



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Envue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Fabrication mécanique et productique

Présenté par :

1- CHITOUR Azzddine 2- AUOINA Basma 3- DARAF Ali Fathi

Theme

Réalisation d'une machine d'essorage de fruit

Devant le jury compose de:

NOM et Prénom	Grade	Qualité
ZAOUI Moussa	Prof.	Président
BLHOCINE Abdelghani	MAA	Examineur
FARSI Chouki	Prof.	Encadreur

Dédicaces

C'est avec un cœur rempli de gratitude que je dédie ce travail, fruit de longs efforts et de précieux sacrifices, à ceux qui ont illuminé mon chemin :

À mon père, bachir et ma mère la reine de mon cœur Vos prières ont été mon bouclier, votre amour ma force motrice. Ce modeste accomplissement est avant tout le vôtre, témoin de vos nuits blanches et de votre soutien inconditionnel.

À ma chère sœur (hadjer) et mes frères adorés (alaaeddine, Abdelaziz, yasser, anes, Louay)

Votre présence fut mon refuge, vos rires la mélodie qui a accompagné mes moments de doute. Merci d'avoir été mes complices dans cette aventure.

À mes chers collègues et amis,

Compagnons d'étude, vos discussions enrichissantes et votre solidarité ont transformé les défis en opportunités d'apprentissage.

À mon respectable professeur encadrant (farsi chouki)

Votre guidance éclairée a été la lampe qui a éclairé mon chemin. Vos précieux conseils resteront gravés dans ma mémoire.

À toute âme bienveillante,

Qui a contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet. Votre aide, aussi minime soit-elle, a compté.

Remerciements

C'est avec un cœur rempli de gratitude que j'exprime mes plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement ceux qui m'ont guidé de leurs conseils avisés, enrichi de leurs connaissances et soutenu dans les moments de doute. Sans votre encouragement et votre confiance, ce travail n'aurait pu voir le jour.

Mes remerciements vont également aux institutions académiques qui m'ont offert un environnement propice et les ressources nécessaires pour mener à bien ces recherches. Votre soutien précieux restera gravé dans ma mémoire.

Je n'oublie pas mes chers collègues, compagnons de cette aventure intellectuelle, qui ont partagé avec moi les moments de difficulté comme ceux de réussite.

Enfin, je garde présent à l'esprit que le savoir est une entreprise collective, et que toute réalisation est le fruit d'un effort partagé. Je conserve une reconnaissance particulière pour tous ceux qui m'ont tendu la main, ne serait-ce que par un mot d'encouragement au bon moment.

Résumé :

Ce travail a pour objectif de concevoir et d'étudier une machine mécanique destinée à l'extraction efficace et simple du jus des fruits, tout en valorisant les résidus issus du pressage pour l'alimentation animale et apicole. L'étude couvre les aspects théoriques des différentes techniques d'essorage (pression, centrifugation, gravité), ainsi que l'analyse des composants mécaniques et électriques nécessaires, tels que le choix du moteur, le système de pression et la transmission de mouvement. Le mémoire aborde également les étapes de fabrication des boîtes de conserve afin d'assurer la qualité et la sécurité du jus produit. Ce projet constitue une solution pratique et économique adaptée aux petites unités de production, contribuant à la réduction de la pollution organique et à la promotion de l'économie circulaire, avec des perspectives d'amélioration vers une automatisation accrue et une meilleure efficacité.

Summary :

This work aims to design and study a mechanical machine intended for the efficient and simple extraction of fruit juice, while also valorizing the residues from pressing for use in animal and beekeeping feed. The study covers the theoretical aspects of different juice extraction techniques (mechanical pressure, centrifugation, gravity), as well as the analysis of the mechanical and electrical components required, such as the choice of motor, pressing system, and power transmission. The thesis also addresses the manufacturing steps of cans to ensure the quality and safety of the produced juice. This project provides a practical and economical solution adapted to small production units, contributing to the reduction of organic waste pollution and promoting the circular economy, with future prospects for further automation and improved efficiency.

ملخص

تهدف هذه المذكرة إلى تصميم ودراسة آلة ميكانيكية مخصصة لاستخلاص العصير من الفواكه بطريقة فعالة وبسيطة، مع تجميع المخلفات الناتجة عن العصر لاستخدامها في تغذية الحيوانات والنحل. شملت الدراسة الجوانب النظرية المتعلقة بتقنيات العصر المختلفة (الضغط، الطرد المركزي، الجاذبية)، وتحليل المكونات الميكانيكية والكهربائية الضرورية، مثل اختيار المحرك ونظام الضغط ونقل الحركة. كما تناولت المذكرة مراحل تصنيع علب الحفظ لضمان سلامة وجودة العصير المنتج. يمثل هذا المشروع حلاً عملياً واقتصادياً يلبي احتياجات الوحدات الإنتاجية الصغيرة، ويساهم في الحد من التلوث العضوي وتعزيز الاقتصاد الدائري، مع آفاق مستقبلية لتطوير النموذج

Table des matières

Dédicaces.....	2
Introduction Générale	2
<i>Chapitre I :</i>	3
<i>Généralité sur l'essorage des fruits et légumes</i>	3
I. Introduction.....	4
I.1 Définition de l'essorage :	5
I.2 Objectifs de l'essorage des fruits et légumes :	5
I.3 Les principales techniques d'essorage	5
I.4 Effets de l'essorage sur la qualité des produits.....	6
I.5.Propriétés des fruits	Error! Bookmark not defined.
I.6 Les propriétés des Fruits :	8
I.6.1 Propriétés Physiques des Fruits	8
I.6.2 Propriétés Chimiques des Fruits	8
I.6.3 Propriétés Physiologiques des Fruits	9
I.6.4 Généralités sur l'orange	9
I.6.5 Procédé de fabrication du jus d'orange.....	13
I.6.6Matières premières	13
I.7 Propriétés des Legumes	15
I.8 Propriétés Physiques des Légumes	16
I.9 Propriétés Chimiques des Légumes	16
I.10 Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des légumes	17
I.11Technologie de production simultanée de purée et de jus de tomates :	17
(Technology of simultaneous production of tomato purée and juice)	Error! Bookmark not defined.
I.12Définition d'un déchet	18

I.12.1. Impact des déchets de fruits et legumes sur l'environnement	19
I.12.2. Les déchets de fruits(restes d'essorage).....	19
I.12.3. Types de résidus de fruits issus du pressage	20
I.12.4.Les déchets de legumes.....	21
I.12.6.Utilisation des résidus dans l'alimentation apicole	23
I.13 Conclusion :	24
<i>Chapitre II :</i>	25
Principes de fonctionnement des machines d'essorage	25
II Introduction	26
II.1 Différents types de machines d'essorage	26
II.1.1 Forces utilisées : centrifuge, gravité, pression	27
A. Essorage centrifuge :.....	27
B. Essoragegravité	27
C. Pression.....	28
II.2. Importance des méthodes d'extraction du jus	30
II.2.1. L'extraction par gravité	30
II.2.2. L'extraction par pression mécanique.....	30
II.2.3. L'extraction par centrifugation	31
II.3.Fabrication du jus de fruits au niveau	32
II.3.1. Méthode de pressage des fruits	32
II.3.2. Comment fonctionne la machine	33
II.4.Conclusion :	34
<i>ChapitreIII: Etude des composants des machines d'essorage</i>	35
III.Introduction :	36
III.1. Moteurs utilisés :	36
<i>III.1.1. Besoins en petits moteurs et actionneurs électriques</i>	36
<i>III.1.2. Concepts et techniques de conversion électromécanique</i>	37
III.1.3Moteurs asynchrones	38

III.2. Les éléments utilisés pour la réalisation du mécanisme d'essorage :.....	41
III.2.1. Écrous.....	41
III.2.2 Assemblages démontables ISO 6410	42
III.2.3. Caractéristiques de taillage des engrenages coniques (renvois d'angle)	44
III.2.4. Système vis et écrou NF ISO 2901	44
III.4.Conclusion :.....	46
Chapitre IV :	48
Fabrication des boîtes de conserve pour les différents types de jus	48
IV.Introduction :.....	49
IV.1 Les étapes de fabrication des boîtes de conserve :	49
IV.1.1 Matières premières pour les canettes en étain :	50
IV.1.2 Procédés de fabrication de la boîte de conserve :.....	50
IV.2 Assurance de la qualité et de la sécurité alimentaire des produits alimentaires et des boissons transformés et emballés de manière aseptique :.....	53
IV.2.1 Aperçu de la technologie de traitement et d'emballage aseptiques :	54
IV.2.2 Exigences réglementaires de la FDA	54
IV.2.3 Validation du système aseptique	55
IV.2.4 Sécurité microbiologique et tests	55
IV.2.5 Critères de libération des produits finis	55
IV.3. Conclusion :.....	56
Conclusion Générale :.....	57

Listeddes figures

Figure I 1 : Machine industrielle d'essorage des légumes par centrifugation	7
Figure I .2 les differents types de fruits.....	Error! Bookmark not defined.
Figure I .3 coupe équatorial d'une orange(d'après huet ,1991) []	10
Figure I .4. Procédé de fabrication du pur jus d'orange et du concentré d'orange (en bleu :	14
Figure I .6. Production simultanée de la purée et de jus de tomate.	18
Figure I .7.Valorisation agroalimentaire des résidus de fruits pour l'alimentation animale et apicole []	19
Figure I . 8.Résidus de fruits	20
Figure I . 9.Déchets de legumes après essorage	21
Figure II.1 Systeme de pression sur les fruits.....	29
Figure II.2. Pressoir rotatif horizontal : Pressoir à fruits universel HP5000 (Bucher-Guyer)	31
Figure II.3 Décanteur clarificateur (centrifugeuse à spirale horizontale).	31
FigureII.4 : Style moderne dans la machine	33
FigureIII.1 – Classification des structures principales de petits moteurs électriques	38
FigureIII.2 . – Structure de différents moteurs asynchrones monophasés	40
Figure III.3 – Écrous.	41
Figure III.4 – Réalisation du taraudage.	41
Figure III.5 – Assemblage vis + écrou en coupe.	43
Figure III.6 – Géométrie de l'assemblage.	43
FigureIII.7 – Schématisation du renvoi conique.....	44
FigureIII.8 – Engrenage conique.	44
FigureIII.9 – Pignon conique.....	44
FigureIII.10 – Système vis-écrou d'une plate-forme élévatrice.	45
Figure III.11 – Vis et écrou à billes.	45
Figure III.12– Schématisation du système vis-écrou. α : angle d'hélice ; β : inclinaison du filet ; R_m : rayon moyendu filet.....	45
FigureIII.13 – Exemple d'un Vis et écrou sur un cric d'automobile.	46
Figure IV.1 : Les différents types de boîtes de conserve	51
FigureIV.2 : Vue d'une chaine d'emballage	54

Liste des Tableaux

Table I.1	Principales variétés d'oranges de l'espèce Citrus Sinensis (L.) Osbeck : lieux	Error! Bookmark not defined.
Table I.2	: Composition chimique des oranges douces et des oranges	Error! Bookmark not defined.
Table I.3	: Dénominations de jus de fruits et principales caractéristiques	Error! Bookmark not defined.
Table I.4	: Types de fruit et leurs résidus après pressage	Error! Bookmark not defined.
Table I.5	: <i>Types de légumes et leurs résidus après pressage</i>	Error! Bookmark not defined.
Table I.6	: Exemples d'application de la valorisation des résidus de fruits et légumes	Error! Bookmark not defined.
Table III.1	: – Dimensions du pas et du diamètre de perçage	Error! Bookmark not defined.

Introduction générale

Introduction Générale

L'industrie alimentaire repose sur une série de processus techniques permettant de transformer les matières premières en produits finis destinés à la consommation. Parmi ces processus, l'essorage des fruits et légumes joue un rôle essentiel, notamment dans la préparation et la conservation des produits alimentaires. Ce procédé consiste à éliminer l'excès d'eau ou de liquide contenu dans les fruits et légumes, ce qui est crucial pour prolonger leur durée de conservation, améliorer leur texture, et faciliter leur transformation en produits dérivés tels que les jus, purées, ou fruits séchés.

L'essorage des fruits et légumes englobe plusieurs techniques et méthodes, allant des procédés mécaniques traditionnels aux technologies plus avancées comme la lyophilisation ou la déshydratation par air chaud. Ces méthodes visent à extraire l'humidité tout en conservant la qualité, les nutriments et les propriétés organoleptiques des produits. Cependant, le choix de la méthode d'essorage dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de produit, les objectifs de transformation, et les contraintes économiques et environnementales.

Ce travail a pour objectif de présenter les principales techniques d'essorage des fruits et légumes, en mettant en évidence leurs principes, leurs applications dans l'industrie agroalimentaire, ainsi que les avantages et inconvénients associés à chaque méthode. Une attention particulière sera portée à l'impact de ces procédés sur la qualité des produits finis, et à la manière dont les innovations technologiques influencent la gestion de l'humidité dans les fruits et légumes.

À travers ce mémoire, nous chercherons à comprendre non seulement les aspects techniques de l'essorage, mais également les enjeux économiques et environnementaux liés à cette étape cruciale de la chaîne de transformation alimentaire.

Chapitre I :
Généralité sur
l'essorage des fruits et
légumes

I. Introduction

L'essorage des fruits et légumes représente une phase déterminante dans le cadre des opérations post-récolte, particulièrement dans les chaînes de transformation agroalimentaire, les cuisines industrielles, les cantines collectives, ainsi que dans les ménages soucieux d'une alimentation saine. Cette étape intervient généralement après le lavage et consiste à éliminer l'humidité résiduelle présente à la surface des produits frais. Cette action, bien que souvent perçue comme secondaire, revêt en réalité une importance capitale en termes de conservation, d'hygiène, de qualité microbiologique et de préparation des matières premières aux étapes suivantes de la chaîne de traitement.

L'eau excédentaire, si elle n'est pas correctement retirée, peut engendrer plusieurs problèmes. Elle favorise notamment le développement rapide de micro-organismes pathogènes ou altérants, accélère la détérioration des produits, et compromet la texture ainsi que les caractéristiques organoleptiques des fruits et légumes. Un taux d'humidité élevé dans les produits finis ou semi-finis peut également poser des contraintes lors du conditionnement, du stockage ou du transport, en augmentant le risque de condensation, de pourriture ou de fermentation indésirable. Ainsi, l'essorage joue un rôle stratégique dans l'optimisation de la durée de vie des produits frais. Il permet non seulement de stabiliser leur état microbiologique, mais aussi de garantir leur conformité avec les normes strictes imposées dans les secteurs de la distribution alimentaire et de la transformation industrielle. De plus, dans le cas de la fabrication de jus ou de purées, un bon essorage préalable contribue à améliorer l'efficacité des étapes ultérieures telles que l'extraction, le broyage ou le pressage.

En fonction du contexte d'utilisation, plusieurs techniques d'essorage peuvent être mises en œuvre. Les méthodes traditionnelles et artisanales, comme l'essorage manuel dans des paniers rotatifs, sont adaptées à de petites quantités ou à des usages domestiques. En revanche, dans les environnements industriels où les volumes sont importants et les cadences élevées, on a recours à des systèmes automatisés utilisant la force centrifuge ou l'air pulsé pour garantir un séchage homogène, rapide et sans détérioration des produits.

Le choix de la technologie d'essorage doit ainsi prendre en compte plusieurs paramètres essentiels : la nature des fruits ou légumes (feuillus, racines, fruits fragiles...), leur taille, leur sensibilité au choc, le volume à traiter par heure, ainsi que les exigences en matière d'hygiène, d'économie d'eau et d'énergie.

I.1 Définition de l'essorage :

L'essorage des fruits et légumes est une opération unitaire qui consiste à éliminer l'excédent d'eau, qu'il soit présent en surface ou emprisonné dans les tissus végétaux, sans pour autant altérer la structure ni les qualités organoleptiques des produits. Contrairement au séchage qui vise à retirer l'humidité interne pour la conservation à long terme, l'essorage intervient généralement après le lavage des produits, ou en préparation à des étapes ultérieures de transformation.

Il s'agit d'une étape critique pour assurer la qualité microbiologique et visuelle des produits, en particulier pour les légumes-feuilles, les herbes aromatiques, les salades prêtes à consommer, ou encore certains fruits destinés à la transformation industrielle.

I.2 Objectifs de l'essorage des fruits et légumes :

Les objectifs de l'essorage dans le cadre du traitement des fruits et légumes sont multiples et interdépendants :

- a. Réduction de l'humidité résiduelle : L'élimination de l'eau libre permet de limiter la prolifération microbienne, réduisant ainsi les risques de contamination et de dégradation rapide des produits.
- b. Amélioration de la qualité sensorielle : Un produit bien essoré présente une meilleure texture (moins spongieuse, plus croquante) et conserve ses caractéristiques visuelles, telles que la brillance et la couleur.
- c. Préparation aux étapes suivantes de transformation : L'essorage est souvent une opération préalable indispensable avant le séchage, la surgélation, la déshydratation ou l'emballage sous vide.
- d. Optimisation des rendements industriels : La réduction de l'excès d'eau facilite les opérations de transformation en évitant les pertes inutiles et en améliorant la qualité des produits finis.

I.3 Les principales techniques d'essorage

L'essorage peut être réalisé par différentes méthodes, en fonction de la nature du produit et des exigences industrielles :

a. L'essorage mécanique (centrifugation)

La centrifugation est la méthode la plus courante pour l'essorage des fruits et légumes. Elle consiste à soumettre les produits à une force centrifuge générée par la rotation rapide d'un tambour perforé. L'eau est ainsi projetée vers l'extérieur tandis que le produit reste en place. Cette technique est particulièrement adaptée pour les légumes-feuilles, les herbes et certains fruits à faible teneur en eau.

b. L'essorage par pression

Ce procédé repose sur l'application d'une pression mécanique pour extraire le liquide des tissus végétaux. Utilisé principalement pour les fruits juteux (agrumes, raisins, baies), il est également employé pour la fabrication de jus, de purées et de concentrés.

c. La déshydratation thermique

Bien qu'elle soit généralement classée comme une technique de séchage, la déshydratation par air chaud peut être considérée comme une forme d'essorage intensifié pour certains produits. Elle consiste à exposer les fruits et légumes à un flux d'air chaud contrôlé afin d'accélérer l'évaporation de l'eau.

d. La lyophilisation

La lyophilisation ou séchage par congélation est une technique avancée qui permet d'éliminer l'eau par sublimation, après congélation des produits. Bien qu'elle soit coûteuse, cette méthode conserve au mieux les qualités nutritionnelles et sensorielles des produits.

I.4 Effets de l'essorage sur la qualité des produits

L'essorage a un impact direct sur plusieurs aspects de la qualité des fruits et légumes :

- a. **Qualité microbiologique** : La réduction de l'humidité diminue la charge microbienne, prolongeant ainsi la durée de conservation.
- b. **Texture et croquant** : Un essorage efficace permet de préserver la texture naturelle des produits, essentielle pour la satisfaction du consommateur.
- c. **Aspect visuel** : L'essorage évite l'effet de flétrissement ou de détrempe, ce qui améliore l'attrait visuel des fruits et légumes frais.
- d. **Valeur nutritionnelle** : Bien que l'essorage n'affecte pas significativement les nutriments, certaines méthodes agressives peuvent entraîner des pertes en vitamines

thermosensibles.



Figure I.1 : Machine industrielle d'essorage des légumes par centrifugation

I.5 Analyse des Caractéristiques des Fruits et Leurs Applications Industrielles

Les fruits occupent une place primordiale dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse en nutriments essentiels et de leurs bienfaits sur la santé. Consommés sous différentes formes (frais, transformés, en jus ou séchés), ils constituent une source majeure de vitamines, minéraux, fibres alimentaires et composés bioactifs aux propriétés antioxydantes. De plus, leur apport énergétique modéré et leur teneur élevée en eau en font des aliments particulièrement adaptés à une alimentation saine et équilibrée. Sur le plan économique, les fruits jouent un rôle crucial dans les filières agricoles et agroalimentaires, aussi bien à l'échelle locale qu'internationale. La qualité des fruits, qu'elle soit organoleptique, nutritionnelle ou technologique, dépend directement de leurs caractéristiques physiques, chimiques, microbiologiques et fonctionnelles. Ces propriétés influencent non seulement la perception des consommateurs (goût, texture, aspect visuel), mais également leur comportement pendant les opérations de transformation industrielle telles que l'essorage, l'extraction de jus, le séchage ou la conservation. Ainsi, une connaissance approfondie des propriétés des fruits est essentielle pour optimiser les procédés de transformation et garantir la qualité des produits finis. Cette étude se propose d'analyser de manière détaillée les différentes propriétés des fruits, en mettant l'accent sur leur impact sur la qualité, la conservation et la valorisation industrielle.



Figure I.2 : Les différents types de fruits

I.6 Les propriétés des Fruits :

I.6.1 Propriétés Physiques des Fruits

Les propriétés physiques des fruits regroupent l'ensemble des caractéristiques mesurables qui décrivent l'aspect extérieur et la texture du fruit. Ces propriétés influencent fortement l'acceptabilité par le consommateur et la qualité technologique des fruits.

- a. Poids et taille : Dépendent de l'espèce, du stade de maturité et des conditions de culture.
- b. Couleur : Paramètre visuel clé, indicateur de maturité et de qualité. Liée à la concentration en pigments (chlorophylles, caroténoïdes, anthocyanes).
- c. Fermeté et texture : Décrivent la résistance du fruit à la pression et sa consistance (croquant, juteux, fibreux).
- d. Forme et volume : Utiles pour la classification commerciale et influencent la perception sensorielle.
- e. Densité apparente et porosité : Importantes pour les opérations post-récolte (tri, stockage).

I.6.2 Propriétés Chimiques des Fruits

Les fruits possèdent une composition chimique complexe, responsable de leur valeur nutritionnelle et de leurs propriétés fonctionnelles.

- a. Eau (humidité) : Composant principal (70-90%), influence la conservation et la texture.
- b. Glucides : Principalement sous forme de sucres simples (glucose, fructose, saccharose), responsables de la saveur sucrée.

- c. Acides organiques : Comme l'acide citrique, malique ou tartrique, qui déterminent l'acidité et participent à la saveur.
- d. Fibres alimentaires : Solubles (pectines) ou insolubles (cellulose, hémicellulose), jouent un rôle dans la texture et la digestion.
- e. Composés phénoliques : Antioxydants naturels (flavonoïdes, tanins) impliqués dans la couleur, l'astringence et la conservation.
- f. Minéraux et oligo-éléments : Potassium, calcium, magnésium, fer, essentiels à la nutrition humaine.
- g. Vitamines : Surtout la vitamine C (acide ascorbique), importante pour ses propriétés antioxydantes.

I.6.3 Propriétés Physiologiques des Fruits

Ces propriétés sont liées aux processus biologiques qui affectent la qualité du fruit avant et après la récolte.

- a. Respiration : Consommation d'oxygène et production de CO₂. Détermine la vitesse de maturation et la durée de conservation.
- b. Production d'éthylène : Hormone végétale impliquée dans le mûrissement des fruits climactériques (banane, pomme, tomate).
- c. Transpiration : Perte d'eau par évaporation, cause du flétrissement post-récolte.
- d. Mécanismes de défense : Production de métabolites secondaires en réponse au stress (oxydatif, pathogène).

I.6.4 Généralités sur l'orange

I.6.4.1 Structure du fruit :

L'orange est un agrume qui peut aussi être appelé hesperidium. L'hesperidium diffère de fruits comme la tomate ou le raisin car il possède une peau dure et solide qui protège la partie comestible du fruit (DAVIES et ALBRIGO, 1994). La structure d'une orange est présentée dans la Figure 1. Les parties caractéristiques communes aux agrumes sont les suivantes

- une couche extérieure colorée, le flavedo, rappelant le mot « flaveur » car elle contient les glandes à huiles essentielles,
- une couche intérieure blanche et spongieuse, l'albedo (ou mésocarpe), riche en pectines,
- une partie comestible, l'endocarpe ou épiderme interne. Dans le cas des oranges, les cellules très juteuses formant des sacs à jus ou encore vésicules à jus sont des poils produits par l'endocarpe. Les segments (ou quartiers) qui comprennent de nombreuses vésicules sont séparés par des parois carpellaires ou membranes constituées de cellulose, pectine et hémicelluloses. Les segments sont

attachés à la partie centrale du fruit appelée columelle.

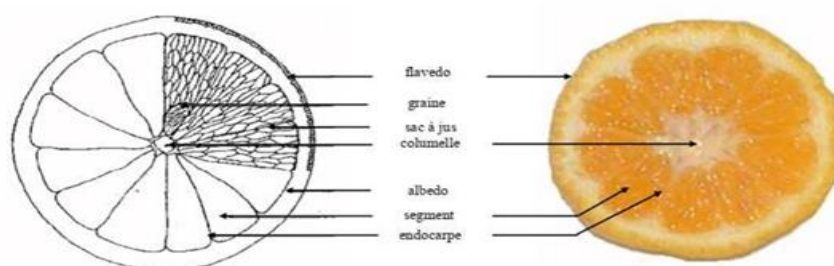


Figure 1.3 Coupe équatoriale d'une orange (d'après Huet, 1991)

I.6.4.2 Les espèces et les principales variétés :

L'orange fait partie du genre *Citrus* de la famille des Rutaceae. Le genre *Citrus* contient deux espèces d'orange. La première, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, correspond aux oranges douces, la deuxième, *Citrus aurantium* L'aux oranges amères. Ces dernières sont également appelées bigarades, elles sont peu comestibles et leur utilisation est principalement réservée à la production de marmelades ou d'huiles essentielles. (KIMBALL, 1999).

Les oranges douces *Citrus sinensis* (L.) Osbeck sont les plus consommées. Elles sont utilisées « en fruits » et certaines variétés servent à l'élaboration des jus (SAUNT, 1990).

Parmi cette espèce, trois catégories principales sont communément dénombrées :

I.6.4.3 - les oranges navels :

Caractérisées par une excroissance « ombilic » ou « navel » en anglais dans leur partie inférieure et une quasi absence de pépins. Ces oranges sont les plus consommées en fruits de bouche. D'après SAUNT (1990), elles sont moins juteuses que la plupart des autres variétés et elles développent une certaine amertume lors du pressage ce qui peut les rendre impropres à une production de jus.

I.6.4.4 - les oranges blondes :

Dont la principale variété est la Valencia, première variété commerciale de tous les types d'agrumes. Celle-ci peut être rencontrée dans toutes les zones principales de production d'oranges (KIMBALL, 1999). Les oranges blondes développent beaucoup moins d'amertume que les oranges navels lors de leur pressage. Elles sont donc principalement transformées en jus.

I.6.4.5- les oranges sanguines :

Caractérisées par leur chair colorée due à des pigments rouges, des anticyclones. Ceux-ci sont sensibles aux techniques d'extraction des jus et au stockage du jus, et leur dégradation peut donner

une couleur brune indésirable au produit.

Une dernière catégorie, mineure, peut également être décrite, il s'agit des oranges faiblement acides, encore appelées oranges douceâtres. Ces oranges sont consommées en fruits de bouche. Les principales variétés des catégories navels, blondes, sanguines et douceâtres, lieux de production et utilisation principale sont présentées dans le Tableau I.

Les variétés les plus importantes utilisées pour la fabrication de jus sont Hamlin, Pineapple, Valencia et Pera. Ces oranges appartiennent à la catégorie des oranges blondes. FELLERS (1985) a classé les diverses variétés d'oranges en ordre décroissant selon des critères sensoriels. Les oranges Valencia sont classées premières (donc présentées comme produisant le meilleur jus), suivies des oranges brésiliennes Pera puis des oranges Pineapple et Hamlin. Néanmoins, la qualité du jus d'orange dépendra également d'un grand nombre d'autres facteurs comme le climat, les conditions de culture, le processus de maturation des fruits et le procédé de fabrication du jus.

Tableau I.1 Principales variétés d'oranges de l'espèce *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck : lieux de production et utilisation courante (d'après SAUNT, 1990) :

Oranges <i>Citrus Sinensis</i> (L.) Osbeck			
Catégorie	Variété	Lieu de production	Utilisation principale
Navels	Bahianinha	Brésil	Fruits de bouche
	Navelate	Espagne, Maroc, Afrique du Sud	
	Naveline	Espagne, Portugal, Maroc	
	Washington ou Bahia	Brésil, Californie, Floride, Mexique, Région Méditerranéenne	
Blondes	Valencia	Espagne, Argentine, Australie, Californie, Floride, Maroc, Afrique du Sud, Uruguay, Brésil, Israël	Jus
	Pera	Brésil	Jus
	Pineapple	Floride, Argentine, Brésil, Mexique, Inde	Jus
	Hamlin	Brésil, Floride, Maroc, Turquie, Chine	Jus et Fruits de bouche
	Shamouti	Israël, Turquie, Afrique du Sud, Egypte, Chine, Inde	Fruits de bouche
	Maltaise	Tunisie, Maroc	Fruits de bouche
Sanguines	Moro	Italie, Sicile	Jus
	Sanguinelli	Espagne	Fruits de bouche
Douceâtres	Succari	Egypte	Fruits de bouche
	Lima	Brésil	

I.6.4.6 Composition et valeur nutritive :

Les oranges présentent une composition diversifiée. Elles contiennent très peu de lipides, de protéines et de fibres (tableau I) et elles représentent une excellente source de vitamine C mais seulement une bonne source des vitamines A (rétinol), B3 (nicotinamide), B5 (acide pantothénique), B6 (pyridoxine) et E (tableau II)

Tableau I.2 : Composition chimique des oranges douces et des oranges amères (SOUICI et al., 1994) :

Composant (g)	Moyenne*	Intervalle
Eau	85,70	84,30-87,20
Protéines	1,00	0,80-1,30
Lipides	0,20	0,10-0,37
Glucides	8,25	-
Fibres	1,60	-
Acides organiques	1,13	-
Minéraux	0,48	0,38-0,57

I.6.4 .7 Jus de fruits

Le jus de fruits est le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface post-récolte appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la Commission du Codex Alimentarius.

Certains jus peuvent être obtenus à partir de fruits comprenant des pépins, graines et peaux qui ne sont pas habituellement incorporés dans le jus, bien que des parties ou composants de pépins, de graines et de peaux impossibles à retirer par des bonnes pratiques de fabrication (BPF) soient acceptés. Le jus est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles des jus du fruit dont il provient. Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés. De la pulpe et des cellules obtenues par des moyens physiques adaptés à partir du même type de fruits peuvent être ajoutées.

Un jus simple est obtenu à partir d'un seul type de fruit. Un jus mélangé est obtenu en Mélangeant deux ou plusieurs jus ou jus et purées obtenus à partir de différents types de fruits

(CODEX STAN 247, 2005).

Dans la sous filière des Jus de fruits, on retrouve 5 familles :

Tableau I.3 : Dénominations de jus de fruits et principales caractéristiques

Dénomination	Teneur en fruits	Autres ingrédients	Pasteurisation	Durée de vie	
Pur Jus ou 100 % Pur jus	frais	100 %	Non	non	1 semaine
	réfrigéré	100 %	Non	oui	4 à 5 semaines
	ambiant	100 %	Non	oui	12 mois
Jus de fruits à base de jus concentré	réfrigéré	100 %	eau de reconstitution : oui sucre : rarement utilisé, autorisé avec mention obligatoire	oui	4 à 5 semaines
	ambiant	100 %	eau de reconstitution : oui sucre : rarement utilisé, autorisé avec mention obligatoire	oui	jusqu'à 12 mois
Nectar	réfrigéré	25 à 50 % mini	eau : oui sucre : autorisé avec mention obligatoire	oui	3 à 4 semaines
	ambiant	25 à 50 % mini	eau : oui sucre : autorisé avec mention obligatoire	oui	12 mois

I.6.5 Procédé de fabrication du jus d'orange

L'industrie du jus d'orange comporte un grand nombre d'opérations qui peuvent se regrouper en trois filières : la production agricole, l'industrie d'extraction et de conditionnement et la filière de stockage, transport et commercialisation du jus conditionné.

La figure 2 présente les différentes étapes de fabrication d'un pur jus d'orange et d'un concentré à partir de l'étape d'extraction du jus. Les paragraphes suivants donnent les caractéristiques générales de chacune de ces étapes.

I.6.6 Matières premières

La qualité du jus d'orange dépend largement des propriétés des oranges utilisées dans sa fabrication. À leur tour, ces propriétés sont tributaires d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels, la variété des oranges, le climat, la régie de fertilisation des orangers et le processus de maturation des fruits sont les plus importants (HENDRIX et REDD, 1995 ; NAGY et SHAW, 1990 ; RAMANA et al., 1981).

Plusieurs variétés d'oranges sont utilisées pour la production de jus. On compte, parmi les plus importantes : Hamlin, Parson-Brown (récoltées durant le mois d'octobre et jusqu'en janvier) et Pineapple (récoltée du début de décembre jusqu'en mai), qui constituent le groupe de variétés hâtives (Early-Mid) ; Valencia » et, en moindre mesure, Washington Navel (récoltées du début de février jusqu'en juillet) constituent le groupe de variétés tardives (Late). À ces variétés s'ajoutent les oranges cultivées dans l'hémisphère sud, notamment les cultivars « Pera » originaires du Brésil. Chaque variété d'oranges produit un jus dont les propriétés physiques, chimiques et sensorielles lui sont spécifiques. FELLERS (1985) a classé les diverses variétés d'oranges en ordre décroissant de la richesse de leur flaveur, la texture de leur pulpe et l'équilibre entre leur acidité et leurs solides solubles. Ainsi, les oranges « Valencia » produisent, de loin, les meilleurs jus, suivies des oranges d'origine brésilienne (« Pera Natal », « Pera Rio » et « PeraCoroa »), des oranges « Navel » (plus appréciées comme fruit frais), « Pineapple » et « Hamlin » et la dernière place revient aux oranges « Parson ». Cependant, comme il sera montré plus loin, la flaveur du jus obtenu à partir des diverses variétés d'orange est aussi influencée par les procédés d'extraction et conditionnement et par la durée et les conditions d'entreposage du jus.

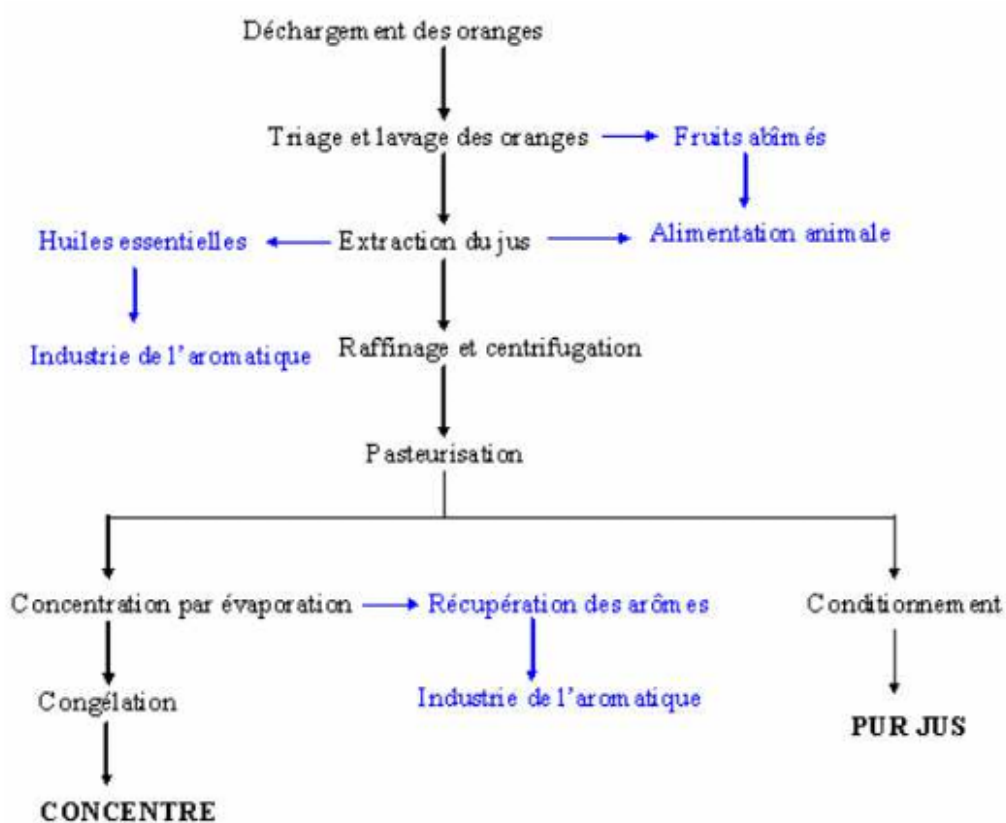


Figure I.4. Procédé de fabrication du pur jus d'orange et du concentré d'orange (en bleu : valorisation de sous-produits)

I.7 Propriétés des Légumes

Etymologiquement le terme légume est attesté en français depuis 1531 selon le Robert historique et vient du latin legumen, plante à gousse. Féminin à son origine, il a d'abord désigné les graines de légumineuses et de céréales anciennement la base de l'alimentation végétale les légumes sont les parties comestibles d'une plante y compris les tiges, les racines, les tubercules, les feuilles, les bulbes, les fleurs et les fruits. Généralement, ils sont consommés crus ou cuits.

La grande variété des légumes rend leur classification difficile. Deux classifications sont actuellement retenues: la classification botanique (en fonction de la partie comestible) et la classification culinaire (en fonction du mode de consommation) (Amoah et al., 2006).

Dans le langage culinaire, « légume » s'oppose à « fruit », mais dans certains cas le même produit peut être cuisiné ou consommé soit comme légume soit comme fruit. Il s'oppose aussi à plante condimentaire, dont l'usage culinaire est différent, même si ce sont également des plantes potagères. Dans le domaine de la cuisine et de la gastronomie, « légume » peut également avoir une acception plus large, désignant « tout aliment non carné et non sucré accompagnant un plat de viande ou de poisson au cours d'un repas ». Ce sont en outre généralement des « fruits » au sens botanique qui constituent l'accompagnement dans ces plats salés particuliers dits « sucrés-salés » (cuisine sucrée-salée). Mais le terme « légume » peut aussi avoir un sens plus restreint quand il ne concerne pas certains féculents (pomme de terre, riz...), la viande ou le poisson étant typiquement accompagné de « légume » et de féculent. (Amoah et al., 2006).



Figure I. 5 : Exemples de légumes utilisés

I.8 Propriétés Physiques des Légumes

a. **Forme et taille :**

La morphologie des légumes varie largement (rondes, allongées, aplaties...) et influence leur acceptabilité commerciale et leur aptitude au conditionnement.

b. **Poids et densité :**

Importants pour le transport, le stockage et la vente. La densité apparente donne des indications sur la teneur en eau.

c. **Couleur :**

Critère de fraîcheur et d'attrait visuel. Elle est liée à la présence de pigments naturels : chlorophylles (vert), caroténoïdes (jaune, orange), anthocyanes (rouge, violet).

d. **Texture et fermeté :**

La texture (croquante, tendre, fibreuse) et la fermeté sont des paramètres importants pour la consommation en frais et la transformation (conservation, surgélation).

I.9 Propriétés Chimiques des Légumes

a. **Teneur en eau :** Les légumes contiennent généralement entre 70 % et 95 % d'eau, ce qui influence leur conservation et leur valeur nutritionnelle.

b. **Glucides :** Présents sous forme de sucres simples (glucose, fructose) et de polysaccharides comme l'amidon ou la cellulose.

c. **Fibres alimentaires :** Les légumes sont riches en fibres solubles (pectines) et insolubles (cellulose, hémicellulose) qui jouent un rôle clé dans la digestion et la satiété.

d. **Acides organiques :** Contribuent à la saveur légèrement acide de certains légumes (acide oxalique, acide citrique).

e. **Composés phénoliques et antioxydants :** Responsables des propriétés fonctionnelles (antioxydantes, anti-inflammatoires).

f. **Minéraux et oligo-éléments :** Sources importantes de potassium, calcium, magnésium, fer et autres nutriments essentiels.

g. **Vitamines :** Les légumes sont riches en vitamines C, A (bêta-carotène), K, et folates

(vitamine B9).

I.10 Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des légumes

a. Faible apport énergétique :

Les légumes ont une faible densité calorique, adaptés à une alimentation saine.

b. Rôle protecteur pour la santé :

Grâce à leur richesse en antioxydants, fibres et micronutriments, ils contribuent à la prévention des maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète, certains cancers).

c. Effet hydratant :

La forte teneur en eau des légumes favorise l'hydratation de l'organisme.

d. Index glycémique bas :

La plupart des légumes ont un faible impact sur la glycémie.

I.11 Technologie de production simultanée de purée et de jus de tomates :

La tomate est l'un des fruit-légumes les plus consommés et très importante dans l'alimentation dans le monde entier (Boumendjel et al., 2012). Au plan nutritionnel, c'est une source de sels minéraux tels que Ca, K, Mg, Na, Fe et de vitamines comme A, B6, C, E (Boumendjel et Boutebba, 2003 ; Glouchkoff, 2010 ; Sawadogo et al., 2015). Ce fruit est très fragile et périssable à cause de sa teneur en eau qui est supérieure à 85%, ce qui est souvent à l'origine des pertes post-récolte.

Ces pertes peuvent atteindre plus de 40% dans beaucoup de pays Ouest africains où les industries modernes de production de concentré de tomates sont presque inexistantes (Dossou et al., 2007). Au Bénin comme dans de nombreux pays de l'Afrique de l'Ouest, la transformation artisanale de la tomate en purée est la forme de transformation /conservation la plus répandue pour réduire ces pertes post-récolte (Montcho, 2002). Mais cette transformation nécessite l'utilisation d'énorme quantité d'énergie (charbon de bois ou de gaz combustible) pour faire évaporer suffisamment l'eau contenue dans la tomate (Abdelkerim, 2014).

Par ailleurs, la production du jus de tomate est inexistante ou très peu connue dans nos pays Ouest africains ; en particulier, le Bénin. Dans les pays développés, ce jus de tomate est utilisé à la fois comme boisson ou comme condiment dans les restaurants (Abdelkerim, 2014). L'objectif de cette étude est de développer une nouvelle méthode de transformation de la tomate en purée et qui permet en même temps de récupérer son eau par pressage pour en faire le jus.

La mise au point de cette technologie permettra aux femmes transformatrices et aux petites unités de production de purée, de mieux valoriser la transformation de la tomate et de réduire de façon

significative la quantité d'énergie utilisée pour évaporer l'eau lors de la cuisson de la purée.

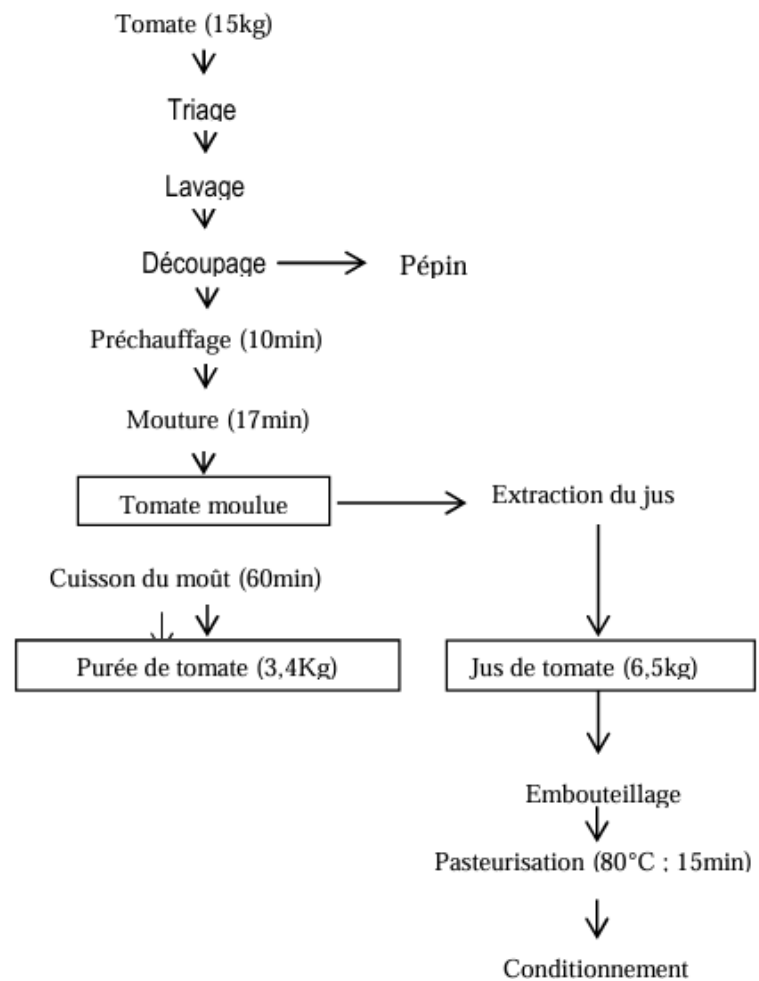
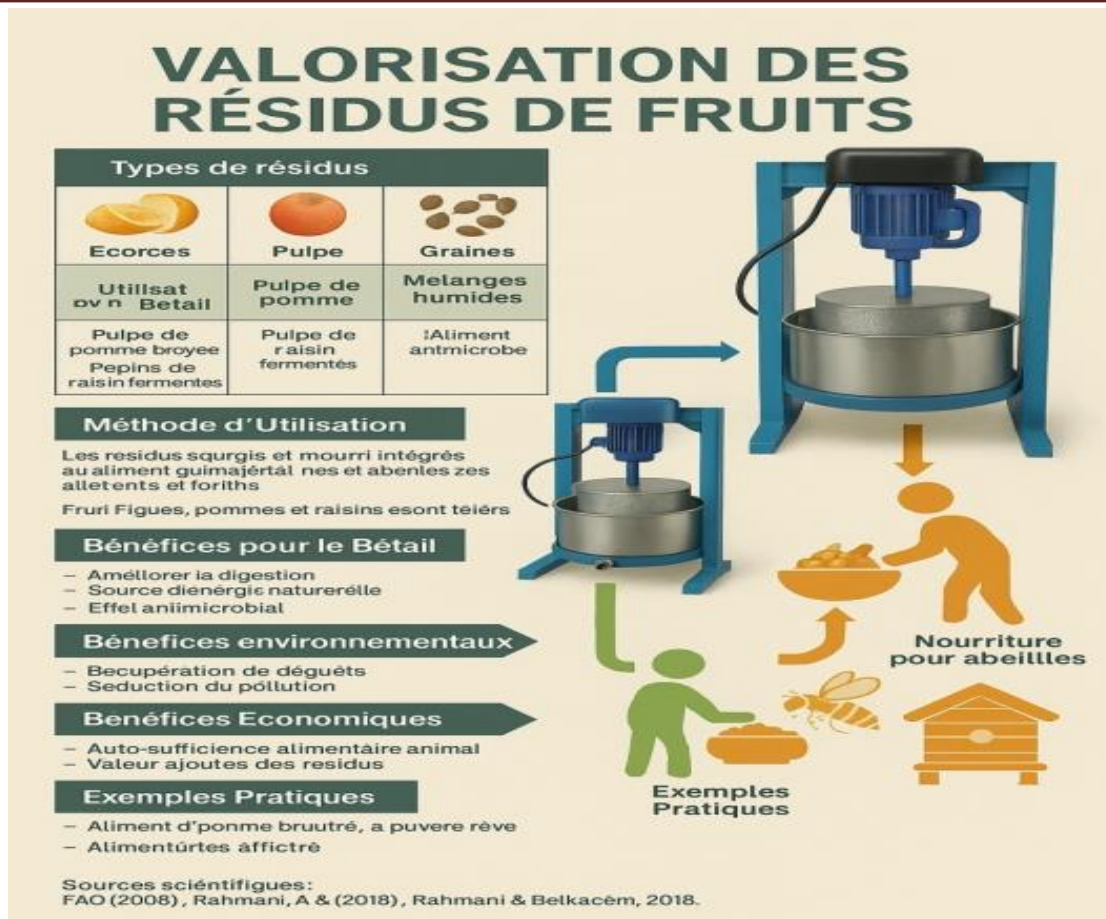


Figure I .6. Production simultanée de la purée et de jus de tomate.

I.12 Définition d'un déchet

Le mot déchet désigne un objet en fin de vie ou une substance résultante des processus ou transformations ou utilisation, qui ne présente plus utilité et qui est destiné à être éliminé. Un déchet est donc tout ce qui ne nous est plus utile et que nous décidons de jeter.

Pour mieux les traiter, les déchets sont classés par catégorie en fonction de leur nature, de leur provenance ou encore de leur caractère plus ou moins toxique. Voyons ensemble comment ils sont classés. (Toupanou, 2016)



FigurIII.7. Valorisation agroalimentaire des résidus de fruits pour l'alimentation animale et apicole []

I.12.1. Impact des déchets de fruits et légumes sur l'environnement

Depuis toujours, toutes les activités humaines produisent des déchets. Mais de nos jours, leur impact sur l'environnement n'est plus le même ; l'utilisation intensive et abusive des ressources et le rejet des déchets dans l'environnement contribuent à détériorer le milieu.

Chaque jour la pollution environnementale augmente, si l'on pouvait dire que les déchets produits avant la révolution industrielle étaient peu nombreux et pour la plupart biodégradables, ce n'est plus le cas aujourd'hui. Les déchets produits par les familles sont lourds, encombrants, variés et souvent toxiques ; leurs quantités sont toujours croissantes. (Boukria, 2018).

I.12.2. Les déchets de fruits(restes d'essorage)

Ce sont les déchets issus des fruits. Leur disponibilité dépend de la saison de ce dernier des différents fruits. Les plus souvent rencontrés sont les déchets issus des fruits suivants : ananas, bananes, mangues, oranges, litchis, pommes, poires, papayes, avocats.



Figure IV. 8. Résidus de fruits .

I.12.3. Types de résidus de fruits issus du pressage

Les fruits frais sont une source importante de nutriments, mais leur pressage génère une grande quantité de résidus organiques. Ces résidus, qui varient selon les types de fruits, sont riches en sucres, en fibres, en composés végétaux bénéfiques et parfois en huiles. Cela leur confère un fort potentiel de valorisation industrielle.

Tableau I.4: Types de fruit et leurs résidus après pressage:

Fruit	Types de résidus	Composants utiles
Grenade	Écorces, pulpe sèche, graines	Polyphénols, fibres, huiles, composés antimicrobiens
Raisin	Graines, pelures, pulpe humide	antioxydants (resvératrol), sucres
Orange	Écorces épaisses, pulpe, huiles essentielles	Pectine, huiles, vitamine C, fibres
Pomme	Pelures, pulpe, fibres alimentaires	Pectine, fibres, solubles, sucres
Figue	Pulpe, sèche, grains, sucres naturels	Sucres, rapides, fibres, antioxydants

I.12.4. Les déchets de légumes

Les déchets de légumes constituent une grande partie des déchets au sein des foyers ainsi que les restaurants et dans les marchés. Ayant une caractéristique biologique facile à dégrader, sa fermentation produit un rendement considérable à la production de biogaz. Ces déchets sont issus des carottes, pommes de terre, courgettes, aubergines, chouchoutes, choux, choux-fleurs, tomates, etc.



Figure V. 9. Déchets de légumes après essorage

Tableau I.5: *Types de légumes et leurs résidus après pressage*

Légume	Types de résidus	Composants utiles	Utilisation potentielle
Carotte	Pulpe sèche, fibres, pelures	Bêta-carotène, fibres, sucres	Aliments pour animaux, nutrition apicole, colorants naturels
Tomate	Pelures, pulpe aqueuse, graines	Lycopène, fibres, protéines végétales	Aliments pour animaux, extraction d'huile des graines
Céleri	Fibres, tiges fibreuses	Fibres insolubles, composés aromatiques	Suppléments alimentaires, aliments composés
Betterave sucrière	Pulpe humide, résidus de feuilles	Sucres, fibres, minéraux	Aliment énergétique pour bétail
Poivron doux	Pelures, graines, pulpe	Vitamine C, antioxydants	Aliments pour bétail, séchage naturel
Épinards	Feuilles broyées, tiges	Fer, calcium, fibres	Additifs dans l'alimentation animale

I.12.5. Utilisation des résidus de fruits dans l'alimentation animale

Les résidus solides issus du pressage sont utilisés pour fabriquer des aliments riches en fibres et en énergie. Ils sont séchés, broyés, puis mélangés à d'autres composants comme le son ou la farine de maïs.

I.12.5.1 Méthodes de préparation :

- ❖ Séchage (solaire ou thermique) pour éviter la fermentation.
- ❖ Broyage en poudre fine.
- ❖ Mélange avec d'autres ingrédients nutritionnels.

Exemples d'application :

Tableau I.6 : Exemples d'application de la valorisation des résidus de fruits et légumes[]

Secteur	Résidu valorisé	Méthode	Produit final / Usage
Industrie laitière	Pulpe de pomme	Séchage puis intégration dans les rations	Amélioration de la digestion des vaches laitières
Apiculture	Pulpe de figue	Séchage, broyage et mélange avec du sirop	Pâte énergétique pour abeilles en hiver
Agro-industrie	Écorces d'orange	Séchage et vente en vrac	Fourrage pour bovins et ovins
Transformation de raisin	Pépins de raisin	Extraction mécanique	Huile de pépins pour cosmétique et alimentation
Coopératives agricoles	Résidus mixtes (fruits et légumes)	Fermentation contrôlée	Complément alimentaire fermenté pour ruminants

I.12.5.2. Avantages pour les animaux :

- ❖ Amélioration de la digestion
- ❖ Renforcement de l'immunité.
- ❖ Amélioration de la qualité du lait ou de la viande.
- ❖ Réduction de la dépendance aux compléments chimiques.

I.12.6. Utilisation des résidus dans l'alimentation apicole

En période de disette (hiver ou sécheresse), les apiculteurs utilisent les résidus sucrés pour nourrir les abeilles.

I.12.6.1 Fruits les plus utiles :

- ❖ Figue : riche en sucres rapides.
- ❖ Grenade: propriétés antimicrobiennes.
- ❖ Raisin: antioxydants naturels.
- ❖ Pomme : facile à transformer en pâte.

I.12.6.2 Méthode de préparation :

- ❖ Séchage à moins de 45°C.
- ❖ Broyage en poudre.
- ❖ Mélange avec du sirop sucré ou du miel (1:3 ou 1:4).
- ❖ Distribution via nourrisseurs dans la ruche.

I.12.6.3 Bénéfices pour les abeilles :

- ❖ Renforcement immunitaire.
- ❖ Source d'énergie stable.
- ❖ Stimulation de l'activité des colonies.

I.12.6.4 Bénéfices environnementaux

- ❖ Réduction de la pollution organique.
- ❖ Baisse des émissions de gaz à effet de serre.
- ❖ Protection des sols et de l'eau.
- ❖ Promotion de l'agriculture durable.

I.12.6.5 Bénéfices économiques

- ❖ Réduction des coûts d'alimentation animale.
- ❖ Développement de nouveaux débouchés locaux.
- ❖ Appui aux petits producteurs et apiculteurs.
- ❖ Création de revenus à partir de déchets.

I.12.6.6 Exemples d'application

- ❖ Usines de jus utilisant les écorces séchées comme fourrage.
- ❖ Coopératives d'apiculteurs transformant la pulpe de figue.
- ❖ Production de concentrés de pommes pour l'élevage bovin.
- ❖ Extraction d'huile de pépins à partir de raisins ou grenades.

I.12.6.7 Valorisation des résidus et réduction de la pollution

La valorisation des résidus représente une opportunité écologique et économique. Elle permet:

- ❖ La protection de l'environnement.
- ❖ La création de valeur durable.
- ❖ L'innovation agro-industrielle.
- ❖ Le renforcement de la sécurité alimentaire.

I.13 Conclusion

L'étude approfondie présentée dans ce premier chapitre met en évidence le rôle crucial que joue de l'essorage dans la chaîne de traitement des fruits et légumes. Bien plus qu'une simple opération post-lavage, l'essorage constitue une étape déterminante pour garantir la qualité hygiénique, nutritionnelle et sensorielle des produits frais destinés à la consommation ou à la transformation industrielle. En réduisant efficacement l'humidité résiduelle, il contribue à ralentir la dégradation microbienne, à prolonger la durée de conservation et à améliorer l'efficacité des opérations en aval telles que le conditionnement, la surgélation, l'extraction ou la fabrication de jus.

Les différentes techniques d'essorage (centrifugation, pressage, déshydratation thermique ou lyophilisation) doivent être choisies en fonction des caractéristiques physico-chimiques des fruits et légumes, ainsi que des exigences industrielles. De même, la compréhension des propriétés physiques, chimiques, physiologiques et nutritionnelles de ces produits permet d'optimiser les procédés, de limiter les pertes et de valoriser au mieux les matières premières.

En parallèle, l'analyse de la valorisation des résidus issus de l'essorage a démontré que les déchets de fruits et légumes ne sont pas une contrainte, mais bien une ressource à fort potentiel. Leur utilisation dans l'alimentation animale ou apicole, ou encore leur transformation en produits à valeur ajoutée, représente une approche durable et bénéfique à la fois sur le plan économique, environnemental et social. Ainsi, l'essorage, couplé à une gestion intelligente des résidus, s'inscrit pleinement dans les enjeux actuels de durabilité, de sécurité alimentaire et d'économie circulaire dans le secteur agroalimentaire.

Chapitre II : Principes de fonctionnement des machines d'essorage

II Introduction

Les machines d'essorage jouent un rôle essentiel dans le processus de séparation liquide-solide, notamment dans l'industrie agroalimentaire où l'extraction du jus à partir des fruits et légumes est une étape clé. Le principe général de fonctionnement repose sur l'application d'une force – qu'elle soit mécanique, hydraulique ou centrifuge – afin de libérer le jus contenu dans la matière végétale, tout en retenant les parties solides (fibres, peaux, graines). Selon la technologie employée, les machines peuvent utiliser une pression directe (par piston ou vis), une accélération centrifuge, ou encore un mécanisme de compression continue sur bande. Ces différentes approches visent à maximiser le rendement d'extraction tout en préservant les qualités nutritionnelles et organoleptiques du jus obtenu. La compréhension des principes physiques sous-jacents (pression, filtration, écoulement, résistance du gâteau) est cruciale pour optimiser le fonctionnement de ces équipements et adapter leur usage selon le type de matière première traitée.

II.1 Différents types de machines d'essorage

Il existe plusieurs types de machines d'essorage utilisées dans l'industrie agroalimentaire, chacune étant conçue en fonction du produit à traiter, du rendement souhaité et du niveau d'automatisation requis. Parmi les principaux types, on distingue :

1. Essoreuses centrifuges

- **Principe** : Rotation rapide qui utilise la force centrifuge pour expulser l'eau.
- **Applications** : Fruits, légumes, linge, plastiques recyclés.
- **Exemples** : Essoreuse à paniers, tambour perforé

2. Essoreuses à vis (ou presses à vis)

- **Principe** : Une vis sans fin pousse le produit contre une grille, ce qui expulse le liquide.
- **Applications** : Fruits à jus, déchets organiques, boues.
- **Avantage** : Travail continu et peu énergivore.

3. Filtres-presses

- **Principe** : Le liquide passe à travers un tissu filtrant sous pression, laissant le solide retenu.
- **Applications** : Boues industrielles, jus, produits chimiques.
- **Utilité** : Très efficace pour séparer liquides/solides.

4. Essoreuses pneumatiques

- **Principe** : Utilisent de l'air comprimé pour presser le produit et évacuer l'eau.
- **Applications** : Textiles délicats, industries alimentaires spécifiques.

5. Essoreuses thermiques ou à air chaud

- **Principe** : Combinaison de l'air chaud et du mouvement pour sécher.
- **Applications** : Fruits tranchés, herbes, algues.
- **Remarque** : Souvent utilisées comme étape après un premier essorage mécanique.

II.1.1 Forces utilisées : centrifuge, gravité, pression

A. Essorage centrifuge :

L'essorage centrifuge est un procédé de séparation solide-liquide qui repose sur l'application d'une force centrifuge pour extraire le liquide libre et interstitiel d'un gâteau de filtration. Il est couramment utilisé dans l'industrie agroalimentaire, chimique et pharmaceutique.

Michele Robatel

A.1. Phases du processus d'essorage

Phase initiale : extraction du liquide libre, pression hydrostatique quasi constante.

Phase secondaire : essorage du liquide résiduel contenu dans le gâteau, avec augmentation de la résistance.

Phase de déchargement : extraction mécanique du gâteau sec (grattoir ou dispositif automatique). (selon Robatel)

A.2. Recommandations à l'échelle industrielle

La géométrie du panier (rayons) influe fortement sur la performance. Une vitesse de rotation élevée augmente ΔP mais doit être maîtrisée. Il faut distinguer les effets hydrostatiques (pression) des effets centrifuges (force radiale). Les essais en laboratoire doivent être interprétés avec prudence : ils n'incluent pas toujours l'effet centrifuge réel

B. Essorage par gravité

B.1 L'extraction du jus par gravité Définition

L'extraction par gravité est une méthode douce et naturelle d'obtention de jus, reposant uniquement sur le poids propre des fruits et l'écoulement libre du liquide sans apport de pression

mécanique ou centrifuge. Elle est surtout utilisée dans des contextes artisanaux, semi-industriels, ou pour préserver les qualités organoleptiques du jus. ---

B.2 Principe de fonctionnement

Lorsqu'un fruit est découpé ou broyé, les cellules végétales sont rompues. Si on laisse cette matière dans un récipient perforé ou un filtre, les liquides internes (jus) s'écoulent spontanément vers le bas, sous l'effet de la gravité. Ce mécanisme est lent mais permet : de préserver les arômes naturels, de réduire l'oxydation, d'éviter le chauffage ou la friction mécanique.

B.3 Étapes du procede

Préparation des fruits : lavage, tri, découpe ou broyage léger.

Mise en cuve filtrante : dépôt dans un panier perforé en inox.

Égouttage spontané : le jus s'écoule lentement dans un récipient collecteur placé en dessous.

Récupération et filtration finale : élimination des résidus fins ou fibres restantes.

B.4. Avantages

Aucune énergie mécanique nécessaire. Méthode silencieuse et éco-responsable. Jus de qualité supérieure, sans altération thermique. Applicable aux fruits tendres et riches en eau (raisin, fraises, figues, etc.).

B.5. Inconvénients

Débit très faible par rapport aux méthodes mécaniques. Temps d'égouttage long. Nécessite une matière première très mûre pour un bon rendement.

B.6. Applications

Production artisanale de jus de raisin ou de figue. Utilisée comme étape préalable à une extraction mécanique (pré-égouttage). Intégrée dans les machines mixtes à double fonction (gravité puis pression)

Cette technique de pressurage offre sans doute de nouveaux aspects intéressants. Avant tout, elle nous laisse la conviction qu'un travail automatique et continue de la matière première sera possible si les constructeurs s'occupent d'une manière intense du problème. La presse décrite est prévue pour des fruits et des baies et se trouve déjà depuis plusieurs années à l'essai pour les différents fruits et en constante amélioration.

C. Pression

La nouvelle « presse excentrique » peut être considérée comme une combinaison de filtre et de presse. Elle se compose d'un cylindre vertical de faible hauteur avec une chemise perforée d'un diamètre d'environ 90-180 cm. A l'intérieur est fixé d'une façon excentrique un deuxième cylindre

presque aussi haut et possédant également une chemise perforée. Les perforations des deux cylindres sont couvertes d'une fine toile métallique ou d'une toile à filtrer.

Le cylindre intérieur est fixé de manière qu'il se rapproche de l'extérieur à un endroit jus-qu'à 3-9 mm. Le diamètre du cylindre intérieur atteint les 6/10-9/10 de celui de l'extérieur ; de cette façon la zone de rapprochement est plus ou moins longue et épaisse ce qui renforce la pression. La masse foulée est pompée dans l'espace cordiforme entre les deux cylindres et y perd déjà une grande partie de son jus qui subit ici déjà une pré filtration. Les deux cylindres se meuvent lentement et avec une vitesse constante dans le sens inverse d'une aiguille de montre. Le diamètre et la position du cylindre intérieur peuvent varier ; c'est ainsi que les conditions du pressurage peuvent s'adapter aux propriétés de la masse à presser. Les marcs tombent sur un tapis roulant et peuvent être immédiatement séchés.

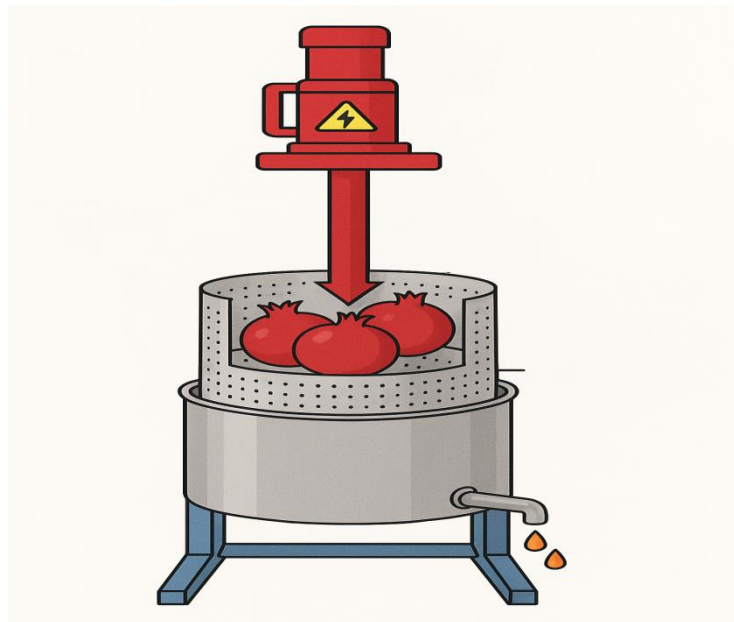


Figure II.1 Système de pression sur les fruits

Une solution techniquement déjà réalisée constitue le pressurage automatique à l'abri de l'air de l'ingénieur français Aenis-Hanslin (8). Elle a été développée en collaboration avec une entreprise de notre branche et peut être considérée comme un progrès intéressant. Une pompe aspirante-foulante alimente sous une pression élevée une ou deux cellules de pressurage super-posées d'environ 40 litres de contenance : dans ces conditions il se produit déjà une notable préextraction du jus ainsi qu'une filtration. Après quelques secondes, nécessaires pour le remplissage, commence le pressurage qui ne dure que 2 à 3 minutes et ensuite l'élimination auto-matique du gâteau de marc.

Dans l'installation de plusieurs presses ou par la construction de plusieurs cellules de pressurage, on peut obtenir une extraction complètement automatique.

Les pressions employées doivent être approximativement de même grandeur que pour les presses à toiles et à clayons.

L'extraction rapide d'un jus empêche pratiquement toute oxydation. La construction permet, en outre, d'éviter le contact avec l'air. On m'a signalé que le pressoir qui se trouve actuellement dans une fabrique dans le nord de la France a un rendement d'environ une tonne par heure. Par l'agrandissement et le dédoublement des cellules de pressurage il serait possible de porter son rendement sans difficultés à plus de deux tonnes.

II.2. Importance des méthodes d'extraction du jus

Les différents types de fruits, de par leur nature, leur forme, leur taille, leurs caractéristiques de récolte, etc., peuvent nécessiter un traitement spécifique lors de leur transformation. Dans tous les cas, cependant, l'opération comprend plusieurs étapes : obtenir des fruits à maturité optimale, extraire le jus de la manière la plus efficace possible, puis, si nécessaire, traiter le jus avec des enzymes (par exemple, des pectolases et des cellulases) pour le clarifier, suivi d'une filtration appropriée avant la concentration et le conditionnement ou le stockage.

Pour les agrumes, dont la peau extérieure, ou épicarpe, est une structure composite contenant certaines substances aromatisantes, il serait préjudiciable à la qualité du jus de soumettre le fruit à une pression directe, comme c'est le cas pour les fruits charnus, c'est-à-dire les fruits rouges, les fruits à pépins et les fruits à noyau. Avant d'être traités pour la séparation du jus, les fruits à noyau doivent d'abord être séparés de leurs noyaux, ou noyaux, afin de faciliter leur manipulation et d'éviter des notes indésirables dans le produit fini. Les noyaux peuvent être traités ultérieurement pour produire des huiles fixes destinées à l'industrie cosmétique et des glycosides à partir desquels peuvent être obtenus d'autres ingrédients aromatisants naturels, tels que le benzaldéhyde, une caractéristique du massepain, les arômes d'amande, etc.

II.2.1. L'extraction par gravité

Est une méthode naturelle et douce qui préserve les composants sensoriels et les vitamines. Elle est surtout utilisée dans les procédés artisanaux ou pour obtenir des jus haut de gamme sans traitement thermique ou mécanique.

II.2.2. L'extraction par pression mécanique

Est la plus répandue dans l'industrie. Elle permet d'extraire de grandes quantités de jus avec un bon rendement, tout en contrôlant la force et la vitesse de pression. Elle convient particulièrement aux fruits à structure ferme comme la pomme ou la grenade.

II.2.3. L'extraction par centrifugation

Bien que la pression directe ait été jusqu'à présent une méthode de traitement évidente, la séparation centrifuge du jus à partir d'un flux continu de moût de fruits s'est récemment généralisée. La centrifugeuse décanteuse moderne peut être utilisée en conjonction avec un système de pressage comme étape préliminaire pour accroître le rendement, ou, lorsque deux unités sont utilisées, comme système de séparation complet, avec une étape primaire grossière, suivie d'une étape finale de clarification.



Figure II.2. Pressoir rotatif horizontal : Pressoir à fruits universel HP5000 (Bucher-Guyer)

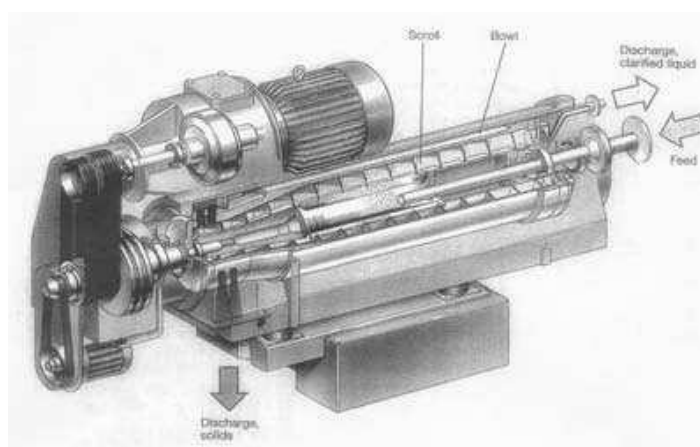


Figure II.3 Décanteur clarificateur (centrifugeuse à spirale horizontale).

Le décanteur est une centrifugeuse à spirale horizontale dotée d'un bol cylindro-conique à parois pleines pour la séparation continue des solides des suspensions (voir Figure II.3). La centrifugation présente un avantage particulier pour la production de jus troubles à concentration simple destinés à la consommation directe, car elle permet une meilleure définition de la granulométrie.

Généralement, pour le jus décanté, 60 % des particules en suspension sont inférieures à 1 M, contre environ 20 % pour le jus pressé. Ce dernier est donc plus exposé à l'instabilité et à la sédimentation. Il convient de noter que le facteur principal de la production de jus « naturellement troubles » est la vitesse de transformation et que, pour garantir la stabilité, l'extraction doit être immédiatement suivie d'une pasteurisation afin de désactiver les enzymes naturellement présentes dans le fruit. Les décanteurs sont également utilisés dans la production de purée de fruits, où l'objectif est de n'éliminer que les particules indésirables telles que les pépins, les fragments de rafles, les fragments de peau et les tissus grossiers, afin de répartir uniformément la chair du fruit broyé dans le jus. En réglant les paramètres de la machine en conséquence, les composants indésirables peuvent être éliminés sélectivement du flux liquide de purée.

Les décanteurs sont fréquemment utilisés en conjonction avec des centrifugeuses à disques pour la pré-préparation des jus clairs et des concentrés de jus. Le traitement initial par décanteur produit un jus partiellement clarifié avec un faible taux de solides en suspension. Cette étape est suivie d'une étape de clarification à l'aide d'un disque, au cours de laquelle les solides sont rejetés du flux de jus vers un espace de rétention des solides, d'où ils sont automatiquement évacués dès qu'un niveau optimal de solides est atteint (voir figure 3.6).

II.3. Fabrication du jus de fruits

L'obtention de jus de fruits prêts à consommer nécessite une succession d'opérations unitaires qui doivent être optimisées pour assurer un niveau de production suffisant sans nuire ni à la qualité, ni à la sécurité. La fabrication de jus de fruits de la NCA Rouiba passe par des grandes étapes successives de la production. Sélection, lavage, calibrage à leur réception à l'usine, les fruits, supposés cueillis à bonne maturité, sont généralement stockés quelques jours dans des conditions limitant leur altération, le temps de stockage dépend du type de fruits.

II.3.1. Méthode de pressage des fruits

L'extraction du jus par pression mécanique dans la machine se fait grâce à l'application d'une force verticale exercée par une plaque de compression entraînée par un moteur électrique fonctionnant en 220 V. Une fois les fruits placés dans un panier perforé en acier inoxydable, le moteur active le mécanisme qui fait descendre progressivement la plaque sur la masse de fruits. Cette pression casse les cellules végétales, permettant à la pulpe d'en libérer le jus. Le liquide s'écoule à travers les perforations du panier et est recueilli dans un réservoir inférieur, tandis que les résidus solides restent en surface, prêts à être retirés ou séchés. L'efficacité de cette opération dépend de plusieurs facteurs, notamment le type de fruit, la force appliquée, la conception du panier et le diamètre de ses perforations, qui influencent tous le rendement et la qualité du jus obtenu.

II.3.2. Comment fonctionne la machine

La machine développée dans le cadre de ce projet s'inspire du principe de fonctionnement des presses industrielles avancées, telles que celles produites par la société suisse Bucher-Guyer, tout en étant adaptée aux unités artisanales ou semi-industrielles. Elle se compose d'une chambre cylindrique horizontale contenant un panier perforé en acier inoxydable, dans lequel est introduit un mélange de fruits préalablement broyés (comme la figue, la grenade, le raisin, etc.). Le système de pressage repose sur une plaque de compression mobile, actionnée par un moteur électrique monophasé (220 V), qui applique une pression verticale, progressive et contrôlée sur la matière. Cette pression permet d'extraire efficacement le jus, lequel s'écoule à travers les perforations du panier pour être récupéré dans une chambre inférieure munie d'un tuyau de vidange. Principe de fonctionnement en cycle À l'image des presses industrielles, la machine fonctionne par cycles successifs : remplissage du panier avec une charge de pulpe, phase de pressage, collecte du jus, puis retrait des résidus secs. Ce fonctionnement par lots permet d'éviter l'accumulation de marc et de maintenir une productivité continue, avec un nettoyage simplifié entre les cycles. Capacité et rendement Bien que sa capacité soit inférieure à celle d'un modèle industriel comme la HPX 5005i (qui peut traiter plus de 10 tonnes par cycle), la machine conçue ici permet d'extraire un jus de haute qualité à partir de plusieurs kilogram's de fruits par cycle, avec un rendement estimé entre 75 % et 90 %, selon le type de fruit et son degré de maturité

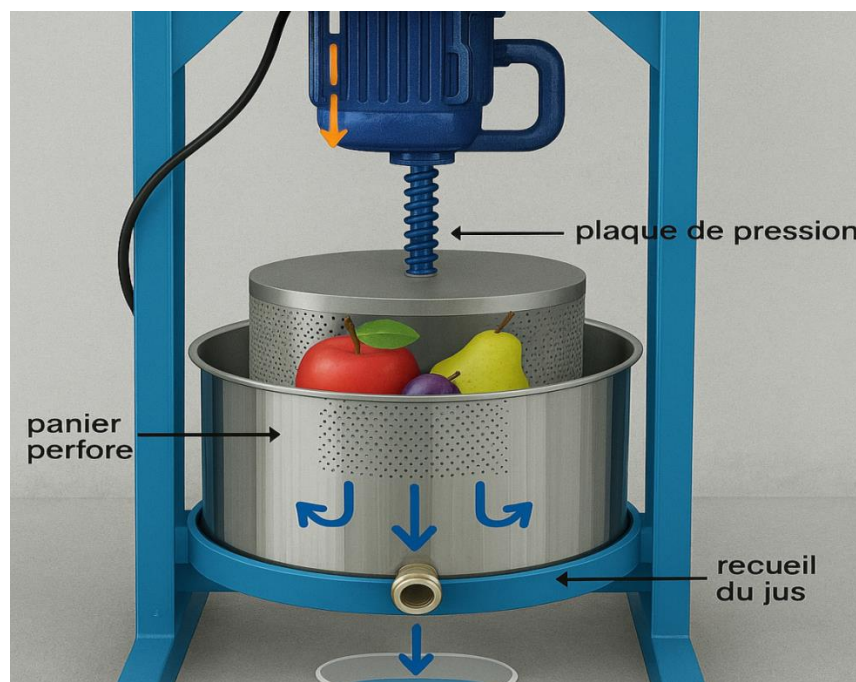


Figure II.4 : Style moderne dans la machine

II.4. Conclusion :

À travers ce chapitre, nous avons examiné en détail les différentes technologies d'essorage et les méthodes d'extraction de jus utilisées dans l'industrie agroalimentaire. L'analyse des systèmes basés sur la centrifugation, la gravité et la pression mécanique montre que chaque technique possède des avantages spécifiques selon le type de fruit, le niveau de transformation souhaité et les exigences de qualité.

L'essorage n'est pas seulement une étape technique, mais une opération stratégique qui influence directement la qualité microbiologique, nutritionnelle et sensorielle des jus obtenus. Il contribue aussi à l'efficacité énergétique et à la réduction des pertes dans les chaînes de production.

L'étude des principes de fonctionnement et des performances de la machine conçue dans le cadre de ce projet illustre l'importance d'une ingénierie adaptée aux contextes locaux et aux besoins réels des unités de transformation, qu'elles soient artisanales ou semi-industrielles.

En conclusion, la maîtrise des techniques d'extraction de jus est indispensable pour assurer une production durable, compétitive et conforme aux standards actuels de qualité, tout en répondant aux attentes des consommateurs et aux enjeux de valorisation des ressources agricoles.

ChapitreIII: Etude des composants des machines d'essorage

III.Introduction :

La performance d'une machine d'essorage repose autant sur son principe de fonctionnement que sur la qualité et l'intégration de ses composants mécaniques et électromécaniques. Ce chapitre est consacré à l'étude détaillée des éléments constitutifs de ces machines, dans le but de comprendre leur rôle, leur mode de fonctionnement et leur impact sur l'efficacité globale du système.

Les moteurs électriques, qu'ils soient monophasés, triphasés, à courant continu ou pas à pas, assurent le mouvement des pièces mécaniques de l'essoreuse. Leur choix dépend de plusieurs facteurs tels que la puissance requise, la précision du positionnement, la vitesse de rotation et le coût. Ces moteurs sont souvent couplés à des systèmes de réduction ou de transmission pour adapter le mouvement à la tâche souhaitée.

D'un point de vue mécanique, des composants comme les vis et écrous, les engrenages coniques ou encore les systèmes de translation jouent un rôle fondamental dans la transmission des efforts, la transformation du mouvement rotatif en mouvement linéaire, et la stabilité de la machine en fonctionnement. Leur conception doit prendre en compte des critères de résistance, de durabilité, mais aussi de facilité d'assemblage et de maintenance.

III.1. Moteurs utilisés :

Comme n'importe quelle machine notreessoreuse à besoin d'un moteur d'entraînement de l'axe du couvercle qui doit se déplacer vers le bas puis retourner à sa position initiale

III.1.1. Besoins en petits moteurs et actionneurs électriques

III.1.1.1 Contexte industriel

On peut distinguer les besoins en petits moteurs et actionneurs selon :

Le déplacement de pièces ou d'objets ;

Le positionnement ;

Les actions mécaniques, tels que l'usinage et le perçage.

Certains de ces besoins sont naturellement remplis systématiquement par des moteurs électriques, tandis que d'autres correspondent à une substitution progressive de solutions électriques à des solutions antérieures, notamment hydrauliques ou pneumatiques.

III.1.1.2. Considérations technico-économiques

Une grande partie des besoins en motorisation peut être satisfaite avec un compromis performance-

coût favorable aux solutions électriques tant la palette de possibilités conceptuelles de motorisation électrique est large et diversifiée. Cependant, certains champs d'application peuvent nécessiter l'emploi :

Soit de matériaux à haute performance, donc généralement coûteux, pour satisfaire notamment des contraintes de compacité ;

Soit de dispositifs mécaniques de conversion, tels que des réducteurs, qui peuvent induire des limitations de performances.

III.1.1.3. Conditions et domaines d'utilisation

III.1.1.3.1 Moteurs d'entraînement

On appellera moteurs d'entraînement les moteurs dont la mission principale est d'assurer un entraînement rotatif ou bien linéaire, soit de façon directe, soit indirectement à travers un dispositif mécanique de conversion. Ces moteurs sont bien souvent associés à un réducteur.

III.1.1.3.2 Moteurs pas à pas

Cette catégorie vise l'ensemble des moteurs dont la fonction est d'assurer un discrétisé d'une pièce ou d'une structure mobile (cf. article spécifique. (ABIGNOLI (M.) et GOELDEL (C.))

III.1.1.3.3 Servomoteurs

Les servomoteurs sont généralement des organes au sein d'un système asservi et ont pour fonction de traduire mécaniquement des consignes de positionnement d'une pièce ou d'un objet.

III.1.2. Concepts et techniques de conversion électromécanique

III.1.2.1 classification des Éléments :

On peut dire que, depuis l'invention des premiers moteurs électriques au dix-neuvième siècle, pratiquement tous les modes possibles de combinaison des trois composants essentiels (cuivre, air, fer) d'un moteur ou actionneur électrique ont été envisagés pour obtenir une conversion électromécanique. En outre, à la différence des moteurs de moyenne ou grande puissance qui présentent des conceptions relativement stabilisées et identifiées, le domaine des petits moteurs électriques a suscité un très grand foisonnement et une très grande diversité conceptuelle ; seules des contraintes économiques ou de faisabilité limitent l'imagination des concepteurs. En effet, dans des systèmes électromagnétiques, la génération d'un effort est généralement le résultat d'un couplage entre deux champs attachés, respectivement, à deux corps en mouvement l'un par rapport à l'autre. On peut, toutefois, tenter une classification des différentes structures rencontrées dans les petits moteurs électriques (figure 1), en sachant que d'autres modes de classification peuvent également

être envisagés (par exemple, sur la structure du stator) et que certains moteurs sont difficilement classifiables. Si l'on entreprend une classification fondée sur la nature et l'existence de champs magnétiques ou électrostatiques dans l'interface rotor-stator, on peut distinguer (figure III.1) :

les moteurs à courant continu et les moteurs universels, qui ont en commun de présenter des champs magnétiques d'entrefer non tournants et de nécessiter un collecteur mécanique ;

— les moteurs synchrones et asynchrones à champ magnétique d'entrefer tournant ;

— les moteurs piézoélectriques ;

— les moteurs électrostatiques dans lesquels la génération d'effort est fondée sur un couplage de champs de nature électro statique .FOURNET (G.)

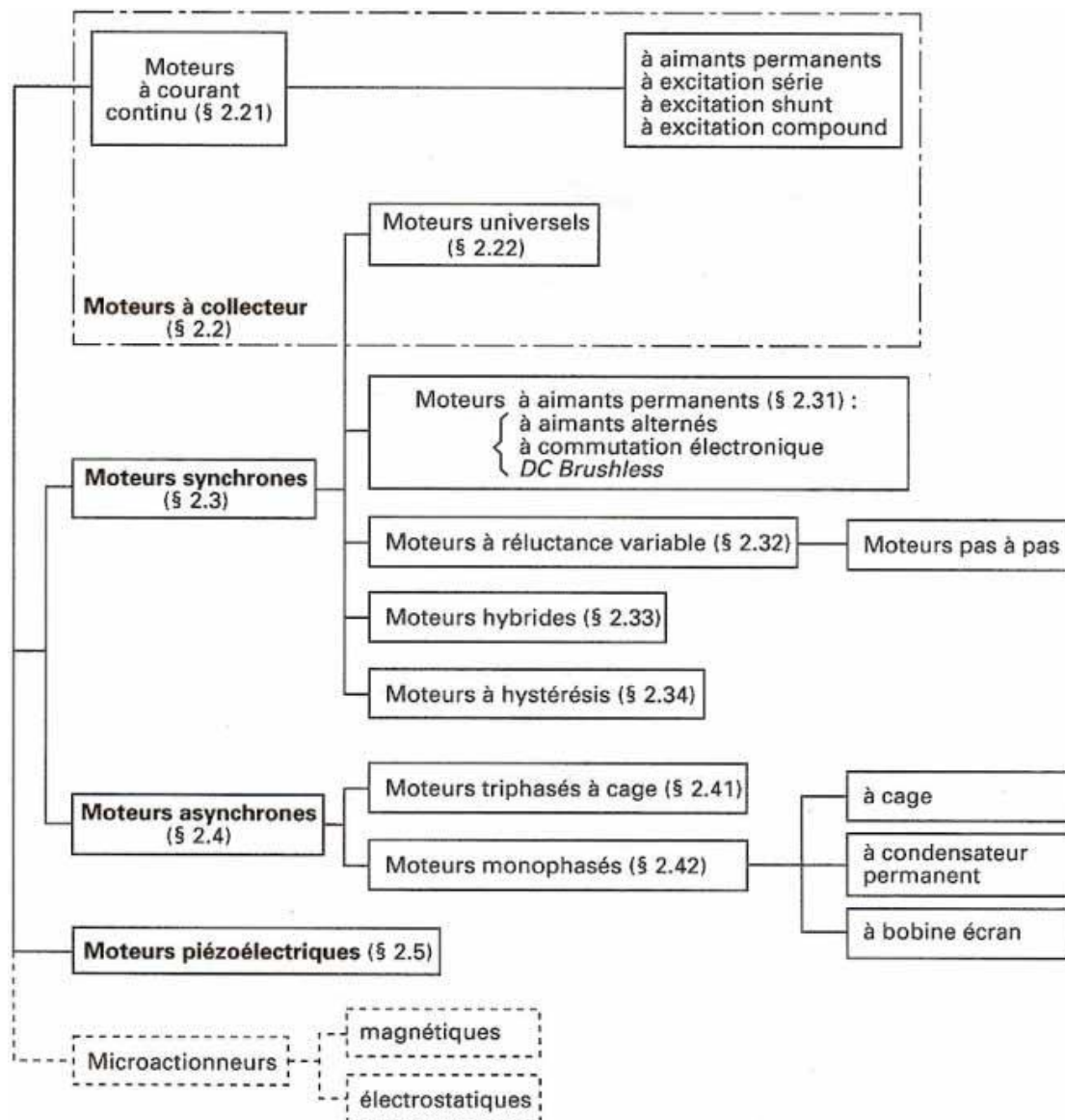


Figure III.1 – Classification des structures principales de petits moteurs électriques

III.1.3 Moteurs asynchrones

III.1.3.1 Moteur asynchrone triphasé à cage

Cette structure, constituée d'un stator bobiné, générant dans l'entrefer un champ tournant statorique, et un rotor à cage (autrefois appelé *en cage d'écureuil*) conduit à des moteurs particulièrement robustes.

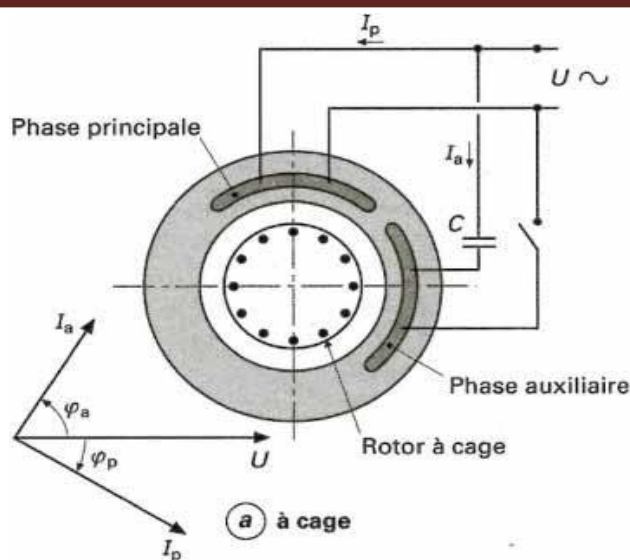
On peut, en particulier, concevoir des moteurs asynchrones triphasés destinés à des applications de type *moteur-couple*, dans lesquelles on privilégie les performances de couple à très basse vitesse

III.1.3.2 Moteur asynchrone monophasé

Dans cette structure (figure III.2), le champ monophasé unidirectionnel généré par un stator monophasé peut être décomposé en un champ tournant direct et un champ tournant inverse ; seul le premier contribue à la conversion d'énergie électromécanique. Les figures III.2a, **b** et **c** représentent, respectivement, un moteur à cage, un moteur à condensateur permanent et un moteur à bobine écran. Dans le moteur à cage (figure III.2a), une phase auxiliaire est prévue pour coopérer avec une phase principale en vue de générer un champ statorique diphasé. Cette phase auxiliaire n'est pas alimentée en permanence, des moyens d'interruption, sensibles par exemple à la vitesse du rotor, sont insérés en série avec la phase auxiliaire. Le condensateur *C* est utilisé pour générer un déphasage de l'onde de tension d'alimentation de la phase auxiliaire.

Un moteur asynchrone monophasé à condensateur permanent (capacité de l'ordre de la dizaine de microfarads) comprend une phase principale et deux phases de commande (figure III.2b),

une pour chaque sens de rotation. Un amplificateur à double voie alimente les deux phases de commande. Un moteur à bobine écran comprend un circuit magnétique (figure III.2c), agencé pour recevoir un rotor massif au sein d'une zone d'entrefer ; il comporte une bobine inductrice et des bagues de court-circuit ayant pour fonction de créer un déséquilibre du champ dans l'entrefer. Ce déséquilibre a pour effet de créer un champ tournant statorique et de provoquer un entraînement du rotor.



I_a courant dans la phase auxiliaire, décalé d'un angle φ_a en avant de la tension d'alimentation U
 I_p courant dans la phase principale, décalé d'un angle φ_p en arrière de U

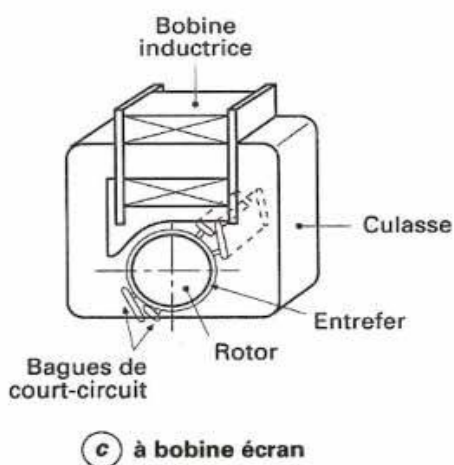
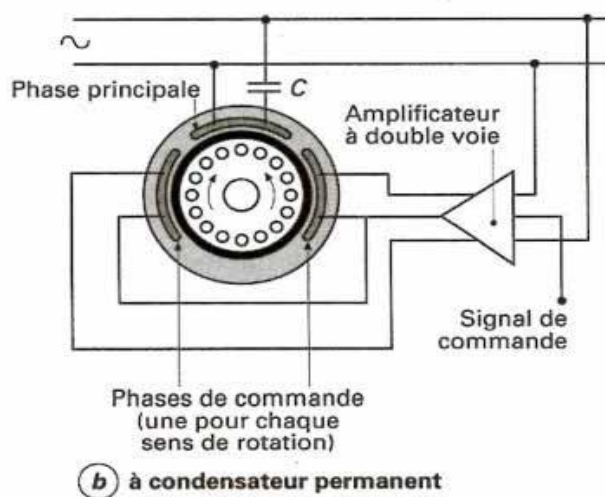


Figure III.2. – Structure de différents moteurs asynchrones monophasés

III.2. Les éléments utilisés pour la réalisation du mécanisme d'essorage :

III.2.1. Écrous

Un **écrou** est une pièce d'assemblage qui présente un trou taraudé destiné à se visser sur la partie filetée d'une vis, d'un corps de boulon ou d'un goujon pour réaliser ce qu'on appelle en mécanique un serrage (figure III.3).



Figure VIII.3 – Écrous.

Il existe un grand nombre d'écrous différents dont une partie est normalisée afin de répondre à des conditions d'utilisation particulières (sécurité, encombrement, manœuvre à l'aide d'un outil ou de la main, protection de l'extrémité de la vis [écrou borgne]).

Pour réaliser manuellement un taraudage, on a utilisé un outil appelé taraud monté sur une tourne à gauche (figure III.4)

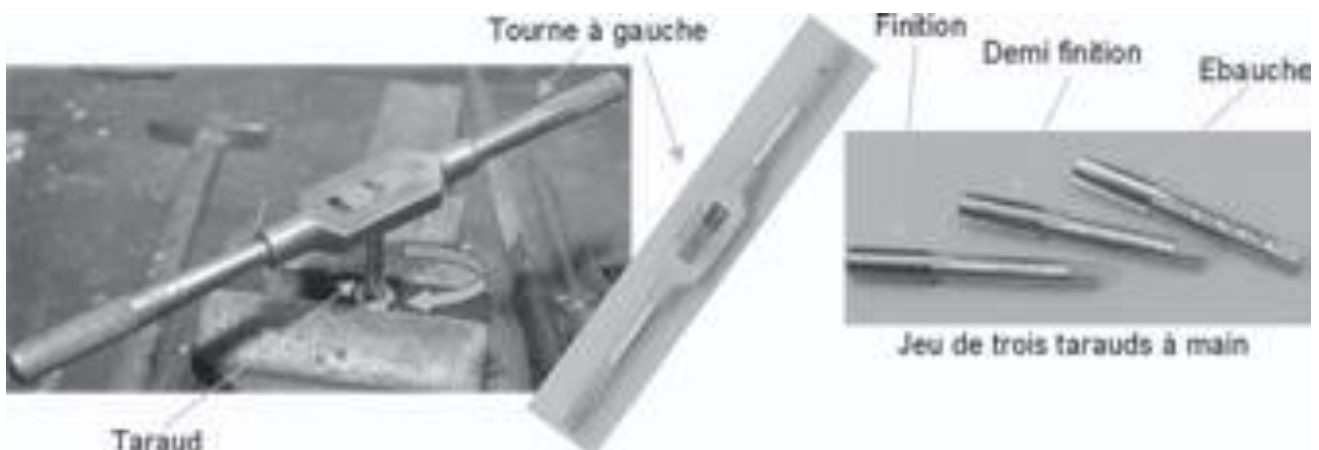


Figure III.4 Réalisation du taraudage.

En pratique, nous pouvons considérer que :

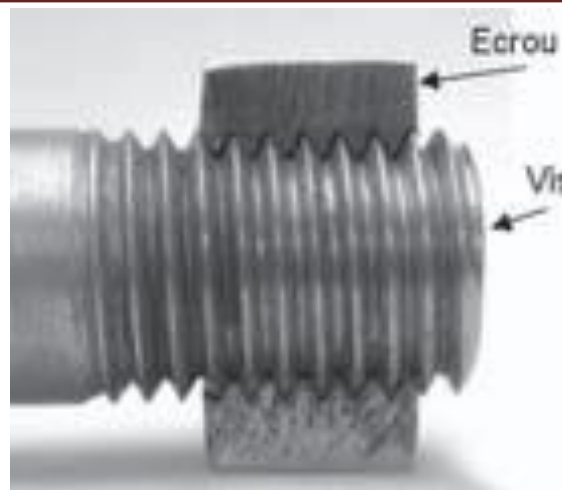
Tableau III.1. – Dimensions du pas et du diamètre de perçage.

Diamètre du taraudage (en mm)	Pas en (mm)	Diamètre du perçage en (mm)
3	0,5	2.5
4	0,7	3.3
5	0,8	4.2
6	1	5
8	1,25	6.75
12	1.75	10.25
16	2	14
20	2.5	17.5
24	3	21

III.2.2 Assemblages démontables ISO 6410

Pour qu'un écrou puisse être monté sur une vis, les deux éléments doivent avoir les mêmes caractéristiques (figure III.5) :

- pas identique ;
- diamètre nominal identique ;
- profil du filet identique ;
- sens de l'hélice et nombre de filets identiques.



FigureIII.5 Assemblage vis + écrou en coupe.

Le système (vis + écrou) permet de réaliser :

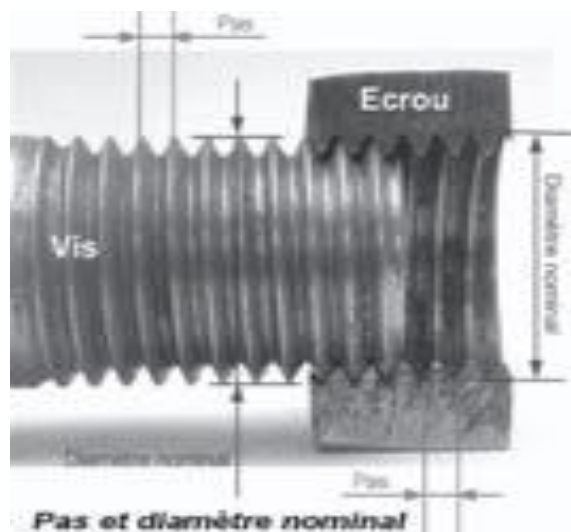
- des assemblages normalisés assurant des liaisons démontables ;
- des machines simples capables de transformer un mouvement circulaire en un mouvement rectiligne.

Le pas est la distance qui sépare deux sommets (ou deux creux) consécutifs d'une même hélice. Un tour de la vis par rapport à l'écrou correspond au déplacement de la valeur du pas de la vis par rapport à l'écrou. Soit pour une vis M 6 (pas de 1 mm), un tour de vis correspond à un déplacement de 1 mm.

Le diamètre nominal de la vis d est mesuré sur le diamètre extérieur de la vis.

Le diamètre nominal de l'écrou D est mesuré au fond du filet :

Condition de montage: $D = d$



FigureIII.6 Géométrie de l'assemblage.

III.2.3. Caractéristiques de taillage des engrenages coniques (renvois d'angle)

Ils sont souvent utilisés pour permettre le renvoi d'angle dans une direction désirée notamment pour des gains de place (différentiel d'automobile par exemple). La schématisation et les caractéristiques des engrenages coniques sont données figures III.7 à III.9.

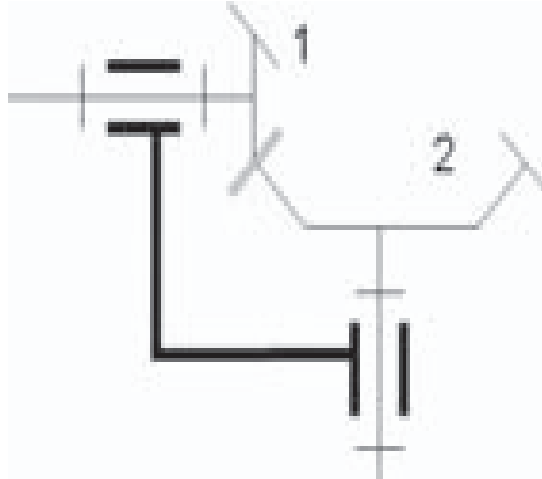


Figure III.7 – Schématisation du renvoi conique.



Figure III.8 – Engrenage conique.



Figure III.9 – Pignon conique.

III.2.4. Système vis et écrou NF ISO 2901

Il transforme la rotation en translation. Lors de la rotation, la vis entraîne l'écrou en translation

(figures III.10 et III.11). Le filet trapézoïdal transmet généralement la puissance. On utilise aussi souvent des vis à billes pour des transmissions précises.



Figure III.10– Système vis-écrou d'une plate-forme élévatrice.

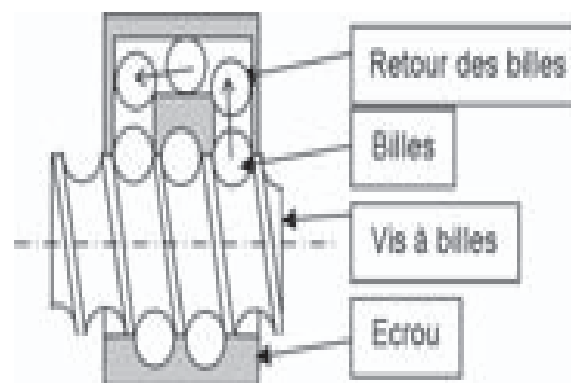


Figure III.11 – Vis et écrou à billes.

La figure III.12 montre la schématisation cinématique et représentation des angles.

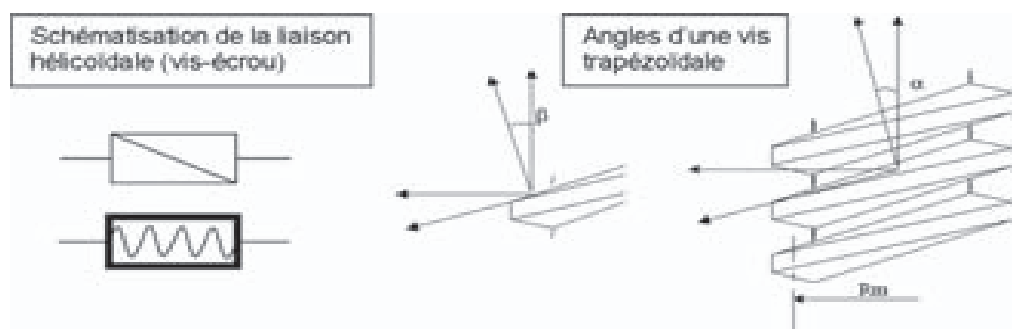


Figure III.12– Schématisation du système vis-écrou. α : angle d'hélice ; β : inclinaison du filet ; R_m : rayon moyen du filet.

La relation entre la vitesse de l'écrou par rapport au bâti ($V_{\text{écrou/bâti}}$ en m/s), la vitesse de rotation de la vis par rapport au bâti (en rad/s) et le pas de l'ensemble vis/bâti {vis + écrou} (mm) s'écrit :

$$V_{\text{écrou/bâti}} = \frac{\omega_{\text{vis/bâti}} P}{2\pi}$$

La relation entre la force de translation de l'écrou (en N), le couple $F_{\text{écrou}} \rightarrow \text{mécanisme}$ → de la vis (en N · m), le pas de l'ensemble {vis + écrou} (mm) et le rendement ($\eta_{\text{vis-écrou}}$ en %) s'écrit, en considérant une rotation motrice :

$$C_{\text{moteur} \rightarrow \text{vis}} = \frac{F_{\text{écrou} \rightarrow \text{mécanisme}} P}{2\pi \eta_{\text{vis-écrou}}}$$

Prenons l'exemple du système à vis trapézoïdale et écrou d'un cric d'automobile type Renault (figureIII.13). La vis et l'écrou permettent d'augmenter ou de diminuer la hauteur du losange du cric par une rotation de la vis. Ceci permet de lever une voiture pour remplacer sa roue.

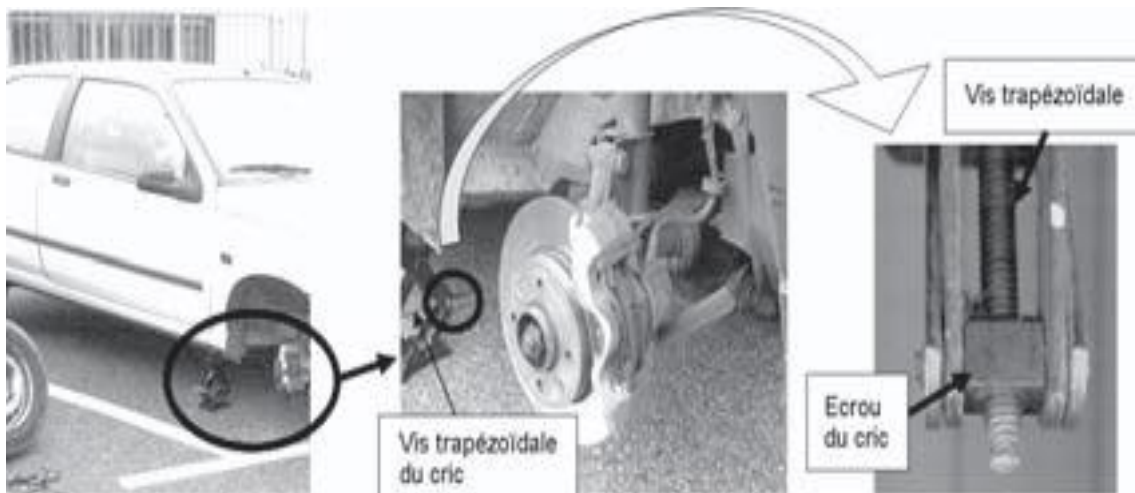


Figure III.13 – Exemple d'un Vis et écrou sur un cric d'automobile.

1 Position générale 2 travail horizontale de l'écrou 3-Vue agrandie de l'écrou

III.4. Conclusion :

Ce chapitre a permis d'explorer en profondeur les composants mécaniques et électromécaniques fondamentaux intervenant dans le fonctionnement des machines d'essorage. Le moteur électrique, élément central, assure l'entraînement de la mécanique de pressage grâce à une sélection rigoureuse entre différents types (moteurs asynchrones, moteurs à courant continu, servomoteurs, moteurs pas à pas), en fonction des besoins de couple, de précision et de coût.

Par ailleurs, l'étude des systèmes de transmission mécanique — notamment les vis et écrous, les engrenages coniques, et les dispositifs de conversion rotation-translation — met en évidence l'importance de la conception et du choix des matériaux pour garantir robustesse, fiabilité et efficacité énergétique. Ces éléments jouent un rôle essentiel dans la performance de l'essoreuse, influençant la régularité du mouvement, la qualité de l'extraction et la facilité de maintenance.

Chapitre IV :
Fabrication des boites
de conserve pour les
différents types de jus

IV. Introduction :

L'emballage joue un rôle fondamental dans la préservation, la protection et la commercialisation des produits alimentaires et des boissons. Au cœur de cette chaîne logistique, les boîtes métalliques – en particulier celles utilisées pour les jus et les boissons – constituent un type d'emballage incontournable de par leur robustesse, leur étanchéité et leur capacité à conserver les qualités organoleptiques du contenu.

Depuis leur apparition au XIX^e siècle, les boîtes métalliques ont connu une évolution technologique remarquable, tant au niveau des matériaux que des procédés de fabrication. Les progrès en métallurgie, en chimie des revêtements, ainsi qu'en automatisation industrielle ont permis de produire des emballages plus légers, plus résistants et surtout plus sûrs pour les consommateurs.

Les canettes et boîtes métalliques destinées aux jus et boissons sont majoritairement fabriquées à partir de deux matériaux principaux : l'aluminium et le fer-blanc. Ces matériaux sont choisis pour leur aptitude à la transformation, leur résistance à la corrosion et leur compatibilité avec des revêtements internes destinés à empêcher les interactions entre le contenu et le métal.

Sur le plan technique, la fabrication d'une boîte métallique passe par plusieurs étapes essentielles, allant du découpage des bobines de métal, en passant par l'emboutissage, le formage, le sertissage et la décoration, jusqu'au contrôle qualité final. Ces opérations sont réalisées à l'aide de machines industrielles de haute précision capables de produire des milliers d'unités à l'heure, tout en respectant des normes strictes de sécurité alimentaire.

Par ailleurs, l'industrie de l'emballage métallique fait aujourd'hui face à des enjeux environnementaux majeurs. L'optimisation des procédés de fabrication, la réduction du poids des emballages et le recyclage des matériaux comme l'aluminium sont devenus des priorités stratégiques. Le cycle de vie d'une boîte métallique est désormais conçu pour minimiser son empreinte écologique, tout en assurant une fonctionnalité optimale.

Dans ce chapitre, nous allons explorer de manière détaillée les différentes étapes de fabrication des boîtes métalliques utilisées pour le conditionnement des jus, en mettant en lumière les matériaux utilisés, les types de boîtes existants, les procédés techniques, les dispositifs de contrôle qualité, ainsi que les considérations économiques et environnementales liées à cette industrie.

IV.1 Les étapes de fabrication des boîtes de conserve :

Les canettes en étain sont devenues une partie indispensable de l'industrie mondiale des emballages, largement utilisé dans divers secteurs tels que la nourriture et les boissons, produits chimiques, Produits de soins personnels, et les aérosols. Mais vous êtes-vous déjà demandé comment ces canettes sont fabriquées et ce qui se passe dans leur création ?

Cet article vous guidera à travers l'ensemble du processus de fabrication de l'étain, des étapes initiales de la préparation des matériaux aux dernières étapes de production. Nous allons explorer chaque étape en détail, Examiner les techniques, équipement, et les matériaux utilisés pour élaborer ces conteneurs essentiels.

IV.1.1 Matières premières pour les canettes en étain :

Les principales matières premières pour le processus de production de la boîte d'étain sont sélectionnées avec durabilité, sécurité, et l'esprit pratique. Voici un look plus proche:

a. Fer blanc

Fer blanc est le matériau le plus utilisé dans le processus de fabrication du conteneur d'étain. Il se compose de feuilles d'acier recouvertes d'une fine couche de boîte, qui agit comme une barrière protectrice contre la corrosion.

Cela garantit que le contenu de la boîte, Surtout la nourriture et les boissons, rester en sécurité pour la consommation dans le temps.

b. Acier

L'acier forme la base structurelle de la plupart des canettes en étain. Il est choisi pour sa force, résistance à la déformation, et capacité à maintenir sa forme sous pression. L'acier permet également l'application de revêtements et de designs décoratifs, Le rendre idéal pour l'emballage.

c. Acier sans étain (TFS)

Comme alternative à la plaque, Certains fabricants utilisent l'acier sans étain, qui repose sur d'autres revêtements (comme les revêtements de chrome ou de polymère) pour la résistance à la corrosion. Ce matériau est léger et rentable, Souvent utilisé dans les produits où le revêtement traditionnel d'étain n'est pas nécessaire.

d. Aluminium (pour les canettes d'aérosols)

Alors que le fer blanc est la norme pour de nombreuses canettes, la fabrication des bombes aérosols implique souvent de l'aluminium. L'aluminium est léger, non corrosif, et facilement recyclable, ce qui en fait un choix populaire pour les conteneurs sous pression comme les aérosols.

e. Produits d'étanchéité et revêtements

Des composés d'étanchéité spécialisés sont utilisés pour créer des joints hermétiques pour les boîtes de conserve. En plus, des revêtements protecteurs sont appliqués sur la surface intérieure pour empêcher les réactions chimiques entre le contenu et le métal.

IV.1.2 Procédés de fabrication de la boîte de conserve :



Figure IV.1 : Les différents types de boîtes de conserve

IV.1.2.1 Étape 1: Approvisionnement en matières premières

a-Fer blanc et tôles d'acier

Le processus de fabrication commence par l'approvisionnement en matières premières. Fer blanc, qui est constitué de tôles d'acier recouvertes d'une fine couche d'étain, est le matériau le plus couramment utilisé pour produire des boîtes de conserve.

Le revêtement en étain sert de barrière protectrice, empêcher l'acier de se corroder. Dans certains cas, les tôles d'acier sont utilisées sans revêtements d'étain, ou de l'acier sans étain est utilisé, doté de revêtements de protection alternatifs.

Pour les bombes aérosols, l'aluminium est souvent préféré en raison de ses propriétés légères et de sa résistance naturelle à la corrosion.

b-Matériel supplémentaire

Au-delà du fer blanc et de l'acier, d'autres matériaux tels que des laques ou des revêtements polymères sont utilisés pour garantir que les canettes peuvent contenir leur contenu en toute sécurité sans provoquer de réactions chimiques ou de dégradation au fil du temps.. Ces revêtements sont essentiels au maintien de l'intégrité de la canette et de son contenu..

IV.1.2.2 Étape 2: Découpage et façonnage des feuilles

a-Couper à la taille

La matière première (généralement du fer blanc) est coupé en plat, feuilles circulaires. Ces feuilles sont mesurées pour garantir l'uniformité et correspondre à la taille souhaitée de la boîte.. Les draps en acier sont ensuite pressés en forme par de puissantes machines de coupe.

Pour les bombes aérosols, Les feuilles d'aluminium sont pré-coupes en cercles.

b-Façonner la boîte

Les feuilles de découpe sont passées à travers une série de machines qui forment la forme

cylindrique de la boîte. Ce processus implique de rouler et de souder les bords des feuilles ensemble pour créer un corps transparent.

IV.1.2.3 Étape 3: Formation du corps de la boîte

a-Rouler et rejoindre

La feuille circulaire est introduite dans une machine qui la façonne en cylindre. Cela se fait grâce à un processus de roulement, où les bords de la feuille sont soudés ensemble. Le processus d'adhésion peut être effectué en utilisant des techniques de chaleur ou de froid, Selon le type de matériau utilisé.

b-Sceller le corps

Une fois la forme cylindrique formée, Le corps de la boîte est scellé. C'est une étape importante dans le conteneur d'étain processus de fabrication pour garantir que la canette conserve sa forme et son intégrité sous pression.

IV.1.2.4 Étape 4: Création du fond et du couvercle

a-Former le fond

Le fond de la boîte est formé d'une tôle d'acier plate qui est façonnée en forme concave à l'aide d'un processus de pressage. Cela crée une base sécurisée pour la canette.

b-Création du couvercle

Le couvercle est également en acier ou en fer blanc, utilisant souvent un processus légèrement différent pour garantir qu'il s'adapte bien au corps. Le couvercle peut également avoir une languette ou d'autres mécanismes de fermeture, notamment pour les boissons ou autres produits sous pression.

Pour les bombes aérosols, la conception du couvercle comprend également des vannes et des mécanismes pour libérer le contenu sous pression.

IV.1.2.5 Étape 5: Impression et décoration

a-Impression du motif

Une fois le corps et le couvercle formés, la prochaine étape du processus de production de boîtes de conserve consiste à imprimer la marque, logos, et informations sur le produit sur la surface de la boîte. L'impression se fait généralement par sérigraphie ou impression offset., ce qui permet des couleurs vives et des designs détaillés.

b-Contrôle de qualité

Chaque boîte est inspectée visuellement pour garantir que le motif imprimé est clair et correctement

positionné..

Il y a plusieurs machines d'inspection de qualité entièrement automatiques. On peut effectuer des inspections strictes à chaque étape et envoyer les boîtes de conserve au laboratoire pour des tests d'étanchéité toutes les deux heures afin de garantir que chaque boîte de conserve répond aux normes d'excellence les plus élevées.

IV.1.2.6 Étape 6: Scellement et tests

a-Sceller le couvercle

Le couvercle est solidement fixé au corps de la canette. Un processus de scellage garantit que le couvercle est bien ajusté et qu'aucun air ou contaminant ne peut pénétrer. Cette étape est vitale pour les canettes d'aliments et de boissons, ainsi que sprays aérosols et des canettes, qui nécessitent un contrôle de pression supplémentaire.

Pour les bombes aérosols, cette étape de scellement consiste également à garantir que le contenu sous pression reste scellé.

b- Les essais

Chacun peut subir une série de tests, y compris les tests de pression (spécialement pour les bombes aérosols) pour s'assurer qu'ils peuvent résister à la pression extérieure sans fuir. Cela garantit que les canettes répondent aux normes de sécurité et de qualité les plus élevées.

IV.1.2.7 Étape 7: Emballage et distribution

a-Emballage pour le transport

Une fois les canettes terminées, ils sont soigneusement disposés dans des boîtes ou des caisses, S'assurer qu'ils sont sûrs et prêts pour l'expédition aux détaillants, distributeurs, ou les clients.

De nombreux fabricants tels que Fan Xun propose également des solutions d'emballage personnalisées à des fins de promotion ou de marque, Améliorer l'attrait du marché du produit.

b-Expédition

Les canettes finies sont ensuite expédiées aux distributeurs, détaillants, ou entrepôts. En fonction du type de can, Une manipulation spécialisée peut être nécessaire. Par exemple, Les canettes alimentaires peuvent avoir besoin d'un rangement froid pour maintenir la fraîcheur, Alors que les canettes d'aérosol nécessitent des soins supplémentaires pendant le transport en raison de leur nature sous pression.

IV.2 Assurance de la qualité et de la sécurité alimentaire des produits alimentaires et des boissons transformés et emballés de manière aseptique :

Dans un paysage technologique alimentaire en constante évolution, le traitement et l'emballage

aseptiques se sont imposés comme des méthodes essentielles pour garantir la sécurité et la qualité des biens de consommation emballés. Cette technique complexe consiste à stériliser séparément les produits alimentaires et les emballages afin de préserver l'intégrité de leur contenu et de leur contenant.



Figure IV.2 : Vue d'une chaîne d'emballage

IV.2.1 Aperçu de la technologie de traitement et d'emballage aseptiques :

Le traitement aseptique implique la stérilisation du produit alimentaire ou de la boisson par des températures élevées pendant une courte durée, puis son refroidissement rapide. Cela élimine les micro-organismes nuisibles tout en préservant les propriétés nutritionnelles et sensorielles. Ce traitement est réalisé dans des équipements fermés et préalablement stérilisés.

Simultanément, les matériaux d'emballage (cartons, bouteilles, contenants) sont stérilisés à la vapeur, au peroxyde d'hydrogène ou autres agents. Ensuite, le produit stérilisé est introduit dans l'emballage dans un environnement aseptique, garantissant un produit final stable à température ambiante et sans conservateurs.

Cette technologie est largement utilisée pour les jus, les produits laitiers, les soupes, les sauces, et même les produits pharmaceutiques.

IV.2.2 Exigences réglementaires de la FDA

Selon la FDA, le traitement aseptique est défini comme le remplissage d'un produit stérilisé dans un contenant pré-stérilisé, puis scellé hermétiquement dans un environnement sans micro-organismes. Les réglementations visent à prévenir le botulisme et autres maladies d'origine alimentaire. Les exigences couvrent :

a- Bonnes pratiques de fabrication (cGMP) : hygiène, entretien des équipements, formation du personnel, nettoyage rigoureux.

- b-Stérilisation** : toutes les parties du système doivent atteindre la stérilité commerciale.
- c-Nettoyage en place (CIP) et stérilisation en place (SIP)** : indispensables avant chaque production.
- d-Validation et documentation** : chaque étape doit être validée avec des preuves enregistrées.
- e-Paramètres de stérilisation** : temps et température exacts définis par un expert.
- f-Intégrité de l'emballage** : l'emballage doit rester stérile pendant toute la durée de conservation.
- g-Surveillance des déviations** : tout écart doit être détecté, corrigé, et documenté.
- h-Processus programmé** : chaque produit suit un processus validé et déposé auprès de la FDA.

IV.2.3 Validation du système aseptique

Le système doit rester constamment dans un état validé. Cela implique :

- 1) Suivi des points critiques (CCP),
- 2) Étalonnage des équipements,
- 3) Registres de maintenance et nettoyage,
- 4) Vérification que la stérilisation est constante et efficace.

IV.2.4 Sécurité microbiologique et tests

- 1) Des échantillons sont souvent incubés pendant 7 à 14 jours pour vérifier l'absence de gonflement ou d'odeurs.
- 2) Tests microbiologiques rapides comme la bioluminescence ATP et la cytométrie en flux remplacent les méthodes traditionnelles (7–14 jours) par des résultats sous 48h.
- 3) Pour les produits peu acides : tests pour spores anaérobies thermophiles et mésophiles (ex. *Clostridium botulinum*).

IV.2.5 Critères de libération des produits finis

Avant la mise sur le marché, chaque lot doit :

- 1) Répondre aux normes microbiologiques établies,
- 2) Garantir l'intégrité de l'emballage,
- 3) Respecter les paramètres de qualité,
- 4) Être validé via documentation et tests,
- 5) En cas de quarantaine : procédures spécifiques pour valider ou écarter le produit.

IV.3. Conclusion :

La fabrication des boîtes métalliques pour les jus suit un processus bien structuré qui comprend plusieurs étapes techniques allant de la découpe des matériaux jusqu'à l'emballage final. Ces boîtes offrent une bonne protection du produit et permettent une longue conservation.

Par ailleurs, l'emballage aseptique joue un rôle essentiel pour garantir la sécurité alimentaire, en assurant une stérilisation complète du produit et de son contenant. Grâce à ces procédés, les boissons peuvent être conservées sans conservateurs tout en gardant leur qualité.

Ces deux aspects – fabrication et sécurité – sont complémentaires pour offrir au consommateur un produit sûr, pratique et conforme aux normes

Conclusion Générale :

Ce travail de recherche s'est inscrit dans une démarche d'analyse complète et progressive du processus de fabrication des jus, depuis les premières étapes de traitement des matières premières jusqu'à leur conditionnement final dans des emballages sûrs et adaptés. En mettant l'accent sur les aspects techniques tels que l'essorage, les composants mécaniques des machines et les procédés de fabrication des boîtes métalliques, nous avons tenté de démontrer comment chaque étape contribue directement à la qualité du produit fini.

L'étude des machines d'essorage nous a permis de comprendre l'importance de la séparation efficace de l'eau dans le traitement des fruits et légumes, non seulement pour améliorer le rendement de jus extrait, mais aussi pour garantir la stabilité microbiologique du produit. Cette opération, bien qu'apparente simple, implique des mécanismes de haute précision, des choix techniques rigoureux (moteurs, vis, engrenages, etc.) et une adaptation aux propriétés physiques des matières traitées.

Dans une seconde phase, nous avons exploré les procédés industriels de fabrication des boîtes de conserve métalliques utilisées pour les jus. Ce secteur, hautement automatisé, repose sur l'utilisation de matériaux spécifiques tels que l'aluminium, l'acier ou le fer-blanc, qui offrent robustesse, étanchéité et compatibilité avec les exigences alimentaires. L'importance de l'emballage ne se limite

pas à sa fonction de contenant : il joue un rôle clé dans la sécurité, la durée de vie et l'attrait du produit pour le consommateur.

Enfin, l'intégration des technologies de traitement et d'emballage aseptique a été abordée comme une réponse moderne aux défis de la sécurité alimentaire. En assurant une stérilisation complète du produit et de son contenant, ces systèmes permettent de commercialiser des jus sans conservateurs, avec une conservation longue durée, et sans recours à la chaîne du froid.

L'ensemble de ces réflexions met en lumière la complexité de l'industrie des jus et des boissons, qui combine des savoir-faire mécaniques, des choix technologiques stratégiques et une rigueur sanitaire imposée par les normes internationales. Dans un contexte où les préoccupations

environnementales et la durabilité deviennent de plus en plus centrales, les innovations dans le recyclage des matériaux, la réduction de la consommation d'énergie et l'optimisation des emballages s'imposent comme des enjeux majeurs à relever.

En somme, ce mémoire nous a permis d'acquérir une vision globale et cohérente des défis et des exigences de la filière jus, en soulignant le rôle fondamental que joue la technologie dans la production d'aliments sûrs, de qualité, et accessibles à grande échelle. Il ouvre également la voie à de futures recherches portant sur l'automatisation, la digitalisation des chaînes de production, ou encore le développement d'emballages intelligents et durables.

Références:

Fanxun Packaging. The Manufacture Process of Tin Cans. Disponible sur : <https://fxtincan.com/fr/the-manufacture-process-of-tin-cans/>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). Code of Federal Regulations, 21 CFR 113.3 : Thermally Processed Low-Acid Foods Packaged in Hermetically Sealed Containers. Disponible sur : <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=113>.

BOUKRIA Asma (2018) Valorisation des déchets ménagers et des grignons d'olive par dégradation anaérobie et production de compost et de biogaz, Thèse de doctorat

FAO (2009). Utilization of fruit and vegetable wastes in animal feed. Rahmani, K., Belkacem, L. (2018). Valorisation des déchets de fruits pour l'alimentation du bétail et des abeilles.

Chinnici, F. et al. (2002). Composition and use of grape pomace. Ghosh, S. (2017). Alternative nutrition for bees from agro-industrial waste. Belkacem, L. et al. (2017). Valorisation des sous-produits agroalimentaires en Algérie.

Industrial Engineering Chemistry (1952). Michel Robatel. Considerations on Centrifugal Spinning

NCA Rouiba Report. (2015), Annual Report, Algeria.[]

(Downes,J.W. (1990) in Production and Packaging of Non-carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages(ed. D. Hicks),Chap. 6,Blackie & Son Ltd, Glasgow.)

ABIGNOLI (M.) et GOELDEL (C.). – Les moteurs pas à pas. D 3 690 (1991).

FOURNET (G.). – Électromagnétisme. Différents aspects. D 1 023 (1992).