

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Minister de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة 08 ماي 1945
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des sciences de la nature et de la vie ,Sciences de la terre et l'univers



Mémoire En Vue de l'obtention de diplôme de Master

Domaine : science de la nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Département : Biologie

Spécialité : Qualité de produit et la sécurité alimentaire

Thème

Emballage alimentaire : Caractéristiques d'emballage métallique et rôle des interactions matériaux / aliments dans la valorisation des produits alimentaires

Présenté par :

M^{lle} Achi Asma

Devant les membres de jury

M ^r Benyounnes. A	(Professeur)	Président	Université de Guelma
M ^{me} Meissad. R	(M.C.B)	Examineur	Université de Guelma
M ^r Bouden. I	(M.C.B)	promotrice	Université de Guelma

Juillet 2021

Remerciements

Je remercie dieu tout puissant qui me donné le courage et la patience

Pour réaliser ce modeste travail.

Ms. Ben younes .A, vous me faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury .Veuillez accepter l'expression de ma sincère reconnaissance.

Mme.Messiad .R, de ma avoir fait l'honneur d'être examinatrice et de participer au jury de ce mémoire. Je tenir à exprimer mes profondes gratitudees pour le temps précieux que vous consacrer pour juger ce travail.

Je tiens tout particulièrement à adresser mes plus vifs remerciements à mon encadreur, Bouden Ismail pour la totale confiance qu'il m'a accordée, pour sa grande disponibilité, ses précieux conseils ainsi que sa sympathie et sa gentillesse. Je le remercie pour sa rigueur scientifique et de m'avoir responsabilisé tout au long de mon travail.

Je profonds et sincères remerciements pour tous les enseignants de département de « Biologie » spécialement :

pour leurs conseils et encouragements durant mes parcours universitaire.



Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

□ A l'homme, ma précieuse offre de l'Allah qui n'a jamais dit non pour mon exigence, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher papa **RIBOUH**.

□ A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable maman **LEBSIR HASSINA**. Vous êtes mes piliers, mes exemples, mes premiers supporteurs et ma plus grande force. Merci pour votre présence, votre soutien, votre aide financière, et surtout votre amour, merci de n'avoir jamais douté de moi. Tout ce que j'espère, c'est que vous soyez fiers de moi aujourd'hui.

□ À la personne la plus idéale qui fut dans ce monde je dédie ce travail, à ma vie ma grand-mère **MESSLAT LAILA**, dite **MIMI** pour récolter le fruit de ses sacrifices, qui a fait de moi ce que je suis.

□ À mes chers frères **M.ABDOU ALLAH** et mon chouchou d'amour **ABD-RAOUF**.

□ À mes meilleures sœurs pour leur tendresse, leur complicité et leur présence dans ma vie et pour leurs grandes sources de mon bonheur **INES**

-YOUSRA- MALAK- ET RIHAB. Qui font de mon univers une merveille, je leur souhaite beaucoup de bonheur et de réussite

□ A mes chers oncles : **HALIM, BADRO, BABI, SALIM** et **KHALED**, mon unique tante **AMEL** et □ A toute ma famille et spécialement ma nièce **SADJIDA 'DOUDI'**.

□ A toutes mes amis (e) : **RANIA, AYA, WAFA, RAYENE, ZAHRA, YASSER, DOUDOU, RAOUF, ALI** pour leurs soutien moraux.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I

Généralité sur l'emballage alimentaire

1. Besoin d'un emballage	3
2. Développement des emballages	4
3. Définition	5
4. Différents types d'emballage	5
5. Rôles de l'emballage alimentaire	6
5.1. Rôle technique de l'emballage	6
5.2. Rôle marketing de l'emballage	6
5.3. Rôle conservatoire	7
6. Différents matériaux d'emballage	8
6.1. Matériaux métalliques	9
6.1.1 Matériaux à base d'acier	9
6.1.2 La fonte	10
6.1.3 L'aluminium	11
6.1.4 Le cuivre	12
6.2. Matériaux minéraux	14
6.2.1 Le verre	14
6.2.2 Le pyrex	15
6.2.3 Les céramiques	16
6.2.4 La pierre	17
6.2.5 Les briques réfractaires	17
6.3. Matériaux organiques	18

6.3.1 Les plastiques	18
6.3.2. Le bois	19
6.3.3. Les papiers et les cartons	21
6.3.4. Le cuir	22
6.3.5. Les boyaux naturels	23
6.4. Matériaux composites	24
6.5. Autres composés en contact alimentaire	25
6.5.1 Les vernis de protection	25
6.5.2 Les encres alimentaires	26
7. Emballage alimentaire et santé	26
7.1. La conservation des aliments	27
7.2. Les emballages et les aliments	28

CHAPITRE II

L'emballage alimentaire métalliqu

1. Fer blanc pour emballage métallique	33
2. Caractéristiques chimiques du fer blanc	34
3. Fabrication industrielle du fer blanc	35
4. Revêtement métallique : L'étamage	36
5. Revêtements organiques	37
6. Vocabulaire de l'emballage métallique (Marsal, 2005).	38
7. Fabrication des corps de boites trois pièces	42
8. Fabrication de boites deux pièces	42
9. Fabrication des fermetures de boites	43

9.1. Fermetures rondes	43
9.2. Fermetures non rondes	43
9.3. Fermetures des boîtes à Ouverture facile (easy-open)	43
9.4. Languette d'arrachage	43
10. Processus de fabrication des boites métalliques	44
11. Défauts des boites métalliques	46
11.1. Caractérisation et classification des défauts des boites métalliques	47

Chapitre III

Rôle des interactions matériaux / aliments dans la valorisation des produits alimentaires

1. Propriétés des aliments	71
1.1 Les facteurs intrinsèques	71
1.1.1 L'acidité	71
1.1.2 L'activité de l'eau	72
1.1.3 Composition de l'aliment	72
1.2 Les facteurs extrinsèques	73
2. Les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments	75
2.1 La migration entre matériaux et denrées alimentaires	76
2.2 Transferts d'énergie - Transferts de chaleur	79
2.3 Interaction matériau / aliment dans un milieu biologique	81
2.3.1 Relation : biofilms/matériau/aliment	82
2.3.2 Influence des phénomènes de bio adhésion sur les matériaux	82
3. Les conséquences des interactions	84
Conclusion	87

Résumé

Summary ملخص

Références bibliographiques

Liste des figure

Figure 1 : Secteur mondial de l’emballage commercial, par utilisation finale	4
Figure 2:Classification des emballages	6
Figure 3 : les principaux sigles de recyclabilité	30
Figure 4: Sertisseuse	38
Figure 5: Tête de sertisseuse.	38
Figure 6: Plateau de compression	38
Figure 7: Mandrin de sertissag.	39
Figure 8: Molettes de sertissage.	39
Figure 9: Composition du serti.	40
Figure 10: Processus de fabrication des boites métalliques	45
Figure 11: Tôle feuilletée	47
Figure 12: Trou d’épingle	48
Figure 13: Manque de revêtement	49
Figure 14: Coulures de revêtement	49
Figure 15: Particules étrangères dans le revêtement	50
Figure 16: Soudure brûlée	52
Figure 17: Joint soudé	53
Figure 18: Faux équerrage de la boite	53
Figure 19: Coin replié	54
Figure 20: Bavures sur le bord à sertir	54
Figure 21: Bord à sertir cannelé	55
Figure 22: Bord à sertir incomplet	56
Figure 23: Bord à sertir déchiré (B.S.D.)	56
Figure 24: Corps cannelé	57
Figure 25: Double corps	57
Figure 26: Double fond avant.....	58
Figure 27: Profil du fond fissuré	59
Figure 28: Profil du fond incomplet	59
Figure 29: Profil du fond complet	59
Figure 30: Ourlet incomplet	60
Figure 31: Ourlet froncé	61

Figure 32: Éraflures d'emboutissage	62
Figure 33: Inversion	62
Figure 34: Jointage élastique défectueux	64
Figure 35: Affaissement	65
Figure 36: Aplatissement	66
Figure 37: Becquet	66
Figure 38: Abrasion	67
Figure 39: Corrosion	68
Figure 40: Écrasement	68
Figure 41: Coup sur le serti	69
Figure 42: Griffage	69
Figure 43: Récapitulatif	75
Figure 44: Exemple de migrations possibles dans le cas d'une bouteille en PET	76
Figure 45: Les transferts de chaleur	79

Liste des tableaux

Tableau 1: Repères de l'histoire de l'emballage alimentaire	3
Tableau 2 : Rôles et intervenants en emballage alimentaires	8
Tableau 3: Différents constituants du fer blanc	34
Tableau 4: Composition chimique du fer blanc	34

Liste des abréviations

B.S.D: Bord à Sertir Déchiré

CPET : Polyéthylène Téréphtalate Cristallin

DOS: Di-Octyl-Sébaçate

FFPM : Forces, Faiblesses, Possibilités Et Menaces

HDPE: PolyEthylène Haute Densité

HO-C₆H₄-SO₃H: Acide 4-hydroxy- benzène-sulfonique

LDPE: PolyEthylène Basse Densité

MAP : Emballage sous Atmosphère Modifiée ou Protectrice

P.I.B : Produit Intérieur Brut

PET : Polyéthylène Téréphtalate

PETE : Polytéréphtalate d'Éthylène

PP : Poly-Propylène

PS: PolyStyrène Expansé

PVC: Polychlorure de Vinyle

SBS: Stands for Solid Bleached

UHT : Upérisation à Haute Température

Introduction

Introduction

Le mot « emballage » vient du mot « emballer », qui signifie littéralement «mettre en balle». Par conséquent, l'emballage est une combinaison de matériaux utilisés pour protéger les produits, transporter, distribuer, stocker, vendre et utiliser

les produits. Mais ces fonctions ne sont pas uniques à l'heure actuelle : l'emballage doit aussi attirer et informer le consommateur, l'aider à utiliser le produit, et lui être utile après usage, ou du moins ne pas lui être nocif du fait des atteintes à l'environnement. Aider le produit La préservation signifie "maintenir le plus haut niveau de qualité du produit aussi longtemps que possible en atténuant ou en éliminant les effets des mécanismes de détérioration physique, chimique ou microbienne".

Bref, L'emballage est essentiel, il ne peut se passer du produit lui-même. Cela vaut toujours la peine d'investir massivement, car le chiffre d'affaires de l'industrie de l'emballage est estimé à 6 000 milliards de dollars américains et plus de 5 millions de personnes sont employées dans plus de 100 000 entreprises. Selon les pays concernés, il représente 1 à 3,5 du PIB. la consommation moyenne de matériaux d'emballage est d'environ 25 à 30 kg par habitant et par an [1]. Parmi plusieurs types d'emballages, l'objet de cette étude est l'emballage métallique, qui est en fer blanc, en fer chromé ou en alliage d'aluminium. Leur intérieur peut être recouvert de vernis pour limiter la corrosion du produit des métaux, surtout s'il est acide, et pour éviter sa corrosion.

Plusieurs variétés d'emballages existent sous forme de boîtes métalliques :

- Boîtes de conserve pour produits alimentaires conditionnés par appertisation ;
- Bidons et boîtes pour produits alimentaires non appertisés
- Bidons et boîtes pour produits chimiques (peintures, diluants, teintures, vernis,...)

Le présent travail est scindé en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à la définition de l'emballage alimentaire, les différents types d'emballage, les rôles de l'emballage alimentaire et les différents matériaux d'emballage.

- ✓ Le second chapitre est consacré à la définition de l'emballage métallique, le vocabulaire utilisé dans ce domaine, les défauts que peut présenter l'emballage métallique et les causes courantes qui peuvent les provoquer.

Chapitre I

Généralité sur l'emballage alimentaire

1. Besoin d'un emballage

L'utilité d'emballer des aliments date de la préhistoire. En effet, les anciens chasseurs pratiqués les techniques d'emballage en utilisent les peaux de leurs gibiers, afin de faciliter le transport d'un point à autre pour les protéger des intempéries et des insectes. Il accède ainsi sur l'utilisation de matériaux naturels dont les feuilles et les écorces d'arbres, les pierres creuses et les coquillages pendant cette époque. Les premiers récipients en verre furent employés par les Égyptiens à partir de 1500 avant J.-C. L'appareillage du matériau moderne en pratiqué : le plastique, se combine avec les nouveautés du XXe siècle.

Dans le tableau suivant sont consignés les événements qui ont marqué le plus l'histoire de l'emballage après la révolution industrielle. (Ghali, 2017).

Tableau 1: Repères de l'histoire de l'emballage alimentaire (Ghali, 2017)

Dates	Repères
1809	Nicolas Appert découvre le procédé de conservation par la chaleur des denrées alimentaires contenues dans des bocaux en verre.
1810	Le procédé est appliqué à des boîtes en fer blanc (boîtes de conserve)
1858	L'Américain Mason crée le couvercle métallique à vis pour les pots en verre
1871	Jones (États-Unis) invente le carton ondulé
1883	Stilwell (États-Unis) commercialise les premiers sacs en papier.
1885	Painter (États-Unis) dépose le brevet de la première capsule de bouteille jetable.
1934	L'American Can Company commercialise les premières « boîtes boissons ancêtres des canettes pour la brasserie américaine Kru Eger
1951	Invention en Suède de l'ancêtre du Tetrapak: emballage tétraédrique jetable en papier plastifié.
1969	Après Lesieur en 1960, Vittel commercialise ses premières maxibouteilles rondes en PVC (polychlorure de vinyle).
1976	Pepsi-Cola vend ses premières bouteilles en PET (polyéthylène)
2000	Apparition du Doy pack: sachet en plastique souple tenant debout
2005	Fabricant Tetrapak lance le Tetrapak Wedge Aseptic Clear: emballage transparent

2. Développement des emballages

L'emballage existe depuis plusieurs centaines d'années, son efficacité et de contenir et transporter des produits sans risque.

Le conditionnement est un aspect essentiel d'un processus progressif à long terme visant à réduire les pertes, ce qui nécessitera une combinaison de techniques spécifiques au processus (Olsmats et Wallteg, 2009).

L'industrie mondiale de l'emballage alimentaire peut apporter une contribution significative à la réduction des pertes, tout en contribuant à assurer la sécurité alimentaire et à renforcer le commerce alimentaire mondial, qui est l'une des clés du développement de diverses économies. (Forum économique mondial, 2009).

Ensuite, l'état et les tendances des emballages alimentaires dans les pays en développement sont présentés. Et procède à une analyse des forces, faiblesses, possibilités et menaces (FFPM) du secteur alimentaire. Ces informations sont nécessaires pour proposer des solutions permettant aux pays en développement de surmonter les défis actuels auxquels le secteur agroalimentaire est confronté pour répondre à ses besoins en emballages. (Fao, 2014).

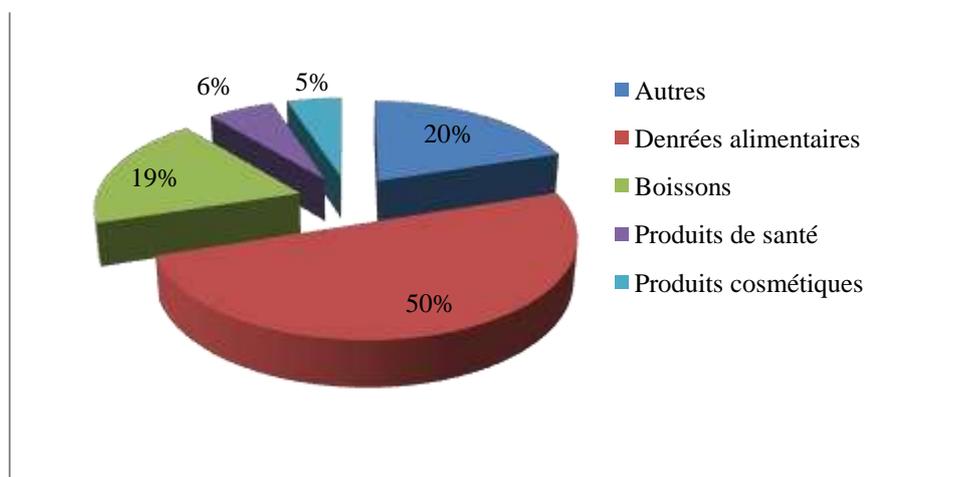


Figure 1 : Secteur mondial de l'emballage commercial, par utilisation finale (Pira International, 2009)

Dans les pays en développement, la hausse de la demande en provenance du marché des denrées

Alimentaires et des boissons a stimulé la croissance globale du secteur de l'emballage (Global Industry Analysts, 2010).

3. Définition

Emballage : étymologiquement vient du préfixe « en » et de « balle » lequel dérive lui-même de l'ancien allemande « balla » dont le sens était de serrer avec une idée de pelotonner ;

Emballer c'est donc mettre en balle et par extension, un emballage est donc un produit qui doit

Être transporté (Soroka, 2002). « Tout objet, quelle que soit la nature de la matière qui le compose, est destiné à contenir et protéger la marchandise, à permettre sa transformation et sa livraison dès la production au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer sa mise en valeur » (CNE, 2011).

Selon L'LNE, (2013), l'emballage alimentaire ne doit pas présenter de danger pour la santé humaine, ne doit pas modifier les caractéristique organoleptique des aliments et ne doit pas altérer la composition des aliments.

4. Différents types d'emballage

Selon JEANT *et al.* (2007), il ya trios types d'emballages :

- **L'emballage de vente (emballage primaire):** Conçu de manière à constituer, au point de vent, un article destiné à l'utilisateur final ou au consommateur. Exemple : les pots de yaourts en plastique, en verre ou en carton ciré qui contient le produit.
- **L'emballage groupé (emballage secondaire):** regroupe un certain nombre d'unité de vente, destinés à l'utilisateur final ou au consommateur : il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques. Exemple : le carton autour des yaourts les regroupant par lots de 4,8, ou 12.
- **L'emballage d'expédition** : Il existe plusieurs emballages secondaires pour la manutention et la protection des contenants durant le transport.
- **L'emballage de transport (emballage tertiaire):** Conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'articles ou d'emballage groupés en vue d'éviter d'un certain nombre d'unité de vente ou d'emballage groupés en vue

d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport, c'est une pellet avec housse plastique qui regroupe plusieurs colis (**Figure 2**).

L'emballage de transport ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, fluvial, maritime ou aérien.

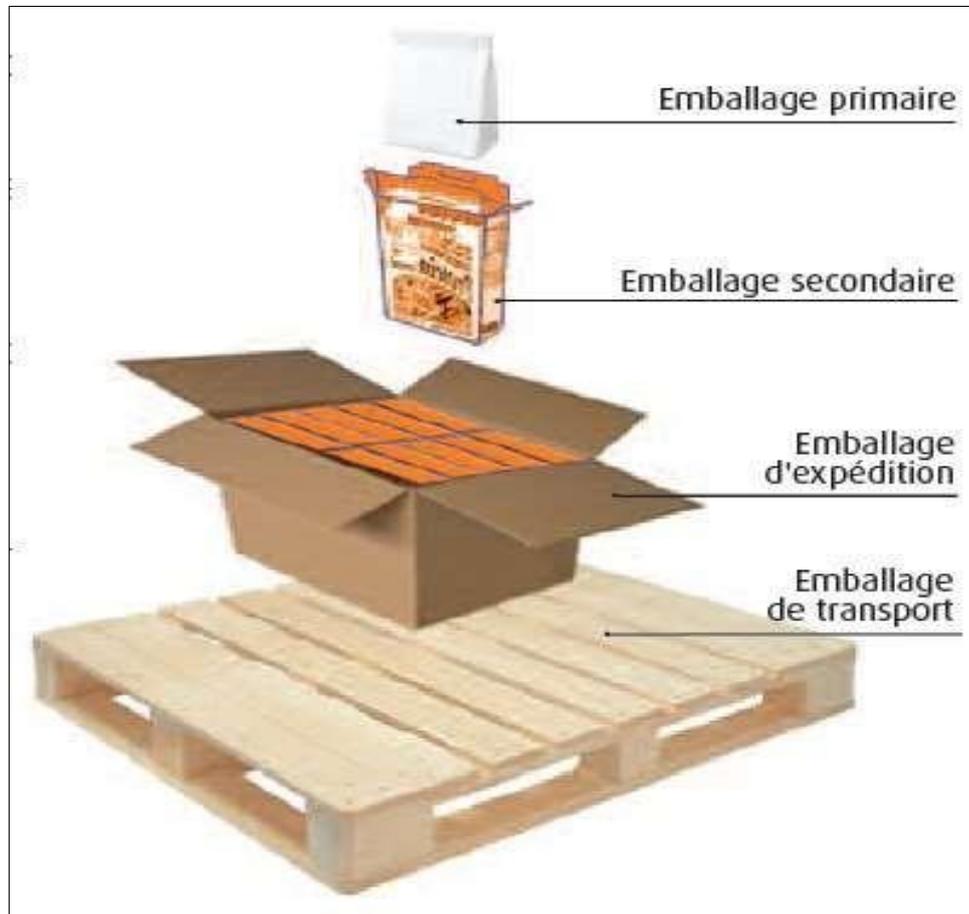


Figure 2:Classification des emballages (Ctac ,2010)

5. Rôles de l'emballage alimentaire

5.1. Rôle technique de l'emballage

Le rôle de l'emballage est de contenir le produit, de le protéger de toute contamination et de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son utilisation et son élimination finale. Ils aident à protéger la qualité du contenu du point de vue de l'hygiène, de la nutrition, du sensoriel, du sensoriel et de la technologie, garantissant ainsi que nos emballages répondent aux normes établies.

5.2. Rôle marketing de l'emballage

Dans un marché de plus en plus concurrentiel, l'emballage est devenu l'outil de communication le plus stratégique pour tous les produits de consommation. Premier contact avec le consommateur, voire souvent le design d'emballage il est un véritable défi de communication (Ctac, 2010).

Même le meilleur produit bénéficiant du meilleur conditionnement peut se voir ignorer si:

- ✓ Le positionnement des différents éléments de communication transmettent une multitude de messages pouvant être positifs ou négatifs à l'image souhaitée.
- ✓ Il n'a pas transmis le bon message
- ✓ Il n'attire pas l'attention

Un bref représente un condensé des éléments d'informations nécessaires à l'élaboration d'un

Emballage et d'un message efficace.

Parmi les critères d'évaluation de l'emballage, nous citons :

- **Visibilité** : le produit capte l'attention des yeux
- **Attirance** : Le produit éveille l'intérêt il est désirable
- **Lisibilité** : La lecture, les communications elles sont faciles
- **Personnalité** : L'emballage donne une idée juste et complète du produit
- **Différenciation** : Le produit permet de se distinguer des produits concurrents. (Ctac, 2010)

5.3. Rôle conservatoire

Les aliments sont des produits périssables, sous l'influence du temps et de l'environnement ; la conservation implique habituellement d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres microorganismes, de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement (Mathlouthi, 2008).

Contrôler ces niveaux de dégradations permet d'obtenir une durée de vie relativement plus longue. Un emballage barrière empêche ou ralentit la perméabilité d'une composante évaporable ou gazeuse (exemple : barrière à l'oxygène, à l'humidité, aux arômes, etc.).

 Produit et emballage avec traitement thermique :

L'emballage s'exposera à la température du produit chaud ou à la combinaison produit/emballage chauffé par différents procédés afin de rendre le produit pasteurisé ou stérile. Le processus thermique utilisé pour le but de diminuer de manière considérable les micro-organismes afin d'augmenter la durée de vie du produit (Atek et Belhaneche, 2005).

✚ Emballage sous atmosphère modifiée (MAP) ou protectrice :

L'emballage sous atmosphère changée ou sous vide (MAP) permet d'évacuer l'air de l'emballage pour favoriser la conservation des aliments.

Nous injectons un mélange en proportions différentes de gaz inertes en fonction de l'aliment à conserver. Les gaz utilisés sont : N, CO₂, O₂ (Brouillet et Fugit, 2009).

Les avantages de l'emballage sous atmosphère modifiée (MAP) :

- ✓ Réduire la régularité de respiration des aliments
- ✓ Réduire l'émotivité à l'éthylène
- ✓ Rallonger la vie du produit en stock

Tableau 2 : Rôles et intervenants en emballage alimentaires (Ctac ,2010)

Rôle Technique	Rôle marketing	Intervenants
Contenir	Vender	Fabricants
Préserver	Communiqué	Transformateurs
Transporter	Motiver	Détaillants
Utiliser	Informers	Consommateurs

6. Différents matériaux d'emballage

Ces matériaux sont sélectionnés par le fabricant ou d'autres utilisateurs, en fonction de leurs caractéristiques et de la finalité qu'ils souhaitent fabriquer. Les propriétés chimiques des différentes matières premières qui sont à la base des matériaux leur confèrent des caractéristiques spécifiques et ont donc des usages spécifiques.

On distingue ainsi quatre grandes familles de matériaux utilisés en contact alimentaire :

- les matériaux métalliques □ les matériaux minéraux
- les matériaux organiques
- Les matériaux composites ou complexes

6.1. Matériaux métalliques

Le matériau métallique est un métal ou un alliage métallique. Ils sont utilisés pour la fabrication d'aliments (cuves, plan de travail, etc.) et la conservation (boîtes, canette.....).

6.1.1 Matériaux à base d'acier

Différents types d'acier sont utilisés en contact alimentaire. Le matériau principal des boîtes est le fer blanc électrolytique ; il s'agit d'une fine plaque d'acier recouverte d'étain pur des deux côtés. Certaines normes françaises et européennes définissent en détail les caractéristiques de ces matériaux, et ces matériaux utilisent généralement l'appellation « acier pour emballage ». L'élément commun à tous ces matériaux est l'acier de base. Sa composition chimique affecte ses propriétés mécaniques et peut jouer un rôle dans la résistance à la corrosion (**Multon et al, 1998**).

L'acier fer-blanc contient différentes proportions des éléments suivants : carbone manganèse, soufre, silicium et cuivre phosphoreux. Le fer blanc peut également être associé à une couche d'étain, qui agit comme un antioxydant ; l'étain agit comme une anode, offrant une protection cathodique pour le fer (sauf pour les boissons gazeuses, avec lesquelles le fer est rapidement attaqué).

L'acier ordinaire, qui est exposé à l'action corrosive des éléments naturels, s'oxyde et sa surface se couvre de rouille ou d'oxyde de fer (**DGS, 2003**).

L'inox est un alliage de fer et de carbone auquel peuvent être ajoutés du chrome, du nickel, du molybdène et/ou du vanadium ; ce mélange lui confère une résistance à la

corrosion irréprochable. Ce phénomène a suscité une grande attention de la part des professionnels de l'industrie agroalimentaire. Le chrome se combine avec le fer et le nickel pour former un film d'oxyde en surface, qui peut ralentir voire empêcher complètement la corrosion. Après avoir été retiré, il se reformera immédiatement au contact de l'oxygène atmosphérique. Par conséquent, la praticité de l'acier inoxydable dépend de sa résistance à la corrosion, qui varie selon le type d'acier utilisé.

L'acier inoxydable est important et très utilisé en agroalimentaire particulièrement pour les machines, les cuves, étagères, couteaux, vis, tables... On l'emploie pour ses propriétés de nettoyage. Il permet l'utilisation de produits agressifs en concentrations assez élevées. Par ailleurs, il ne forme pas d'oxydes qui pourraient se retrouver dans les aliments. C'est un matériau neutre, inerte qui ne modifie pas les propriétés organoleptiques des aliments. Il a aussi une très bonne résistance mécanique.

C'est cependant un mauvais conducteur : c'est pourquoi les poêles en inox sont munies d'un fond multi strates, généralement en aluminium et en cuivre.

6.1.2 La fonte

La fonte est un alliage de fer et de carbone (2,5 à 6 % de carbone). L'affinage se fait par chauffage et donne de l'acier.

La fonte est un bon conducteur de chaleur. Elle est plus longue à mettre en chauffe, mais surtout plus longue à refroidir. Elle est surtout utilisée pour la cuisson, en industries comme chez les particuliers (cocottes), car elle permet de faire mijoter les plats. Ce matériau est aussi utilisé dans la fabrication de hachoirs.

Le principal intérêt d'une cuisson douce et lente concerne la viande. La cuisson de la viande est un des sujets auquel se consacre dans son laboratoire Hervé This, physicochimiste à l'INRA et initiateur de la « gastronomie moléculaire ». Pour être appréciée, une viande ne se mange pas dure, il faut qu'elle soit tendre. Hervé This explique le processus de cuisson de la viande et vante les mérites de la cuisson basse température. Il explique qu'attendrir une viande, c'est dissoudre le collagène contenu dans les fibres musculaires. Cette dissolution se fait dès 55°C, mais elle est très lente. Une cuisson à faible température, donc lente, est idéale pour obtenir une viande d'une meilleure qualité organoleptique. Evidemment, cuire une viande à 55°C n'est pas pensable en raison de la prolifération des microorganismes à cette température. L'utilisation d'un ustensile en fonte sur un feu classique permet la cuisson à

une température à la fois suffisamment basse pour permettre une cuisson « mijotée » et suffisamment élevée pour éviter tout risque microbiologique (**THIS, 2003**).

La viande n'est pas la seule concernée par la cuisson lente. La préparation de bouillons qui est une opération techniquement et chimiquement complexe, la cuisson des légumes, des pâtisseries, les œufs sont autant d'exemples qui, cuits lentement à basse température, sont bien meilleurs [1].

6.1.3 L'aluminium

Ce matériau présente des propriétés intéressantes comme la protection contre la lumière, les ultraviolets et l'humidité. Il constitue aussi une barrière fiable contre l'oxygène et les micro-organismes.

De plus, l'aluminium possède une excellente conductivité thermique et, de ce fait, a un très bon rendement énergétique pour préparer et servir la nourriture. Il assure une bonne diffusion de la chaleur, rapide et uniforme. Ceci permet une cuisson régulière des produits dans tout le récipient. Enfin, l'aluminium ne demande pas beaucoup d'entretien et il est trois fois moins lourd que l'acier ce qui permet de réduire les coûts de transport.

Il est utilisé pour la protection, le stockage et la préparation des aliments et des boissons.

L'aluminium, utilisé seul, tend à disparaître. C'est une matière qui n'est pas suffisamment en accord avec les contraintes d'hygiène alimentaire. Il y a trop de risques à l'utiliser et finalement, c'est un matériau qui est trop déformable en cuisine. Il se dégrade rapidement et on ne l'utilise pratiquement plus (**CSAA, 1998 ; Martinez, 2002**).

Les alliages d'aluminium

Les alliages utilisés se classent en trois catégories, en fonction de leur composition :

- Ceux avec de l'aluminium et du manganèse
- ceux contenant de l'aluminium et du magnésium
- ceux contenant de l'aluminium, du magnésium et du manganèse

La bande d'alliage d'aluminium utilisée pour les emballages rigides est systématiquement soumise à un traitement de surface de type chimique ou électrochimique pour améliorer l'adhérence et la résistance à la corrosion du vernis. L'alliage d'aluminium peut être recouvert d'une couche de revêtement organique, qui a un effet protecteur (par exemple le téflon, matière plastique).

En agroalimentaire, ils sont utilisés en tant qu'emballage : boîtes de conserve, boîtes à boisson, capsules, opercules et films aluminium recouvrant certains produits. On les retrouve également dans les outils de cuisine : poêles ou casseroles.

6.1.4 Le cuivre

Il est souvent utilisé pour les ustensiles de cuisson car il est un excellent conducteur de chaleur. Cette propriété est mise à profit pour chauffer ou refroidir rapidement un liquide ou un gaz. Cependant, le cuivre ne doit pas être, dans la plupart des cas en contact direct avec les préparations culinaires. Par conséquent, il est associé à un autre métal, le plus souvent de l'étain. Le cuivre et ses alliages ne sont pas attaqués par l'eau ni par un grand nombre de produits chimiques. On met cette propriété à profit pour faire des tubes en cuivre ou des récipients et conteneurs pour de nombreuses industries. Sa corrosion par l'air reste très superficielle car il se couvre d'une couche protectrice de carbonate basique, appelée « vert-de-gris », considérée longtemps comme nocive pour l'homme et qui donne un goût désagréable aux préparations. Le cuivre s'oxyde en effet à froid mais seulement au contact d'acides. Par exemple, le vinaigre et les corps gras peuvent donner des sels toxiques ; il faut donc en tenir compte lors de la préparation des plats. Enfin, le cuivre a des propriétés bactériostatiques reconnues. En effet, il inhibe le développement d'un certain nombre de parasites infectieux, d'algues, de bactéries (Légionelle) et assainit les canalisations qui sont utilisées dans le monde entier pour la distribution de l'eau, la fabrication de la bière, et la distillation des alcools (CICLA, 1992).

Ces constatations ont été vérifiées dernièrement lors de deux études, celle du " Public Health Laboratory Service " de 1994 et celle du groupe de travail suédois sur l'environnement publiée en 1999. Ces deux études montrent que le nombre de bactéries diminue de façon significative avec l'utilisation du cuivre, alors qu'il stagne ou croît avec d'autres matériaux.

Le cuivre est aujourd'hui très utilisé pour la fabrication de nombreux fromages. Pour le beaufort, le lait caillé est chauffé à une température comprise entre 53 et 56°C dans une cuve en cuivre. L'intérêt d'un tel matériau est multiple : tout d'abord parce que dans une cuve en inox le lait caillé accroche et modifie le goût du fromage, ensuite, parce que les propriétés bactériostatiques de ce métal sont très intéressantes pour la qualité sanitaire des produits de la filière et enfin car le cuivre a un rôle dans la fermentation propionique (responsable de la formation des « trous » dans l'emmental, caractéristique sensorielle

essentielle de ce fromage) et dans la destruction de l'acide ascorbique (conséquence nutritionnelle).

Le cuivre a toujours été considéré comme le matériau idéal pour la cuisson du sucre et plus particulièrement la cuisson des confitures. Pourquoi le cuivre est-il conseillé ? Existe-t-il une réelle différence avec d'autres matériaux ? Ce sont également des questions auxquelles Hervé This tente de répondre. Les résultats obtenus montrent que :

- Le cuivre permet une élévation de température et une cuisson plus homogène du sucre
- Il renforce les gels de pectine en provoquant la liaison des pectines
- Il n'existe pas d'effet chimique du cuivre sur la cuisson : les effets sur le sucre seraient uniquement dus aux propriétés de conduction de la chaleur. En effet, il n'existe pas de différence entre une casserole recouverte d'inox et une casserole massive en cuivre
- Il est également conseillé de ne jamais utiliser d'ustensiles en fer pour remuer le sucre ou la confiture. En effet, les études montrent que le fer noircit le sucre
- Légèrement évasée, la forme de la marmite à confiture a aussi un rôle important car elle facilite l'évaporation de l'eau contenue dans les fruits
- En revanche, l'ajout de sel de cuivre modifie la couleur des confitures. En effet, les anthocyanes, molécules responsables de la couleur de nombreux fruits (essentiellement les fruits rouges), se complexent avec les ions métalliques ce qui change l'absorption de la lumière et par conséquent leur couleur. L'oxyde de fer quant à lui noircit les fruits.

On comprend donc ainsi certains conseils empiriques de nos grands-mères. Un ensemble d'effets font que la marmite à confiture donne bien de meilleures confitures !
(THIS, 2002)

Absorbé en petites quantités, le cuivre est bon pour la santé. Toutefois, il peut être dangereux d'en absorber de grandes quantités en un seul coup ou sur une courte période. Les quantités qui peuvent être tolérées chaque jour ne sont pas connues de façon précise. Comme mesure de précaution, on recouvre les ustensiles de cuisson en cuivre d'un autre métal, ce qui empêche le cuivre d'entrer en contact avec les aliments. De faibles quantités du métal peuvent être dissoutes par l'aliment, en particulier s'il s'agit d'un aliment acide qui a cuit ou

séjourné longtemps dans le récipient. D'ailleurs un des conseils de nos grands-mères est de ne pas laisser reposer la confiture dans son récipient de cuisson (en cuivre !). Le nickel et l'étain sont les métaux les plus utilisés comme revêtement, Hervé This précise alors que les fruits rouges ne doivent pas être cuits dans du cuivre étamé (**THIS, 2002**)

6.2. Matériaux minéraux

Les matériaux minéraux sont souvent faits à base d'argiles, ce sont les verres, les céramiques et les roches.

6.2.1 Le verre

Le matériau « verre » et l'usage de récipients en verre sont très anciens. Déjà, au 8^e siècle avant Jésus-Christ, les Égyptiens utilisaient l'argile.

Au XVII^e siècle, apparaît la première bouteille en verre. Celle-ci sera utile dès la découverte du champagne, qui, pour sa conservation, nécessite un matériau résistant et imperméable.

Le verre, il se compose de silice (en général 70% du verre) et de fondants ou de stabilisants. La silice augmente la résistance du verre, les fondants (oxyde de sodium, de magnésium, de potassium et d'aluminium) diminuent la température de fusion et les stabilisants changent les propriétés physiques : augmentation de la résistance mécanique du verre, de sa dureté et de sa brillance mais diminution de sa solubilité. Les stabilisants sont :

L'oxyde de calcium, zinc, fer, cadmium et de plomb (pour le cristal seulement) (**Multon et al, 1998**). Le verre possède des propriétés d'inertie élevées, c'est une vraie barrière pour l'aliment. Il ne laisse pas passer les odeurs et les arômes donc les qualités organoleptiques de l'aliment ne sont pas modifiées. Le verre est imperméable aux gaz et résiste aux pressions internes élevées ce qui permet de l'utiliser pour emballer des boissons telles que (le champagne, le cidre ou encore l'eau Perrier®.)

Le verre présente une bonne résistance thermique que ce soit à des températures très élevées ou très basses ; en revanche, c'est un mauvais conducteur de chaleur et il ne résiste pas aux chocs thermiques brusques (**Multon et al, 1998 et Voirol, 1994**).

Il a une bonne résistance mécanique (chocs sur chaîne de conditionnement, stockage, charge verticale...) même si les risques de cassure existent et sont dangereux (risques de

blessures). De plus, ce matériau ne peut ni fixer ni favoriser le développement de bactéries, il est imputrescible et se nettoie très bien. Son nettoyage facile permet la réutilisation des emballages en verre en industrie et chez le consommateur (verre à moutarde, pots de confitures...).

Il a aussi une bonne résistance chimique : le verre est réputé inaltérable si le pH du produit est compris entre 3 et 9 ; la plus part des aliments ont des pH compris dans cette fourchette. Pour des pH plus acides, il existe de faibles échanges à la surface du verre, entre les ions H⁺ de la solution et les ions Na⁺ du verre. Réglementairement, la résistance chimique est très contrôlée (**Mosse, 1997 et Requena, 1998**).

En ce qui concerne la migration du verre avec les produits alimentaires, elle est nulle ou négligeable. Les liquides sont plus sensibles : il y a possibilité d'une faible migration des ions hydrogène, sodium, cadmium, plomb dans le liquide. La loi impose des limites pour la migration du plomb et du cadmium (arrêté du 7 nov. 1985).

Le verre laisse passer les micro-ondes, la verrerie peut donc être utilisée dans un four ou une micro-onde conventionnelle. Cela permet au consommateur de réchauffer ses plats. Concernant la couleur du verre, il est soit transparent pour que les consommateurs puissent voir ce qu'il y a à l'intérieur, soit il est coloré et opaque pour mieux préserver les propriétés nutritionnelles de l'aliment. Pour les verres non teintés, le produit présente un risque d'oxydation à la lumière, modifiant ainsi la couleur et la qualité nutritionnelle des aliments.

En termes d'écologie, même si le coût d'achat reste élevé, le verre est économique puisqu'il est infiniment recyclable. C'est le seul matériau qui permet de refaire le même article avec l'article recyclé (1 bouteille recyclé = 1 bouteille re-fabriquée !) (**Multon, et al, 1998**).

Un autre inconvénient du verre est son poids. Cela représente un problème pour les transports industriels et ménagers.

Le verre, avec ses avantages et ses inconvénients peut donc être utilisé pour tous les produits alimentaires qu'ils soient liquides, solides, pâteux ou en poudre.

On ne traitera pas le verre vitrocéramique (composition et caractéristiques analogues à celles du verre et des céramiques) car il n'est pas en contact direct avec les aliments ; en effet, il est essentiellement utilisé pour les plaques chauffantes.

6.2.2 Le pyrex

Le pyrex se compose principalement de silice (80%) et de bore (12,5%). Cette composition lui permet de résister à de très hautes températures (supérieure à 300°C) et d'être utilisé pour les ustensiles de cuisson tels que les plats à gratin. Il offre également une grande facilité de nettoyage et donc une parfaite garantie d'hygiène.

6.2.3 Les céramiques

Le mot céramique vient du grec (keramos) qui veut dire argile. La céramique est un matériau inorganique, de composition voisine de celle du verre. Leur différence relève essentiellement de leur traitement : la céramique est mise en forme puis cuite, alors que le verre est formé après fusion.

Les céramiques sont des matériaux en général durs et résistants avec une conductivité thermique faible (exception à -273°C où les céramiques deviennent des supraconducteurs) ; elles sont sensibles aux chocs thermiques. Elles répondent aux critères d'inertie fixés par la réglementation et la migration entre l'aliment et ce matériau est très faible voir inexistante [2 et 3].

Il existe différentes sortes de céramiques utilisées pour la cuisson, la préparation, la conservation ou encore le service à table :

Faïence : céramique blanche, non translucide, peu résistante, cuite à environ 1150° . Sa composition est essentiellement à base d'argiles auxquelles s'ajoutent du feldspath et du quartz. C'est un produit poreux qui nécessite d'être émaillé pour être imperméable.

Porcelaine : céramique très blanche, résistante et translucide, cuite autour de 1400°C , utilisée pour la vaisselle. Elle est composée essentiellement de kaolin auquel s'ajoutent du feldspath et du quartz.

Grès : céramique utilisée pour les carrelages, la vaisselle et le sanitaire. Ce produit se situe entre la porcelaine et la faïence. Résistant et poreux.

Terre cuite : céramique cuite et poreuse. Elle est utilisée traditionnellement pour les fours à pain ou à pizza. Comme la fonte, c'est un matériau recommandé pour les cuissons lentes (elle transmet et accumule bien la chaleur) ou au four et elle n'interagit pas avec les aliments.

Feldspath : minéral naturel utilisé pour la vitrification des pâtes céramiques

Quartz : Forme cristalline de la silice (dioxyde de silicium = SiO_2)

Pour la cuisson, on utilise des pots, marmites, plats, fait-tout, poêlon. Ces plats pour cuire peuvent être directement mis sur les braises, sur le feu ou dans un four.

Pour la préparation des aliments, il existe des mortiers, jattes, terrines, tamis, passoirs et des faisselles (mise en forme des fromages).

Enfin, pour la conservation ou l'emballage, il existe des céramiques de transport ou amphores.

Celles-ci ont été utilisées du 2^e siècle jusqu'à la fin de l'antiquité ; ce sont des grands vases (ou cruche) à embouchure étroite qui servaient à transporter et conserver le vin, l'huile et plus rarement les aliments solides. Excepté les sacs qui servaient à transporter les céréales, les amphores constituaient le grand emballage antique qui correspondrait aujourd'hui à nos bouteilles, bocaux, conserves... Sa forme permettait de reconnaître immédiatement sa provenance et son contenu ; pour compléter ces informations un timbre imprimé sur l'anse en donnait la provenance exacte, la date, le nom du fabricant... [4 et 5]

Aujourd'hui, on trouve des yaourts ou des fromages emballés dans des céramiques ; l'utilité est plutôt symbolique et synonyme de tradition.

6.2.4 La pierre

Il existe plusieurs types de pierre : four à pierre pour cuisson des pizzas essentiellement ou pierre de lave pour « pierrade ».

La pierre de lave est une matière inerte qui ne dégage pas de substances nocives, elle ne produit pas de fumée ni de vapeur. Cette pierre a une haute conductivité thermique et se réchauffe très rapidement, elle a une inertie thermique qui lui permet de continuer à cuire 30 minutes environ après avoir éteint la source de chaleur. Grâce à cette propriété, elle est indiquée pour la cuisson des aliments au centre de la table tels que les viandes, les poissons ou encore les légumes. Les aliments sont cuits rapidement. Elle est enfin très résistante aux écarts de température et ne présente pas de risque de cassure, à l'inverse d'autres pierres naturelles [6].

6.2.5 Les briques réfractaires

La brique réfractaire a la propriété de supporter de très hautes températures (sans se fissurer).

Elle conserver rapidement la chaleur qu'elle restitue ensuite pour la cuisson des aliments. Elle peut se présenter sous plusieurs formes et avec un taux d'alumine plus ou moins élevé. C'est ce taux qui fait leur qualité. Elles sont utilisées pour les fours à pizza et à pain.

L'usage du four dans la préparation d'aliments est ancien. Son utilisation remonterait à la naissance du pain. La structure des fours à bois a peu évolué. Souvent le four est constitué de deux cavités : dans la première se trouve le bois et dans la deuxième se trouve l'aliment. La chaleur est transmise par les parois en contact avec le foyer. Les fours ont parfois une seule cavité : le foyer est réalisé à la place de l'aliment. Une fois que la chaleur s'est stockée dans les briques, on écarte les braises pour laisser la place à l'aliment à cuire. La brique réfractaire permet de rendre le four plus efficace sur le plan énergétique. La diffusion de la chaleur est régulière ce qui permet de limiter les variations de température.

Les qualités sensorielles apportées par ce type de cuisson tiennent avant tout à l'environnement de cuisson qu'au contact direct entre l'aliment et le matériau de cuisson. Pour le four à bois, le fumé de l'aliment est l'une des principales modifications organoleptiques recherchées. La diffusion de la chaleur et la température de cuisson sont également importantes dans ce procédé de cuisson. La température atteint parfois 260°C, ce qui donne un croustissage très rapide des produits. Cette méthode largement reconnue chez les boulangers, apporte également en charcuterie et dans la cuisson des viandes, une saveur gustative très appréciée [7].

6.3. Matériaux organiques

Parmi les matériaux organiques on trouve les plastiques, les papiers, le bois et les cartons, le cuir ou encore les boyaux naturels.

6.3.1. Les plastiques

Ce thème est traité sous l'angle des matériaux plastiques entrant dans la composition des Emballages plastiques. En effet, en agroalimentaire, les matériaux plastiques sont utilisés seulement dans le cadre des emballages. Grâce à leur diversité, leur adaptabilité, ils répondent à la fois aux exigences d'hygiène, de sécurité du consommateur et s'inscrivent dans l'évolution des modes de consommation.

Il existe deux types de matériaux plastiques : matériaux de structure et matériaux barrières.

Tous deux ont une origine artificielle fondée sur l'emploi de polymères [8].

Les premiers offrent des propriétés d'imperméabilité et d'innocuité, qu'ils soient utilisés en mono ou multicouches. Les seconds ont des propriétés de résistance à l'oxygène de l'air et aux odeurs ; ils sont utilisés pour des aliments sensibles. Les matériaux barrières sont employés uniquement dans des emballages multicouches et généralement, en association avec des matériaux de structure (**Multon et al, 1998**).

6.3.2. Le bois

Interdit pour les bouchers et en restauration collective, souvent critiqué par des études scientifiques au sujet de la sécurité sanitaire, le bois en tant que matériau au contact alimentaire souffre aujourd'hui d'une mauvaise réputation. Pourtant on connaît aujourd'hui son intérêt dans de nombreuses filières comme le vin, la bière ou le fromage où il joue un rôle important dans la qualité sensorielle et sanitaire de ces produits.

La norme NF B 50-003 définit le bois comme un "ensemble de tissus résistants secondaires qui

forment les troncs, branches et racines des plantes ligneuses. Le bois est issu du fonctionnement du cambium périphérique et est situé entre celui-ci et la moelle.

Le bois présente les propriétés suivantes :

- **Densité** : c'est l'indice de la dureté du bois. Si elle est supérieure à 1, le bois "coule", si elle est inférieure à 1, il flotte. Les densités courantes sont moyennes, s'échelonnant de 0,4 à 0,8 (épicéa, sapin, hêtre). De cette densité dépend la dureté et la porosité du bois. La dureté est en relation avec la densité, la composition chimique et l'humidité.
- **Humidité** : l'eau, élément indispensable à la croissance des végétaux, est très présente dans le bois. La quantité d'eau présente dans l'arbre varie avec l'essence, la zone considérée (aubier ou duramen) et l'humidité de l'environnement. Au cours du séchage et en dessous d'un certain seuil d'humidité, le bois diminue de volume, c'est le retrait. A l'inverse, un bois sec gonfle lorsqu'il s'humidifie. Comme le bois est en équilibre avec l'humidité atmosphérique ambiante, il peut subir des variations de dimensions lorsque celle-ci varie.

On dit qu'il *travaille*.

Le bois est un matériau hygroscopique : il peut fixer ou libérer des molécules d'eau gazeuse en fonction du degré d'hygrométrie de l'air dans lequel il se trouve.

- **Propriétés isolantes** : le bois sec est un mauvais conducteur de chaleur et donc un très bon isolant. Cela résulte de sa structure cellulaire qui permet de stocker de petits volumes.

S'il est bien sec, le bois est également mauvais conducteur d'électricité.

- **Propriétés mécaniques** : par rapport à l'acier qui résiste bien aux efforts en tous sens (*isotrope*), le bois est *anisotrope*, c'est à dire qu'il se comporte différemment dans les trois directions *axiale*, *radiale* et *tangentielle*.

- **Autres propriétés** : le bois est un matériau hétérogène, qui présente des caractéristiques irrégulières.

Au-delà de ses propriétés physiques et chimiques très importantes pour son utilisation dans la Construction, le bois a une couleur, une odeur et des dessins dus à son origine naturelle (**Trouytriboulot et Triboulot, 2001**).

Le bois est perçu comme un matériau noble, naturel, chaud, convivial et agréable au toucher et Au sentir. Les consommateurs l'apprécient car il est aussi écologique et vivant.

Les différentes utilisations du bois :

La structure poreuse, fragile et facilement fissurable du bois en fait un matériau dont les qualités hygiéniques sont difficiles à garantir.

Dans le contexte actuel où les précautions de sécurité et de qualité sont toujours croissantes, le bois est souvent retiré des matériaux pouvant entrer en contact avec les aliments. Cependant, les résultats des études scientifiques menées sur la qualité sanitaire du bois sont pour le moins contradictoires et le bois est toujours utilisé dans certaines filières.

Le bois et la viande :

De nombreuses études ont montré que bannir le bois n'est pas forcément une bonne chose Les choses dans l'industrie de la viande. Par rapport au plastique, le bois présente de nombreux avantages en termes de qualité et de sécurité. Selon certaines études, le bois est plus sain et plus facile à nettoyer que le plastique. Le plastique est plus facile à entretenir lorsqu'il est neuf, mais il se détériore rapidement à l'usage.

Il présente donc aussi des risques de contamination des viandes entrant en contact. Pour certains auteurs, les bactéries inoculées sur le plastique sont récupérées en plus grand

nombre que sur le bois, que ce soit avant ou après nettoyage. Enfin, d'autres études n'ont pas démontré de différence entre ces deux matériaux (**Bourion, 2000**).

L'arrêté du 17 mars 1992 sur les conditions sanitaires des abattoirs des animaux de boucherie indique que "L'emploi du bois est interdit, sauf dans les locaux où se trouvent des viandes fraîches emballées de manière hygiénique."

Le bois et le fromage :

Le bois peut avoir plusieurs intérêts pour la qualité du fromage. Il joue un rôle dans la Maturation du lait lors de la fabrication où il serait un facteur de sécurité sanitaire, dans l'affinage du fromage grâce à ses propriétés hygroscopiques et à l'apport d'arômes, et dans sa conservatin grâce à des emballages.

Les emballages en bois :

L'emballage en bois se décline en familles bien distinctes :

On distingue trois types d'emballages : « léger », « de bonification » et « lourd ». Le bois est considéré comme « **léger** » lorsqu'il s'agit des produits agroalimentaires (cagettes, cageots, caissettes, bourriches, boîtes à fromage...), « **lourd** » lorsque l'on évoque les palettes, caisses-palettes et caisses, « **de bonification** » pour tous les récipients de tonnellerie (tonneaux, fûts, barriques...).

Les emballages en bois sont peu employés comme emballage primaire* pour les denrées alimentaires. Ainsi, ils sont peu concernés par le contact alimentaire direct. Ce sont surtout les fruits et légumes et les produits ostréicoles qui sont conditionnés dans des emballages en bois.

A ce jour, il n'existe pas encore de réglementation concernant les emballages en bois pour le contact alimentaire. En revanche, les réglementations générales concernant les matériaux aptes au contact alimentaire s'appliquent au bois (ex : respect des critères d'inertie du bois en contact alimentaire).

6.3.3. Les papiers et les cartons

Les papiers-cartons sont très souvent utilisés pour l'emballage et le conditionnement des produits alimentaires. Ils permettent de concilier deux impératifs : renforcement de l'attractivité du produit et réduction des déchets grâce au recyclage.

On y distingue les papiers, les cartons plats et les cartons ondulés. Ces derniers ne seront pas traités car ils ne sont pas en contact direct avec les aliments, ils servent pour les emballages industriels, de transport ou de présentation.

Qu'est-ce qu'un matériau papier-carton destiné au contact alimentaire ?

Il s'agit d'un matériau conçu pour entrer en contact direct (pour l'emballage primaire) Ou plusieurs types d'aliments : secs, congelés, humides, gras... Ces matériaux doivent être inertes vis-à-vis des aliments et doivent répondre aux normes réglementaires. Le papier et le carton sont fabriqués à partir de fibres de bois et de cellulose recyclées. On obtient d'abord la pâte à blanchir, puis le papier ou le carton. Pour le papier, une résine synthétique (telle que l'anhydride d'acide gras) peut être ajoutée pendant le processus de fabrication pour améliorer la résistance à l'eau et à l'humidité du papier. De plus, afin de donner au papier parchemin un aspect translucide et une bonne résistance à l'huile, il peut être immergé dans de l'acide sulfurique puis rincé à l'eau ammoniacale. Une boîte en carton n'est en fait qu'une combinaison de plusieurs feuilles de papier assemblées à l'état humide, pressées puis séchées.

On peut donc assembler des papiers de composition différente et fabriquer des cartons avec des propriétés bien spécifiques.

Les papiers-cartons sont peu onéreux, légers et souples. De plus, ils ont une faible conductivité thermique ce qui leur permet de garder la chaleur (utilité pour le transport des pizzas à domicile par exemple). Ils sont opaques, ce qui empêche le passage de la lumière pour une meilleure conservation des qualités nutritionnelles des aliments. Enfin, ils sont biodégradables et recyclables, ce qui est bénéfique pour l'environnement. En revanche, ils sont sensibles à l'humidité, ce qui réduit la durée de conservation du produit, aux gaz et leur résistance mécanique est limitée [9].

Les papiers-cartons sont utilisés pour de très nombreux produits alimentaires : cartons des fruits Et légumes, œufs, produits surgelés, pizzas, restauration rapide (hamburger, frites...), sucre, farine, thé, biscuits.... Enfin, ils sont aussi utilisés pour la vaisselle (assiettes, verres) (Multon et al, 1998).

6.3.4. Le cuir

Le cuir se rencontre très rarement au contact de nos aliments, du moins dans notre civilisation. Mais deux exemples intéressants de son utilisation ancestrale montre que ce matériau est à l'origine de la transformation de deux aliments : le lait pour le kéfir et la viande

pour le pemmican. Ce sont deux préparations qui doivent leur découverte au stockage de la nourriture dans des sacs de cuirs, aujourd'hui encore très répandu dans certaines régions. Ces deux exemples démontrent le rôle d'une interaction entre le matériau et l'aliment (l'une est biologique, l'autre est à la fois thermique et mécanique) sur la valorisation de la qualité (dans ces exemples : sensorielle, sanitaire et nutritionnelle).

- le kéfir

Le kéfir est une boisson à base de lait. En raison de la fermentation bactérienne, il fournit une boisson spéciale. Ce genre de boisson vient des bergers de l'Est qui ont découvert par hasard que le lait contenu dans le sac en cuir fermentait parfois pour produire des boissons gazeuses. Le mot « kéfir » vient du turc « keife », qui signifie « se sentir bien ». Cette fermentation provient de la bactérie lactique *Lactobacillus* présente sur le cuir. *Lactobacillus acidophilus* est l'ingrédient actif du kéfir et d'autres aliments (y compris le yaourt). Les lactobacilles permettent aux produits laitiers de fermenter. De plus, il aide à préserver les aliments car il acidifie l'environnement en produisant de l'acide lactique. Ce processus crée un environnement inadapté à la croissance d'autres micro-organismes susceptibles de contaminer les aliments. On comprend donc l'intérêt de la qualité sensorielle (bonne sensation d'une boisson gazeuse au

Goût particulier) et sur la qualité sanitaire (bonne conservation et lutte contre la colonisation de microbes).

- le pemmican

Le pemmican est une préparation de viande séchée et concentrée, habituellement de bison, mélangée avec de la graisse animale. La préparation était parfois additionnée de baies ou d'autres ingrédients.

Ces ingrédients étaient entreposés dans un sac de cuir, scellé par du suif fondu et exposé au soleil. Les sacs de cuir rétrécissant, la viande étaient comprimées et séchées. Alors emballée sous-vide, cette préparation, devenant facile à transporter pendant de longs voyages, fût l'alimentation principale des grands voyageurs de l'époque.

Le pemmican offre ainsi des calories en forme compacte transportable. La viande séchée offre des protéines, les baies des vitamines (utile pour éviter le scorbut) et le gras une source d'énergie disponible.

Cette transformation de la nourriture montre son intérêt tant au niveau sensoriel que sanitaire et nutritionnel [10].

6.3.5. Les boyaux naturels

Les boyaux sont avant tout utilisés pour les produits de charcuterie. Suite à la crise de la vache folle, l'utilisation d'un tel matériau (car il est bien considéré comme un matériau) a été remis en question. Après la disparition de la cervelle de bœuf, de la moelle, de la rate et des yeux dans les charcuteries françaises, en 2000 l'intestin est lui aussi supprimé. L'intestin bovin est utilisé dans la fabrication d'andouillettes et de cervelas. Cette décision a été prise sur l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (**Afssa, 2000**) en raison du risque potentiel de contamination des intestins par le prion.

Seuls les boyaux ovins et porcins sont actuellement utilisés, mais des avis de l'AFSSA montrent

Que la réglementation pourrait évoluer.

Le boyau naturel est pourtant nécessaire selon de nombreux producteurs et spécialistes, car il apporte des bactéries indispensables à l'acquisition des qualités organoleptiques du produit. L'utilisation de boyaux synthétiques implique pour certains produits l'ajout de micro-organismes.

Lors de l'étape de séchage, les boyaux naturels permettent l'évaporation de l'eau. Pour les produits fumés, les boyaux naturels laissent passer la fumée, mais elle ne traverse pas les boyaux artificiels.

6.4. Matériaux composites

Le matériau composite ou « complexe » est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles. Le nouveau matériau ainsi constitué est composé d'une ossature, appelée renfort qui assure la tenue mécanique, et d'une protection, appelée matrice [11].

En alimentaire, on associe généralement les matériaux plastiques, les papiers-cartons et/ou les métaux pour assembler leurs propriétés. Les principales caractéristiques recherchées sont la résistance mécanique, l'inertie chimique, l'imperméabilité ou la perméabilité contrôlée, la soudure, la possibilité d'impression et le faible prix de revient.

Pour illustrer les matériaux composites, voici quelques exemples d'association de matériaux :

- Associations aluminium / papier

L'aluminium apporte des propriétés barrières aux odeurs et à l'oxygène d'où son emploi pour l'emballage de produits sensibles comme le chocolat. En association avec le papier sulfurisé, il s'emploie pour l'emballage des corps gras, le papier apportant la résistance à la graisse et aux microorganismes, l'aluminium faisant barrière à la vapeur d'eau, à la lumière et aux rayons ultraviolets.

Les pâtes à mâcher sont aussi emballées dans du papier métallisé.

- Associations plastique / papier

Le polyéthylène est une bonne barrière à l'humidité et permet le scellage, donc l'étanchéité de l'emballage, d'où son utilisation pour les aliments surgelés. Le polypropylène, résistant aux températures élevées, est associé aux cartons pour les plats cuisinés à réchauffer directement dans l'emballage. Le polyéthylène téréphtalate (PET), du fait de sa résistance aux graisses et aux

Températures très élevées, permet même la cuisson des aliments.

- Association plastique / carton / aluminium

Exemple de composition d'un emballage parallélépipédique complexe pour liquides alimentaires (*Tetra Pack*) : milieu extérieur - polyéthylène – carton – polyéthylène – aluminium – polyéthylène – liquide alimentaire.

Le polyéthylène permet le scellage et protège le décor, le carton assure la rigidité et supporte le décor, la deuxième couche de polyéthylène permet une séparation facile des composants au cours des opérations de recyclage, l'aluminium est une barrière aux gaz et à la lumière et la troisième couche de polyéthylène permet le scellage et est au contact de l'aliment. L'association du carton, du polyéthylène et de l'aluminium est à la base de l'emballage des liquides alimentaires, ces 3 matériaux apportant l'ensemble des qualités requises pour ces types de produits.

Les emballages *Tetra Pack* apportent des avantages aux industriels, aux distributeurs et aux consommateurs sur le plan de la technicité, de la productivité, de la qualité, et de la santé. Ils sont

Utilisés pour l'emballage du lait UHT, du beurre, des yaourts, des soupes, des feta...
(**Multon et al, 1998**)

6.5. Autres composés en contact alimentaire

6.5.1 Les vernis de protection

Ils sont utilisés avec les emballages métalliques. Ce sont des produits susceptibles de former un

Film adhérent au métal, continu et inerte physico-chimiquement.

Les emballages métalliques utilisent une large gamme de revêtements organiques, soit pour l'intérieur, soit pour l'extérieur de la boîte. Aujourd'hui, en alimentaire, la part des boîtes intérieurement vernies, est prépondérante ; seuls les fruits blancs sont encore en contact direct avec du fer blanc nu.

Les matériaux métalliques comme l'aluminium ou le fer chromé sont toujours vernis sur les deux faces.

La fonction essentielle des vernis est de minimiser les interactions des métaux de l'emballage avec les produits conditionnés et le milieu extérieur, évitant ainsi une modification des propriétés sensorielles des aliments, comme l'apparition de goût métallique. Ils peuvent également faciliter la mise en forme du métal et enfin jouer un rôle important dans la présentation à l'ouverture.

A l'extérieur, les revêtements organiques assurent simultanément la fonction de protection et de Décoration (**Multon et al, 1998**).

6.5.2 Les encres alimentaires

Les encres utilisées pour l'impression des emballages alimentaires sont très réglementées. Elles doivent répondre au principe de « non-migration ». Comme l'ensemble de l'emballage, les encres ne doivent posséder aucun constituant susceptible de migrer vers l'aliment et de le modifier de façon inacceptable, nuisible pour la santé.

7. Emballage alimentaire et santé

Aujourd'hui, les consommateurs sont préoccupés par les aspects hygiéniques et sanitaires des produits qu'ils consomment. Pour répondre à ces nouvelles exigences, les transformateurs doivent enrichir leur alimentation en vitamines, antioxydants et autres nutriments généralement très sensibles et volatils. Les procédés industriels jouent également un rôle important dans le maintien des propriétés sensorielles et nutritionnelles des aliments.

Les emballages doivent contribuer le plus longtemps possible à la protection sanitaire des aliments. Le choix de l'emballage dépend également du processus et du produit, et chaque matériau d'emballage apporte un ensemble d'avantages et d'inconvénients connexes. Avant d'introduire différentes séries d'emballages, nous allons résoudre ces problèmes en traitant des normes de conservation et d'emballage des aliments.

7.1. La conservation des aliments

La nourriture est un produit fragile et est affectée par le temps et l'environnement. Le mécanisme d'altération des aliments est le résultat d'une action biologique et/ou physicochimique. La conservation comprend généralement la prévention de la croissance de bactéries, de champignons et d'autres micro-organismes, et le retardement de l'oxydation des graisses, et l'oxydation des graisses entraînera le rancissement et l'autolyse des propres enzymes de l'aliment dans les cellules alimentaires. Le contrôle de ces niveaux réduits se traduira par une durée de vie relativement plus longue. Les méthodes typiques de conservation des aliments comprennent le séchage ou le séchage, la congélation, la mise sous vide, la pasteurisation, la mise en conserve, l'irradiation et l'ajout de conservateurs. D'autres méthodes aident à conserver les aliments et à leur ajouter de la saveur, comme le marinage et le fumage. L'emballage aura la fonction de protection et de conservation des aliments sans risque pour les consommateurs dans un délai acceptable. Pour la conservation des aliments, nous utilisons la notion de barrière des emballages. Un emballage barrière empêche ou ralentit la perméabilité d'une composante volatile ou gazeuse (exemple : barrière à l'oxygène, à l'humidité, aux arômes, etc.). Parmi la multitude d'emballages existants sur le marché, seuls le métal et le verre offrent une barrière absolue.

Exemples :

L'emballage du pain doit conserver l'humidité du produit à l'intérieur ; la puce doit exclure l'humidité, l'oxygène et la lumière. L'emballage du café doit contenir des huiles essentielles à l'intérieur et de l'oxygène et de l'humidité à l'extérieur. L'emballage joue un rôle particulièrement important dans deux procédés de conservation : le traitement thermique des aliments et l'emballage sous atmosphère modifiée.

- **Produit et emballage avec traitement thermique**

Les processus de traitement thermique couramment utilisés peuvent réduire considérablement les micro-organismes pour prolonger la durée de conservation des

produits. L'emballage sera exposé à la température du produit chaud ou de l'ensemble produit/emballage chauffé par différents procédés afin de pasteuriser ou stériliser le produit.

Par exemple : nourriture pour bébé, soupe en conserve, etc.

- **Emballage sous atmosphère modifiée (MAP) ou protectrice**

L'emballage sous atmosphère modifiée ou sous vide (MAP) permet d'évacuer l'air de l'emballage pour favoriser la conservation des aliments. Cependant, la viande a tendance à grisailler en l'absence d'oxygène. Pour remédier à ce problème, nous injectons un mélange en proportions différentes de gaz inertes en fonction de l'aliment à conserver. Les gaz utilisés sont l'azote, le dioxyde de carbone et l'oxygène. Chacun de ces gaz joue un rôle particulier en rendant l'emballage plus efficace.

Les bénéfices de l'emballage sous atmosphère modifiée (MAP) :

- ✓ diminuer le rythme de respiration des aliments;
- ✓ Réduire la sensibilité à l'éthylène; ✓ Rallonger la vie du produit en entrepôt.

Ce mode de conditionnement gagne en popularité et concerne désormais les sandwiches comme les plats cuisinés ou les fruits secs.

Par ailleurs, l'hygiène constitue aussi un élément primordial pour les aliments qui sont emballés au moment de l'achat, par exemple chez le boucher ou le boulanger. Des emballages propres et pratiques offrent dans ce cas la meilleure garantie contre toute forme de contamination. À la maison, l'emballage joue un rôle clé sur le plan de l'hygiène des produits alimentaires. On remarque que beaucoup d'emballages sont facilement réformables après ouverture, par exemple. Le produit peut alors facilement être conservé dans une armoire, ce qui évite tout risque de contamination potentielle.

7.2. Les emballages et les aliments

a) **Emballage en verre et en métal**

Les emballages en verre et en métal figuraient auparavant parmi ceux qui étaient les plus utilisés dans l'industrie alimentaire, mais ils coûtent chers et sont plus lourds à transporter.

Les papiers cartons et plastiques ont pris beaucoup de place dans nos emballages, car ils sont plus flexibles et plus légers. Dès leur conception, les emballages en verre sont prévus

pour résister à l'écrasement vertical, aux chocs sur les lignes de conditionnement (physique ou thermique), au transport, ainsi qu'à la pression interne à l'intérieur du contenant.

De plus, ces emballages sont recyclables à l'infini. Les emballages en verre et en métal sont souvent utilisés pour les boissons. On retrouve généralement le verre pour les boissons alcooliques, comme le vin par exemple.

b) Emballage en aluminium

L'aluminium est extrêmement fonctionnel en tant que matière d'emballage alimentaire, car il tolère des températures extrêmes. Par conséquent, il convient bien aux aliments qui ont besoin d'être surgelés, grillés, cuits ou simplement conservés au frais. Certains récipients sont suffisamment robustes pour contenir des quantités importantes d'aliments, tout en conservant la légèreté qui caractérise l'aluminium. L'inconvénient le plus important des emballages alimentaires en métal et aluminium est leur incompatibilité avec le réchauffement par micro-ondes.

Tout comme l'acier et le verre, l'aluminium présente un caractère indéfiniment et entièrement recyclable, sans altération de ses propriétés intrinsèques. Sa valorisation permet de limiter la consommation énergétique. L'aluminium est principalement utilisé comme emballage de boissons sucrées comme les sodas, les boissons énergétiques ou encore les sirops.

c) Emballage papier/carton

Ce type d'emballage est un dérivé de l'industrie du bois. La fibre de cellulose peut être recyclée jusqu'à sept fois, ce qui rend le produit attrayant d'un point de vue environnemental et économique. Dans l'industrie alimentaire, nous utilisons généralement une pâte de sulfate blanchie hautement liée (communément appelée SBS ou Food board). Généralement, un matériau d'une épaisseur inférieure à 300 microns est appelé papier, et un matériau d'une épaisseur supérieure à 300 microns est appelé carton. L'unité de mesure est la masse par unité de surface (lb / 1000ft²). Le carton est très sensible à l'humidité et changera ses propriétés physiques en fonction de l'environnement extérieur. Il est à noter que les emballages en carton utilisés pour la réfrigération sont généralement cirés, ce qui les rend non recyclables au Canada. Notre industrie utilise principalement du carton pour fabriquer des boîtes pliantes (tubes, barquettes, paniers, etc. dans le domaine de la biscuiterie), des contenants de liquide

(Tétra Brik, Gable Top, etc. au secteur laitier) ou des boîtes ondulées pour la manutention et le transport (tous les secteurs).

Voici les principaux sigles de recyclable que l'on peut retrouver sur ces emballages **(Figure3)**



Figure 3 : les principaux sigles de recyclabilité

Exemples : On retrouve le papier dans les emballages consacrés aux fromages, beurres, biscuits, charcuteries, etc. Les cartons ondulés sont plus couramment utilisés pour les fruits et légumes, tandis que les cartons plats vont trouver leur utilisation la plus fréquente dans l'emballage de céréales, de biscuits, de nourriture congelée, etc.

d) Emballage en plastique

Les plastiques ne sont pas dégradables naturellement, ce sont des polymères souvent dérivés du pétrole et leur prix varie énormément avec ce dernier. La plupart des plastiques utilisés en emballage sont des thermoplastiques commerciaux.

Chaque plastique a ses propriétés et caractéristiques de perméabilité aux gaz et à l'humidité.

Les plastiques sont triés selon leur taille et leur forme. Les bouteilles et flacons en plastiques (recyclables) sont triés en trois catégories :

- Le PVC : polychlorure de vinyle, utilisé pour les canalisations, les fenêtres et les gants. Le PVC est transformé en poudre par la suite.
- Le PET; polyéthylène téréphtalate, plus résistant, utilisé pour les bouteilles de boisson et les emballages alimentaires de type barquettes. En deuxième vie, le PET permet de fabriquer de nouveaux emballages. Ces produits ne sont actuellement pas recyclables dans la plupart des cas, surtout ceux qui présentent des mélanges avec des matériaux comme le papier ou l'aluminium.

- Le PEHD: polyéthylène haute densité, soit employé pour réaliser des emballages de produits d'entretien, lessives, etc. et pour les bouteilles de lait et les sacs de supermarchés. En deuxième vie, le PEHD sert à fabriquer de nouveaux emballages et des sacs.

e) Les emballages composites et multicouches

Ce sont des emballages qui permettent de combiner les avantages de différents matériaux. En raison de la diversité des avantages et inconvénients propres à chaque emballage, on va chercher à conjuguer les propriétés complémentaires de chaque matériau afin de concevoir un emballage efficace.

Par exemple, en utilisant du carton, on se sert d'une ressource renouvelable, mais le manque d'étanchéité pose problème. On va donc associer au carton du plastique qui, lui, possède des propriétés d'étanchéité intéressantes.

Les développeurs de Tetra Pak ont été parmi les premiers à créer des emballages composites en combinant le carton, le plastique et d'autres matériaux pour leurs fameuses briques de boisson.

CHAPITRE II

L'emballage alimentaire métallique

L'emballage métallique est un conteneur, une "boîte" de volume ou de poids normalisé, dans lequel nous mettons des produits à vendre et des aliments préemballés : tous les produits chimiques que nous achetons sont conditionnés dans des boîtes métalliques.

L'emballage métallique peut remplir ses fonctions techniques, grâce à la nature et à la structure des matériaux qui le composent, mais aussi en installant une structure plus fine : une structure multicouche, dans laquelle chaque couche contribue aux caractéristiques globales.

L'emballage doit vendre le produit, le faire connaître et attirer les acheteurs. Elle doit différencier le produit des autres produits et attirer les consommateurs.

Du fait de la qualité toujours croissante des outils techniques (qualité d'impression, fidélité des couleurs, netteté des photos, etc.), il s'agit d'un problème de suggestion visuelle d'attractivité.

La forme, la couleur et les propriétés des matériaux jouent également un rôle ici

L'emballage peut aussi présenter un plus avec une fonction de service, en facilitant la consommation du produit emballé, par son ouverture facile, la présence d'une fermeture (un bouchon à vis par exemple) pour éviter l'altération du produit non consommé en une seule fois.

Les caractéristiques de l'emballage déterminent ses fonctions, elles doivent être compatibles avec celles du produit à conditionner, d'où la nécessaire adéquation entre le produit et son emballage.

En somme, l'aspect commercial prend de plus en plus d'importance dans le choix de l'emballage vue l'importance attachée plus qu'auparavant à la présentation du produit et ses qualités (Nathalie et Ensia-Siarc ,1998 ; Chalvignac, 1993)

1. Fer blanc pour emballage métallique

L'Emballage métalliques c'est un mariage heureux entre le fer blanc et l'acier avec revêtement métallique (fer étamé) qui à l'état de produits finis sont destinés à entrer en contact avec des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme ou des animaux.

C'est un produit en acier doux laminé ($C < 0.08\%$) recouvert d'une couche d'étain. Le ferblanc obtenu par voie d'électrolyse, est constitué de plusieurs couches. En partant du coeur, dans le cas d'un fer-blanc d'épaisseur 0.20 mm avec 5.6 g d'étain/m², les différents constituants du fer blanc sont donnés dans le tableau 3 :

Tableau 3: Différents constituants du fer blanc (Marsal, 2005)

	Composition	Epaisseur en nanomètre	Masse en g/mm ²
Acier doux	Fe	2,10 ³	/
Solution solide	Sn dans Fe	100	/
Alliage fer-étain	FeSn ₂	100	0,6
Etain libre	Sn	700	5,0
Couche passive	Cr et oxydes de Cr et Sn	2	0,002 de Cr
Filme d'huile	Couche d'huile Mono moléculaire Dioctylsébaçate (DOS)	5	0,003 à 0,006

2. Caractéristiques chimiques du fer blanc

Le fer blanc pour emballage métallique, selon les laboratoires d'analyses chimiques, est

Composé des éléments chimiques donnés par le tableau 4:

Tableau 4: Composition chimique du fer blanc [12].

C	Mo	Cu	Ni	Mn	Cr	V	Si	P	S
0,028	0,001	0,164	0,020	0,106	0,001	0,009	0,001	0,043	0,008

3. Fabrication industrielle du fer blanc

La coulée continue d'acier fournit des brames avec une composition chimique prédéterminée, qui sont acheminées vers leurs laminoirs respectifs et laminées à chaud jusqu'à une épaisseur de 2 mm. La couche d'oxyde est éliminée par décapage à l'acide chlorhydrique. La bande d'acier est nettoyée et séchée puis laminée à froid. Elle passe à travers plusieurs jeux de rouleaux (supports), par exemple, jusqu'à 0,20 mm, et la vitesse de défilement de la bande peut atteindre 110 km/h. Après dégraissage, le métal a une haute résistance et est laminé et durci. Empêcher le diazote ou l'oxyhydroxyde. Le laminage à froid doux (surface lisse) peut durcir la surface et améliorer la qualité mécanique. Lorsque la réduction d'épaisseur atteint 30%, une bande de 0,10 mm d'épaisseur peut être obtenue lors du dernier laminage. L'acier ainsi obtenu est alors appelé "**double réduction**".

Avant étamage, la surface de la bande subit un dégraissage puis un décapage à l'acide sulfurique. L'acier avant étamage est appelé : **fer noir (Marsal, 2005)**.

Dans le monde, il y a plus de 120 lignes de fabrication de fer blanc pour emballage métallique dont les principaux producteurs sont:

- Nippon Steel (Japon) : 1511000 tonnes/an;
- Sollac (France) : 1100000 tonnes/an;
- Thyssen (Allemagne) : 777000 tonnes/an;
- British Steel : 765000 tonnes/an;
- USX (U.S.A) : 745000 tonnes/an;

Et au moins 2400 lignes de production de boîtes métalliques (72% en trois pièces, 28% en deux pièces) dont les principaux fabricants sont :

- Carnaud Métal Box (U.S.A) avec un chiffre d'affaire de 21 milliards U.S.D en 2004;
- Crown Cork and Seal (U.S.A) avec un chiffre d'affaire de 15 milliards U.S.D en 2005;
- Toyo Seiken (Japon) avec un chiffre d'affaire de 10,9 milliards U.S.D en 2004;
- Tetrapak (Suède) avec un chiffre d'affaire de 9 milliards U.S.D en 2004;
- Schmalkach (Allemagne) avec un chiffre d'affaire de 8,7 milliards U.S.D en 2005;
- Pechiney (France) avec un chiffre d'affaire de 7,4 milliards U.S.D en 2005;
- Owens Illinois (U.S.A) avec un chiffre d'affaire de 7,1 milliards U.S.D en 2004 (**Marsal, 2005**).

4. Revêtement métallique : L'étamage

La ligne de revêtement transforme le fer noir en fer blanc, c'est-à-dire que la bande d'acier est revêtue d'étain. Ce revêtement et protéger l'acier de l'oxydation et facilitée par la suite, les opérations de soudage.

L'étamage se réalise par un procédé électrolytique. Il est précédé du dégraissage permettant d'éliminer les résidus gras du laminage et du décapage permettant d'enlever la pellicule d'oxyde recouvrant la bande d'acier. La bande à étamer sert de cathode, l'anode est constituée par des barres de 47 kg d'étain pur, qui alimentent en ions Sn^{2+} l'électrolyte qui est composé d'acide 4-hydroxy- benzène sulfonique ($\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H}$) et de divers produits d'addition. L'électrolyse de la bande s'effectue en continu, celle-ci passant dans une succession de bacs d'électrolyse, entre 35 et 40°C, dans lesquels Sn se dépose.

De plus, afin de satisfaire aux différentes fonctions de l'emballage, il est possible de réaliser des revêtements différentiels pour lesquels les deux faces de la bande sont revêtues de quantités différentes d'étain (E 2.8/5.6 g/m²), dans ce cas, on parle d'étamage différentiel, comme il peut être un étamage équilibré (E 2.8/2.8 g/m² ; E5.6/5.6 g/m²...etc).

Après rinçage, le fer-blanc subit une refusions vers 300°C où il prend un aspect brillant et au cours de laquelle, se forme l'alliage FeSn_2 et à l'interface Fe-Sn, par diffusion de Sn dans l'acier. Le chauffage est effectué par conduction (effet Joule) ou par induction.

La passivation chimique est réalisée dans une solution de dichromate de sodium (20-30 g/l à 50°C) qui donne un dépôt d'oxyde de chrome de 0,10 mg/cm² qui permet une bonne adhérence des vernis mais ne protège pas de la sulfuration.

La passivation électrolytique avec polarisation cathodique de la bande, toujours dans une solution de dichromate de sodium, permet un dépôt de chrome métallique qui améliore la résistance à la sulfuration.

La composition chimique de l'étain déposé doit être conforme aux normes en vigueur pour la nuance Sn 99,85 à l'exception de la teneur en plomb qui doit être inférieure à 0,010%.

Les éléments Pb, Cd, As qui peuvent exister dans les revêtements métalliques, sont des éléments indésirables dont il faut toujours vérifier leurs teneurs d'acceptabilité ou teneur maximale.

Une couche d'huile, mono moléculaire, en général de dioctylsébaçate (DOS), permet de réduire les dommages créés par abrasion. Le vernis est, en général, appliqué après l'impression des motifs et avant la fabrication des boîtes (Cameron ,1997)

5. Revêtements organiques

Il existe plusieurs types de revêtements organiques, parmi eux les revêtements phénoliques, oléo-résineux, acryliques, époxy phénoliques, et polybutadiènes pour n'en nommer que quelques-uns. Le type de revêtement à appliquer est fonction du produit à mettre en conserve, de la durée de conservation prévue et, dans le cas de revêtements extérieurs, de l'aspect désiré. Les revêtements organiques servent en quelque sorte de barrière entre le métal et le contenu de la boîte ou le milieu environnant.

L'application de revêtements sur chaque feuille au moyen de rouleaux. Les feuilles sont ensuite placées dans un four aux fins de cuisson des revêtements. Selon les besoins, une ou deux couches de revêtement sont appliquées sur la surface intérieure de la boîte, et la surface extérieure de la boîte peut être enduite d'une couche de revêtement ou imprimée. Les revêtements intérieurs sont toujours appliqués en premier et chaque couche est cuite avant l'application de la couche suivante. La surface intérieure des boîtes en aluminium est toujours vernie, alors que les surfaces, intérieures et extérieures des boîtes en acier sans étains sont toujours revêtues. Quant aux boîtes en fer-blanc, un revêtement peut être appliqué sur leur surface intérieure ou extérieure, selon les besoins.

Lors du revêtement, les feuilles destinées à la fabrication des corps de boîtes trois pièces, une bordure non vernie et étroite est laissée le long des deux cotés qui seront réunis pour former l'agrafe. Les corps de boîtes ne peuvent pas être soudés à l'étain ni électro-soudés sans ces bordures, par contre, les feuilles utilisées pour fabriquer les fermetures ou les boîtes deux pièces ne comportent pas de bordures (Cameron ,1997 ; APEAL, 2005).

6. Vocabulaire de l'emballage métallique (Marsal, 2005).

Les fabricants d'emballage métallique est utilisé a un certain vocabulaire un peu commun qui peut être énuméré en plusieurs définitions, à savoir :

- **Les Sertisseuses**

Machines, en général à têtes tournantes, qui servent au sertissage des boîtes métalliques: Le mandrin de sertissage, les molettes de serti, le plateau de compression sont des organes des sertisseuses, qui servent à la formation du serti (Figures 4 et 5).



Figure 4: Sertisseuse



Figure 5: Tête de sertisseuse.

➤ **Plateau de compression**

Élément de la sertisseuse qui positionne et maintient la boîte et le couvercle contre le mandrin pendant l'opération de sertissage (Figure 6).



Figure 6: Plateau de compression

➤ **Mandrin de sertissage**

Élément de la sertisseuse qui pénètre dans la cuvette et qui sert d'enclume permettant de soutenir la pression exercée par les molettes de sertissage (Figure 7).



Figure 7: Mandrin de sertissage [13].

➤ **Molettes de sertissage**

Sorte de galets tournants ayant des profils spéciaux servant à former le serti de la boîte. Selon le profil, deux types de molettes sont utilisées dans la fabrication de l'emballage métallique: Molette de première passe, et molette de deuxième passe (Figure 8).



Figure 8: Molettes de sertissage [13].

➤ **Éjecteur de sertisseuse**

Partie du mandrin qui exerce une pression contre le couvercle et qui repousse la boîte après l'exécution de la deuxième passe.

➤ **Pression du plateau de compression**

Pression exercée par le plateau de compression en maintenant la boîte et le couvercle en place contre le mandrin de sertissage (Figure 9).

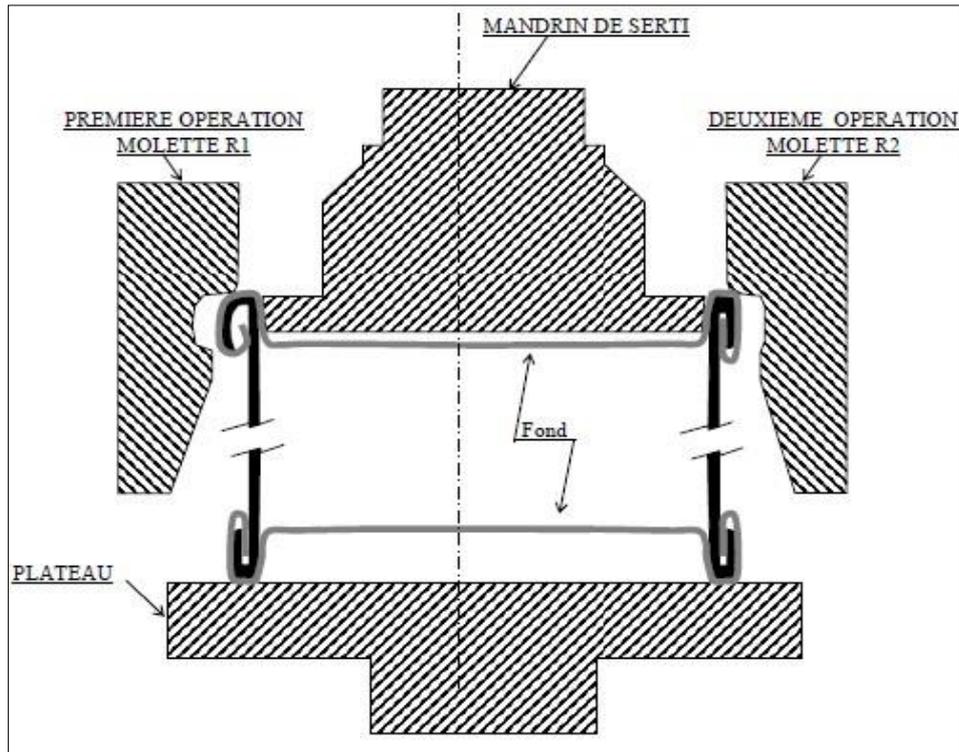


Figure 9: Composition du sertissage.

➤ **Hauteur de la tête de sertissage**

Distance entre le plateau au sommet de sa course et la partie inférieure du mandrin pendant l'opération de sertissage.

➤ **Accrochage**

Opération qui consiste à plier l'ourlet sous le bord à sertir afin de maintenir le couvercle en place de façon lâche. Cette opération, qui fait parfois partie du sertissage, est exécutée par un appareil distinct (accrocheuse) avant le sertissage proprement dit.

➤ **Corps de boîte trois pièces**

Principal composant de la boîte dont la forme peut varier, qui peut présenter des moulures, et qui est constitué de fer-blanc électrolytique.

➤ **Corps de Boîte deux pièces**

Composant semblable à celui des boîtes trois pièces. Ce corps se compose d'un fond intégré et de parois formées à partir d'une seule feuille de tôle, la partie supérieure du corps présente un bord à sertir. Ce type de corps est obtenu par un procédé d'emboutissage profond.

➤ **Fond/couvercle**

Fermeture sertie par le fabricant de boîtes trois pièces. Aussi appelé: bout du fabricant ou de manufacturier.

➤ **Moulures du corps**

Rainures simples ou en groupes sur le corps de la boîte permettant de mieux résister aux avaries (bosselures, etc.).

➤ **Empreintes de renfort**

Série d'anneaux, de cannelures ou de lignes parallèles estampés dans toute partie du fond intégré. Ces éléments permettent au métal de résister de manière plus efficace aux contraintes engendrées lors de la stérilisation et de la manutention.

➤ **Agrafe**

Assemblage à recouvrement formé lors de la fusion des deux extrémités des flancs du corps de boîte. Ces deux extrémités se chevauchent sur une distance allant de 0.4 à 5mm, selon le procédé de soudage en automatique ou en semi-automatique.

➤ **Bordures non revêtues de la boîte**

Bandes étroites de tôle sans revêtement (environ un demi centimètre de largeur) situées le long des extrémités extérieures d'un flanc émaillé et destinées à former l'agrafe. Ces bordures sont nécessaires étant donné que la présence de revêtements ou d'email peut empêcher le soudage complet de l'agrafe.

➤ **Bord à sertir**

Bord extérieur évasé du corps de la boîte qui doit former le crochet de corps du serti.

➤ **Joint d'étanchéité**

Joint élastique ou, joint en caoutchouc, joint d'étanchéité, joint composé à base de caoutchouc en suspension ou en solution dans l'eau ou un solvant. Ce joint garnit l'ourlet de la fermeture et est destiné à former une barrière étanche en remplissant les interstices créés à la suite de la formation mécanique du serti. Il est destiné principalement à:

- Remplir les espaces vides à l'extrémité du crochet de fond et du corps (zone de d'étanchéité primaire),
- Remplir les rides du crochet de fond; et
- Empêcher un contact métal sur métal dans toute la zone du serti.

➤ **Ligne d'amincissement**

Ligne simple suivant le pourtour de la fermeture. Le pré découpage permet d'avoir une épaisseur du métal au niveau de cette ligne moins grande de sorte que lorsque le couvercle est

tiré, le métal se déchire le long de celle-ci, ceci permet d'ouvrir la boîte sans avoir recours à d'autres outils.

7. Fabrication des corps de boîtes trois pièces

Le corps de ce réservoir est entièrement réalisé en fer blanc électrolytique. Les plaques, qu'elles soient émaillées ou non, sont découpées en faces individuelles par un cutter carré. Ces côtés passent ensuite dans une machine à rouler, où ils prennent la forme d'une boîte. Utilisez ensuite du fil de cuivre électrolytique pour souder les extrémités. Si nécessaire, un revêtement organique (rechampi) peut être projeté sur la soudure, l'extérieur et/ou l'intérieur du cylindre.

La boîte peut être façonnée selon les besoins. Une fois le corps principal soudé, la pièce moulée est formée à partir de la pièce moulée.

Le cylindre soudé est transporté vers la déligneuse, puis le fond ou le couvercle est serti. La caisse est enfin testée aux fuites (pression d'air, contrôle qualité) et chargée sur une palette avant d'être envoyée au bidon.

8. Fabrication de boîtes deux pièces

Les plaques (feuilles) d'acier (fer-blanc électrolytique) ou d'aluminium, enduites au préalable d'une couche de revêtement organique, le cas échéant, sont coupées en bandes qui alimentent une presse. Un disque est découpé, puis embouti en une ou plusieurs passes de manière à présenter la hauteur de boîte et le profil de fond désirés. La boîte ainsi formée passe dans l'ébarbeuse qui enlève l'excédent de métal du bord à serti. Si le corps de la boîte doit être mouluré, la boîte de deux pièces est acheminée vers un poste distinct (machine à moulurer) où les moulures sont exécutées. La boîte finie est ensuite soumise à un contrôle de qualité puis palettisée afin d'être entreposée ou expédiée aux conserveries.

9. Fabrication des fermetures de boîtes

9.1. Fermetures rondes

Des feuilles émaillées ou non émaillées sont découpées en bandes qui passent dans une presse à matrice simple ou en double. En général, au cours de la même opération le disque est découpé et le profil du fond (contour) est estampé dans le métal. Le disque tombe ensuite dans un outil à ourler qui plie l'arête de coupe pour former l'ourlet. La fermeture ronde ainsi obtenue

est acheminée vers le poste d'injection du joint liquide où, sous une buse fixe, elle est soumise à un mouvement de rotation au cours duquel la buse dépose le joint liquide dans la zone de l'ourlet.

9.2. Fermetures non rondes

Ces fermetures sont découpées en bandes suivant une méthode semblable à celle utilisée pour les fermetures rondes. Elles sont habituellement maintenues en position fixe pendant que l'outil à ourler suit le périmètre de la fermeture pour former l'ourlet. Au poste d'injection du joint élastique, la fermeture est de nouveau immobilisée lors du dépôt du joint élastique par la buse dans la zone de l'ourlet.

9.3. Fermetures des boîtes à Ouverture facile (easy-open)

Les formes des fermetures à ouverture facile de type à languette d'arrachage peuvent varier et ces dernières peuvent comporter des cannelures de renfort semblables à celles des corps de boîtes deux pièces. En soulevant et en tirant la languette vers l'arrière, on brise la ligne d'amincissement. En continuant de tirer, on découpe la ligne d'amincissement sur le pourtour de la fermeture.

9.4. Languette d'arrachage

Élément en forme d'anneau fixé à la fermeture à l'aide d'un rivet servant de tirette pour ouvrir la boîte. Le matériau de fabrication de la languette peut être différent de celui de la fermeture.

10. Processus de fabrication des boîtes métalliques

Les fabricants d'emballage métallique reçoivent leur matière première, en fer blanc étamé, qui peut être imprimé ou nu, revêtu ou non, sous forme de bobines ou de plaques de différentes dimensions et épaisseurs.

La production d'une boîte en fer blanc obéit à un processus bien défini et qui est standard pour tous les fabricants (figure 10).

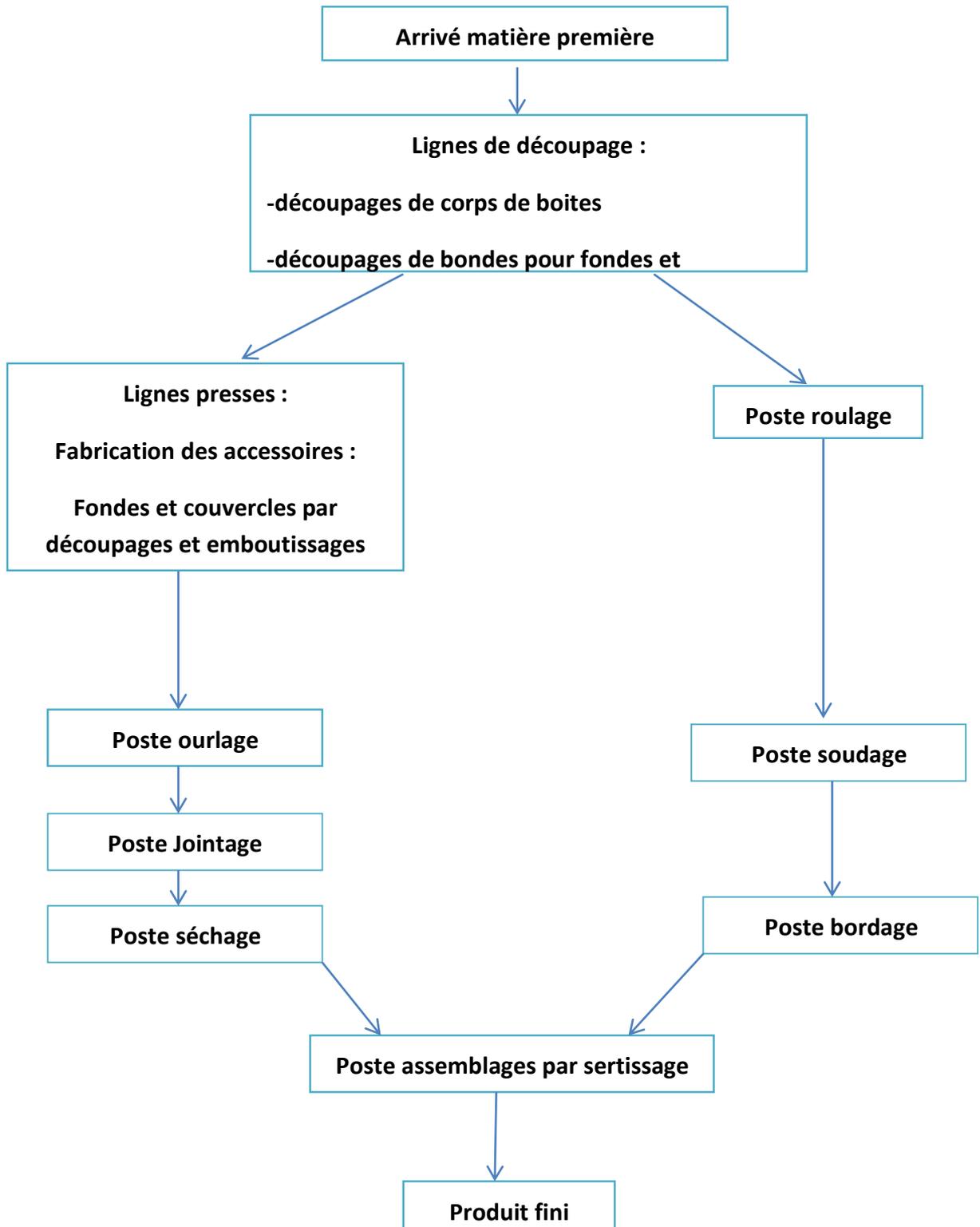


Figure 10: Processus de fabrication des boites métalliques

11. Défauts des boîtes métalliques

Afin de produire des aliments en conserve propres à la consommation, sains et haute qualité, il importe que les contenants satisfassent à des normes reconnues. Il arrive qu'à la suite de certains événements, des produits en conserve ne répondent plus aux critères d'acceptabilité des fabricants de boîtes de conserve.

Avant que les boîtes parviennent aux consommateurs, des défauts peuvent se manifester au cours des différentes étapes de fabrication, du remplissage, de sertissage, de la stérilisation et de la manutention.

. Les types de défauts sont répartis en sept sections différentes qui indiquent l'étape à laquelle le défaut est susceptible de se produire :

- Défauts de fabrication de la tôle.
- Défauts d'application des revêtements.
- Défauts de fabrication des corps de boîtes.
- Défauts de fabrication des fermetures de boîtes.
- Défauts de sertissage.
- Autres défauts de mise en conserve.
- Défauts de manutention.

Après avoir été caractérisé et classifié, un défaut de fabrication doit également recevoir une cote de gravité (**Cameron, 1997**, [8-14])

Voici les définitions des deux côtes de gravité reconnues pour le classement des boîtes scellées hermétiquement.

a) Sérieux

Se dit d'un défaut qui démontre:

- que le contenu d'une boîte donne lieu ou a donné lieu à une prolifération par un agent extérieur; ou
- que l'étanchéité du contenant n'existe plus ou est sérieusement compromise, ou
- Que le contenant n'est pas acceptable pour la distribution et la vente.

b) Mineur

Se dit d'un défaut clairement caractérisé, mais qui n'entraîne pas ni ne risque d'entraîner une perte d'étanchéité et qui ainsi ne constitue pas un risque.

11.1. Caractérisation et classification des défauts des boîtes métalliques

Les défauts des boîtes métalliques sont classés comme suit:

□ Tôle feuilletée

La tôle feuilletée est considérée comme un défaut de tôle sérieux.

✓ **Description** : Corps ou fond de boîte dont le métal se sépare en deux feuilles (Figure 11).

✓ **Causes courantes** :

1. Couches de métal en une seule épaisseur de tôle pendant le laminage. Ces couches de métal ne se fusionnent pas pendant le laminage et se séparent lors du travail du métal aux fins de fabrication des boîtes (Cameron, 1997)



Figure 11: Tôle feuilletée (Cameron, 1997)

□ Trou d'épingle

Un trou d'épingle est considéré comme un défaut de tôle sérieux.

✓ **Description** : Perforation dans la feuille qui se produit pendant le laminage. Les trous d'épingle présentent différentes grandeurs depuis des trous à peine visibles jusqu'à de grandes perforations irrégulières qui comportent des arêtes vives (Figures 12) ✓ **Causes**

courantes :

1. Des corps étrangers peuvent être incorporés dans la feuille au moment du laminage et ne s'unissent pas à la tôle. Les particules importantes apparaîtront sur les deux faces de la tôle. Lorsque la tôle est travaillée pendant la fabrication de la boîte ou fléchiée au cours de la stérilisation, ces particules peuvent être délogées et former ainsi des trous dans la feuille.



Figure 12: Trou d'épingle (Cameron, 1997)

□ Taches sur la tôle

Les taches sur la tôle sont considérées comme un défaut de tôle mineur :

✓ **Description :** Taches visibles sur la surface de la tôle. Si la tôle est vernie, ces taches peuvent être visibles à travers le revêtement.

✓ **Causes courantes :**

1. Ce défaut se produit pendant la fabrication de la tôle (**Cameron, 1997**).

□ Manque de revêtement

Les manques de revêtement sont considérés comme un défaut d'application de revêtement sérieux lorsqu'ils sont:

1. internes et le contenu est corrosif, ou
2. externes et la tôle est corrodée.

Les manques de revêtement sont considérés comme un défaut d'application de revêtement mineur lorsqu'ils sont:

1. internes et le contenu n'est pas corrosif, ou
2. externes et aucune corrosion n'est présente.

✓ **Description :** Toute discontinuité (métal à nu, piqûres) du revêtement (Figures 13) ✓

Causes courantes :

1. Présence de saletés, de corps gras ou d'impuretés sur la feuille de tôle avant le vernissage.



Figure 13: Manque de revêtement (Cameron, 1997) .

□ Coulores de revêtement

Une coulure de revêtement est considérée comme un défaut mineur à moins qu'un examen approfondi ou plus poussé ne révèle qu'il est sérieux.

Une coulure du revêtement est considérée comme un défaut d'application de revêtement sérieux lorsqu'on constate qu'il y a un trou et/ou corrosion de la tôle à la suite d'un examen minutieux.

- ✓ **Description :** Goutte de revêtement extérieure ou intérieure qui ressemble souvent à une petite bulle métallique dure. Ce défaut peut avoir le même aspect qu'une éraflure d'emboutissage (Figures 14).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Coulores ou éclaboussures survenant lors du vernissage.



Figure 14: Coulores de revêtement (Cameron, 1997)

□ Particules étrangères dans le revêtement Défaut

d'application de revêtement mineur.

- ✓ **Description :** Petites particules souvent noires visibles dans la surface du revêtement (Figure 15).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Particules noires ou particules brûlées de revêtement, saletés ou autres impuretés qui peuvent adhérer au revêtement humide avant sa cuisson .



Figure 15: Particules étrangères dans le revêtement (Cameron, 1997)

□ **Application accidentelle de revêtement sur les bords à souder**

Une application accidentelle de revêtement sur les bords à souder est considérée comme un défaut sérieux de boîtes trois pièces lorsque le soudage complet de l'agrafe n'est pas possible

- ✓ **Description :** Défaut résultant d'un revêtement intérieur et/ou extérieur appliqué par erreur sur les bordures des flancs à souder et qui, de ce fait, ne se prêtent pas au soudage. On obtient une boîte inversée, c'est-à-dire une boîte qui présente une bordure non vernie au mauvais endroit.

- ✓ **Causes courantes :**

1. Application du revêtement au mauvais endroit.

□ **Revêtement égratigné**

Un revêtement égratigné est considéré comme un défaut sérieux de manutention si le métal est incisé et le produit emballé est corrosif.

Un revêtement égratigné est considéré comme un défaut mineur de manutention lorsque l'exposition du métal n'ouvre pas la voie à la corrosion.

- ✓ **Description:** Défaut visible sur la surface vernie, à l'intérieur ou à l'extérieur du fond ou du corps de boîte comme des égratignures. Quoique généralement superficiel, ce défaut ouvre néanmoins la voie à la corrosion.

Une fracture de la tôle est évidemment synonyme de perte d'étanchéité, mais une fracture du revêtement n'entraîne pas nécessairement une réaction du métal avec le produit ni une perte d'étanchéité. Lorsque le métal est étamé puis recouvert d'un revêtement organique, la protection est double. Si le produit est très agressif envers le fer-blanc, le revêtement organique devient donc très important. Si le produit ne s'attaque pas au fer-blanc, alors la perte de revêtement

organique n'importe pas, surtout s'il n'y a pas de réduction de la durée d'utilisation prévue du produit.

✓ **Causes courantes :**

1. Manutention incorrecte de la tôle vernie qui sert à la fabrication des corps ou des fonds de boîtes.
2. Manutention incorrecte des corps ou des fonds de boîtes après la fabrication, par exemple pendant l'expédition, l'entreposage, la stérilisation et toute manutention ultérieure [2].

□ **Soudage imparfait**

Le soudage imparfait est considéré comme un défaut sérieux de boîte trois pièces :

- ✓ **Description :** Filet de soudure présentant un aspect discontinu, rugueux ou poreux pouvant favoriser une prolifération ou une fuite à travers l'agrafe. Ce défaut se manifeste surtout aux extrémités de l'agrafe mais ne s'observe bien que par un examen visuel après mise à nu de l'agrafe et du serti.

✓ **Causes courantes :**

1. Température de soudage trop faible.
2. température de soudage trop forte.

□ **Soudure incomplète**

Une soudure incomplète est considérée comme un défaut sérieux de boîte trois pièces si le cordon de soudure n'est pas complet le long de l'agrafe.

- ✓ **Description :** Cordon de soudure discontinu le long de l'agrafe de boîte.

✓ **Causes courantes :**

1. Contamination de la zone de l'agrafe empêchant le soudage.
2. Bords de boîtes isolés par le vernis.

□ **Soudure brûlée**

Une soudure brûlée fondue est considérée comme un défaut sérieux de soudage.

- ✓ **Description :** Chaleur locale excessive due à la présence de corps étrangers qui cause une brûlure (Figure 16).

✓ **Causes courantes :**

1. Présence de corps étrangers dans la soudure, comme des particules de revêtement intérieur ou extérieur, des saletés, de l'huile ou des corps gras.
2. Fil à souder contaminé.



Figure 16: Soudure brûlée (Cameron, 1997)

□ Soudure ouverte

Une soudure ouverte est considérée comme un défaut sérieux de soudage.

✓ **Description :** Soudure de l'agrafe incomplète ou séparée.

✓ **Causes courantes :**

1. Croisure incorrecte de l'agrafe.
2. Courant trop faible.
3. Flan endommagé ou défectueux.

□ Joint soudé

Un joint soudé est considéré comme un défaut de tôle sérieux lorsqu'il est emballé un produit corrosif, lorsque la soudure continue présente des fentes, comme dans le cas des soudures par points, ou lorsque la soudure est tellement fragilisée que la simple pression exercée par un doigt entraîne la fracture de celle-ci.

✓ **Description :** Joint soudé visible, noirâtre, ayant environ 5 mm de largeur, traversant le fond ou le corps de boîte. Ce défaut comporte un danger d'une corrosion possible à l'endroit du joint qui peut mener à la perforation de la feuille. (Figures 17)

✓ **Causes courantes :**

1. Ces joints sont réalisés lors de la soudure de deux feuilles de tôle au moment du bobinage.

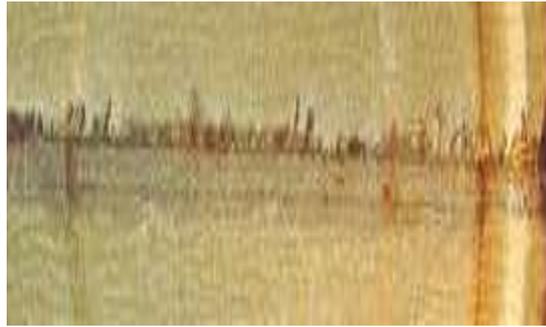


Figure 17: Joint soudé (Cameron, 1997)

- **Faux équerrage de la boîte**

Le faux équerrage est considéré comme un défaut sérieux de boîte trois pièces.

✓ **Description :** Défaut dû à un désaffleurement des bords de boîtes deux pièces. Ce défaut est également désigné par les expressions « rebords désaffleurés », « corps mal aligné » ou « hors d'angle » (Figure 18).

✓ **Causes courantes :**

1. Mauvais alignement des bords des flancs au moment de l'agrafage.
2. Faux équerrage des flancs (APEAL, 2005).



Figure 18: Faux équerrage de la boîte (Cameron, 1997)

- **Coin replié**

Un coin replié est considéré comme un défaut de soudage sérieux :

✓ **Description :** Trou triangulaire à l'une ou l'autre des extrémités de l'agrafe (Figures 19)

✓ **Causes courantes :**

1. Coin du flanc replié avant le soudage.
2. Zone de l'agrafe non soudée ou mal soudée repliée pendant le bordage ou le sertissage.



Figure 19: Coin replié (Cameron, 1997)

- **Bavures sur le bord à sertir**

Les bavures sur le bord à sertir sont considérées comme un défaut sérieux de fabrication des boîtes lorsqu'elles font saillie sur une distance égale ou supérieure à 0.50mm.

Les bavures sont considérées comme un défaut mineur de fabrication des boîtes lorsqu'elles font saillie sur une distance comprise entre 0.250 mm et 0.5 mm.

- ✓ **Description :** Bavure rugueuse et saillante laissée sur l'arête de coupe du bord à sertir (Figure 20).

- ✓ **Causes courantes :**

1. La presse à détourer ne coupe pas de façon nette le bord à sertir au diamètre désiré dans le cas des boîtes deux pièces.

2. Usure des disques de découpage dans le cas des boîtes trois pièces



Figure 20: Bavures sur le bord à sertir (Cameron, 1997)

- **Bord à sertir cannelé**

Un bord à sertir cannelé est considéré comme un défaut sérieux de boîte deux pièces lorsque le cannelage est suffisamment prononcé pour nuire à la formation du serti et ainsi compromettre l'étanchéité.

✓ **Description :** Cannelure du corps d'une boîte deux pièces qui se prolonge jusqu'au bord à sertir. Ce défaut peut entraîner une épaisseur de bord à sertir non conforme aux normes prescrites, ou les cannelures peuvent former des rainures dans le serti (Figure 21) ✓ **Causes courantes :**

1. Problèmes d'emboutissage de la tôle.
2. Déplacement du flanc pendant l'emboutissage.

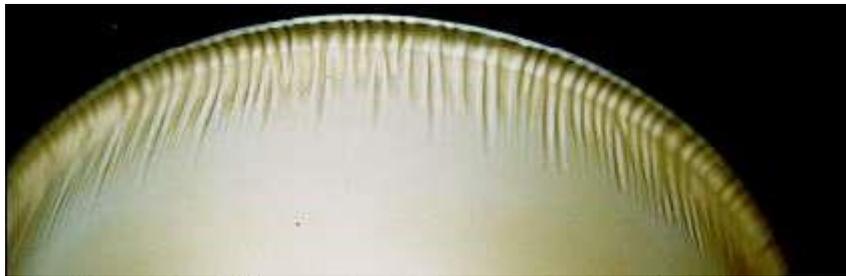


Figure 21: Bord à sertir cannelé (Cameron, 1997)

- **Bord à sertir incomplet**

Un bord à sertir incomplet est considéré comme un défaut sérieux si le bord à sertir est réduit de 0.4mm ou plus. Il est considéré comme un défaut mineur si le bord à sertir est réduit de moins de 0.4mm.

✓ **Description :** Encoches ou entailles dans le bord à sertir qui entraînent une croisure réduite ou inexistante à l'intérieur (Figures 22).

✓ **Causes courantes :**

1. Alimentation incorrecte de la feuille sous la matrice.
2. Déplacement de la feuille pendant l'emboutissage.



Figure 22: Bord à sertir incomplet (Cameron, 1997)

- **Bord à sertir déchiré (B.S.D.)**

Un bord à sertir déchiré est considéré comme un défaut sérieux de sertissage en raison de l'absence de croisure.

✓ **Description :** Bord déchiré ou coupé en parties. La partie endommagée étant repliée sur le corps. N'ayant pas été roulée avec le crochet de corps, il arrive que cette partie fasse saillie à la base du serti. Lorsque ce défaut est sévère le corps de la boîte montre une ouverture juste au-dessous du serti (Figure 23).

✓ **Causes courantes :**

1. Endommagement du bord à sertir pendant la manutention des boîtes vides.
2. Endommagement du bord à sertir pendant le remplissage.
3. Endommagement du bord à sertir par l'avance à pinces pendant la formation du cylindre.



Figure 23: Bord à sertir déchiré (B.S.D.) (Cameron, 1997)

- **Corps cannelé**

Un corps cannelé est considéré en général comme un défaut mineur. Toutefois, il s'agit d'un défaut sérieux si les cannelures se prolongent jusqu'au bord à sertir et lorsque le degré de cannelure est prononcé au point de nuire à la formation du serti et d'en compromettre l'intégrité.

✓ **Description :** Une ou plusieurs ondulations profondes visibles sur le corps de boîte (Figure 24).

✓ **Causes courantes :**

1. Déplacement du corps pendant l'opération d'emboutissage.



Figure 24: Corps cannelé (Cameron, 1997)

- **Double corps**

Un double corps est considéré comme un défaut sérieux de corps de boîte dans le cas des boîtes deux pièces et trois pièces.

Dans le cas des boîtes trois pièces, ce défaut se produit lorsque deux flancs forment le corps d'une boîte. Les sertis sont plus épais et plus longs, mais paraissent autrement normaux.

Le corps de boîte à l'extérieur présente souvent des signes de flambement et l'agrafe peut paraître mal formée ou non soudée complètement (Figure 25).

- ✓ **Causes courantes :**

1. Deux corps de boîte ayant glissé l'un sous l'autre au moment de fabrication des boîtes trois pièces.
2. Deux corps de boîtes deux pièces tronconiques solidement emboîtés.
3. Deux feuilles de métal emboutis ensemble pour former une boîte deux pièces.



Figure 25: Double corps (Cameron, 1997)

- **Double fond**

Un double fond est considéré comme un défaut sérieux de contenant.

✓ **Description :** Deux fonds sont sertis à la même extrémité d'un corps de boîte. Le serti est plus épais et plus haut et peut présenter de nombreux affaissements et picots en V sur son pourtour (Figures 26 et 27).

✓ **Causes courantes :**

1. Deux feuilles de métal sont collées l'une à l'autre à leur entrée dans la presse. Les fonds obtenus présentent deux épaisseurs de tôle roulées ensemble et seul le fond intérieur reçoit un joint élastique.
2. Deux fonds formés séparément sont collés ensemble au moment du sertissage.



Figure 26: Double fond avant sertissage (Cameron, 1997)



Figure 27 : Double fond après sertissage (Cameron, 1997)

- **Profil du fond fissuré**

Un profil du fond fissuré est considéré comme un défaut sérieux de boîte deux pièces lorsque :

1. il y a fracture complète du rayon intérieur de la cuvette, ou
2. la contrainte exercée sur le rayon intérieur de cuvette affaiblit ou amincie le métal à l'endroit du rayon et est sur le point de provoquer une fracture.

✓ **Description:** Rayon du profil du fond fissuré d'une boîte deux pièces ou rayon de profil du fond comprimé qui peut céder pendant le traitement ou la manutention (Figure 28).

✓ **Causes courantes :**

1. Lubrification inadéquate de la tôle avant l'emboutissage.

2. Poinçon ET matrice décentrés



Figure 27: Profil du fond fissuré (Cameron, 1997)

- **Profil du fond incomplet**

Un profil inférieur incomplet est considéré comme un défaut mineur de boîte deux pièces à condition que le fond ne se déforme pas pendant la stérilisation.

✓ **Description :** Profil de fond intégré non formé complètement. Cette partie est donc plus faible et peut gauchir pendant la stérilisation. (Figures 29 et 30) ✓ **Causes courantes :**

1. Course incomplète du poinçon dans la matrice.



Figure 28: Profil du fond incomplet [2]



Figure 29: Profil du fond complet [2].

- **Ourlet incomplet**

Un ourlet incomplet est considéré comme un défaut sérieux de fabrication des fermetures de boîtes trois pièces s'il est réduit de plus de 0.4mm.

Un ourlet incomplet est considéré comme un défaut mineur de fabrication des fermetures de boîtes trois pièces s'il est réduit de moins de 0.4mm.

- ✓ **Description :** Encoches ou entailles dans l'ourlet qui entraînent une perte de croisure (Figure 31).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Alimentation incorrecte de la feuille sous la matrice.
 2. Dimensions des bandes de métal incorrectes.



Figure 30: Ourlet incomplet (Cameron, 1997).

- **Ourlet froncé**

Un ourlet froncé est considéré comme un défaut sérieux de fabrication des fermetures de boîtes lorsque le degré de fronçage est suffisamment prononcé pour nuire à la formation du serti et en compromettre l'intégrité.

- ✓ **Description :** Fronçage ou ondulations sur l'ourlet des fermetures de boîtes. Ce défaut peut entraîner une épaisseur de l'ourlet non conforme aux normes prescrites ou les fronces peuvent former des rainures dans le serti (Figure 32).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Réglage incorrect de l'ourleuse.
 2. Profondeur du fond à sertir faible.



Figure 31: Ourlet froncé (Cameron, 1997)

- **Bavures sur l'ourlet**

Les bavures sur l'ourlet sont considérées comme un défaut sérieux de fabrication des fermetures de boîtes lorsqu'elles font saillie sur une distance égale ou supérieure à 0.5mm. Les bavures sont considérées comme un défaut mineur de fabrication des fermetures de boîtes lorsqu'elles font saillie sur une distance comprise entre 0.25mm et 0.5mm.

✓ **Description :** Languette rugueuse et saillante laissée sur l'arête de coupe de l'ourlet.

✓ **Causes courantes :**

1. La presse à détourer ne coupe pas de façon nette l'ourlet aux dimensions désirées.

□ **Éraflures d'emboutissage**

Les éraflures d'emboutissage sont considérées comme un défaut sérieux de fabrication des boîtes lorsque :

1. la tôle est fissurée, ou
2. les marques sont aiguës, angulaires et profondes, ce qui indique une fissuration possible en cours de manutention, ou
3. les marques ont pénétré dans le revêtement intérieur de manière à mettre à nu le métal qui réagit avec un produit corrosif; ou
4. la formation du bord à sertir est compromise.

Les éraflures d'emboutissage sont considérées comme un défaut mineur de fabrication des boîtes si les marques sont lisses, rondes et peu profondes.

✓ **Description :** Marque anormale sur la tôle dont la taille, la forme et la profondeur peuvent varier. Si les éraflures influent sur la formation du bord à sertir, des défauts de sertissage peuvent se manifester (Figure 33).

✓ **Causes courantes :**

1. Déchets métalliques ou corps étrangers dans la matrice pendant la formation des boîtes deux pièces ou des fonds des boîtes trois pièces.



Figure 32: Éraflures d'emboutissage (Cameron, 1997)

□ Inversion

L'inversion est considérée comme un défaut sérieux de boîte trois pièces et pour des boîtes deux pièces, si le métal est exposé à un produit corrosif ; autrement, l'inversion est considérée comme un défaut mineur de boîte deux pièces.

- ✓ **Description :** Inversion du corps de sorte que la face vernie se trouve à l'extérieur et le revêtement extérieur, si présent, se trouve à l'intérieur (Figures 34).

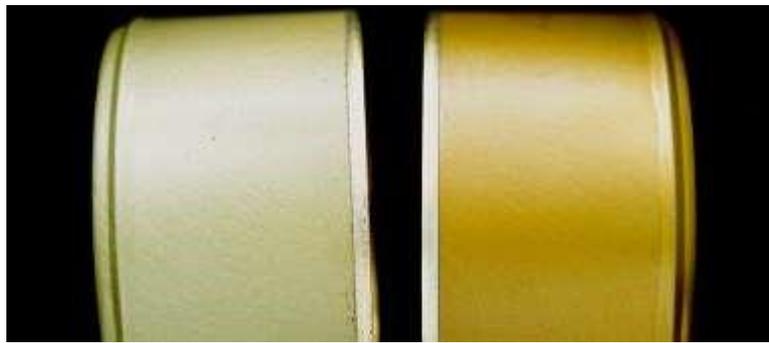


Figure 33: Inversion (Cameron, 1997)

- **Ligne d'amincissement trop profonde ou faible**

Une ligne d'amincissement trop profonde est considérée comme un défaut sérieux de fabrication des fermetures de boîtes si l'un des défauts suivants est noté :

1. la ligne d'amincissement est fracturée ; ou
2. la ligne d'amincissement n'est pas conforme aux normes du fabricant.

Les autres défauts sérieux de la ligne d'amincissement sont la corrosion.

- ✓ **Description :** Mince ligne simple sur le pourtour du fond où l'épaisseur de la tôle est diminuée mécaniquement par le poinçon à rainurer. Si le fond est rainuré à une profondeur trop grande, il peut se fissurer ou se déformer au point de céder pendant le traitement thermique ou la manutention.

Une ligne d'amincissement trop profonde doit être évaluée par comparaison avec les normes du fabricant de la boîte, qui doivent faire état de l'épaisseur résiduelle minimale. La résistance de la ligne peut aussi être évaluée par l'essai d'étanchéité, l'essai au colorant ou l'essai de la ligne d'amincissement.

✓ **Causes courantes :**

1. Défaut de fabrication (par exemple : profondeur de poinçonnage trop grande).
2. Corrosion de la ligne d'amincissement (interne ou externe).
3. Marquage sur ou près de la ligne.
4. Languette endommagée (contrainte exercée sur la ligne par le déplacement de la languette).
5. Mauvaise manutention ou contrainte exercée sur la ligne d'amincissement.
6. Tôle défectueuse.
7. Défauts de mise en conserve découlant d'une mauvaise transformation (par exemple, sur- remplissage des boîtes).

• **Jointage élastique défectueux**

Un jointage élastique défectueux est considéré comme un défaut sérieux s'il empêche la formation d'un serti étanche (manques de joint, joint séché ou qui coule) ou s'il gêne la formation du serti (excès de joint).

Un jointage élastique défectueux est considéré comme un défaut mineur si le joint est déposé par erreur ailleurs que dans la région de l'ourlet du fond, étant donné que le joint élastique n'est pas toxique et n'altère pas l'arôme ni le goût du produit .

- ✓ **Description :** Mauvaise mise en place du joint élastique sur la fermeture de la boîte qui peut entraîner un excès, une mauvaise répartition ou l'absence de joint élastique dans la région de l'ourlet. Le joint élastique peut également être déposé au mauvais endroit sur

la fermeture ou pulvérisé sur la surface extérieure de l'ourlet. Ce défaut est désigné également par l'expression « fermetures sales » (Figure 35).

✓ **Causes courantes :**

1. Buse de la jointeuse entièrement ou partiellement obstruée.
2. Alimentation incorrecte des fermetures à l'entrée du poste d'injection de joint élastique.
3. Composition incorrecte du joint élastique.



Figure 34: Jointage élastique défectueux (Cameron, 1997)

- **Marque de mandrin endommagé**

La présence de marques de mandrin endommagé est considérée comme un défaut sérieux de sertissage en raison du manque de serrage à l'endroit du défaut.

- ✓ **Description :** Serti mal serré à certains endroits, se manifestant par une saillie sur sa face intérieure à cause d'un creux dans la lèvre du mandrin.

- ✓ **Causes courantes :**

1. Mandrin endommagé suite à un enrayage de la sertisseuse ou à un mauvais réglage

- **Affaissement**

L'évaluation juste d'un affaissement se fait seulement au moyen d'une mise à nu du serti et de la détermination du degré de croisure réelle et du taux de serrage suivant les recommandations du fabricant de boîtes.

- Tout affaissement examiné qui présente un degré de croisure réelle égal ou inférieur à 25% est considéré comme un défaut sérieux de sertissage.

- Tout affaissement examiné qui présente un degré de croisure réelle compris entre 25% et 50% est considéré comme un défaut mineur de sertissage.

Lorsqu'un examen visuel est exécuté, un affaissement est considéré comme étant un défaut sérieux de sertissage s'il s'étend sur plus de 20 % de la longueur du serti, ou si le serti présente plus d'un affaissement.

- ✓ **Description :** Projection arrondie du crochet de fond à la base du serti normal. Un affaissement qui présente des signes d'empreintes laissées par la gorge de la molette de deuxième passe doit être évalué en fonction du degré de croisure (Figure 36).

- ✓ **Causes courantes :**

1. Produit ou corps étrangers dans le serti.
2. Excès ou mauvaise répartition du joint élastique.

3. Roulé de première passe trop lâche ou trop serré.
4. Usure dans la gorge de la molette de première passe.
5. Crochet de corps trop long.



Figure 35: Affaissement (Cameron, 1997).

- **Aplatissement**

L'aplatissement est considéré comme un défaut sérieux d'apparence si le corps de la boîte est déformé de manière que le revêtement interne est fissuré et le serti ou l'agrafe n'assure plus l'étanchéité de la boîte.

- ✓ **Description :** Déformation permanente du corps de boîte qui se produit surtout avec les boîtes de grandes dimensions. Elle se présente sous la forme de plats, de pans verticaux ou d'indentations visibles sur le corps de la boîte (Figure 37).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Vide intérieur excessif.
 2. Pression extérieure excessive pendant la stérilisation.
 3. Pression excessive pendant le refroidissement.
 4. Épaisseur inadéquate du métal.



Figure 36: Aplatissement (Cameron, 1997)

- **Becquet**

Le becquet est considéré comme un défaut sérieux d'apparence si la fermeture de la boîte est déformée de manière que la tôle ou le revêtement est fissuré(e) ou le serti n'assure plus l'étanchéité de la boîte.

- ✓ **Description :** Déformations permanentes sur la fermeture de la boîte en forme de pyramide situées près du serti. Elles sont causées par un écart excessif entre la pression à l'intérieur et à l'extérieur de la boîte. Des becquets très prononcés portent atteinte à l'étanchéité du serti (Figure 38).

Ce défaut est également désigné par les expressions « bec » et « fond déformé ».

- ✓ **Causes courantes :**

1. Vide intérieur insuffisant.
2. Pression extérieure insuffisante pendant le refroidissement sous pression.
3. Début de détérioration du contenu avant la stérilisation, ce qui entraîne une perte de vide.
4. Épaisseur inadéquate du métal [8].



Figure 37: Becquet (Cameron, 1997)

- **Abrasion**

L'abrasion est considérée comme un défaut sérieux de manutention lorsque le métal présente une épaisseur inférieure de 50% à son épaisseur normale.

- ✓ **Description :** Usure mécanique de la tôle qui l'affaiblit au point de la rendre susceptible à la fissuration ou à la corrosion, ce qui peut ouvrir la voie à la perforation (Figure 39).
- ✓ **Causes courantes :**
 1. Frottement des câbles d'alimentation ou de convoyeurs en métal sur les boîtes immobilisées vides ou remplies.

2. Frottement des boîtes contre des objets fixes pointus, par exemple, pendant le chargement des boîtes dans des paniers.



Figure 38: Abrasion (Cameron, 1997)

- **Corrosion**

La corrosion est considérée comme un défaut sérieux lorsque :

1. la corrosion cause des piqûres, ou
2. la corrosion attaque toute zone critique du contenant, comme la ligne d'amincissement.

✓ **Description :** Dégradation superficielle de la tôle de l'intérieure ou de l'extérieure, qui résulte d'une réaction chimique pouvant mener à la perforation du métal.

La corrosion la plus fréquente est la rouille sur les surfaces extérieures, causée par l'humidité (Figure 40).

✓ **Causes courantes :**

1. Présence d'eau sur les boîtes stérilisées résultant d'une période de refroidissement trop longue ou d'une durée d'égouttage des boîtes trop courte.
2. Réglage incorrect de la température et de l'humidité dans les entrepôts.
3. Boîtes non protégées contre les intempéries pendant le transport ou l'entreposage.



Figure 39: Corrosion (Cameron, 1997)

- **Écrasement**

L'écrasement est considéré comme un défaut sérieux de contenant.

✓ **Description :**

Déformation sérieuse d'une boîte (Figure 41).

✓ **Causes courantes :**

1. Alimentation incorrecte de la boîte remplie à l'entrée des convoyeurs.
2. Dommages se produisant pendant le transport.



Figure 40: Écrasement (Cameron, 1997)

• **Coup sur le serti**

Un coup sur le serti est considéré comme un défaut sérieux lorsque :

1. le coup est important (en V), et entraîne le rejet aux essais d'étanchéité, ou
2. les contenants ont gonflés à une ou aux deux extrémités à la suite de l'impact sur le serti,
3. le contenant montre des signes de fuite du contenu.

✓ **Description :** Déformation du serti (bord de la boîte) causée par un choc violent ou une forte compression. Cette déformation peut affecter l'étanchéité du serti, ouvrant ainsi la voie à une re-contamination (Figure 42).

✓ **Causes courantes :**

1. Manutention incorrecte de la boîte après la fermeture, avant ou après la stérilisation, c'est-à-dire pendant l'étiquetage, l'expédition ou l'entreposage.



Figure 41: Coup sur le serti (Cameron, 1997)

• **Contamination par des corps étrangers**

La contamination par des corps étrangers à l'intérieur de la boîte est considérée comme un défaut sérieux.

✓ **Description :** Toute quantité observable d'huile, de graisse, de colle ou de saleté sur la surface intérieure des fonds ou des corps de boîtes.

✓ **Causes courantes :**

1. Égouttures de graisse ou d'huile d'appareils.
2. Contamination pendant l'entreposage ou la manutention des boîtes vides ou des fermetures (Cameron ,1997; 8)

• **Griffage**

Le griffage du fond ou du corps d'une boîte est considéré comme un défaut sérieux de manutention.

✓ **Description :** Déformation linéaire prononcée de la tôle, entaillant celle-ci ou compromettant sa résistance à la corrosion ou aux contraintes extérieures (Figure 43).

✓ **Causes courantes :**

1. Égratignure profonde, intérieure ou extérieure.



Figure 42: Griffage [2].

Chapitre III

Rôle des interactions
matériaux / aliments dans la
valorisation des produits
alimentaires

La réglementation relative aux matériaux en contact avec les aliments fait référence au principe d'inertie entre les matériaux et les matériaux en contact avec les aliments. Or, dans le processus de fabrication et de conservation des aliments, il existe un phénomène d'interaction entre les matériaux utilisés et les aliments en contact. Afin de maintenir au mieux la qualité des produits, nous cherchons à augmenter ou à diminuer ces interactions. Ils correspondent aux différents échanges qui peuvent se produire entre l'environnement extérieur, les matériaux et les produits. En fonction des caractéristiques physiques et chimiques de l'aliment, de l'image que le fabricant souhaite véhiculer à travers ses produits (tradition, image de marque, praticité, etc.), et du processus de fabrication, les professionnels choisissent des matériaux spécifiques « d'emballage ».

1. Propriétés des aliments

Les aliments est caractérisé par deux types de facteurs :

- ✓ facteurs intrinsèques : acidité (pH), activité de l'eau (A_w) et composition de la denrée (ingrédients)
- ✓ facteurs extrinsèques : température, atmosphère, humidité relative, lumière...

1.1 Les facteurs intrinsèques

Ils sont propres aux produits. Ce sont ces facteurs qui vont influencer directement la conservation et le choix du matériau.

1.1.1 L'acidité

Lorsque nous mangeons de la nourriture et des boissons, notre langue est sensible à certaines saveurs: sucrée, salée, amère et acide. Un goût aigre est souvent trouvé lors de la consommation de certains fruits (comme les citrons ou les oranges).

Il correspond aux propriétés chimiques détectées de la langue, qui peuvent être mesurées par une quantité appelée pH.

Le PH est une quantité sans unité qui représente les caractéristiques acides des produits contenant de l'eau. Selon cette valeur de pH, le produit est acide (pH inférieur à 7), neutre (pH égal à 7) ou alcalin (PH est supérieur à 7).

Le pH des aliments est généralement inférieur à 7. Les aliments peuvent être classés en fonction de leur pH. Nous avons trouvé les catégories "très acide", "aigre", "modérément acide"

et "légèrement acide". On peut voir ce classement à travers ces quelques exemples: Il est important de connaître le pH afin de connaître la stabilité de l'aliment vis-à-vis des microorganismes. On sait notamment que les bactéries se développent à un pH compris entre 6,5 et 7,5 alors que les champignons et moisissures possèdent un éventail de pH plus large. De plus, il est rare que les microorganismes pathogènes pour l'homme se développent à un pH acide, inférieur à 4. Il est important de connaître le pH d'un aliment pour déterminer sa stabilité face à la détérioration microbienne [15].

1.1.2 L'activité de l'eau

L'activité de l'eau varie de l'eau à la matière sèche, allant de 1 à 0, respectivement. Dénnoté A_w . L'activité de l'eau est une caractéristique importante des propriétés des aliments. En effet, A_w interagira directement avec les différentes caractéristiques des aliments. Par exemple, il affecte les propriétés chimiques et modifie les caractéristiques de fluidité, de condensation ou d'agglomération. Les propriétés physiques, mécaniques et microbiologiques sont également directement liées, ces dernières jouant un rôle important dans la conservation des aliments. L'activité de l'eau est déterminante pour le maintien de la qualité intérieure des aliments (Protection, couleur, teneur en vitamines...). En fait, la disponibilité de l'eau implique de nombreuses activités enzymatiques, chimiques et microbiennes. Les micro-organismes se développent à différents niveaux d' A_w . Il est important de connaître cette valeur pour limiter voir inhiber la croissance de bactéries non désirées. Pour une A_w inférieure ou égale à 0,6, les microorganismes néfastes à l'aliment n'ont plus d'effet. Si l'aliment a un pH inférieur à 4, ce seuil passe à 0,85 [16].

1.1.3 Composition de l'aliment

Les aliments sont constitués de macronutriments (protéines, lipides et glucides) et Micronutriments (vitamines, minéraux et oligo-éléments). Selon l'apport nutritionnel des aliments, les aliments peuvent être divisés en sept catégories:

- Lait et produits laitiers: protéines animales, calcium, vitamines B et vitamine A, lipides
- Viande, poisson et œufs: protéines animales, fer, vitamines B
- Légumes et fruits: vitamine C, -carotène, minéraux et fibres alimentaires
- Céréales et légumineuses: glucides complexes, protéines végétales, vitamines B et fibres

- Matières grasses: lipides (les différents acides gras dépendent des matières grasses), vitamines A et E
- Sucre et sucreries: glucides simples
- Boissons: eau, parfois glucides simples et/ou alcool

1.2 Les facteurs extrinsèques

Ils dépendent de l'environnement dans lequel se trouve le couple matière/aliment. Ce sont :

- Facteur « temps »: il est lié à la vitesse de réaction, et sa connaissance est essentielle pour déterminer la meilleure durée de conservation et la concentration en nutriments. Ces relations sont régies par les lois classiques de la cinétique chimique. Ce facteur temps est converti en la date limite d'utilisation (BBD) ou la meilleure date limite (BBD) indiquée sur le produit .
- Facteur "Température": Face à la valeur du pH et de l'activité (A_w) de l'eau, la température est le paramètre de base pour l'évolution de l'équilibre thermodynamique (stabilité de l'état physique). L'élévation de température provoque une agitation moléculaire, reflétant l'augmentation de l'énergie cinétique. Lorsque ces deux phénomènes sont suffisants, certaines liaisons peuvent être rompues (liaisons hydrogènes) produisant des modifications dans les structures macromoléculaires. Généralement la vitesse de réaction est une fonction croissante de la température (loi d'Arrhenius). Par exemple, pour la conservation, il faut retenir que la vitesse des réactions d'altération augmente avec la température et qu'à une température élevée, une nouvelle hausse même faible s'avère néfaste pour le produit. Concrètement, cela va se traduire par une température de conservation à respecter.
- Le facteur « hydratation » : il met en jeu des mécanismes complexes (liaisons hydrogènes entre molécules d'eau et extrémités polaires d'autres molécules) ou des phénomènes physiques (capillarité, osmose...).

L'hygroscopie se mesure par une « courbe de sorption » qui exprime la relation entre la teneur en Eau du produit et l' A_w de ce produit à l'équilibre thermodynamique.

Des études ont démontré qu'il existe des seuils d'humidité relative à partir desquels, pour une température donnée, l'activité des causes d'altération (micro-organisme, activité enzymatique, chimique...) se trouve inhibée. Ainsi, presque toutes les réactions biologiques ou biochimiques sont inhibées à une A_w inférieure à un seuil critique ($A_w = 0,6$).

En deçà, seules certaines réactions enzymatiques (lipases) et oxydations non enzymatiques peuvent se produire.

- Le facteur « pH » : il influence les activités enzymatiques et le développement de microorganismes. Une meilleure conservation est obtenue avec des milieux acides.
- Le facteur « teneur en oxygène et en gaz carbonique » : il influence les métabolismes des microorganismes selon qu'ils soient aérobies ou anaérobies, les oxydations non enzymatique et certaines oxydations enzymatiques (lipooxydase).
- Le facteur « contrainte mécanique » : il influence directement les autres facteurs et donc le produit. En effet, le matériau au contact alimentaire doit être résistant mécaniquement pour protéger le produit contre les chocs, les pressions, les rongeurs et les insectes ; l'intégralité de ses propriétés barrières doit être conservée. Par exemple, un choc sur une boîte de conserve entraîne la présence d'oxygène et par la suite le développement de microorganismes ou l'oxydation du produit.
- Le facteur « lumière » : lorsque l'emballage est transparent, elle peut-être une cause importante de dégradation d'un produit alimentaire, le plus souvent liquide. Les emballages opaques permettent eux de contrer l'action de la lumière, ils nuisent cependant d'un point de vue commercial à la promotion du produit. La lumière est responsable du phénomène de photooxydation qui est un mécanisme conjugué (synergie) de l'oxygène et de la lumière. Ses principaux effets sont : la perte de vitamines, oxydation des lipides insaturés, décoloration et apparition de défauts de la flaveur.

Les éléments les plus sensibles sont donc les corps gras (huiles, produits laitiers,...), les vitamines, les colorants et les arômes (**Multon et al, 1998**).

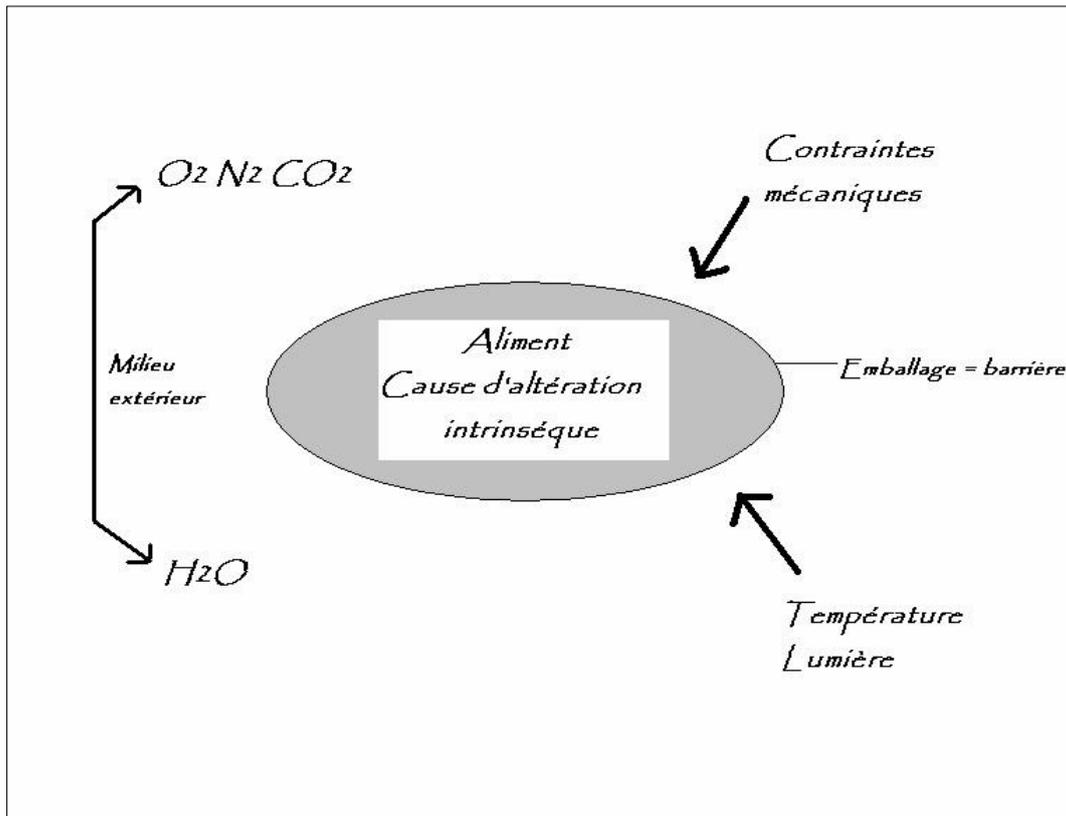


Figure 43: Récapitulatif (Multon et al, 1998)

Attention, ces facteurs ont généralement des actions conjuguées, ils sont soumis à des effets synergiques plus ou moins intenses ou peuvent avoir des effets contradictoires.

Pour déterminer la durée optimale de conservation des produits, il faut donc tenir compte de l'environnement, du matériau et de l'aliment. En effet, en fonction de ces trois éléments, les réactions sont différentes ; c'est pourquoi il est nécessaire de connaître les propriétés de chaque matériau et de chaque aliment pour définir un couple matériau / aliment.

2 .Les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments

Le schéma suivant montre les différentes interactions possibles entre matériaux et aliments en contact et l'environnement.

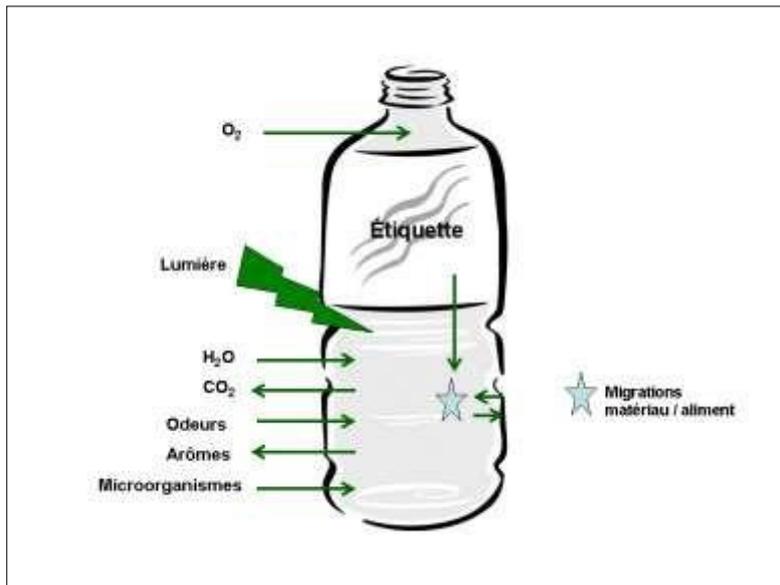


Figure 44: Exemple de migrations possibles dans le cas d'une bouteille en PET

Ces différentes interactions peuvent se regrouper en trois catégories :

- 1- les transferts de matière entre le produit, le matériau et parfois l'environnement, encore appelés migration, peuvent se produire en phase liquide, gazeuse ou solide
- 2- les transferts de chaleur comme la conduction, la convection et le rayonnement
- 3- les contaminations dues au passage de microorganismes à travers le matériau, notamment pour les matériaux plastiques. On peut émettre l'hypothèse d'une perméabilité des matériaux aux microorganismes au même titre que la perméabilité aux liquides et aux gaz. Les bactéries diffuseraient en dehors des pores ou imperfections du matériau.

2.1 La migration entre matériaux et denrées alimentaires

Les interactions possibles entre les matériaux et les aliments peuvent conduire à des phénomènes de migration. Il existe trois sources de contamination des aliments causées par la migration : -Le monomère de la matière de base ou les additifs contenus dans la matière peuvent être transférés dans l'aliment, entraînant des conséquences sensorielles ou toxicologiques. Ce phénomène de migration dépend de la composition, de la nature, de la volatilité, de la concentration moléculaire du matériau et de la concentration de l'aliment. En effet, la migration dépend de l'affinité entre le migrant et le produit conditionné. La plupart des monomères et adjuvants sont lipophiles, et leur migration en milieu gras est généralement plus importante qu'en milieu aqueux. Certains composants des aliments peuvent être la source de contamination de l'aliment lui-même. En effet, certains de ses constituants sont susceptibles d'être transférés

à l'emballage et d'en modifier la structure, activant ainsi la migration du contenant vers le contenu. Le type d'interaction considéré est la sorption de molécules de l'aliment par le matériau contenant. Ce phénomène joue un rôle important dans le cas des arômes : le matériau d'emballage peut effectivement causer un déséquilibre aromatique. Mais inversement, comme l'ont montré récemment des études de l'unité de recherche sur la sécurité et la qualité des aliments emballés (SQUALE) de l'INRA, des matériaux plastiques peuvent avoir un effet bénéfique pour les arômes de jus de fruits. Dans un jus d'orange conservé en bouteille de verre, les arômes évoluent chimiquement au cours du temps, indépendamment des interactions avec le matériau, ce qui entraîne un risque d'altération de l'arôme possible avec l'apparition de fausses notes (Multon, et al, 1998 et [17]). Certains plastiques peuvent éviter la formation de substances indésirables en stabilisant certains composés d'arômes. Ce phénomène de sorption se retrouve chez les aliments gras pour lesquels les interactions avec l'emballage augmentent avec la chaleur, le temps et leur richesse en matières grasses. De même pour les molécules volatiles dont la fuite, dans ou au travers du matériau d'emballage entraîne une diminution de la qualité organoleptique du produit.

- Le matériau peut enfin être perméable à des contaminations provenant de l'environnement. Le passage de l'oxygène est à éviter pour protéger l'aliment de l'oxydation ou du développement microbien. De même pour la vapeur d'eau qui entraîne un risque pour les aliments sujets à réhydratation et favorise la prolifération de certains microorganismes. Enfin, il est préférable d'empêcher la pénétration d'autres substances volatiles susceptibles d'altérer les propriétés organoleptiques telles que les hydrocarbures ou les parfums. Dans le cas d'un transfert du produit vers l'environnement, il faut notamment éviter la perte d'arômes, de gaz introduit pour la conservation tel que le gaz carbonique ou l'azote, ou encore la déshydratation par perte d'eau sous forme de vapeur d'eau. Il faut également prendre en compte une possible migration de photons de la lumière de l'environnement dans l'aliment. Ceci peut entraîner une détérioration organoleptique et sanitaire de ce dernier par oxydation. C'est le cas pour les huiles d'assaisonnement ou de cuisine dont on recommande la conservation dans des contenants opaques.

En règle générale, la migration augmente avec la durée et la température de stockage. Les transferts sont régis par la loi de Fick et dépendent donc des caractéristiques des matériaux. Cela pose le problème de l'étanchéité et de l'imperméabilité des matériaux contenant des aliments.

La migration dépend donc d'une part de la nature du matériau et d'autre part du milieu en contact avec celui-ci.

On peut ainsi distinguer les matériaux selon trois catégories :

- Les matériaux où la migration est nulle ou tout au moins négligeable : ce sont dans leur globalité tous les matériaux en contact avec un produit alimentaire en condition sèche. Par exemple, on ne constate pas de migration entre le sucre en morceaux et son emballage carton ni des épices dans leur bocal en verre.

- Les matériaux où un certain degré de migration est toujours présent, indépendamment du produit emballé. Ce sont principalement les matières plastiques. Leurs polymères ou monomères peuvent diffuser passivement dans le produit. On parle de migration spécifique lorsqu'il s'agit de la migration d'un monomère du matériau dans l'aliment par unité de surface en fonction du temps, elle se calcule par la loi de Fick.

- Les matériaux où la migration dépend des produits avec lesquels ils ont été mis en contact : les Phénomènes mis en jeu sont contrôlés par les propriétés des deux phases qui sont en contact. Il se présente trois possibilités :

- La paroi des matériaux métalliques entre en réaction chimique avec le contenu qui est généralement de nature liquide. Il en résulte la solubilité des constituants du matériau. Si celui-ci n'est pas traité, les composés métalliques peuvent réagir avec les acides présents dans les aliments provoquant la formation d'hydrogène gazeux et d'ions métalliques qui vont entraîner un phénomène de corrosion. Ceci pose un problème pour les canettes de soda en aluminium. La corrosion entraîne un goût métallique de la boisson empêchant sa consommation, pouvant aller jusqu'à provoquer la perforation de l'emballage. Pour lutter contre ce phénomène, les industries ont ajouté à la canette un revêtement protecteur.

- La paroi absorbe les liquides qui augmentent aussi la mobilité et donc la migration des constituants présents. On constate ce phénomène pour des matériaux plastiques ou papiers. Si l'on prend l'exemple des cartons à pizza, le carton absorbe les matières grasses liquides entraînant une détérioration de l'emballage, ce qui est nuisible au produit. Il serait intéressant de valoriser ce phénomène en ajoutant des additifs permettant d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et mécaniques du matériau.

- En ce qui concerne les substances gazeuses, la paroi du matériau peut absorber des molécules volatiles ou des arômes entraînant une perte des caractéristiques organoleptiques du produit.

Dans le cas des sodas gazeux, il est nécessaire d'empêcher la perte en CO₂ qui altérerait les caractéristiques organoleptiques.

Les phénomènes de migration sont très réglementés et dépendent du matériau utilisé en contact alimentaire. Il existe un principe important : l'inertie du matériau vis-à-vis de l'aliment, c'est-à-dire que celui-ci ne doit pas céder aux aliments des composés en quantités susceptibles de présenter un danger pour la santé humaine, ni entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées alimentaires ou une altération des caractères organoleptiques de celles-ci. Toutefois, avec l'évolution des technologies et des matériaux pouvant entrer en contact alimentaire, ce principe peut être remis en cause. Si l'on parle par exemple des emballages actifs, ces derniers peuvent avoir la capacité de céder des molécules valorisant le produit telles que des vitamines. La réglementation française et européenne évolue par des arrêtés spécifiques à certains matériaux notamment les plastiques. Cependant, il reste néanmoins un besoin d'inertie dans le cas où les substances peuvent nuire à la santé du consommateur (**Gaquerel et Costes, 2004**).

2.2 Transferts d'énergie - Transferts de chaleur

Un transfert de chaleur part du point le plus chaud vers le point le plus froid. On peut l'exprimer par l'expression qui suit :

$$\text{Moteur du transfert de chaleur} = T \text{ chaude} - T \text{ froide}$$

Il existe trois mécanismes principaux de transfert de chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement.

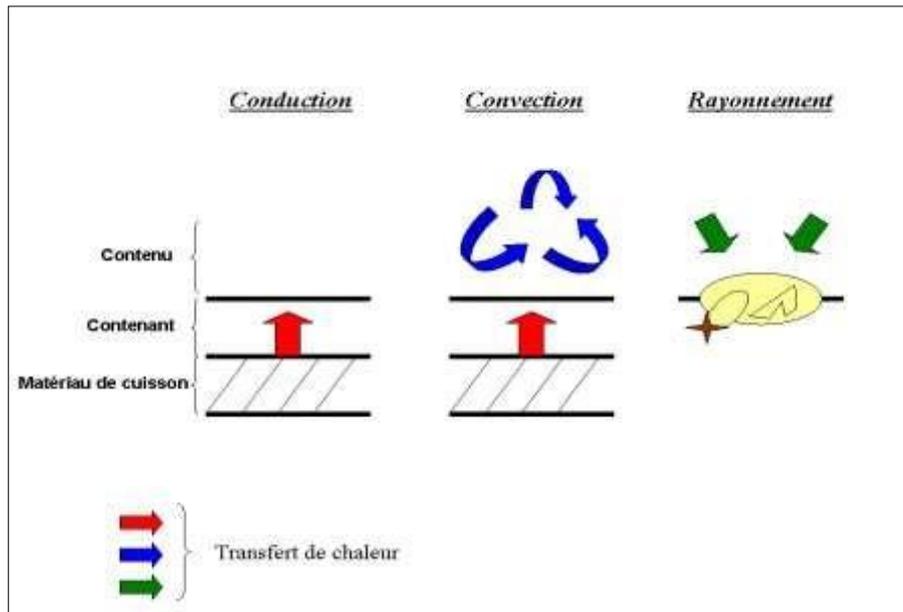


Figure 45: Les transferts de chaleur (Bimberet et al, 2002)

- La rayonnement : Tous les corps matériels de température absolue $T > 0^\circ\text{K}$, émettent des ondes

Électromagnétiques, c'est-à-dire "un rayonnement thermique". A ce mécanisme s'ajoute un processus d'absorption des radiations électromagnétiques provenant de l'environnement de ces corps. Leur état thermique est alors régi par le bilan des processus d'émission et d'absorption.

Le rayonnement thermique correspond à un transfert de chaleur ne nécessitant aucun support matériel. Il peut entraîner des réactions photochimiques au sein de denrées sensibles à la lumière et donc une perte de couleur, de vitamines ou encore la photolyse d'acides aminés.

- La conduction : ce transfert est le seul que l'on puisse rencontrer dans les solides. La propagation de la chaleur s'effectue d'atome en atome, par transmission d'énergie d'agitation thermique. En milieu solide les atomes, dont les positions d'équilibre sont fixes dans l'espace, transfèrent de la chaleur sans transfert de matière. Elle est régie par la première loi de Fourier.

Grâce à cette première loi, on constate que les métaux sont de meilleurs conducteurs de chaleur que les autres matériaux. On utilise préférentiellement les métaux pour la cuisson, alors que pour la conservation de chaleur dans le produit, on utilise par exemple le carton.

- La convection : de façon générale, c'est un transfert de chaleur entre deux phases de nature différente. Elle intervient, par exemple, à la surface de séparation entre un solide et un fluide (liquide ou gaz), ou encore, à la surface libre entre un liquide et un gaz.

Le transfert de chaleur s'effectue en 2 phases :

- première phase : la chaleur est échangée par conduction entre la surface solide et une mince couche de fluide (appelée "couche limite"), au voisinage de la surface.
- seconde phase : la couche limite est déplacée dans sa masse ; ce déplacement est, soit naturel (variation de la masse volumique de la couche limite chauffée ou refroidie, par rapport à celle du fluide en masse), soit artificiel (action d'une pompe, d'un agitateur). On parle alors soit de convection naturelle, soit de convection forcée.

La convection correspond à un transfert de chaleur par transfert de matière et elle est régie par deux lois de Fourier (**Bimberet et al, 2002 ; [18]**).

2.3 Interaction matériau / aliment dans un milieu biologique

On ne peut pas parler de matériaux en contact alimentaire sans évoquer la présence des microorganismes et leurs influences directes sur les aliments. La qualité hygiénique des matériaux est la préoccupation majeure des professionnels du secteur agro-alimentaire. Cette qualité concerne surtout les aspects relatifs au nettoyage, aux phénomènes de bioadhésion et à la formation de biofilm. Même s'il est impossible d'atteindre la stérilité absolue (absence totale de microorganisme) les industriels doivent respecter des normes. Celles-ci définissent les quantités maximales de micro-organismes, c'est-à-dire des quantités non nuisibles pour la santé de l'homme.

Les micro-organismes utilisent les matériaux comme source de nourriture. Leur présence altère les propriétés mécaniques des matériaux. Ceux-ci deviennent fragiles et donc plus vulnérables aux réactions chimiques en présence d'aliments corrosifs (vinaigre, sel, acide...). Les points les plus exposés à ce genre de dommage sont les points de soudure ou de polissage du matériau.

L'altération des propriétés mécaniques d'un matériau peut avoir des conséquences sur le milieu environnant et donc sur l'aliment qui se trouve en contact avec le matériau altéré. Ces conséquences peuvent être directes, conduisant à une contamination physique de l'aliment (présence de résidus de matériaux et diffusion des substances vers l'aliment) ou indirectes, liées

aux modifications des caractéristiques physiques des matériaux (conductivité thermique, imperméabilité comme la perte d'étanchéité du PVC).

L'aliment contenant forcément une quantité de microorganismes (flore endogène), on peut le considérer comme un milieu biologique vivant qui interagit avec son environnement (en l'occurrence les matériaux). Il est également un facteur favorisant le développement des microorganismes exogènes (milieu riche en nutriments). Les deux cas illustrent l'interaction forte qui existe entre aliment / microorganismes / matériaux et cette interaction peut être nuisible (menace pour la sécurité alimentaire) mais aussi bénéfique, en permettant le développement des propriétés organoleptiques appréciées pour certaines catégories d'aliments (fromage, vin, hydrolysat protéique). Les deux cas sont par ailleurs étudiés à travers les exemples sur l'acier inoxydable et l'utilisation du bois (**Schmidt, 1999**).

2.3.1 Relation : biofilms/matériau/aliment

Le biofilm est un film biologique constitué d'un ensemble de microorganismes intégrés dans une matrice de fibres produites par certaines bactéries. Il est capable de coloniser des surfaces (matériaux, peau, mucus...) ou des liquides. Il se forme en présence d'une interface colonisable (comme les surfaces des matériaux), d'une solution aqueuse comme moyen de transport et de nutriments (l'aliment).

Le biofilm constitue une couche protectrice dans laquelle les bactéries sont à l'abri de l'action des produits chimiques et des désinfectants. Certaines de ces bactéries sont susceptibles de libérer des endotoxines responsables des maladies et infections.

Les conséquences de la formation d'un biofilm sur la surface d'un matériau sont multiples. Il y a évidemment une perte de stérilité mais aussi un phénomène de corrosion (biocorrosion). Mais dans certains cas, la présence d'un biofilm pour la fabrication de certains produits est favorable. Dans le cas des produits laitiers, comme le fromage, le lait est un milieu propice au développement d'une flore bénéfique, présentant un intérêt technologique. En effet, il a été prouvé que certaines bactéries (que l'on retrouve sur des matériaux comme le bois encore très utilisé en fromagerie) jouent de nombreux rôles dans les procédés de fabrication comme la maturation du lait.

La présence d'une flore bactérienne diversifiée permet la diversification des propriétés organoleptiques des fromages (**Beuvier et al 1997**). Des différences de caractéristiques sensorielles ont notamment été observées avec des fromages dont le lait a été inoculé avec différentes communautés microbiennes récupérées dans du lait collecté dans un récipient en bois (gerle) (**Berodier et al, 2005**).

Les flores microbiennes pourraient aussi être un facteur de qualité sanitaire car elles peuvent exercer un rôle de barrière vis-à-vis des espèces pathogènes (**Brouillaud-delattre et al, 1997 ; et Eppert et al, 1997**).

2.3.2 Influence des phénomènes de bio adhésion sur les matériaux

L'adhésion des micro-organismes à la surface des matériaux est un phénomène assez rapide.

Une fois fixés, les micro-organismes sécrètent un ensemble d'exo-polymères, pour aboutir à la Colonisation du matériau, jusqu'à constitution des biofilms.

La bio adhésion (adhésion en milieu biologique) constitue un problème majeur de l'utilisation de matériaux en milieu biologique (présence des aliments). On a commencé à observer le mouvement des colonies d'organismes adhérents depuis que l'on a réalisé qu'ils représentaient le problème de base pour l'hygiène et la stérilité.

Les phénomènes bio adhésifs dépendent directement des propriétés de surface : topographie, types de structure de la surface. Les forces d'adhésion dépendent en outre des interactions électriques entre la surface des matériaux et celle des microorganismes.

Tous les facteurs agissants sur l'activité cellulaire sont en mesure d'influencer les mécanismes d'adhésion, on peut citer :

- le pH : en cas d'acidification du milieu, les bactéries développent une couche mucilagineuse qui peut également intervenir dans l'adhésion
- la lumière, qui constitue une source d'énergie pour le métabolisme et qui provoque des effets comparables à ceux du pH
- les nutriments : un manque de nutriments provoque des transformations cellulaires vers une forme de résistance (formation de spores). Un approvisionnement insuffisant peut conduire à la mort des cellules et donc à la formation de biofilms épais ce qui cause un problème de salubrité. L'état de surface joue un rôle important : l'adhésion est plus facile dans les anfractuosités ou lorsque des irrégularités existent à la surface du matériau (cas du bois) et

elle est plus importante sur certains polymères hydrophobes (PVC) par rapport à certains polymères plus hydrophiles (polyuréthane) ou par rapport aux matériaux tels que l'acier inoxydable ou le verre qui sont chargés négativement.

Après la phase d'adhésion, les micro-organismes se multiplient en même temps qu'ils sécrètent des exo-polysaccharides. Dans cette matrice glucidique qui s'accumule à la surface du matériau, les bactéries peuvent survivre et se multiplier, formant des micro-colonies.

La maturation de cet ensemble aboutit à un biofilm de structure complexe et hétérogène, dépendant de la quantité de nutriments disponibles et de la quantité de bactéries dans le milieu (**Schmidt, 1999**).

On comprend donc que les phénomènes d'adhésion et de formation des biofilms nuisent directement à la qualité sanitaire. Ils peuvent constituer un danger, étant donné les substances générées au cours de ces réactions, le risque de contamination et les conséquences qui en découlent (altération des propriétés des aliments, insalubrité...).

Du fait des réactions existantes entre les matériaux, les aliments et les micro-organismes, il est nécessaire d'adapter les matériaux en fonction des catégories d'aliments, des risques d'adhésion, de la facilité de nettoyage et de désinfection, seul moyen pour prévenir la formation des biofilms et éviter la contamination des aliments.

Cependant, comme dans la plupart des aliments qui nécessitent l'activité de microorganismes, le traitement drastique des surfaces n'est pas une mesure adéquate. L'élimination d'une flore parfois indispensable dans le processus de fabrication de certains produits fermentés conduit fréquemment à des pertes de goût, de typicité, voir à des difficultés de fabrication. En effet, au sein des flores microbiennes se trouvent des micro-organismes qui influencent favorablement les qualités organoleptiques des produits. Cette flore, variable selon les régions, est un des éléments responsables de la typicité des produits du terroir (**Schmidt, 1999**).

3. Les conséquences des interactions

Les grandes causes de modification (altérations ou réactions volontaires) des denrées alimentaires peuvent être regroupées en quatre catégories :

- Les réactions chimiques (notamment quand la température est élevée) :

- Les réactions de Maillard (ou brunissement non enzymatique)
- Les transitions thermiques des macromolécules (détérioration des protéines et modification physicochimique de l'amidon)
- Les oxydations non enzymatiques (oxydation à l'oxygène, l'auto-oxydation des lipides)
- Les réactions enzymatiques : résultant de réactions catalysées à température moyenne par les enzymes propres au produit ou exogènes (microorganismes). Ce sont essentiellement des réactions d'hydrolyse et d'oxydation.
- Les altérations biologiques : liées aux activités métaboliques des êtres vivants, présents ou associés au produit, de façon volontaire ou par contamination.
- Les réactions physicochimiques : ce sont les réactions qui touchent directement à l'intégrité physique du produit (par exemple : la déstabilisation des émulsions, des gels, la « rétrogradation
» des gels d'amidon, la floculation ou les transitions de phases).

Pour préparer, faire cuire, conserver et consommer les aliments, il existe des matières d'origine naturelle ou artificielle que l'homme façonne et/ou assemble pour en faire des objets (casserole, Emballage, plat, assiette...). Certains matériaux en contact alimentaire sont très utilisés (inox, verre, plastique...), d'autres, comme le bois, le tissu ou le cuir, le sont beaucoup moins en raison d'une réglementation et de prétendus risques pour le consommateur. Cependant, nous avons choisi d'étudier les matériaux ayant un impact significatif sur la qualité des aliments, de connaître leurs caractéristiques et leurs rôles sur la valorisation objective ou subjective des produits alimentaires. En effet, même si des matériaux sont critiqués par des études, réglementés et interdits par des lois, l'évolution actuelle des connaissances scientifiques laisse penser que les pratiques courantes concernant les matériaux au contact alimentaires sont constamment remises en questions et susceptibles d'évoluer. C'est pourquoi il nous paraît essentiel de ne pas éliminer de notre étude des matériaux parfois peu utilisés ou en voie de disparition.

En plus des matières ou matériaux, il existe d'autres composés en contact alimentaire tels que les vernis ou les encres. Ils seront traités dans la partie « matériaux » car on peut en effet considérer que ces composés font partie intégrante des matériaux et qu'ils sont responsables des interactions (ou de l'absence d'interaction) avec l'aliment **(Brouillaud delattre et al, 1997 ; et Eppert et al, 1997).**

Conclusion

Conclusion

Il est indéniable que tout produit aujourd'hui, notamment la circulation des biens de consommation, est indissociable de l'emballage. Les matériaux d'emballage et les technologies d'application sont en plein essor dans les pays développés, alors que les pays en développement sont encore à la limite de ce progrès (la protection en atmosphère contrôlée). L'emballage a une des caractéristiques de qualité principalement en termes de conservation et de distribution.

Quelques principes :

Tout objet, quelle que soit la nature de la matière qui le compose, est destiné à contenir et protéger la marchandise, à permettre sa transformation et sa livraison dès la production au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer sa mise en Valeur

Les emballages alimentaires ne doivent pas être dangereux pour les aliments La santé humaine ne doit pas modifier les caractéristiques sensorielles des aliments et ne doit pas La composition des aliments ne doit pas être modifiée.

Résumé

Résume :

Le but global de mon travail est consisté à réaliser des connaissances au milieu industriel de la fabrication des emballages alimentaire sain.

En étudiant l'agroalimentaire, on se base précisément de réaliser l'étude physico-chimique des aliments et le contrôle de la composition chimique des matières premières et l'application des différents type des technique d'analyse et savoir l'effet de l'emballage et impact de la perméabilité sur le composant des aliment et leur efficacité et la conservation , l'importance du choix de qualité de l'emballage et abordé le procédé de la fabrication et contrôle de qualité des aliments avant et après le contacte avec l'emballage pour réaliser une protection alimentaire et environnementale et protection de consommateur et connaissance globale sur l'activité et la fiabilité de matière première d'aliment, Amélioration de l'aptitude à résoudre des problèmes liés à la sécurité alimentaire.

Dans le premier chapitre, j'ai mis des généralités sur l'emballage alimentaire et le besoin de l'emboitage, ces évolutions et le rôle technique qui contient le produit, de le protéger de toute contamination et de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son utilisation et son élimination finale , le Rôle marketing de l'emballage et l'implication conservatoire . J'ai cité aussi une variété de matériaux peut être utilisée pour fabriquer des emballages alimentaires, tels que le papier, le carton, les textiles, le fer blanc, les alliages d'aluminium, le verre et les plastiques. Certains emballages tels que les cartons alimentaires sont en matériaux composites (par exemple, plastique/aluminium/carton).

En outre, le deuxième chapitre se divise dans des sections différentes se sont réunis sous l'emballage métalliques, telles que, les caractéristiques du fer blanc, son fabrication, le. Processus, revêtement, vocabulaire de l'emballage métalliques et se finira par la fermitures des boites, ainsi les defaults des boîtes métalliques

Ce dernier chapitre, on a vécu le processus de produire des aliments en conserve sûrs, de haute qualité et sûrs, les contenants doivent répondre à des normes reconnues. Il arrive qu'après certains événements, le produit en conserve ne réponde plus aux normes acceptables de la conserverie. Avant que la boîte n'atteigne le consommateur, des défauts peuvent apparaître à toutes les étapes de la fabrication, du remplissage, du sertissage, de la désinfection et du



traitement.

Summary

The overall goal of my work is to achieve knowledge in the industrial environment of the manufacture of healthy food packaging.

By studying the food industry, we base ourselves precisely on carrying out the physicochemical study of food and the control of the chemical composition of raw materials and the application of different types of analysis techniques and knowing the effect of packaging and impact of permeability on the component of food and their efficiency and preservation, the importance of the choice of packaging quality and addressed the manufacturing process and quality control of food before and after contact with the packaging to achieve food and environmental protection and consumer protection and global knowledge on the activity and reliability of feed raw material, Improving the ability to solve problems related to food safety.

In the first chapter, I gave general information on food packaging and the need for packaging, these developments and the technical role that contains the product, to protect it from any contamination and to allow its transport, distribution, its storage, its use and its final elimination, the marketing role of the packaging and the conservatory implication. I also cited a variety of materials that can be used to make food packaging, such as paper, cardboard, textiles, tinfoil, aluminum alloys, glass and plastics. Some packaging such as food cartons are made of composite materials (eg plastic / aluminum / cardboard).

In addition, the second chapter is divided into different sections gathered under the metal packaging, such as, the characteristics of tinfoil, its manufacture, the. Metal packaging process, coating, and vocabulary and will end with the closures of the boxes, as well as the defects of the metal boxes

In this final chapter, we experienced the process of producing safe, high-quality, safe canned foods, and the containers must meet recognized standards. It happens that after certain events, the canned product no longer meets the acceptable standards of the cannery. Before the box reaches the consumer, defects can appear at all stages of manufacturing, filling, crimping, sanitizing and processing.

ملخص :

الهدف العام من عملي هو تحقيق المعرفة في البيئة الصناعية لتصنيع عبوات أغذية صحية .

من خلال دراسة صناعة الأغذية ، نعتمد على إجراء الدراسة الفيزيائية والكيميائية للأغذية والتحكم في التركيب الكيميائي للمواد الخام وتطبيق أنواع مختلفة من تقنيات التحليل ومعرفة تأثير التعبئة والتغليف وتأثير النفاذية على مكون الغذاء وكفاءته وحفظه ، وأهمية اختيار جودة التعبئة والتغليف وتناول عملية التصنيع ومراقبة جودة المواد الغذائية قبل وبعد ملامسة العبوة لتحقيق الغذاء وحماية البيئة وحماية المستهلك والمعرفة العالمية بشأن نشاط وموثوقية المواد الخام العلفية ، وتحسين القدرة على حل المشاكل المتعلقة بسلامة الغذاء.

في الفصل الأول قدمت معلومات عامة عن تغليف المواد الغذائية والحاجة إلى التغليف وهذه التطورات والدور الفني الذي يحتويه المنتج لحمايته من أي تلوث والسماح بنقله وتوزيعه وتخزينه واستخدامه والقضاء النهائي عليه، الدور التسويقي للعبوة والتضمين التحفظي. استشهدت أيضًا بمجموعة متنوعة من المواد التي يمكن استخدامها لصنع تغليف المواد الغذائية ، مثل الورق والكرتون والمنسوجات والصفائح وسبائك الألومنيوم والزجاج والبلاستيك. بعض العبوات مثل علب الطعام مصنوعة من مواد مركبة (مثل البلاستيك / الألمنيوم / الكرتون).

في هذا الفصل الأخير، اختبرنا عملية إنتاج أغذية معلبة آمنة وعالية الجودة وحاويات آمنة يجب أن تفي بالمعايير المعترف بها. يحدث أنه بعد أحداث معينة، لم يعد المنتج المعبأ يلبي المعايير المقبولة لمعلبات التعليب. قبل أن يصل الصندوق إلى المستهلك، يمكن أن تظهر العيوب في جميع مراحل التصنيع والتعبئة والعصر والتعقيم والمعالجة.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Afssa., (2000). Principaux risques sanitaires identifiés, Rapport du groupe de travail « alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments »

Atek D et Belhaneche N., (2005). Investigation of the specific migration of additives from rigid poly, eur.polym J. 41,707-714 p.

B

Berodier A. et Al., (2005). Comité Interprofessionnel du Comté et INRA, Quels sont les évolutions de la flore microbienne dans les laits et les fromages ?

Beuvier E. et al., (1997). Ripening and quality of Swisstype cheese made from raw, pasteurized and microfiltered milk. International Dairy Journal, pp 7, 311-323

Bimberet et al., (2002). Génie des procédés alimentaires, RIA

Bourion F., (2000). ASEPT, L'hygiène dans la qualité, De la qualité sanitaire du bois dans la filière viande.

Bonhoure I.,(2020). « La céramique médiévale », Centre de Développement en Art et Culture Médiévale.

Brouillaud-delattre A. et al ., (1997). Predictive microbiology of dairy products: influence of biological factors affecting growth of *Listeria monocytogenes*. Journal of AOAC International, pp 80, 913-919

Brouillet et Fugit J.L., (2009). Solutions to reduce release behavior of plasticizer out of PVC made equipments binary blends of plasticizers and thermal treatment. Polymer Bulletin, 843854p.

C

Cameron Prince., (1997). Manuel des défauts de boîtes métalliques", Agence canadienne d'inspection des aliments, Canada.

Chalvignac C., J-D. Rinaudo., (1993). Etude Socio-économique du secteur emballage en pays développés et en développement.

CICLA., (1992). Centre d'Information du Cuivre, propriétés du cuivre et de ses alliages, édition Variance conseils, chapitre 1 pp 3-10 et chapitre 10 pp 69 -75

CNE., (2011). Prévention de gaspillage et des pertes des produits de grande consommation : le rôle clé de l'emballage. Siret n° 41513678700025 APE, 913, Paris. P 5. Codex pour les huiles d'olive vierges et raffinées et pour l'huile de grignons d'olive raffinée .CODEX STAN33 1981(Rév .1-1989).

CSAA., (1998). Chambre Syndicale de l'Aluminium et de ses Alliages, L'Aluminium au contact des aliments consommation, Genève Emballages en feuille d'aluminium.

Ctac., (2010).guide de l'emballage alimentaire.

D

DGS., (2003). Rapport annuel, Direction Générale de la Santé, Service de protection.

Documents de l'Association Professionnelle,(2005).des Producteurs Européens d'Aciers pour Emballage (APEAL), Bruxelles, Belgique.

E

Eppert I. et al., (1997). Growth reduction of *Listeria* spp. caused by undefined industrial red smear cheese cultures and bacteriocinproducing *Brevibacterium linens* as evaluated in situ on soft Cheese. Applied and Environmental Microbiology, pp. 63, 4812-4817. **F**

Fao., (2014). FAO Food Loss Project Document. Rome: archives documentaires de la FAO.

Forum économique mondial.,(2009). Driving Sustainable Consumption: Value Chain Waste (Overview).

G

Gaquerel S. et Costes R., (2004). DGCCRF, Note d'information n°2004-64 (communicable au sens de la loi du 17 juillet 1978) du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, Matériaux en contact des denrées alimentaires.

Ghali S., (2017). Nanotechnologie et emballages alimentaires : enjeux, acteurs et impacts, mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en science de l'environnement, Université du Québec à Montréal, Canada.

Global Industry Analysts, Inc., (2010). Global Metal Packaging Materials Market to Reach US\$129 Billion by 2015.

J

Jeant R, Groguennec T, Schuch P, Brule G., (2007). Science des aliments ; biochimie, microbiologie, procédés produits. Lavoisier. Volume 2 technologie des produits alimentaires. Paris 407- 436.

L

LNE., (2013). Exigences réglementaires européennes des matériaux et objets destiné au contact avec les aliments pour les emballages, articles culinaires, équipements de l'agroalimentaire et tout objet destiné au contact avec les aliments. Laboratoire National de métrologie et d'essais. 29, Avenue Roger Hennequin 78197 TRAPPES codex (France). P 16.

M

Marsal P., (2005). "Guide du Fer-blanc", CRFB.

Martinez, C., (2002). Bio-respect, l'aluminium faut-il en avoir peur ?

Mathlouthi M., (2008). Emballage et conservation des produits alimentaires.

Mosse M., (1997). Techniques de l'ingénieur, dossier A9785, « Emballages en verre, le verre emballage primaire et propriétés fonctionnelles »

Multon J.L, Bureau G., (1998). L'emballage des denrées alimentaires de grande Consommation. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Lavoisier. Paris. P77-967.

N

Nathalie Gontard, Ensia-Siarc., (2010). "L'emballage des denrées alimentaires».

O

Olsmats, C., Bo, W., (2009). Packaging is the answer to world hunger. Organisation mondiale de l'emballage (OME) et International Packaging Press Organization (IPPO). **P**

Pira International, 2009. Lucrative Packaging Opportunities to be found in the Middle East .

R

Requena, J., (1998). Techniques de l'ingénieur, dossier A9750, « Choix de l'emballage, les matériaux, les contraintes, le verre ».

S

Schmidt, R., (1999). Comportement des matériaux dans les milieux biologiques, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Allemagne, pp 1-9, 139, 140, 141, 195, 197 et 203

Soroka., (2002). Fundamentals of Packaging Technology, Institute of Packaging Professionals.

T

This, H., (2002). Casseroles et éprouvettes, Edition Belin pour la science, p 46-47

This., (2003). Compte rendu du Séminaire N° 31 de Gastronomie moléculaire.

Trouy-triboulot M-C, Triboulot, P., (2001). Technique de l'ingénieur, dossier C925, « Matériau bois, Structure et caractéristiques ».

V

Voirol, E., (1994). 2e colloque de l'Institut supérieur du conditionnement alimentaire de Pauzaugues (France), « Conditionnement alimentaire, les matériaux barrière pour quoi faire ? » p 145 .

Liste des sites web

- 1- **Anonyme.,** http://fr.wikipedia.org/wiki/Fonte_%28m%C3%A9tallurgie%29 (date de consultation décembre 2020)
- 2- **Anonyme.,** http://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9ramique_industrielle (date de consultation décembre 2020)

- 3- **Anonyme.**, <http://www.faiencerie-pornic.fr/entreprise/glossaire.html> (date de consultation novembre 2020) Musée d'art et d'histoire, Suisse, 1999,
- 4- **Anonyme.**, « Des goûts et des couleurs, Céramiques gallo-romaines ».
- 5- **Anonyme.**, <http://www.fr.ch/mahf/de/musee/ceramique.htm> (date de consultation novembre 2020)
- 6- **Anonyme.**,<http://www.nemox.com/webfr/indexitmod.asp?Ind=http://www.nemox.com/webfr/Cot>
- 7- **Anonyme.**, <turaPietra/CotturaPietraIntro.htm> (date de consultation novembre 2020)
- 8- [7] http://www.morand-viandes.fr/morand/mor_site_four.htm (date de consultation janvier 2021)
- 9- **Anonyme.**, http://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_plastique (date de consultation janvier 2021)
- 10- **Anonyme.**, <http://www.gret.org/tpa/bulletns16/b16p14.thm> (date de consultation mars 2021)
- 11- **Anonyme.**, <http://collections.ic.gc.ca/notukeu/pemmican1.htm> (date de consultation mars 2021)
- 12- **Anonyme.**, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau> (date de consultation mars 2021)
- 13- **Anonyme.**, <http://www.bemact.com/> "Certificat D'analyse Chimiques", 2007(date de consultation avril 2021)
- 14- **Anonyme.**, [www.imetasrl.com,](http://www.imetasrl.com/) "Contrôle du sertissage sur boîtes en fer blanc". (date de consultation avril 2021)
- 15- **Anonyme.**, [Evaluation of Double Seams, Parts 1 and 2 .The Food Processors Institute, Etats-Unis d'Amérique. 1997](#)(date de consultation avril 2021)
- 16- **Anonyme.**,http://www.omafr.gov.on.ca/french/food/industry/food_proc_guide_html/chapter_5.htm(date de consultation avril 2021)
- 17- **Anonyme.**, INRA, 1998, Unité de Physicochimie et de Biotechnologie des Polymères de Reins, Emballages plastiques alimentaires et sécurité du consommateur <http://www.inra.fr/actualites/DOSSIERS/DOC/secualim/pdf98/emballage.pdf> (date de consultation avril 2021)
- 18- **Anonyme.**,http://www.omafr.gov.on.ca/french/food/industry/food_proc_guide_html/chapter_5.htm (date de consultation mai 2021)
- 19- **Anonyme.**,http://web.ujfgrenoble.fr/PHY/enseignement/platesformes/thermo/assets/Rayo_Convec.pdf (date de consultation mai 2021)

