement et la synchronisation du passage de chaque ingrédient selon la recette mise en place.

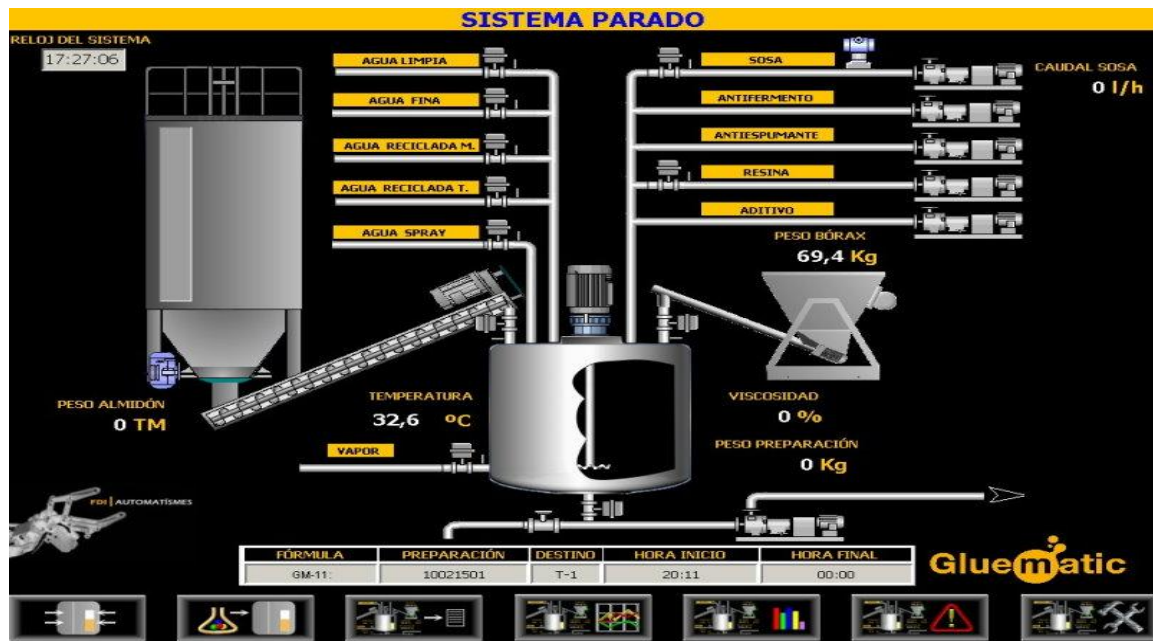


Figure I.16 : Dispositif d'une cuisine de colle

Traduction des Mots donnés dans la Figure I.16

Agua Fina : Eau Final ; Agua Limpia : Eau de Lavage ; Agua reciclada : Eau Recyclée
 Agua Spray : Eau vaporisée ; Vapor : Vapeur ; Sosa : Soude ; Antifermento : Anti
 Fermentant ; Résina : Additives ; Viscosidad : Viscosité ; Peso Préparation : Poids de
 Préparation ; Formula : Formule ; Hora Inicio/Final : Heure de Début/Fin ; Destino :
 Destination après préparation

c- Etapes du collage

Le collage s'effectue via différentes étapes :

➤ **Dépôt sur le papier cannelure** : Au cours de cette étape, la colle doit être déposée de façon régulière sur toute la laize de la machine. De sorte que la colle doit être bien centrée sur les sommets des cannelures avec la plus faible quantité possible dans le but d'éviter la formation de nids d'abeilles, d'eau à évaporer, le coût lié à la consommation et du tuilage [13].

➤ **Pénétration dans les papiers** : La rapidité de pénétration est liée aux caractéristiques du papier mais aussi du pré-conditionnement de celui-ci (chauffage et humidité) [13].

➤ **Gélatinisation de la colle** : La température de la colle augmente rapidement pour atteindre le point de gélatinisation. A ce niveau la transmission de la chaleur des cylindres et cassettes vers la colle entraîne une augmentation de la viscosité due à la solubilisation des grains d'amidon dès que la température de gélatinisation est atteinte. Cette augmentation de viscosité crée ce qu'il est convenu d'appeler le collage à vert. Au niveau micromoléculaire, on constate qu'à cette étape un éclatement presque total des grains d'amidon [15].

➤ **Déshydratation du joint de colle** : La colle après préparation contient environ 75% d'eau celle-ci va s'éliminer en simple face, sur le pont magasin et sur les préchauffeurs double face. L'eau de la colle va s'évaporer sur la table chauffante [13].

➤ **Collage finale en pile** : Les piles de carton restent chaudes pendant quelques heures après leurs sorties de l'onduleuse et le joint de colle va continuer à prendre un peu d'humidité pour aboutir au collage final [13].

d- Dépôt de colle dans le carton ondulé (cannelures/couvertures)

Pour avoir un bon collage de la plaque du carton ondulé, il faudrait avoir :

✓ Une colle répondant aux normes mises au point par l'entreprise Général Emballage (Tableau I.4) préparée à une température idéale et ayant une viscosité et point de gélatinisation convenable.

Tableau I.4 : Normes de la colle utilisée au niveau de Général Emballage

Propriétés	Valeurs
Température de préparation de la colle (°C)	30-35
Viscosité (s)	23-28
Point de Gélatinisation (°C)	53-60

✓ Un papier doté d'une humidité dans les normes ou bien dans les intervalles tolérés sachant que chaque papier a des valeurs d'humidité et de tolérance qui lui sont propre.

✓ Des paramètres de réglages convenables sur machine pour chaque profil de cannelure et type de papiers utilisés (pressions, vapeurs, tensions des papiers...).

- ✓ Un bon dépôt de colle sur les sommets des cannelures (Figure I.17).



Figure I.17 : Dépôt de colle sur simple face/double face

- Au niveau de la simple face, la vitesse de passage est élevée ce qui implique un temps de collage réduit. Ainsi, la quantité de colle déposée sur les sommets doit être minimale avec une viscosité plus grande.

- Au niveau de la double face, le collage se fait au niveau de la table chauffante. De sorte que le passage du carton se fait à une vitesse inférieure comparée à la simple face, ainsi le temps de collage est multiplié d'où la quantité de colle doit être plus importante et de viscosité inférieure (colle humide).

- ✓ Un dépôt d'une quantité de colle nécessaire pour chaque profil et papier (un dépôt qui n'est pas en excès et pas superficiel).
- ✓ Un dépôt de colle régulier sur toute la laize du carton ondulé (Figure I.18).

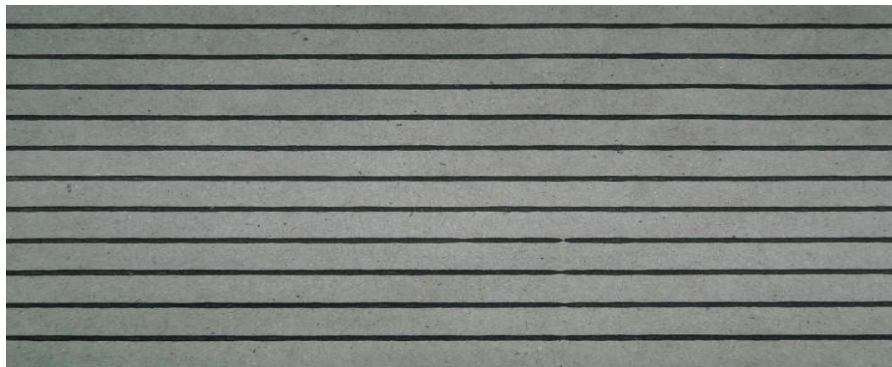


Figure I.18: Dépôt de colle régulier sur toute la laize du carton

Chapitre II : Partie pratique

I. Description des méthodes et outils de travail

I.1 Mode opératoire pour la préparation de la colle

Au niveau de l'entreprise Général Emballage, la préparation de la colle se fait selon le procédé STEIN HALL et se déroule en deux phases :

➤ **Phase primaire :**

Dans cette phase la préparation s'effectue dans une cuve où l'eau est considérée comme étant la principale composante. Dans un premier temps une quantité d'eau adoucie (750 L) provenant des adoucisseurs est chauffée à une température de 40°C, à laquelle on ajoute 70 kg d'amidon primaire. Au cours de cette étape, il est observé un début d'éclatement des grains d'amidon sous effet de l'agitation. Par la suite, 50 L d'eau sont introduites et dont le but est de rincer les trappes de l'amidon retenu sur les parois. A signaler, que la réaction d'éclatement des granules d'amidon dégage de l'énergie sous forme de chaleur ce qui entraîne une augmentation de la température du mélange jusqu'à 80-90°C sous l'effet de l'agitation. D'autre part, pour abaisser cette température du mélange (amidon + eau) une quantité de soude est ajoutée sous forme liquide. Cette solution de soude est préparée dans une cuve à part en faisant dissoudre 25 kg de soude solide sous forme de paillette dans 110 L d'eau à température ambiante. De cette préparation 48,4 L, correspondant à un équivalent de 11 kg de soude, sont utilisées. Pour rappel la présence de la soude favorise l'humidification des papiers par la colle et ainsi sa pénétration [15]. Le mélange ainsi préparé est maintenu sous agitation pendant 350 secondes pour une bonne homogénéisation. De plus, pour augmenter la viscosité de la colle, 1 kg de borax est ajouté au mélange en maintenant l'agitation pendant 350 secondes. Cet ajout permet de créer des liaisons chimiques entre les grains d'amidon. A signaler, que l'amidon « primaire » ou « support » a pour rôle principal de faire pénétrer les grains d'amidon dans le papier et débiter ainsi le collage. C'est une étape déterminante dans la viscosité de la colle finale et sert de support pour l'amidon secondaire [15].

➤ Phase secondaire

Cette phase consiste à ajouter au mélange précédant, maintenu sous agitation continue : 900 L d'eau, 505 kg d'amidon et de 50 L d'eau de lavage de la trappe. Le mélange obtenu est laissé sous agitation pendant 180 secondes avant d'introduire 6,5 kg de borax. A la fin de cette étape dont le temps d'agitation est fixé à 240 secondes, on obtient une colle prête à l'emploi sur l'onduleuse.

I.2 Etude et suivi des paramètres de préparation de la colle

I.2.1 Suivi de la recette de la colle

L'objectif de ce suivi consiste à réaliser une étude qui nous permettra de desceller les problèmes et anomalies majeurs fréquemment rencontrés lors de la préparation de la colle au niveau de la cuisine de colle ainsi que les correctives apportées. Pour ce faire le suivi de la recette est basé sur les points suivants :

- ✓ noter pour chaque préparation la viscosité et la température de préparation.
- ✓ noter les anomalies liées à la quantité des ingrédients introduits lors de la préparation.
- ✓ modifications réalisées pour respecter les normes de la préparation.
- ✓ viscosité après modification.
- ✓ viscosité de la colle (ancienne et nouvellement préparée).

I.2.2 Suivi de la viscosité de la colle

La viscosité est un des principaux paramètres mesurés lors de l'étude de l'écoulement de fluides. Les mesures de viscosité sont en général liées à la quantité et aux performances d'un produit. En effet, la viscosité est une mesure des frictions internes d'un fluide. Cette friction apparaît lorsqu'une tranche de fluide doit se déplacer par rapport à une autre tranche. Plus importante est la friction, plus importante est la force nécessaire pour provoquer ce mouvement qui est dit le cisaillement. Celui-ci apparaît dès qu'un fluide est physiquement déplacé. Les fluides fortement visqueux nécessitent plus de force pour se déplacer donc un frottement interne plus élevé que les substances moins visqueuses.

La mesure de la viscosité est généralement donnée par un viscosimètre dont les modèles sont divers : viscosimètre d'Ostwald, viscosimètre d'AFNOR, viscosimètre

Ubbelohde,... Dans notre étude sur la viscosité de la colle, le viscosimètre utilisé est de type LORY [15].

- **Description du viscosimètre type LORY** : Il s'agit d'une coupe cylindrique dotée d'une aiguille fixée dans le fond (Figure II.1) et d'un orifice calibré (4 mm) qui permet l'écoulement de la colle. A retenir, que la viscosité de la colle dépend de la porosité des papiers, il est donc nécessaire de trouver un compromis entre cette viscosité et la porosité du papier utilisé.



Figure II.1 : Viscosimètre type LORY

- **Fonctionnement du viscosimètre type LORY** : pour cela la coupe est trempée dans un premier temps dans la cuve où se trouve la colle, puis retirée et laissée le contenu de la coupe se déverser par l'orifice. Dans ce modèle, la viscosité est donnée par le temps d'écoulement exprimé en seconde, mesuré dès que la pointe de l'aiguille apparaît.

Au niveau de la société Général Emballage, les normes de la viscosité correspondent à la préparation d'une colle de viscosité comprise entre 23s et 28s

I.2.3 Suivi de la température de préparation de la colle

Un des facteurs des plus évidents qui puisse avoir

un effet sur le comportement d'un matériau est sa température. Certains matériaux sont relativement sensibles à la température, dont une variation assez faible peut alors provoquer un changement significatif de la viscosité. Prendre en compte l'effet de la

température sur la viscosité est essentiel dans l'évaluation d'un matériau qui sera soumis à des variations de température

lors de son utilisation ou sa fabrication, comme les colles à titre d'exemple. Dans notre cas, le suivi de la température consiste à noter la température de chaque préparation de la colle à l'aide d'un thermomètre et de voir si elle coïncide avec les normes fixées (30°C à 35°C).

I.2.4 Détermination du point de gélatinisation de la colle

La gélatinisation est la transformation la plus remarquable que subissent les amidons pendant leurs traitements thermiques en milieu aqueux. Elle est caractérisée par la modification irréversible de plusieurs paramètres dont la taille et la cristallinité des granules [16]. Du point de vue macroscopique, elle se traduit par la modification de la viscosité et de la texture des empois d'amidon [17-19]. La gélatinisation nécessite la présence d'eau en quantité suffisante dans le milieu. En effet, les énergies d'activation de la gélatinisation diminuent avec l'augmentation de la teneur en eau, pour se stabiliser à partir de 60% d'eau [20]. D'autre part, qu'à faibles teneurs en eau, les amidons gélatinisent à des températures beaucoup plus élevées qu'en présence d'un excès d'eau [21, 22].

➤ **Mécanismes de la gélatinisation des amidons** : La gélatinisation est avant tout un phénomène impliquant la fusion des phases cristallines des granules, constituées par des empilements ordonnés des doubles hélices d'amylopectines structurées en lamelle [23-28] et une solubilisation des amyloses préalablement dispersés dans les phases amorphes des granules. Des travaux antérieurs, ont suggéré un scénario de gélatinisation en milieu aqueux, durant lequel la disparition de l'arrangement lamellaire des doubles hélices d'amylopectine, associé à la perte de la cristallinité des granules, et la disparition de la structure en double hélice des chaînes d'amylopectine interviennent simultanément [27].

➤ **Mode opératoire adopté au cours du stage** : pour déterminer le point de gélatinisation au cours de la préparation de la colle au sein de Général Emballage, la procédure était comme suit :

- ✓ Prélèvement d'une quantité de colle que l'on chauffe dans un bécher positionné sur une plaque chauffante.

- ✓ Maintient du dispositif (bêcher sur la plaque chauffante) sous agitation continue pour éviter la gélatinisation partielle et atteindre ainsi la gélatinisation désirée de la colle.
- ✓ Noter la température de la colle à laquelle la gélatinisation est obtenue et qui est identifié comme étant la température de gélatinisation.

I.3 Etude et analyse du dépôt de colle sur le carton ondulé

Pour la mise en évidence de la présence de la colle sur la plaque du carton ondulé, la méthode adoptée repose sur le *test de reconnaissance de l'amidon par l'iode*. En effet, en présence d'amidon l'eau iodée de coloration légèrement brunâtre prend une coloration bleue foncée (Figure II.2) Cette coloration foncée met ainsi en évidence la présence de l'amidon donc la présence de la colle sur la plaque du carton.

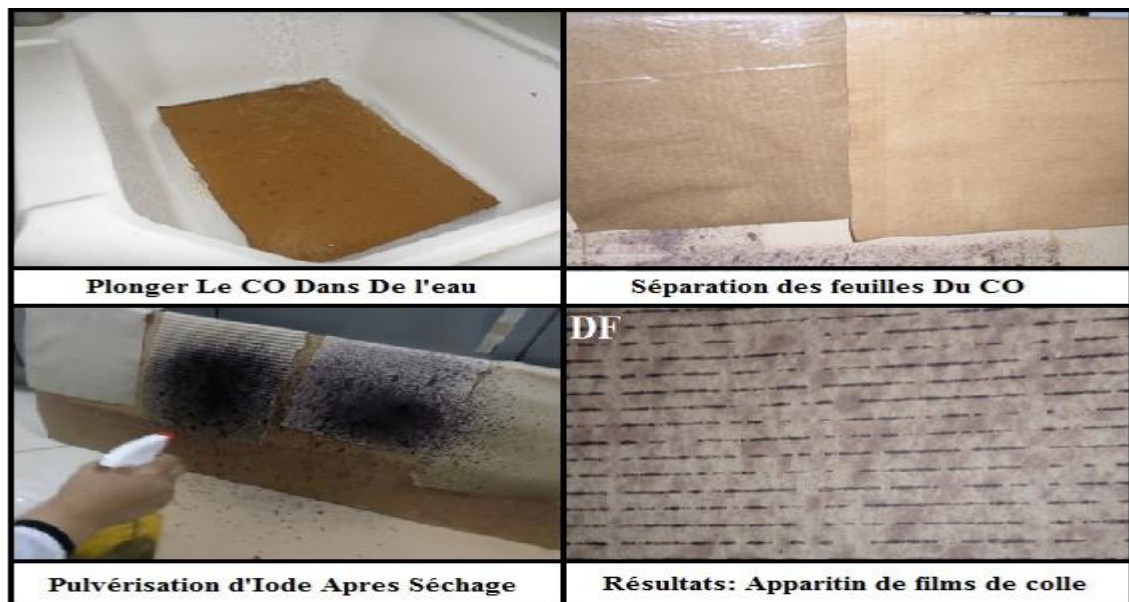


Figure II.2 : Test d'iode

Dans notre étude, pour effectuer ce test de reconnaissance le mode opératoire est décrit par les étapes suivantes :

- ✓ Découper des échantillons de plaque de carton ondulé.
- ✓ Plonger les plaques dans de l'eau jusqu'à ce qu'il y a séparation des différents papiers constituant la plaque de carton.
- ✓ Laisser sécher les différents papiers avant de les pulvériser avec une solution iodée sur l'ensemble des surfaces (couverture interne et externe du côté intérieur et des deux côtés des cannelures).

- ✓ Laisser sécher avant d'effectuer une analyse à vu d'œil sur le dépôt de colle sur les différentes faces.

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Suivi des paramètres de préparation de la colle

1. Suivi de la recette de la colle

Les résultats obtenus au cours de cette étude sont consignés dans le Tableau III.1

Tableau III.1 : Suivi de la viscosité et anomalies observées au cours de la préparation de la colle durant une étude de cinq jours et modifications adoptées.

Date	η_1 (s)	Anomalies lors de la préparation	Modifications	η_2 (s)	Température (°C)	Observations
07/04/2015	32 ↓ 27	Passage de quantité moindre d'eau secondaire	Laisser Agiter pendant plus de 3 min	23	32	Plus la concentration des ingrédients est élevé plus la viscosité augmente
13/05/2015	27 ↓ 38	3 kg d'amidon en plus de 4 L d'eau	Ajouter 2,5 kg de borax pour augmenter la viscosité à fin de rectifier celle en cours.	20	34	-On prépare une colle viscosité pouvant rectifier là colle en marche après le mélange des deux.
17/05/2015	33 ↓ 26	-13 L eau -8 kg amidon primaire -2 kg de borax	3 min agitation	20	33	-Avoir plus d'amidon en suspension primaire augmente la viscosité de la colle Finale
20/04/2015	28	Un plus de -5 Kg d'amidon et 8L d'eau primaire -3 kg amidon secondaire - Moins 1 kg de Borax secondaire	/		33	
21/04/2015	19 ↓ 25	-moins 3 kg d'amidon primaire -Plus d'eau secondaire.	-Ajout de quelques Kg d'amidon et 1 Kg de Borax	23	32	

η_1 et η_2 : viscosité finale et après mélange respectivement

Il ressort des résultats obtenus (Tableau III.1) que les problèmes majeurs et quotidiennement rencontrés au sein de l'entreprise Général Emballage se rapportent à la viscosité de la colle au cours de sa préparation, qui à son tour est directement liée aux passages excessifs ou modérés de la quantité en ingrédients composants la colle.

De cette étude, nous nous sommes intéressés à apporter des correctives aux différentes anomalies observées et dont les résultats sont regroupés dans le Tableau III.2

Tableau III.2 : Causes des anomalies observées et correctives apportées.

Viscosité	Causes des anomalies	Correctives
Elevé	-Excès de Borax -Excès d'amidon sur tout en phase primaire -Manque de quantités d'eau	-Ajouter de l'eau à la suspension -Laisser Agiter pour un moment défini par le degré de viscosité
Basse	-Manque de Borax -Peut d'amidon dans le mélange (sur tout l'amidon primaire) -Excès de quantités d'eau	-Ajout de Borax -Ajout d'amidon ou bien l'ajout des deux au même temps si les quantités passées sont insuffisante.

2. Suivi de la viscosité de la colle

Concernant cette étude, la courbe représentée sur la Figure III.1 révèle une évolution de la viscosité non régulière au cours du temps et qui peut être discuté suivant trois intervalles de temps.

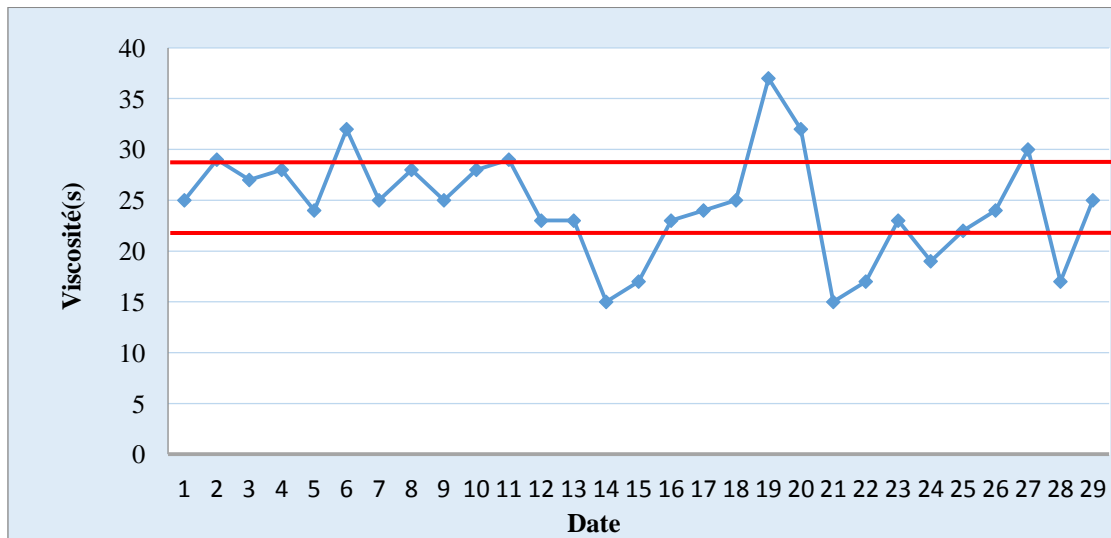


Figure III.1 : Variation de la viscosité de la colle

↪ **1^{er} intervalle : viscosité inférieure à 23s** : cet intervalle coïncide avec une baisse de viscosité causée par le manque d'amidon (phase primaire de la préparation) ou le manque de Borax ou même par un excès d'eau utilisée lors de la préparation. Cela peut causer :

✓ **un manque de dépôt de colle** (Figure III.2), de sorte qu'une colle à faible viscosité à comme caractéristique un faible coefficient de frottement d'où son glissement sur le cylindre encolleur ce qui diminue les quantités apportées vers les sommets des cannelures.



Figure III.2 : Manque du dépôt de colle sur la Simple et Double Face

✓ *un carton humide à la sortie de l'onduleuse*, cela est probable au niveau de la simple face. En effet, si la quantité de la colle introduite coïncide avec les normes mais avec une viscosité différente (normes comprises entre = 23s et 28s) alors il en résulte que le temps de séchage de la colle soit insuffisant sur la simple face ce qui entraîne une humidité de la plaque à sa sortie.

✓ *une cristallisation de la colle sur la simple et double face* : ce phénomène est probable dans le cas où la quantité en colle soit insuffisante ou bien un point de gélatinisation inférieur aux normes (53°C et 60°C). Celui-ci correspond à une incompatibilité entre les températures auxquelles est chauffée la colle et son point de gélatinisation.

✓ *un tuilage de la plaque du carton ondulé sens travers (Bas/Haut)* : le tuilage de la plaque tel illustré sur la Figure III.3, est souvent dû à la différence d'humidité entre la simple et la double face. À signaler, que le carton tuile toujours vers la face la plus humide. En effet, le papier humide perd plus d'eau (subit une déshydratation plus importante) au niveau de la table chauffante, ce qui diminue le volume des fibres qui le constitue d'où la variation dimensionnelle du papier (diminution de la surface du papier).

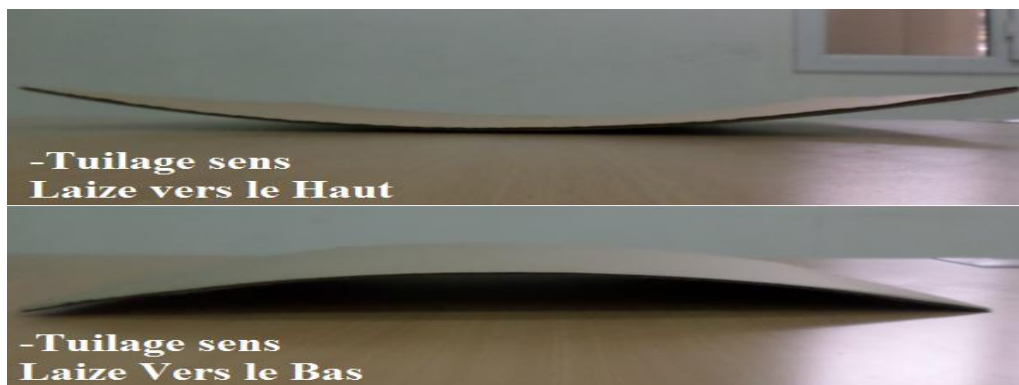


Figure III.3 : Tuilage de la plaque du CO Sens Laize

☞ **2^{er} intervalle : viscosité comprise entre 23s et 28s** : cet intervalle correspondant aux normes fixées au niveau de l'entreprise Général Emballage. Dans le cas où les réglages sur la machine onduleuse sont adéquats au profil des cannelures et papiers utilisés, la colle introduite répondant à ces normes permet d'obtenir un bon dépôt de colle sous forme de film uniforme sur les sommets de cannelure, avec des quantités

appropriées au niveau de la simple face (SF) et double face (DF) (Figure III.4). Ainsi, il est possible d'avoir une bonne pénétration dans les différents papiers, un point de gélatinisation dans les normes et un bon collage de la plaque du carton ondulé.

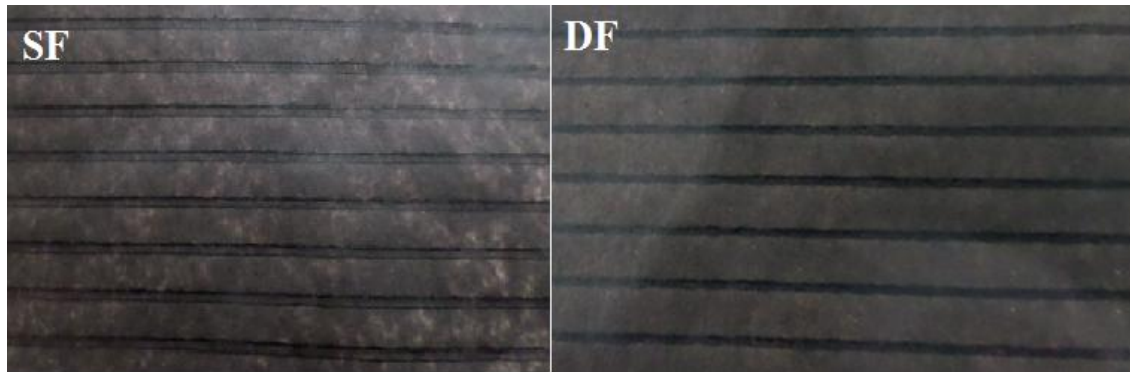


Figure III.4 : Dépôt de colle conforme sur SF et DF

☞ **3^{ème} intervalle : viscosité supérieur à 28s** : cet intervalle montre des valeurs de viscosité hors normes provoqués par un excès du pourcentage de la matière sèche dans le mélange (Borax et/ou amidon) lors de la préparation de la colle. Il en résulte qu'une augmentation de la viscosité entraîne une plus grande consommation est vis-à-vis de la colle et des ingrédients la composant. Dans le cas général ce phénomène cause des problèmes au niveau de la double face qui entraîne :

✓ ***un collage superficiel de la plaque*** : phénomène lié à la non-pénétration de la colle dans les papiers. En effet, les fibres de papier ont tendance à s'humidifier rapidement est c'est cette caractéristique qui permet une pénétration rapide et facile de la colle. Il s'en suit que plus la colle est humide c'est-à-dire moins visqueuse et plus elle pénètre facilement.

✓ ***crystallisation de la colle au niveau de la double face*** : phénomène observé dans le cas où la colle utilisée au niveau de la Double Face ne soit pas assez humide. Dans ces conditions la colle subit une déshydratation rapide et risque une cristallisation sur la table chauffante et plus encore si la vitesse de la table ne soit pas élevée (durée appropriée) ce qui multiplie le temps de collage.

Il ressort de ce suivi, que l'instabilité de la viscosité influence directement et considérablement sur la qualité du collage de la plaque, sur la qualité de la plaque elle-même et plus encore sur les différents réglages sur l'onduleuse.

La figure ci-dessous (établie au sein de la société Général Emballage) illustre le pourcentage par rapport aux normes de viscosité de la colle.



3. Suivi de la température de préparation de la colle

D'après le Tableau III.3, on constate que la température au cours de la préparation de la colle reste plus ou moins constante (31°C et 34°C). Ces résultats laissent supposer une absence totale de toute probabilité d'anomalie au cours de la préparation de la colle liée ou causée par le changement de température des mélanges. Par ailleurs, cette régularité de la température peut être expliquée par le fait que les quantités de soude ajoutées aux mélanges sont toujours fixes par rapport aux autres ingrédients de la colle.

Tableau III.3 : Température de préparation de la colle.

Date	Température (°C)	Date	Température (°C)
31/03/2015	33	20/04/2015	33
01/04/2015	33	21/04/2015	34
02/04/2015	33	22/04/2015	33
03/04/2015	33	26/04/2015	33
05/04/2015	32	27/04/2015	31
06/04/2015	32	28/04/2015	33
08/04/2015	32	29/04/2015	33
09/04/2015	32	10/05/2015	32
12/04/2015	31	11/05/2015	33
13/04/2015	32	12/05/2015	34
14/04/2015	33	13/05/2015	34
19/04/2015	31	14/04/2015	33

4. Suivi du point de gélification de la colle

Les résultats obtenus illustrés sur la Figure III.5, montrent que le point de gélification dépend étroitement de la viscosité de la colle.

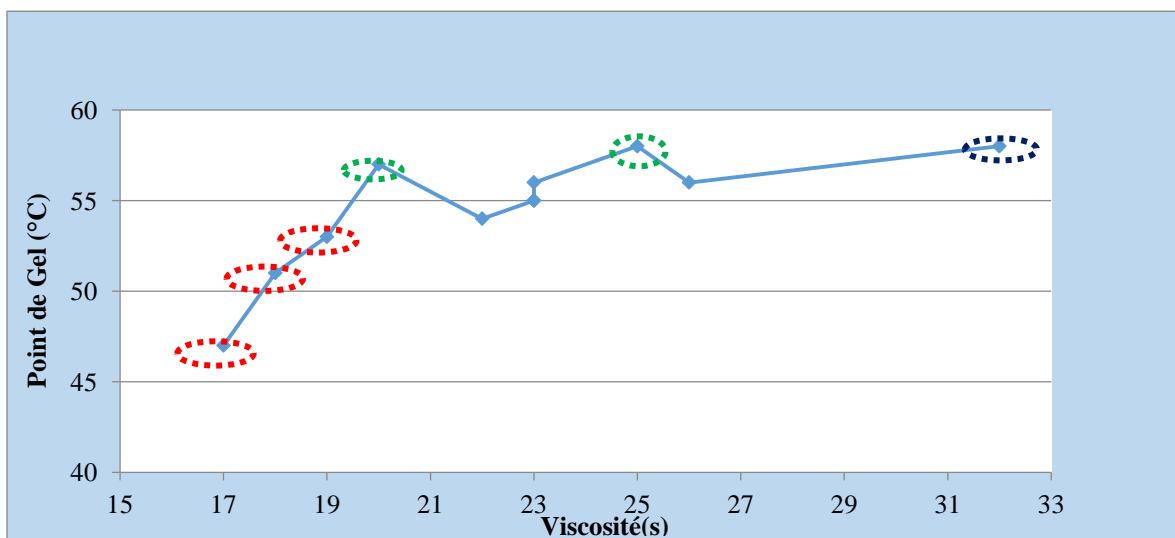


Figure III.5 : Variation du point de gel de la colle en fonction de la viscosité

En effet, il ressort de l'observation directe des résultats obtenus (Figure III.x) que :

- pour une viscosité égale à 19, 18 et 17s, le point de gel est 53, 51 et 47°C respectivement. Cette baisse des points de gélatinisation peut être expliquée par la diminution de l'extrait sec d'amidon et de borax présent dans la colle, ce qui influence sur le volume total de la colle préparée d'où l'augmentation de la concentration de la soude dans le mélange provoquant ainsi une baisse du point gélatinisation.
- pour une viscosité de 20s et 25s, le point de gel correspond respectivement à 57°C et 58°C. Ces valeurs presque équivalentes laissent apparaître que la baisse de la viscosité n'induit pas forcément celle du point de gel. En effet, pour une viscosité/point de gel correspondant à 20s/57°C, la baisse de la viscosité serait principalement liée à un manque de la quantité de borax dans la préparation du fait que la concentration de la soude dans le mélange reste inchangée.
- pour une viscosité égale à 22, 23 et 26s, le point de gel est 54, 55 et 56°C respectivement. Ces résultats sont conformes aux normes et le rapport viscosité/point de gel s'exprime d'une façon proportionnelle.
- pour une viscosité de 32s, le point de gel correspondant est de 58 °C. Il ressort que la viscosité est hors norme (> 23-28s) alors que le point de gel est conforme (53-60°C). Ce résultat peut s'expliquer par un léger excès de Borax dans la préparation tandis que les autres quantités en ingrédients : amidon, eau et concentration de soude sont adéquates.

En conclusion, cette étude nous a permis de voir que la concentration de la soude dans le mélange au cours de la préparation de la colle qui est un paramètre majeur influençant sur la variation du point de gel.

II. Analyse du dépôt de colle sur la qualité de la plaque du carton ondulé

Le collage et l'aspect visuel de la plaque du carton ondulé et qui repose essentiellement sur la qualité du dépôt de colle sur les cannelures sur lesquelles influence : la viscosité et le point de gélatinisation de la colle, les réglages sur l'onduleuse ainsi que la qualité des papiers utilisés.

Au cours de notre présence sur site au sein de la société Général Emballage et grâce aux suivis réalisés, deux formes de défauts majeurs ont été constatés: défaut de collage et défaut de l'aspect.

II.1 Défaut de collage

a- Cristallisation de la colle

La cristallisation de la colle est définie comme étant le phénomène d'éclatement de granules d'amidon à une température inférieure à celle fixée sur l'onduleuse. Ainsi, l'éclatement aura lieu avant que la colle ne pénètre dans les papiers.

A titre d'exemple d'après les résultats de notre étude effectuée le 12/04/2015, il a été observé que la viscosité de la colle soit très basse (17s) avec un point de gélatinisation de 47°C. Il ressort de la Figure III.6, que le dépôt du film de colle est très léger vu la chute de viscosité. De plus, lors du contrôle de la plaque qui se déroule via l'arrachage des papiers couvertures sur cannelure, que les papiers se séparaient facilement.



Figure III.6 : Manque de dépôt de colle sur simple et double face (SF/DF)

b- Collage superficiel

Un collage superficiel est causé par une augmentation de viscosité (colle très visqueuse/sèche) cela influence considérablement sur la pénétration de la colle vis-à-vis des papiers.

En référence à notre étude effectuée le 19/04/2015, il a été observé que la colle préparée présente une viscosité de 37s. Conséquence, un mauvais collage a été remarqué et après contrôle par arrachage et après le test d'iode réalisé sur l'une des plaques. En effet, d'après la Figure III.7, le film de colle déposé était bien épais comportant quelques rates (vides

présents au niveau des films de colle) mais très concentré en surface ce qui indique que son absorption par les papiers soit minimale.

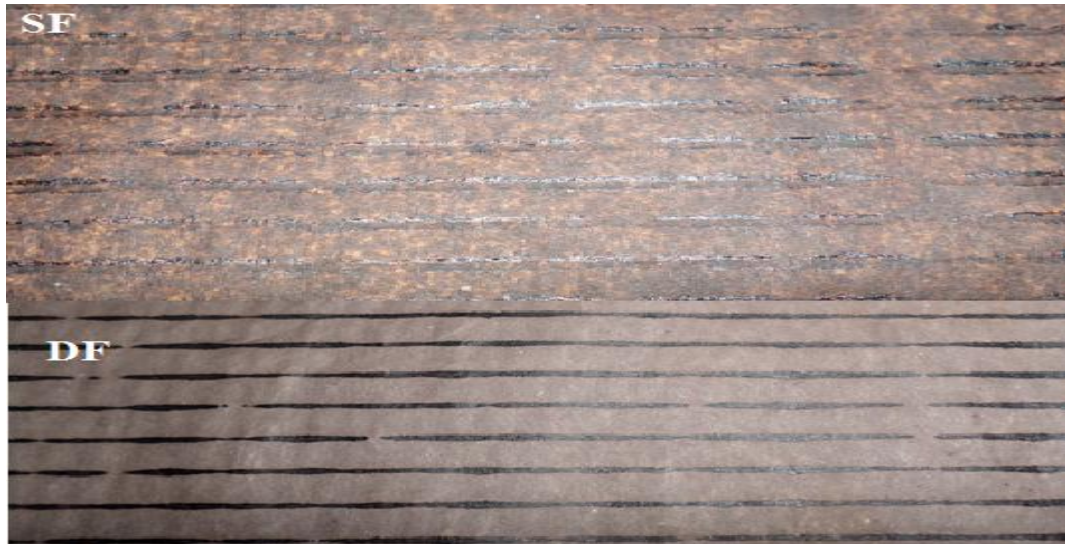


Figure III.7 : Dépôt de colle superficiel sur double face (DF)

c- Dépôt de colle décalé

La colle n'est pas le seul paramètre jouant sur le bon ou mauvais rôle au cours du collage de la plaque du carton ondulé. Parmi les autres paramètres pouvant influencer le collage on trouve les réglages sur machine des systèmes d'encollage. Ceux-ci doivent être adéquats à chaque profil de cannelure ainsi que le type de papier utilisé.

Un décalage et une non uniformité du dépôt de colle est supposé directement être lié à un mauvais alignement entre le papier couverture et les cannelures, causant ainsi un mauvais collage de la plaque du carton ondulé tel montré sur la Figure III.8.



Figure III.8 : Dépôt de colle décalé et non uniforme sur la DF

II.2 Défaut de l'aspect

a- Tuilage de la plaque (vers le Haut/Bas)

A travers les résultats obtenus de notre étude, illustrés sur la Figure III.9, il a été possible d'observer un dépôt de colle excessif en bordures de la simple face et uniforme au niveau de la double face. Ceci a provoqué un tuilage de la plaque de haut en bas dû à la différence d'humidité entre les deux faces. A noter, qu'un tuilage vers le haut est causé en cas d'excès d'humidité au niveau de la double face. Par ailleurs, il est important de signaler qu'un excès de colle peut être causé par un écart important entre les deux cylindres encolleurs et docteurs dans le système d'encollage surtout si la viscosité est élevée.



Figure III.9 : Dépôt de colle en bordure sur la Simple Face (SF)

b- Formation de poches sur la double face.

La formation de poches se produit généralement lorsque la viscosité est élevée, ce qui cause des rates de longueurs importantes laissant des vides au niveau des films de dépôt colle. A signaler, que même si le contrôle de qualité par arrachage soit bon, il est souhaitable qu'il n'y est pas de présence de poches pour des raisons de présentation et d'esthétique et plus encore pour faciliter l'impression sur la double face.

A titre d'exemple, au cours d'une étude réalisée le 06/04/2015, il a été observé qu'une colle de viscosité de 32s a causé la formation de poches au niveau de la double face tel démontré sur la Figure III.10



Figure III.10 : Apparition de rates dans les films de colles

c- Apparition de nids d'abeilles :

L'apparition de nids d'abeilles est causée par un excès de dépôt de colle en bordure sur les cotés des cannelures (Figure III.11). De sorte que l'application d'une pression de la couverture (double face) sur les cannelures implique un collage de la couverture non seulement sur les sommets mais aussi sur les cotés des cannelures. Ce phénomène est souvent rencontré en présence d'une colle de faible viscosité.



Figure III.11: Dépôt de colle en bordure

III. Proposition d'un mode opératoire pour la préparation de la colle

Au vu de l'ensemble des résultats obtenus lors de notre étude, nous avons proposé d'établir un mode opératoire optimisé dans les meilleures conditions pour la préparation de la colle destinée au carton ondulé. Pour ce faire nous avons décrit le mode via deux phases :

Phase 1 : regroupant les ingrédients suivants :

- Eau totale primaire 750 kg à 40°C
- Amidon primaire 85 kg
- Eau de lavage 50 kg
- Soude(1) 12 kg
- Temps d'agitation 350s
- Borax(1) 1 kg
- Agitation pendant 350s

Phase 2 : regroupant les ingrédients suivants :

- Eau secondaire 1000 kg
 - Amidon secondaire 485 kg
 - Eau de lavage 50 L
 - Temps d'agitation secondaire 180s
 - Borax (2) 5 kg
 - Agitation finale 240s.
-

Conclusion Générale

Le travail présenté dans ce mémoire réalisé au sein de l'entreprise Général Emballage nous a permis d'acquérir une certaine expérience et information qui rentre dans le savoir faire de la fabrication du carton ondulé et plus encore sur le processus de collage de la plaque du carton ondulé en allant de la préparation de la matière première (la colle) jusqu'à l'obtention du produit semi-fini.

Le suivi de la recette de préparation de la colle a révélé que la variation d'un paramètre (viscosité, point de gélatinisation) ou d'un ingrédient (soude, borax) influe directement et considérablement sur les caractéristiques physicochimique de la colle et de ce fait sur la qualité du carton ondulé. Les conclusions qui découlent de cette étude sont établies comme suit :

- L'instabilité de la viscosité influence directement et considérablement sur la qualité du collage de la plaque, sur la qualité de la plaque elle-même et sur les différents réglages sur l'onduleuse.
- La fixation de la température de préparation de la colle dans un intervalle normalisé a permis d'éviter un grand nombre de phénomènes non appréciés au niveau de la colle tel l'éclatement des granules d'amidon avant l'arrivée sur machine, et du processus de collage.
- Le point de gélatinisation est directement influencé par la concentration de la soude dans la colle préparée d'où le risque de sa cristallisation avant pénétration dans les papiers au cours du passage sur l'onduleuse.
- La partie colle et collage joue un rôle essentiel dans la qualité du carton ondulé c'est pour cela qu'il faut s'investir plus dans ce domaine via un bon savoir faire et un matériel de pointe.

Perspectives

Il en résulte de notre stage et grâce aux différents suivis réalisés sur la préparation de colle et de l'étude de l'impact du dépôt de colle sur la qualité de la plaque du carton ondulé qu'un certain nombre de perspectives émanent parmi elles :

- Revoir la formule de préparation de la colle au sein de l'entreprise dans laquelle manque quelques ingrédients très importants comme :
 - Les agents de protection : car l'absence de ces composantes favorise un développement des bactéries pouvant causer la chute de la viscosité dans le cas ou le stockage ce fait plus long.
 - L'anti-mousse et l'anti tartre : ce dernier empêche la formation du dépôt de calcaire dans les conduites et silos de colle.

- Revoir les systèmes d'installation au niveau de la cuisine de colle tel :
 - La balance : lors des préparations il a été observé que les principaux problèmes de préparation de la colle seraient liés au passage d'ingrédients avec des quantités hors normes causées principalement par les vibrations liées à l'agitation influençant directement sur la balance placée sous la cuve de préparation. Ainsi, il serait nécessaire soit de renforcer la fixation de la cuve à fin d'éviter les vibrations ou bien d'installer des balances au niveau de chaque silo d'ingrédients comme c'est fait pour la soude.
 - Le viscosimètre automatique : il est préférable de réinstaller le viscosimètre automatique au niveau de la cuve de préparation à fin de faciliter la mesure de la viscosité et avoir des valeurs plus précises.

- Revoir les méthodes d'utilisation de la colle. En effet, chaque profil de cannelure, poste de production (SF/DF) nécessite une colle répondant à une certaine viscosité et c'est pour cela qu'il est important de :
 - séparer entre les colles préparées pour l'onduleuse au lieu de les alimenter par du même tank: chaque train onduleur produit selon une vitesse et profil de cannelure sachant que chaque profil demande une colle de viscosité bien précise.
 - séparation des colles utilisées pour le poste simple face et double face.

Références Bibliographiques.

[1] <http://www.generalemballage.com>

[2] ONDEF. Document Carton Ondulé de France. 2000.

[3] France .Syndicat Français des colles et adhésifs. Le petit manuel des colles et masticsh[http://www.fipec.org/p 4-5](http://www.fipec.org/p4-5)

[4] Roquete ; gaudevyle JL ; boucin C et Bouvier F. Chimie de Formulation des colles amylicées pour le carton Ondulé. 1997.

[5] French D whister R.L ; Bemiller J.N; paschal E.F; Acadimic press et Orlando Organization of Starch Granules In: Starch: Chemistry and Technology. 2nd Ed. .p 184. 1984.

[6] Gallant D.J.et Guilbot A. Etude de l'ultrastucture du grain d'amidon à l'aide de nouvelles méthodes de préparations en microscopie électronique. Starch, p 156-163. 1969.

[7] Gallant D.J ; Guilbot A. Développement des connaissances sur l'ultrastructure du grain d'amidon. I. L'amidon de blé. Starch. p 335-342. 1973.

[8] Duprat F ; Gallant D ; Guilbot A ; Mercuer C et Robin J.P. L'amidon dans les polymères végétaux. Ed. B. Monties, Gauthier-Villars p. 9.1980.

[9] Banks W; Greenwood CT. Starch and its Components. Ed. Banks W; Greenwood C.T; Edinburg Univ. Press 1975.

[10] John M ; Schmidt J et Kneifel H. *Iodine Maltosaccharine Complexes: Relation between Chain Length and Colour.* Carbohydr. Res ; p 4.1983.

[11] Buléon A ; Colonna P. et Leloup V. Les amidons et leurs dérivés dans les industries des céréales.<http://sci-toys.com/ingredients/starch.html>) p 8. 1990

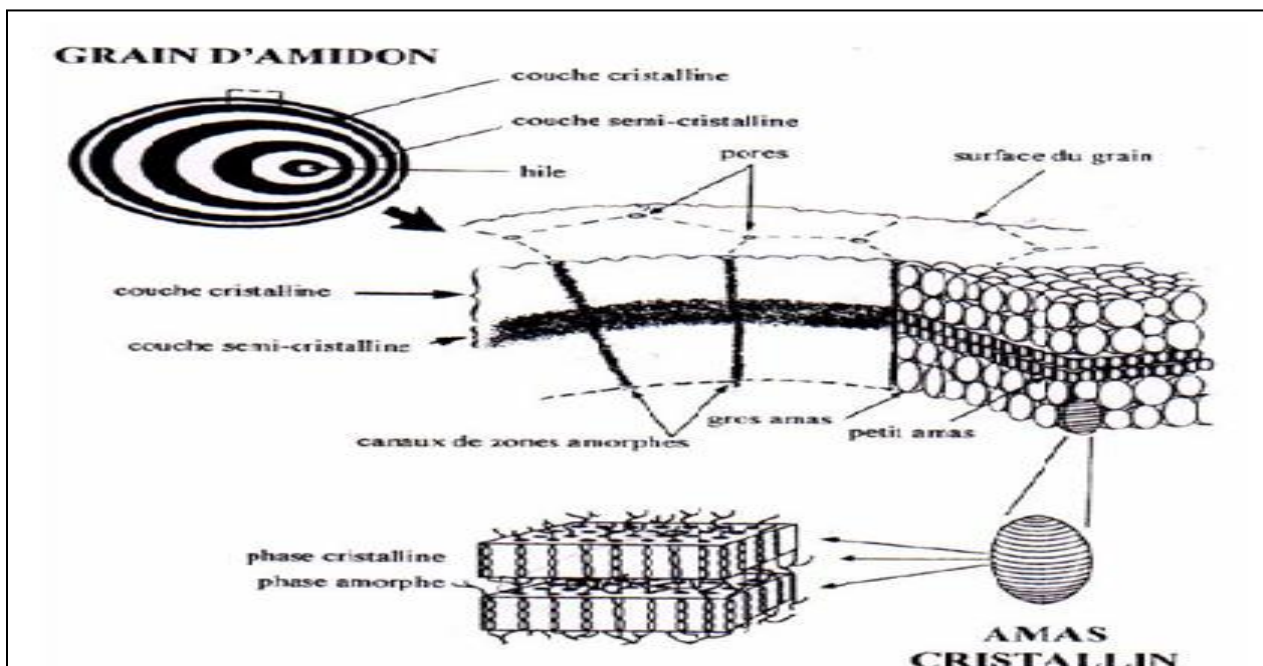
[12] Montana R ; Crespi G et Liborio .*Minéraux et roches*, éditions Fernand Nathan, Paris, 1981, p 608.

- [13] Labigre P. Papier- carton formation. Production onduleuse. Papier- carton formation@ hotmail.fr .p 28-58. 2014.
- [14] Apex Group of Companies. L'encollage dans les installations de carton ondulé (Partie2).www.apex-groupofcompanies.com. P3-5.
- [15] Robert M ; Breuil D. Procédé de fabrication d'adhésifs à base d'amidon pour carton ondulé p 15-30.6 mars 1991.
- [16] Atwell, W.A ; Hood, L.F ; Lineback, D.R ; Varriano-Marston, E ; & Zobel, H.F. The terminology associated with basic starch phenomena. Cereal Foods World, 33, p 306-311.1988.
- [17] Lu, T.-J ; Duh, C-S, Lin, J-H & Chang, Y-Ho. Effect of granular characteristics on the viscoelastic properties of composites of amylose and waxy starches. Food Hydrocolloids, 22, p 164-173. 2007.
- [18] Mabit, J ; Loisel, C ; Fayolle, F. & Legrand, J. Determination of volume fraction submitted to high shear in a scrapped surface heat exchanger. Journal of Food Engineering, 57, p 165-172. 2003.
- [19] Doublier, J.L ; Lamas, G ; Le Meur, M. A rheological Investigation of Cereal Starch Pastes and Gels. Effect of Pasting Procedures. Carbohydrate Polymers, 7, p 251-257. 1987
- [20] Spigno G & De Faveri, D.M. Gelatinization kinetics of rice starch studied by non-isothermal calorimetric technique: influence of extraction method, water concentration and heating rate. Journal of Food Engineering, 62, p 337-344. 2004
- [21] Biliaderis, C.G ; Maurice T.J ; & Vose J.R. (1980). Starch Gelatinization phenomena Studied by Differential Scanning Calorimetry. Journal of Food Science, 45.
- [22] Donovan, J.W. Phase transitions of the Starch-water System. Biopolymers, 18, 263-275. 1979
- [23] Cooke, D., & Gidley, M.J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the anthalpic transition. Carbohydrate Research, 227, 103-112. 1992.
-

- [24] Jane, J ; Chen, Y.Y; Lee, L.F; McPherson, A.E; Wong, K.S; Radosavljevic, M & Kasemsuwan, T. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting of Starch. *Cereal Chemistry*, 76 (5), 629-637. 1999
- [25] Jenkins, P.J. & Donald, M. Application of Small-angle neutron Scattering to study of structure of starch granules. *Polymer*, 25, 5559-5568. 1996
- [26] Tester, R., & Morrison, W.R. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. *Cereal Chemistry*, 67(6), 551-557. 1990.
- [27] Waigh, T.A ; Gidley, M.J ; Komanshek, B.U. & Donald, A.M. The Phase transitions in starch during gelatinization: a liquid crystalline approach. *Carbohydrate Research* 328, 165-176. 2000
- [28] Zobel, H.F; Young, S.N. & Rocca, L.A. Starch Gelatinization: An X-ray Diffraction Study. *Cereal Chemistry*, 65(6), 443-446. 1988
-

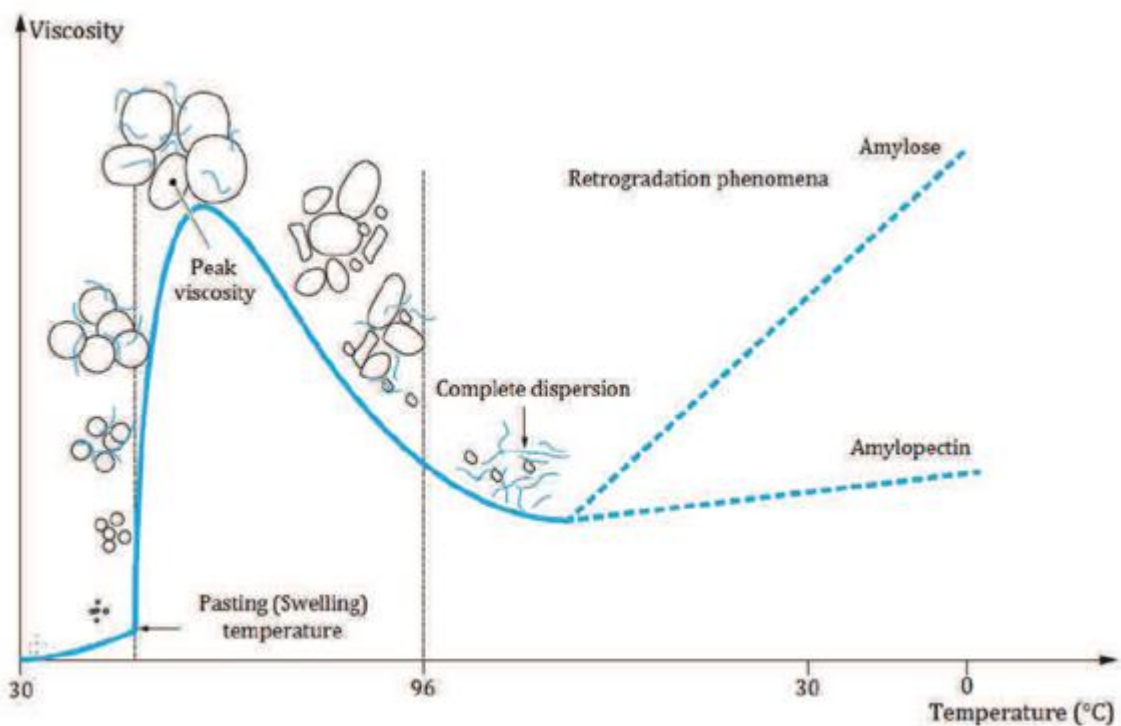
Annexe N° 1

- Structure et ultrastructure d'un grain d'amidon (Leveque .2000)



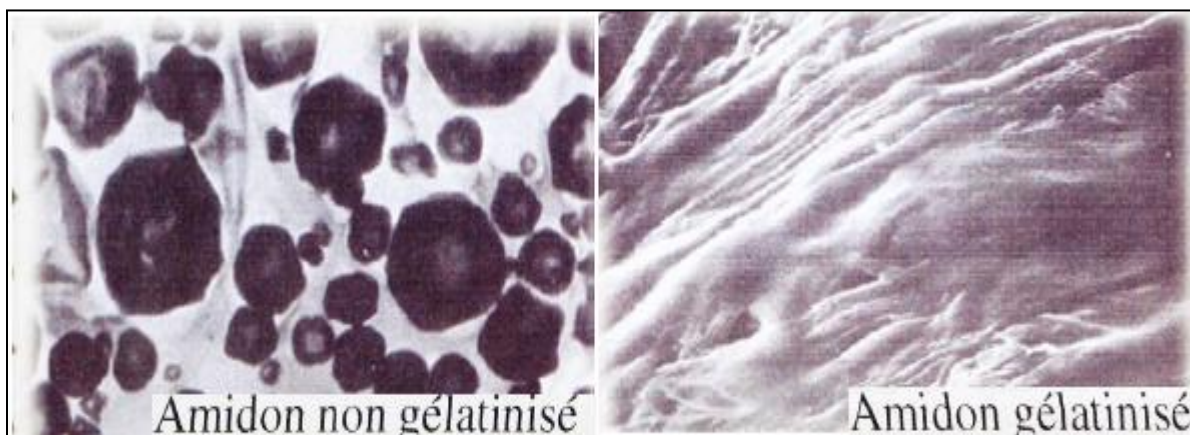
Annexe N° 2

- Comportement d'un amidon lors de la cuisson et du refroidissement (Buléon et al, 1990)



Annexe N° 3

- Amidon gelatinisé et non gelatinisé.



Annexe N° 4

- Formulation traditionnelle de la préparation de la colle

Quel que soit le procédé de fabrication, la proportion des restes pratiquement toujours la même selon le tableau N°1 suivant :

Compositions	Quantité
Eau	70 à 80 %
Amidon	20 à 30 %
Soude	1 à 3 % de quantité d'amidon
Borax	0,2 à 0,4 % du poids de colle
Bactéricide	0,1 % du poids de colle
Anti-mousse	0,03 % du poids de colle

Annexe N° 5

Nature du contrôle/test	Fréquence	Responsable	Méthode	Enregistrement	Critère d'acceptation	Moyens utilisés
Composition	Chaque début de commande chaque raccordement de bobine	Technicien CQ opérateur simple/double face	NEANT	Fiche de contrôle sur Onduleuse	Aucune tolérance	Visuel
Tuilage	continu	Technicien CQ opérateur	Tuilage=(H/A)*100		H/A*100≤3 %	Mètre à ruban
Collage	Continu	Technicien CQ opérateur	Visuel		Aucune tolérance	visuel
Dimension	Chaque début de commande	Technicien CQ & opérateur	Visuel		l: +/-3mm H: +/-2mm R : +/-1mm Laize:+/2mm	Mètre à ruban
Découpe					Aucune tolérance	Visuel
Rainage					Aucune tolérance	Visuel
Epaisseur	Chaque changement de cannelure	Technicien CQ	Mode opératoire		F > 0,95mm E > 1,45mm B > 2,7mm C > 3,9mm BE >4,45mm BC >6,70mm	Micromètre

➤ **Contrôle d la plaque a la réception de l'onduleuse**

CQ : Contrôle de qualité ; H : Hauteur ;

R : Rabat ; l : longueur, A : Distance sens Tuilage.

GLOSSAIRE

● **Cannelure médium**

Papier (de cannelure) utilisé pour la fabrication de carton ondulé, dont la composition fibreuse totale est constituée de fibres cellulosiques de récupération.

● **Cannelure mi-chimique**

Papier (de cannelure) utilisé pour la fabrication de carton ondulé, dont 65 % au moins en poids de la composition fibreuse totale est constituée par des fibres écrues de bois feuillus obtenues par procédé mi-chimique.

● **Carton**

Terme s'appliquant à des papiers dont le grammage est généralement supérieur à 225 grammes/mètre carré et caractérisés par leur rigidité généralement supérieure à celle des papiers.

● **Collage**

Addition de produits soit dans la pâte (collage dans la masse), soit à la surface du papier ou du carton (collage en surface), afin d'en augmenter la résistance à la pénétration et l'étalement de liquides aqueux, par exemple l'encre d'écriture. Ce terme peut être employé également, par extension, pour les traitements destinés à l'amélioration de la résistance de surfaces des papiers ou cartons.

● **Collé (papier)**

Papier qui a été soumis à l'opération de collage.

● **Composition fibreuse**

Nature et proportion des constituants fibreux du papier ou du carton. La composition fibreuse est généralement exprimée en pourcentage par rapport à la masse totale des composants fibreux.

● **Épaisseur**

Terme générique désignant l'épaisseur mesurée sur une seule feuille ou l'épaisseur moyenne d'une feuille à partir d'une liasse.

● **Équerrage**

Opération de massicotage-rognage effectuée sur une pile de feuilles de papier ou de carton dans le but d'obtenir des dimensions précises et des tranches nettes, des angles droits.

● **Grammage** (masse par mètre carré)

Masse par unité de surface d'un papier ou d'un carton déterminée par la méthode d'essai normalisée. Elle est exprimée en gramme par mètre carré (exemple 80 g/m²).

- **Kraft**

Papier écriu ou blanchi dont la composition fibreuse totale est constituée à 80 % en poids au moins par des fibres de cellulose obtenues par procédé chimique au sulfate ou à la soude.

- **kraftliner**

Papier (de couverture) utilisé pour la fabrication de carton ondulé, dont la composition fibreuse totale est constituée par 80 % au moins en poids de fibres de bois obtenues par procédé chimique au sulfate ou à la soude. Ces papiers peuvent être composés d'une ou plusieurs couches écriues et d'une couche extérieure blanchie, mi-blanchie ou colorée.

- **Sens "machine"**

Direction du papier ou du carton correspondant à celle du déplacement de la bande sur la machine à papier ou à carton.

- **Sens "travers"**

Dans le plan du papier, sens perpendiculaire au sens "machine".

- **Testliner**

Papier (de couverture) utilisé pour la fabrication de carton ondulé, dont la composition fibreuse totale est constituée de fibres cellulosiques de récupération. Ces papiers peuvent être composés d'une ou plusieurs couches écriues et d'une couche extérieure blanchie, mi-blanchie ou colorée.

- **Trame**

Image constituée de points de forme géométrique et de densité variables, par exemple une trame de 100 est constituée de 100 points au pouce carré.

- **L'amidon natif**

Correspond au produit brut, extrait sans modification de la molécule. Il a des propriétés alimentaires et technologiques. L'amidon est toujours d'origine végétale. On le retrouve dans les graines (de céréales et de légumineuses) ainsi que dans les tubercules, les racines, les bulbes et les fruits.

- **Contrôle par Arrachage** : c'est un contrôle qui consiste à essayer de séparer entre les différentes feuilles composantes la plaque du C.O à fin de vérifier son degré d'adhésion.

- **Rates** : c'est des vides au niveau des films de dépôts de colle, c'est un non uniformité de dépôt.

Résumé

Ce travail a été réalisé suite au stage pratique de fin d'étude réalisé au sein de l'entreprise SPA Général Emballage dont l'objectif est la maîtrise du processus de collage du Carton Ondulé.

Pour cela nous avons procédé à une étude théorique sur le contexte général relatif au sujet du stage mais aussi sur les méthodes et outils de travail utilisés, sur un plan pratique le commencement était de donner le mode opératoire relatif à la préparation de la colle à base d'amidon. Suite à cela, une étude et suivi des différents paramètres de la préparation de la colle (Point de gélatinisation, viscosité, Température) Pour enfin réaliser une étude sur l'impact du dépôt de colle sur la qualité de la plaque du carton ondulé. L'ensemble des résultats a été présenté et débattu à fin de détecter : les anomalies rencontrées ainsi que les correctives apportées lors de la préparation, les causes de variation du point de gel et de la viscosité et leurs influences sur le collage de la plaque, et enfin détecter les différentes déposes de colle possibles et l'ensemble des défauts causés sur le collage et l'aspect de la plaque.

Mots clefs : Carton Ondulé. La Colle. Viscosité. Dépôt de Colle.

Abstract

This work was carried following to the final practical training carried out within the SPA « Général Emballage Company » whose objective is the mastery of corrugated gluing process. To Do this, we conducted a theoretical study on the background on the subject of the internship but also on the methods and tools used. On the practical level, the beginning was to give the procedure on the preparation of the adhesive based starch. After That, a study and monitoring of various parameters for the preparation of glue (Gelatinisation point, Viscosity, Temperature) to finally conduct a study on the impact of the glue deposit on the quality of corrugated board. All the results were presented and discussed to detect at the end : the anomalies encountered and the correctives made during the preparation, The causes of variation in the gelatinisation point and viscosity and their influences on the bonding of the plate, and finally detecting the different possible glue removals and all fault caused in the bonding and appearance of the plate.

Key Words : Corrugated Board, Glue, Viscosity, Deposit of te Glue.