

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE MOULOU
MAMMERI- TIZI OUZOU**

**Faculté du Génie de la Construction
Département Génie Mécanique
Mémoire de Fin d'Etudes
En vue d'obtention du diplôme Master en
Génie Mécanique
Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique**



Thème :

***Etude et Réalisation d'un Système Mécanisé
pour la Valorisation du Grignon d'olives***

Présenté par :

- REGUIG Juba

Devant les membres du jury :

- | | |
|-----------------------|---|
| ▪ M. HAMOUR MOUHAMED | Président |
| ▪ M. SALHI AHMED | Encadrant |
| ▪ Mme. MANSOURI LILLA | Examinatrice |
| ▪ M. KHELIL NACIM | Représentant de l'incubateur |
| ▪ M. BOSLI AHMED | Invité (Expert en environnement) |

Année universitaire : 2024/2025

Dédicace

C'est avec une profonde gratitude que je dédie ce travail à tous ceux qui ont été mes piliers tout au long de ce parcours académique. À mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur soutien et leur amour inconditionnel. À mes frère et sœurs pour leurs encouragements précieux. À mes professeurs, pour leur enseignement inspirant et leurs conseils



Remerciement

En premier lieu, j'exprime ma reconnaissance envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir offert le privilège et l'opportunité d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.

En second lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon encadrant Monsieur SALHI Ahmed pour son dévouement à me guider et pour ses précieux conseils.

Je souhaite aussi adresser mes remerciements aux enseignants de qualité qui ont illuminé mon chemin vers le savoir et la rigueur, ainsi qu'au président et les membres de jury pour leur évaluation de mon humble travail.

Je remercie chaleureusement tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance à tous.



Résumé :

Ce projet vise à concevoir et fabriquer une machine dédiée à la séparation des grignons d'olive. Ces grignons, sous-produits générés en grande quantité par l'industrie oléicole, représentent une ressource précieuse avec de nombreuses possibilités de valorisation dans des secteurs tels que l'énergie, l'agriculture et l'industrie. L'objectif principal est de développer un équipement performant pour exploiter pleinement ce potentiel.

Le travail s'est articulé autour de l'étude et la conception des composants de la machine qui a été réalisée à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Enfin, la fabrication de la machine en utilisant des matériaux adaptés, comme l'acier inoxydable 304L, et des procédés avancés tels que le soudage TIG/MIG, l'usinage et les traitements thermiques.

Mots clés :

Machine, grignons d'olives, SolidWorks, acier inoxydable 304L, Soudage TIG/MIG, traitement thermique.

Abstract:

The aim of this project is to design and manufacture an innovative machine dedicated to the separation of olive pomace. Olive pomace, a by-product generated in large quantities by the olive industry, represents a valuable resource with many potentials use in sectors such as energy, agriculture and industry. The main objective is to develop high-performance equipment to exploit this potential to the full.

The work focused on studying and designing the machine components using SOLIDWORKS software. Finally, the machine was manufactured using suitable materials, such as 304L stainless steel, and advanced processes such as TIG/MIG welding, machining, and heat treatment.

Key words:

Machine, olive pomace, SolidWorks, 304L stainless steel, TIG/MIG welding, heat treatment.

Table de matière

Dédicace

Remerciements

Résumé/Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction générale.....1

Chapitre I : Généralités sur les grignons d'olives2

I.1 Introduction :2

I.2 L'olive :2

I.3 Définition de l'huile d'olive :3

I.4 Les procédés d'extraction d'huile d'olives :4

I.4.1 Procédé classique ou traditionnel :4

I.4.2 Procédé discontinu ou système à super presse :4

I.4.3 Procédé continu :6

I.5 Les sous-produits oléicoles lors du processus de production de l'huile d'olive :8

I.6 Grignon d'olive :8

I.6.1 Définition :8

I.6.2 Types du grignon d'olives9

I.6.3 Les caractéristiques du grignon d'olives.....9

I.6.4 Condition de conservation des grignons d'olives :13

I.6.5 Valorisation du grignon d'olives.....13

I.7 Conclusion.....15

Chapitre II : Conception et Etude16

II.1 Introduction :16

II.2 La présentation générale de la machine :16

II.3 Principe de fonctionnement :16

II.4 Solutions techniques et composants retenus :17

II.4.1 Les systèmes de transmission :17

II.4.2 Choix des motorisations :21

II.4.3 Paliers et guidage en rotation :23

II.5	La conception des éléments de la machine :.....	24
II.5.1	Logiciel de conception (SOLIDWORKS) :.....	24
II.5.2	Les éléments de la machine :.....	24
II.6	Assemblage des éléments de la machine :.....	27
II.7	Conclusion :.....	28
Chapitre III	: Procédés de fabrication.....	29
III.1	Introduction :.....	29
III.2	Présentation de l'Entreprise Partenaire :.....	29
III.3	Matériaux utilisés :.....	29
III.3.1	Acier inoxydable 304L :.....	29
III.3.2	Le PTFE (Polytétrafluoroéthylène) :.....	30
III.3.3	L'acier S235 :.....	30
III.4	Opérations de chaudronnerie :.....	30
III.4.1	Le découpage :.....	30
III.4.2	Le pliage :.....	32
III.4.3	Le roulage :.....	33
III.4.4	Le soudage.....	34
III.5	Opérations mécaniques.....	36
III.5.1	Tournage :.....	36
III.5.2	Fraisage :.....	37
III.5.3	Perçage.....	38
III.5.4	Le rabotage :.....	39
III.6	Le Traitement thermique :.....	40
III.6.1	La trempe :.....	40
III.6.2	Le revenu :.....	40
III.7	L'équilibrage :.....	41
III.8	Assemblage :.....	42
III.9	Essai et vérification du fonctionnement :.....	42
III.9.1	Objectifs du test :.....	42
III.9.2	Déroulement de l'essai :.....	43
III.9.3	Observations :.....	43
III.10	Conclusion :.....	44
Chapitre IV	: Présentation du projet innovant	45
IV.1	L'idée d projet :.....	45
IV.2	Les Valeurs Proposées	45

IV.2.1	Valeurs Proposées par la Machine.....	45
IV.2.2	Valeurs Proposées par les Produits Issus de la Machine	46
IV.3	Objectifs du projet :.....	46
IV.3.1	Objectifs à Court Terme (1 à 2 ans)	46
IV.3.2	Objectifs à Moyen Terme (3 à 5 ans)	47
IV.3.3	Objectifs à Long Terme (6 à 10 ans) :.....	47
IV.4	Le Segment du Marché :.....	47
IV.4.1	Le Marché Potentiel :	47
IV.4.2	Le Marché Cible (Le Segment) :.....	48
IV.5	Le Processus de production	48
	Conclusion générale.....	61
	Référence bibliographique	63
	Annexes.....	66

Liste des figures

<i>Figure I-1 L'olivier et ses fruits.</i>	2
<i>Figure I-2 : Coupe transversale et longitudinale d'olive.</i>	3
<i>Figure I-3 : L'huile d'olive.</i>	3
<i>Figure I-4: Système d'extraction par presses classiques et par super presse</i>	5
<i>Figure I-5: Système d'extraction par centrifugation à trois phases</i>	6
<i>Figure I-6: Système d'extraction par centrifugation à deux phases</i>	7
<i>Figure I-7: grignons d'olives</i>	8
<i>Figure I-8 : La structure de la cellulose.</i>	12
<i>Figure I-9: Différents filières de valorisation des grignons d'olives.</i>	14
<i>Figure II-1 : Accouplement élastique</i>	18
<i>Figure II-2 : Chaîne à rouleaux</i>	19
<i>Figure II-3 : Diagramme de choix du type de chaînes et le mode de graissage en fonction de la puissance et la vitesse de rotation.</i>	21
<i>Figure II-4 : Le moteur électrique de l'axe principal.</i>	22
<i>Figure II-5 : Le motoréducteur.</i>	22
<i>Figure II-6 : Le châssis</i>	25
<i>Figure II-7 : Le tamis</i>	25
<i>Figure II-8 : L'axe principal, les lames et la vis hélicoïdale.</i>	26
<i>Figure II-9 : Le racleur</i>	27
<i>Figure II-10 : L'assemblage final de la machine.</i>	28
<i>Figure III-1 : La découpe laser.</i>	31
<i>Figure III-2 : La découpe au plasma.</i>	31
<i>Figure III-3 : Scie mécanique à bande.</i>	32
<i>Figure III-4 : Opération de pliage.</i>	33
<i>Figure III-5 : Opération de roulage</i>	33
<i>Figure III-6 : L'opération de soudage</i>	34
<i>Figure III-7 : La torche TIG et son procédé de soudage</i>	35
<i>Figure III-8 : La torche MIG et son procédé de soudage.</i>	36
<i>Figure III-9 : Opération de tournage</i>	36
<i>Figure III-10 : Opération de fraisage.</i>	38
<i>Figure III-11 : Opération de perçage.</i>	39
<i>Figure III-12 : Etau-Limeur.</i>	40
<i>Figure III-13 : Le traitement thermique (la trempe).</i>	41
<i>Figure III-14 : Un schéma de correction du déséquilibre.</i>	41
<i>Figure III-15 : L'assemblage final de la machine.</i>	42
<i>Figure III-16: Grignon brut (entrée) et sous-produits obtenus après séparation</i>	43
<i>Figure IV-1 : Schéma du Processus de Production et de Valorisation des Grignons d'Olive.</i>	49

Liste des tableaux

Tableau -I-1 : les différents composants du grignon d'olive.	10
Tableau I-2 : Composition chimique des différents types de grignons d'olive.....	11
Tableau II-1 : Le choix de nombre de dents des pignons et l'entraxe recommandé	20

Nomenclature :

Z_D : nombre de dents de la roue dentée.

Z_d : nombre de dents du pignon.

N_D : la vitesse de rotation de roue dentée.

D_p : le diamètre primitif de la roue dentée.

d_p : le diamètre primitif du pignon.

a : l'entraxe

L_{10} : la durée de vie nominale.

C : la capacité de charge dynamique du roulement.

P : la charge équivalente agissant sur le roulement.

X : le coefficient dépendant de la proportion des charges radiales.

Y : le coefficient dépendant de la proportion des charges axiales.

F_a : l'effort axial appliqué au roulement

F_r : l'effort radial appliqué au roulement

p : facteur d'exposant.

N_{\max} : la vitesse maximale admissible.

f_s : le facteur de sécurité.

V_c : la vitesse de coupe.

D : le diamètre

n : la fréquence de rotation.

f : l'avance par tour.

f_z : l'avance par tour.

Z : le nombre de dents.

V : la vitesse linéaire de la chaîne.

P_m : la puissance du moteur.

N : la vitesse de rotation.

θ : l'angle d'enroulement.

Introduction Générale :

L'industrie oléicole génère chaque année des quantités importantes de sous-produits, dont les noyaux d'olive, un mélange de résidus solides issus de l'extraction de l'huile d'olive. Ces noyaux représentent une ressource abondante, offrant de nombreuses possibilités de valorisation dans des domaines variés tels que l'énergie, l'agriculture ou l'industrie. Cependant, pour exploiter pleinement leur potentiel, il est essentiel de disposer d'équipements capables de séparer efficacement les différentes fractions, notamment la pulpe et les grignons.

Le présent projet, vise à répondre à ce besoin en concevant et en fabriquant une machine dédiée à la valorisation du grignon d'olive.

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres organisés comme suit :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les grignons d'olives. Il aborde les procédés d'extraction de l'huile d'olive, les différents types de grignons produits, leurs caractéristiques physiques et chimiques, ainsi que leurs multiples possibilités de valorisation.

Dans le deuxième chapitre, nous détaillerons le processus de conception des composants de la machine à l'aide du logiciel de conception assisté par ordinateur SOLIDWORKS. Cette étape est essentielle pour garantir que chaque élément de la machine soit optimisé pour la performance et l'efficacité. Nous aborderons également les critères techniques qui ont guidé nos choix de conception.

Le troisième chapitre présente les procédés de fabrication de la machine, en mettant l'accent sur les matériaux utilisés, comme l'acier inoxydable 304L, reconnu pour sa résistance à la corrosion, ainsi que les techniques de chaudronnerie et d'usinage, telles que le découpage laser et plasma, le pliage, le sciage mécanique, le soudage TIG et MIG, le roulage, ainsi que les opérations mécaniques comme le tournage, le fraisage et le rabotage. Nous évoquerons également les traitements thermiques tels que la trempe et le revenu, ainsi que les procédés d'équilibrage nécessaires pour assurer la performance et la durabilité de l'équipement. A l'issue de la fabrication un essai de fonctionnement a été réalisé pour valider le bon comportement de l'ensemble.

Enfin, une dimension entrepreneuriale a été intégrée au projet à travers l'étude de la faisabilité d'une startup. Cette démarche a permis de définir les valeurs ajoutées de la machine, les opportunités offertes par les produits issus du processus, les objectifs du projet et les segments de marché cibles.

Chapitre I : Généralités sur les grignons d'olives

I.1 Introduction :

La production d'huile d'olive génère deux types de déchets ; les margines, un déchet liquide ; et les grignons d'olive, un déchet solide.

Les grignons d'olive sont principalement composés de peau, de pulpe d'olive broyée, de fragments de noyaux et d'une faible quantité d'huile d'olive résiduelle. Les propriétés de l'huile d'olive obtenue, des margines et des grignons d'olive varient en fonction du processus d'extraction.

Ce chapitre, présentera les divers procédés utilisés pour l'extraction de l'huile et les différentes caractéristiques du grignon d'olive.

I.2 L'olive :

L'olive est une drupe caractérisée par sa peau lisse et son mésocarpe charnu riche en matières grasses, entourant un noyau ligneux contenant une graine. Elle présente une forme ovoïde typique et varie en couleur, passant du vert au noir à pleine maturité pour la plupart des variétés. [1]



Figure I-1 L'olivier et ses fruits.[1]

Sa composition influencée par sa variété, les conditions du sol et le climat. Elle se compose principalement d'un noyau (17.3 à %-23% de sa masse), d'un amandon (2%-5.5% m), d'un épicarpe (2%-2.5% m) et d'une pulpe (71.5%-80.5%).[2]



Figure I-2 : Coupe transversale et longitudinale d'olive.[3]

I.3 Définition de l'huile d'olive :

L'huile d'olive est extraite du fruit de l'olivier (L'olive). Sa production est principalement concentrée dans la région méditerranéenne, bénéficiant du climat propice à la culture de l'olivier.[4], [5], [6]



Figure I-3 : L'huile d'olive.

L'huile d'olive est une huile, reconnue pour sa richesse en acides gras monoinsaturés et anti oxydes, qui lui confèrent des bienfaits pour la santé.

Elle est largement employée en cuisine et trouve également des applications dans les soins de beauté et les remèdes maison, grâce à ses propriétés hydratantes et curatives.

I.4 Les procédés d'extraction d'huile d'olives :

I.4.1 Procédé classique ou traditionnel :

Dans les méthodes traditionnelles d'extraction, le processus pour obtenir de l'huile comprend plusieurs étapes essentielles :[7], [8]

➤ **Broyage :**

Des meules en pierre de granit sont utilisées pour broyer les olives, soit manuellement, soit avec l'aide d'animaux, dans un bac également en pierre. Ce processus produit une pâte contenant des débris de noyaux, d'épiderme et de parois cellulaires, ainsi que des fluides tels que l'huile et l'eau de végétation.

➤ **Séparation des phases :**

La pâte obtenue est placée sur des scourtins (disques en fibres végétales), où l'huile est extraite par pression. Ce pressage donne lieu à un résidu solide appelé grignons d'olives, composés des résidus de peau, d'amandon et de fragments de noyaux d'olives.

➤ **Décantation des phases liquides :**

Les liquides résultants (huile et eau de végétation) sont séparés par décantation à l'air libre, généralement dans des bacs en ciment, faïence ou argile. Ce processus produit un sous-produit liquide appelé margine, un liquide aqueux brun qui se sépare de l'huile par sédimentation après le pressage ou la centrifugation. Ces margines, bien que parfumées, ont un goût amer et posent un défi de gestion en raison de leur richesse en matières organiques, constituant ainsi une source potentielle de pollution pour l'industrie oléicole.

I.4.2 Procédé discontinu ou système à super presse :

Le procédé discontinu ou système à super presse est utilisé dans les huileries traditionnelles pour traiter les olives, suivant les étapes suivantes :[8]

➤ **Broyage :**

Les olives sont broyées à l'aide de meules légèrement décentrées par rapport à leur axe de rotation, favorisant ainsi l'écrasement des olives.

➤ **Malaxage :**

Des raclettes ramènent constamment la pâte sous les meules, jouant le rôle de malaxeurs pour libérer le maximum d'huile. La pâte est obtenue après environ une demi-heure.

➤ **Séparation des phases :**

La pâte est étalée en couche d'environ (2cm) d'épaisseur sur des disques en fibres synthétiques (scourtins), empilés autour d'un pivot central (aiguille) monté sur un chariot. Ce dispositif est placé sur un piston de presse hydraulique exerçant une pression d'environ $100kg \cdot cm^{-2}$

La phase liquide s'écoule dans un bac tandis que les grignons restent sur les scourtins. Cette étape prend environ 45 minutes, suivie du nettoyage des scourtins pour enlever les grignons.

➤ **Décantation :**

L'huile, moins dense que l'eau (0.92), remonte à la surface naturellement.

Cette méthode est cependant peu utilisée aujourd'hui en raison de sa teneur et de la difficulté à séparer efficacement l'huile de l'eau près de l'interface entre les deux fluides.

Les centrifugeuses verticales à assiettes sont maintenant préférées pour séparer l'huile d'olive des margines.

La figure I-4 : (Système d'extraction par presses classiques et par super presse) présente un schéma simplifié comparant le système d'extraction classique et le procédé par super presse.[8]

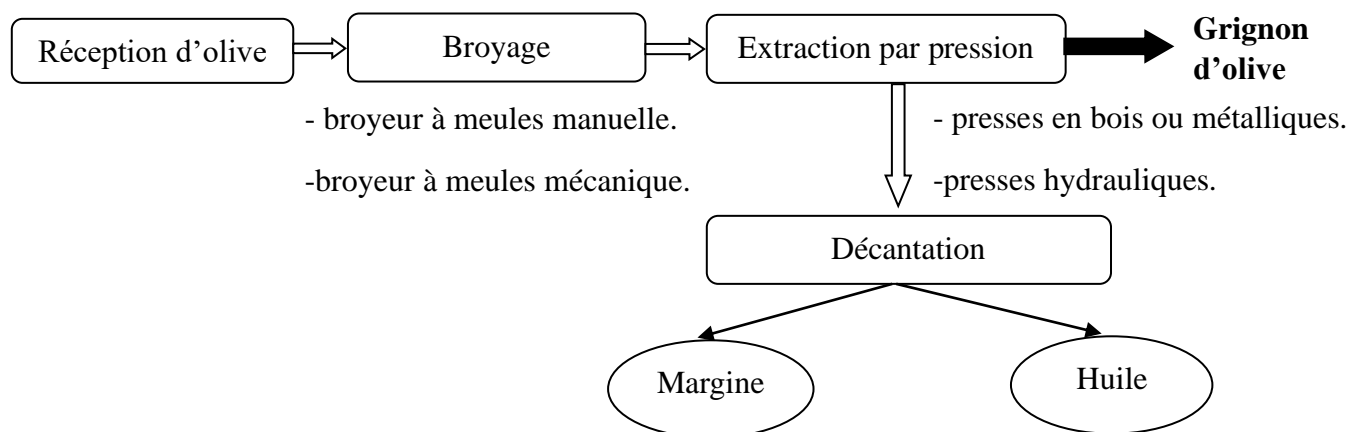


Figure I-4: Système d'extraction par presses classiques et par super presse

I.4.3 Procédé continu :

Le procédé d'extraction continu se décline en deux types :

Le système par centrifugation à trois phases et le système par centrifugation à deux phases :

I.4.3.1 Système d'extraction par centrifugation à trois phases :

Dans le système par centrifugation à trois phases, les olives subissent initialement des traitements préliminaires tels que l'effeuillage, l'épierrage et le lavage pour garantir la qualité de l'huile obtenue.[8], [9], [10]

- Le broyage est effectué à l'aide des broyeurs mécaniques à disques ou à marteaux, permettant une production continue de pâte presque instantanée.
- Pour le malaxage, la pâte est introduite dans un bac en inox, mélangée avec de l'eau tiède, et brassés par une spirale ou une vis sans fin, également en inox.
- La séparation des phases intervient ensuite, consistant à séparer les grignons (partie solide) des margines (partie liquide). La pâte malaxée est pompée dans une centrifugeuse horizontale (décanteur horizontal).
- Pour la décantation finale, des centrifugeuses verticales à assiettes sont utilisées pour séparer l'huile d'olive des margines, comme illustré dans la figure (I-5).[8]

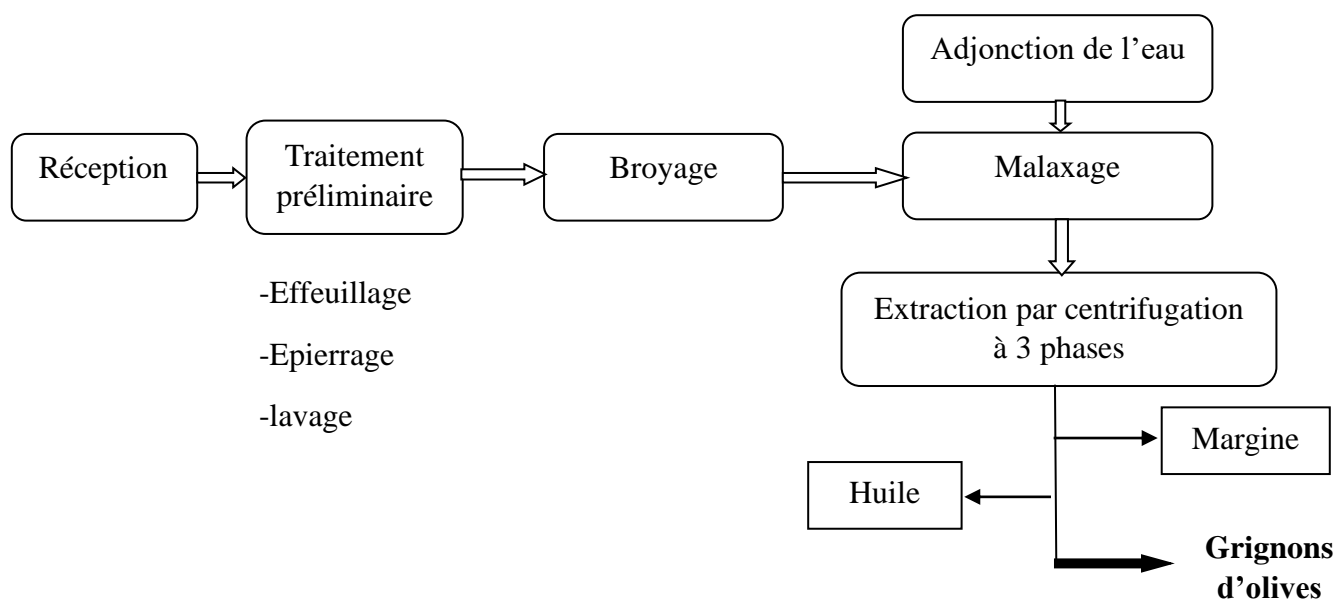


Figure I-5: Système d'extraction par centrifugation à trois phases

I.4.3.2 Système d'extraction par centrifugation à deux phases :

Le système d'extraction par centrifugation à deux phases suit un processus similaire à celui du système à trois phases, incluant les étapes d'effeuillage, d'épierrage, de lavage, de broyage, de malaxage et de décantation.[8], [9], [10]

Cependant, ce procédé utilise un nouveau type de décanteur à deux phases, où l'huile est séparée des grignons d'olives humides sans nécessiter l'ajout d'eau pour la séparation des phases solides (grignons) et liquides (huile et margines).

Ce décanteur à deux phases permet d'obtenir des rendements en huile légèrement plus élevés que ceux des décanteurs conventionnels à trois phases et des systèmes de presse. De plus, il n'augmente pas le volume des margines.

La figure suivante montre les différentes étapes de l'extraction d'huile d'olive par le système continu à deux phases.[8]

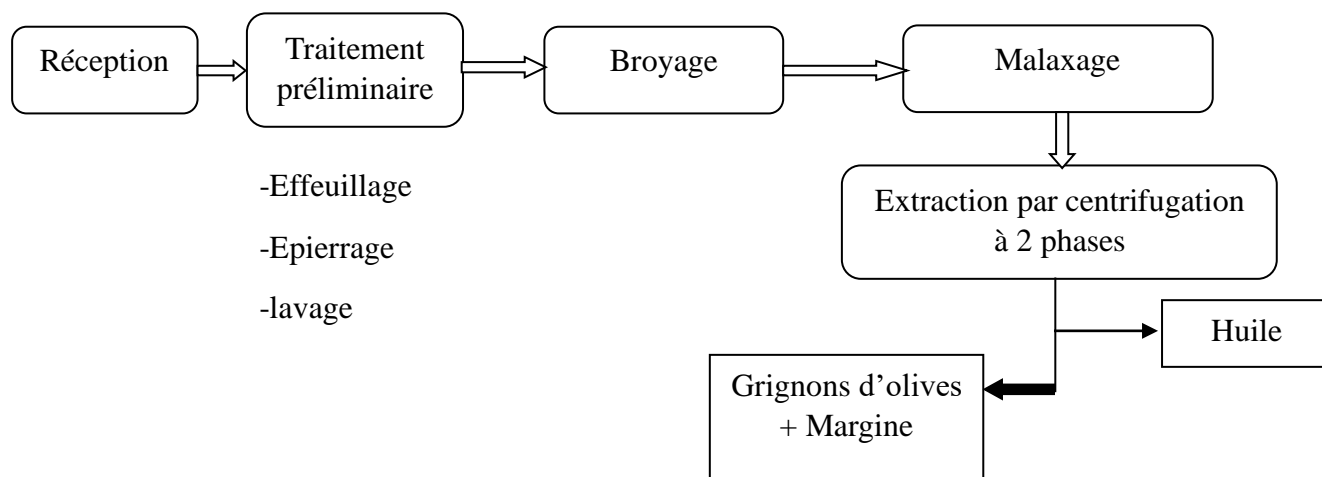


Figure I-6: Système d'extraction par centrifugation à deux phases

I.5 Les sous-produits oléicoles lors du processus de production de l'huile d'olive :

Lorsqu'on produit de l'huile d'olive, cela engendre deux types de déchets : Un déchet liquide (les margines) et un déchet solide qui est appelé grignon d'olive. Notre étude se concentre spécifiquement sur les grignons d'olive.

I.6 Grignon d'olive :

I.6.1 Définition :

Le grignon d'olive, connu également sous les termes de cosse d'olives ou gâteaux d'olive, est un résidu solide formé lors de l'extraction de l'huile d'olive. [11]



Figure I-7: grignons d'olives

Ce matériau est principalement constitué d'une matrice lignocellulosique comprenant de la cellulose, des hémicelluloses, de la lignine, ainsi que des composés phénoliques, des acides uroniques et des traces d'huile. [12]

La méthode d'extraction utilisée influence à la fois la quantité et les caractéristiques physicochimiques des grignons d'olive produits. Ces derniers se composent de la coque

broyée, de la peau et de la pulpe de l'olive, et leur teneur en huile ainsi qu'en eau varie selon la variété d'olives et surtout le procédé d'extraction utilisé.

I.6.2 Types du grignon d'olives

Il existe différents types de grignon d'olives, qui représentent les résidus solides restants après l'extraction de l'huile d'olive :

I.6.2.1 Le grignon brut

C'est le résidu obtenu après la première extraction de l'huile des olives entières par pression, qui a une teneur élevée en eau (24 %) et en huile (9 %), ce qui le rend sujet à une détérioration rapide lorsqu'il est exposé à l'air libre. [13]

I.6.2.2 Le grignon épuisé

Il s'agit du résidu obtenu après l'extraction de l'huile du grignon brut à l'aide d'un solvant, habituellement de l'hexane. Ce résidu se distingue principalement par sa teneur en huile plus faible et sa faible teneur en eau résultant de la déshydratation durant le processus d'extraction.[13]

I.6.2.3 Le grignon partiellement dénoyauté

Le grignon partiellement dénoyauté est obtenu par la séparation partielle du noyau de la pulpe à travers le tamisage ou la ventilation, il est qualifié de « gras » lorsque son huile n'est pas extraite par solvant, et de « dégraissé ou épuisé » lorsque son huile est extraite par solvant.[13], [14]

I.6.3 Les caractéristiques du grignon d'olives

I.6.3.1 Les caractéristiques physiques

La composition physique des grignons varie considérablement selon la variété des olives, leur degré de maturation et la méthode d'extraction de l'huile utilisée.

Tableau -I-1 : les différents composants du grignon d'olive.[14]

Composants	Olive (%)	Grignon brut (%)	Grignon épuisé (%)
Eau	49	27	17
Huile	27	9	2
Coque	14	43	55
Pulpe	9	21	26

Les grignons bruts comprennent généralement des morceaux de coque de noyau de la peau et de la pulpe broyée, ainsi qu'une certaine humidité et une quantité résiduelle d'huile.

En revanche, les grignons épuisés se distinguent par une réduction significative de leur teneur en huile et en eau, résultant de la déshydrations durant le processus d'extraction.

I.6.3.2 Les caractéristiques chimiques

La composition chimique des grignons d'olive varie en fonction du degré de maturité des olives, du processus d'extraction et de l'épuisement par solvants.

Contrairement à d'autres tourteaux oléagineux, les grignons bruts sont caractérisés par une faible teneur en matières azotées et une concentration élevée en cellulose brute, tout en conservant une richesse relative en matières grasses.

L'extraction par solvants réduit la teneur en matières grasses tout en augmentant proportionnellement les autres constituants. Le dénoyautage partiel par tamisage ou ventilation diminue les niveaux de cellulose brute.

En revanche, les pulpes, où le noyau est entièrement retiré avant pressage, présentent la plus faible teneur en cellulose brute.[2]

Le tableau I-2 présente la composition chimique des différents types de grignons d'olive.

Tableau I-2 : Composition chimique des différents types de grignons d'olive.[2]

Type	Matière sèche	Matières minérales	Matière azotée totale (%)	Cellulose brute	Matières grasses
Grignon brut	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Grignon gras partiellement dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Grignon épuisé partiellement dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe grasse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

Les valeurs précisées ci-dessus varient considérablement, surtout pour les grignons bruts et les grignons gras partiellement dénoyautés, et doivent être considérées comme indicatives.

Il est important de noter que ces différents types de grignons proviennent d'olives de diverses origines et ont été soumis à différents traitements.

- **La cellulose :**

Comme précisé précédemment, les grignons non dénoyautés présentent un taux élevé de cellulose brute. Le dénoyautage partiel réduit significativement cette proportion, mais même la pulpe pure contient environ de 20% de la cellulose brute.

La cellulose, un polymère naturel, joue un rôle important dans la structure de la plupart des parois végétales. Chaque molécule de cellulose est formée d'environ 14000 unités de glucose liées par des liaisons osidiques β C1-C4, le bloc de base étant la cellobiose.

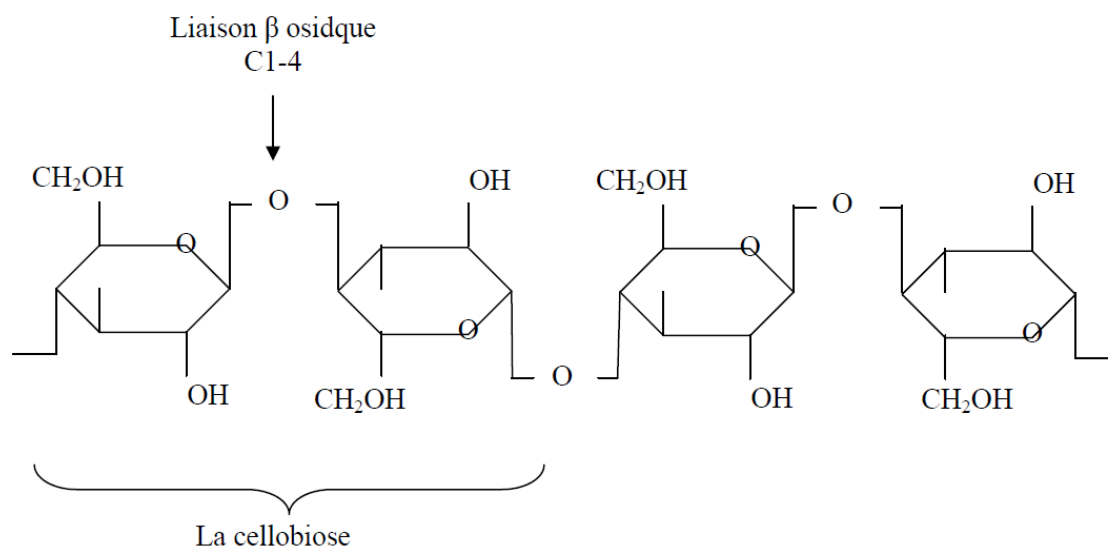


Figure I-8 : La structure de la cellulose.

- **Les lignines :**

Les lignines sont des dérivés aromatiques polymérisés qui, contrairement aux composants cellulaires de la cellulose brute, forment la majeure partie de la fraction ligneuse des végétaux. Elles résultent de la copolymérisation de trois alcools spécifiques.[15]

- **Les matières azotées totales :**

Les niveaux de matières azotées totales varient selon le type de résidu végétal mais demeurent généralement faibles. L'azote protéique représente plus de 95% de l'azote total et sa solubilité est faible. De plus, une grande majorité des protéines (80 à 90%) est associée à la fraction lignocellulosique.

- **Les lipides :**

Les lipides présents dans les grignons sont principalement composés d'acides gras insaturés en C_{16} et C_{18} , représentant 96% de l'ensemble des acides gras. Ces grignons sont particulièrement sensibles à l'oxygène atmosphérique, ce qui altère significativement leurs caractéristiques organoleptiques.

- **Matières minérales (Cendres) :**

En plus des matières grasses, azotées et pariétales, les grignons, contiennent des matières minérales appelées Cendres brutes, dont la teneur est généralement basse (3à 5%). Les niveaux élevés observés peuvent résulter de l'absence de lavage et de la contamination par des particules du sol.

I.6.4 Condition de conservation des grignons d'olives :

Pour prévenir l'oxydation, la perte de qualité et la contamination microbiologiques, il est important de stocker les grignons d'olive dans des conditions adaptées.

Voici les recommandations pour une conservation optimale :

- **Température :** les grignons d'olive doivent être conservés dans un endroit sec et frais, à une température inférieure à 25 °C, afin d'éviter l'oxydation et la détérioration de la qualité.
- **Humidité :** ils doivent être entreposés dans un endroit sec pour éviter toute absorption d'humidité, susceptible de détériorer la qualité et de favoriser la contamination microbiologique.
- **Contamination :** utiliser des contenants hermétiques est essentiel pour prévenir la contamination par des agents microbiologiques comme les moisissures et les bactéries.
- **Durée de conservation :** les grignons d'olive peuvent être conservés pendant environ six mois à un an, sous réserve d'un stockage adéquat.

Il convient de noter que les conditions de conservation peuvent être sujettes à des variations en fonction de la qualité des olives récoltées, du traitement après récolte, ainsi que de la méthode d'extraction employée.

I.6.5 Valorisation du grignon d'olives

Il existe plusieurs façons de valoriser les grignons d'olives selon la littérature, et la figure résume ces différentes filières.[8]

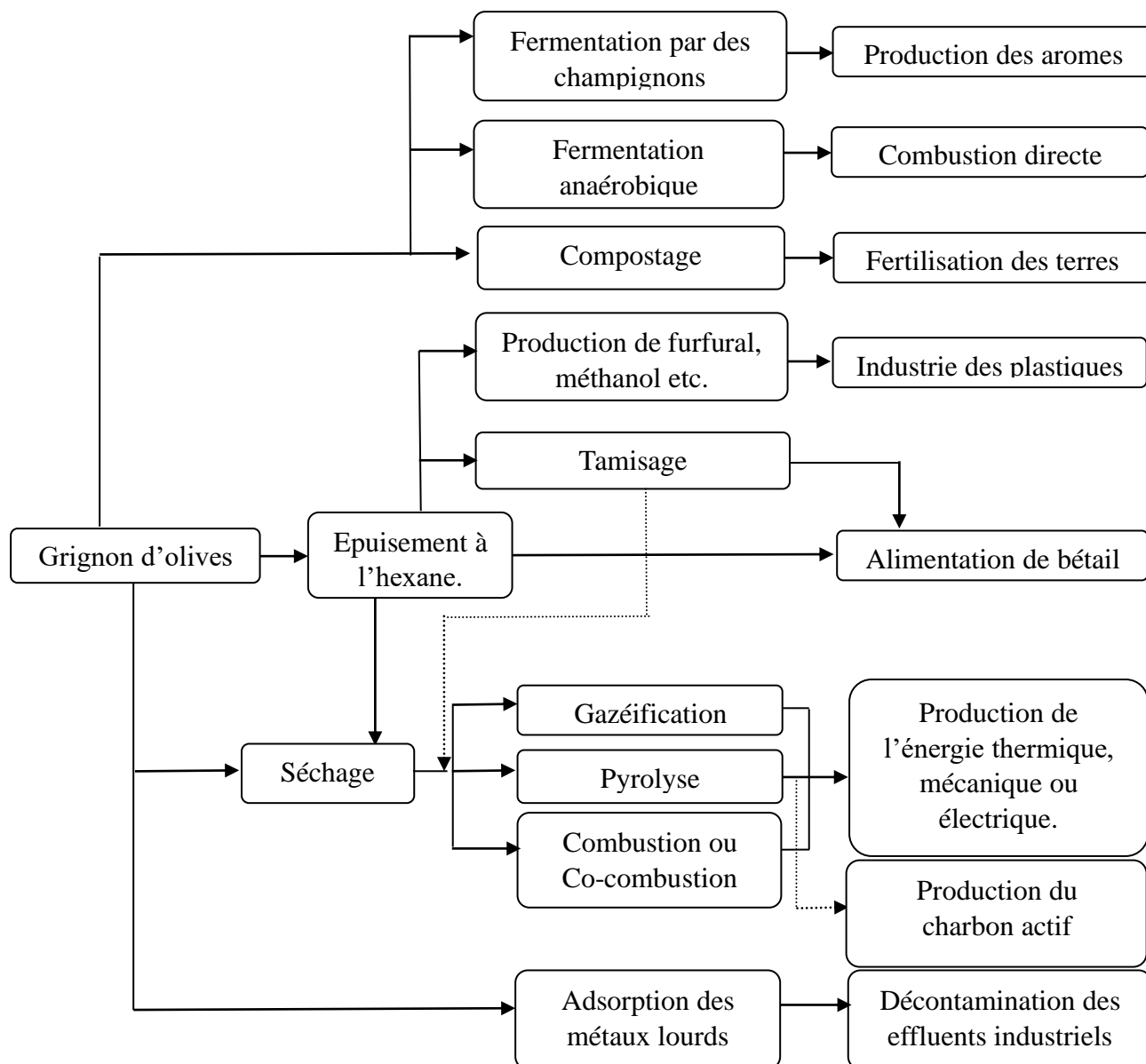


Figure I-9: Différents filières de valorisation des grignons d'olives

servir de matière première pour la production de furfural à partir des pentosanes présents dans les débris de coques, suivie de l'hydrolyse et de la dessiccation.[16]

Dans le domaine agricole, une autre option est leur utilisation comme fertilisant après compostage pour faciliter leur dégradation et éliminer tout effet phytotoxique. L'analyse des cendres issues de la combustion des grignons permet également leur utilisation en tant que fertilisant.[2], [17]

Les grignons peuvent également être utilisés comme aliment pour le bétail, particulièrement après un processus de tamisage pour retirer les noyaux, assurant ainsi une meilleure valeur nutritionnelle et une conservation aisée, utile durant les périodes de disette.[2]

Une autre voie de valorisation est la fermentation des grignons par des champignons thermophiles, produisant divers composés aromatiques utilisés dans les secteurs agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique[18]. En parallèle, la fermentation anaérobie avec des lisiers de vaches génère du méthane, une source d'énergie utilisée pour le chauffage de l'eau et la production d'électricité domestique.[19]

Les grignons d'olives peuvent également être utilisés dans la biosorption des métaux lourds et des phénols dans le traitement des eaux usées, offrant une alternative moins coûteuse et plus efficace aux méthodes conventionnelles.[10], [20], [21]

Enfin, la valorisation thermique des grignons, par combustion, pyrolyse ou gazéification, constitue une option importante pour transformer ces sous-produits en énergie utilisable sous diverses formes, jouant un rôle essentiel dans la réduction des déchets de l'industrie oléicole.[22]

I.7 Conclusion

Les recherches menées dans ce chapitre se sont concentrées sur une étude approfondie des grignons d'olive, ce qui nous a permis de mieux comprendre leurs différents types, leur composition physico-chimique, ainsi que les diverses méthodes de valorisation disponible.

La composition physique et chimique des grignons d'olive varie significativement selon la variété des olives, leur degré de maturation, et les méthodes d'extraction de l'huile utilisées, incluant les techniques d'épuisement par solvants.

Les grignons d'olive sont valorisés pour la production de furfural et comme fertilisant agricole après compostage. Ils servent également d'aliment pour le bétail après tamisage et sont utilisés dans la production d'énergie par fermentation et valorisation thermique, contribuant à une gestion durable des déchets de l'industrie oléicole.

Cette analyse jettera les bases nécessaires pour explorer plus en détails ces aspects dans le chapitre suivant.

Chapitre II : Conception et Etude

II.1 Introduction :

Dans le cadre de la valorisation des sous-produits de l'olive, le *séparateur de grignons* est une machine spécialement conçue pour répondre aux besoins industriels de séparation des grignons et de la pulpe d'olive. Le grignon peut être utilisé pour des applications diverses, telles que la production d'énergie, tandis que la pulpe est récupérée pour l'extraction d'une huile résiduelle appelée *huile de grignon d'olive*, puis pour d'autres applications comme le compost.

La conception de cette machine repose sur plusieurs objectifs techniques et fonctionnels : elle doit assurer une séparation efficace, garantir la durabilité des composants, et offrir une maintenance simple et rapide. Le choix des matériaux et des composants mécaniques doit tenir compte de la nature abrasive et huileuse des résidus d'olive. Le *séparateur de grignon d'olive* est donc conçu pour fonctionner dans des conditions industrielles exigeantes.

Ce chapitre présente la conception et le fonctionnement du séparateur de grignons d'olive. Il décrit les principaux composants de la machine ainsi que les choix techniques adoptés, notamment les systèmes de transmission utilisés et les éléments mécaniques. Enfin, il aborde la modélisation de la machine ainsi que l'assemblage des différentes pièces.

II.2 La présentation générale de la machine :

Le *séparateur de grignon d'olive* est une machine conçue pour assurer la séparation mécanique de la pulpe et des noyaux.

Il est constitué d'un tamis cylindrique fixe à l'intérieur duquel est monté un axe principal équipé de lames.

Lors de la rotation de l'axe à grande vitesse, les lames exercent une action mécanique sur le grignon, provoquant le détachement de la pulpe des noyaux. La pulpe, plus fine, traverse les ouvertures du tamis, tandis que les noyaux, plus volumineux, progressent le long du tamis jusqu'à être évacués à son extrémité.

Un racleur, placé à l'extérieur du tamis et entraîné indépendamment, assure le nettoyage continu de sa surface externe afin d'éviter l'accumulation de matière et de maintenir l'efficacité de la séparation.

II.3 Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement de la machine repose sur une action mécanique rapide à l'intérieur du tamis cylindrique. On peut diviser le processus en trois moments clés :

1. L'entrée de la matière (Alimentation)

Le grignon brut arrive par la trémie. Une **vis sans fin** fixée au début de l'axe pousse la matière vers l'intérieur. Cela garantit un débit régulier et évite que l'entrée ne se bouche.

2. La séparation à l'intérieur du tamis

C'est ici que tout se passe en même temps grâce à la vitesse de l'axe (**1400 tr/min**) :

- **Le choc** : Les lames frappent le grignon avec force pour décoller la pulpe du noyau.
- **La force de rotation** : La vitesse projette la matière contre les parois du tamis.
- **Le filtrage** : La pulpe traverse les trous du tamis, alors que les noyaux (plus gros) restent coincés à l'intérieur.

3. La sortie et le nettoyage

- **Évacuation** : Les lames sont inclinées pour pousser les noyaux vers la sortie au bout de la machine.
- **Nettoyage** : En même temps, le racleur gratte l'extérieur du tamis pour que les trous restent toujours ouverts et que la pulpe puisse passer sans s'arrêter.

II.4 Solutions techniques et composants retenus :

II.4.1 Les systèmes de transmission :

Dans cette machine, la transmission de puissance assure le transfert de l'énergie des moteurs vers les organes de travail, notamment l'axe des lames et le racleur. Le choix du système de transmission a été adapté en fonction des exigences en vitesse et en couple.

II.4.1.1 Transmission par accouplement élastique :

L'accouplement d'arbre est un composant mécanique utilisé pour connecter deux arbres (moteur et récepteur) afin de transmettre un couple de rotation. Il existe deux grandes familles : les accouplements rigides, qui demandent un alignement parfait, et les accouplements élastiques, qui intègrent un élément souple (souvent un insert en élastomère).

Fonctions principales :

- Transmission intégrale du couple : Assurer le passage de la puissance sans glissement.

Absorption des vibrations : L'élément élastique dissipe l'énergie des chocs de torsion.

- Compensation des désalignements : Il accepte les petits écarts radiaux, axiaux et angulaires entre les deux arbres.
- Protection du moteur : Il isole le moteur des impacts mécaniques provenant de la zone de travail.

Application au projet :

Pour l'entraînement de l'axe principal, l'accouplement élastique est indispensable. À 1400 tr/min, les lames frappent le grignon d'olive de manière répétée, créant des micro-chocs. L'accouplement élastique protège les roulements du moteur en absorbant ces vibrations, garantissant ainsi une plus grande longévité à l'installation.

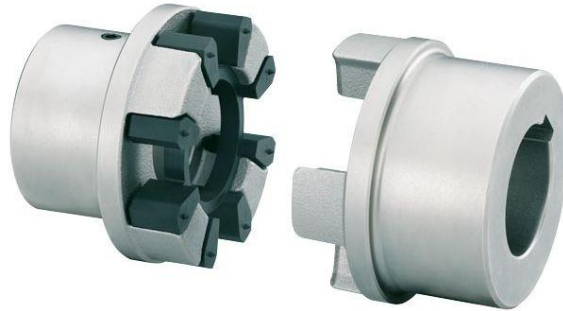


Figure II-1 : Accouplement élastique

II.4.1.2 Transmission par chaîne :

La transmission par chaîne permet de transmettre le mouvement entre deux arbres à l'aide d'une chaîne et de pignons, sans glissement.

Caractéristiques et avantages :

- **Rapport de transmission constant** : Contrairement aux courroies, il n'y a aucun glissement possible, ce qui garantit une vitesse précise.
- **Capacité de charge élevée** : Elle peut transmettre des couples très importants, même à basse vitesse.
- **Résistance aux environnements difficiles** : Les chaînes en acier supportent bien la chaleur, l'huile et la poussière.

Application au projet :

Le choix de la transmission par chaîne pour le système de nettoyage a été dicté principalement par les conditions d'exploitation sévères à l'intérieur du séparateur de grignon. Une transmission par courroie a été écartée pour les raisons suivantes :

- **Problématique du glissement et de l'huile** : Le grignon d'olive est une matière extrêmement grasse. En fonctionnement, des projections d'huile et de particules fines sont inévitables. Une courroie repose sur l'adhérence pour transmettre le mouvement ; en présence d'un film d'huile, elle patinerait instantanément, entraînant une perte de synchronisation et l'arrêt du racleur. La chaîne, fonctionnant par **engrènement mécanique**, garantit une transmission positive constante même en milieu saturé d'huile.

- **Sensibilité à l'acidité des huiles :** Les huiles d'olive (surtout les huiles résiduelles du grignon) possèdent un taux d'acidité qui peut dégrader chimiquement les polymères et les caoutchoucs des courroies standards. Cela provoque un durcissement, des craquelures, et finalement la rupture prématurée de la courroie. L'acier de la chaîne offre une résistance chimique bien supérieure à ces agressions acides.
- **Environnement poussiéreux et abrasif :** Le traitement des grignons génère une poussière organique qui peut s'insérer entre une courroie et sa poulie, agissant comme un abrasif qui use les surfaces de contact. La chaîne est beaucoup plus tolérante à l'accumulation de poussière dans ses maillons, ce qui réduit les besoins de maintenance.

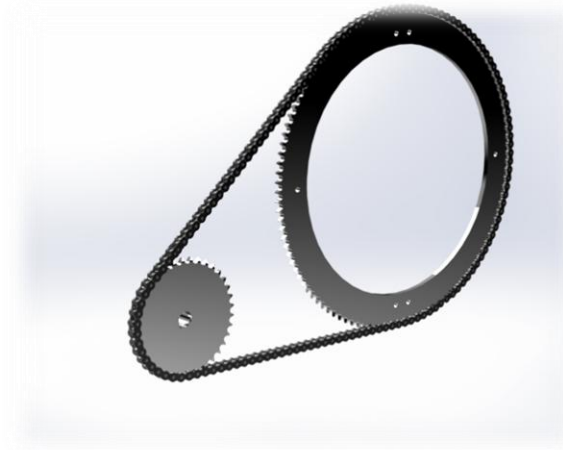


Figure II-2 : Chaîne à rouleaux

Calculs de dimensionnement de la chaîne :

- **Rapport de transmission :**

$$r = \frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_d}{Z_D} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

Z_D : nombre de dents de la roue dentée.

Z_d : nombre de dents du pignon.

N_D : la vitesse de rotation de roue dentée.

N_d : la vitesse de rotation du pignon.

D_p : le diamètre primitif de la roue dentée.

d_p : le diamètre primitif du pignon.

Tableau II-1 : Le choix de nombre de dents des pignons et l'entraxe recommandé

Applications Normales	Grandes vitesses, surcharges...
$Z_p \geq 17$	$Z_p \geq 25$
Entraxes recommandés : $30p \leq a \leq 50p$	

- **Le diamètre primitif d'une roue de Z dents :**

$$d_p = \frac{p}{\sin(\alpha/2)} = \frac{p}{\sin(180^\circ/Z)} \quad (\text{II.2})$$

- **L'angle d'enroulement :**

$$\theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D_p - d_p}{2a} \right) \quad (\text{II.3})$$

Il faut que $\theta \geq 120^\circ$ afin d'assurer une répartition adéquate des efforts

Avec :

a : est l'entraxe

- **La vitesse linéaire de la chaîne :**

$$V = \frac{N_d \cdot p \cdot Z_d}{60000} \quad (\text{II.4})$$

Avec : V est en m/s.

- **La longueur de la chaîne :**

$$L_p = 2a + \frac{p(Z_d + Z_D)}{2} + \frac{p^2}{a} \left(\frac{Z_D - Z_d}{2\pi} \right)^2 \quad (\text{II.5})$$

Le diagramme suivant permet de sélectionner le type de chaînes de transmission et le mode de graissage nécessaire en fonction de la puissance et de la vitesse de rotation

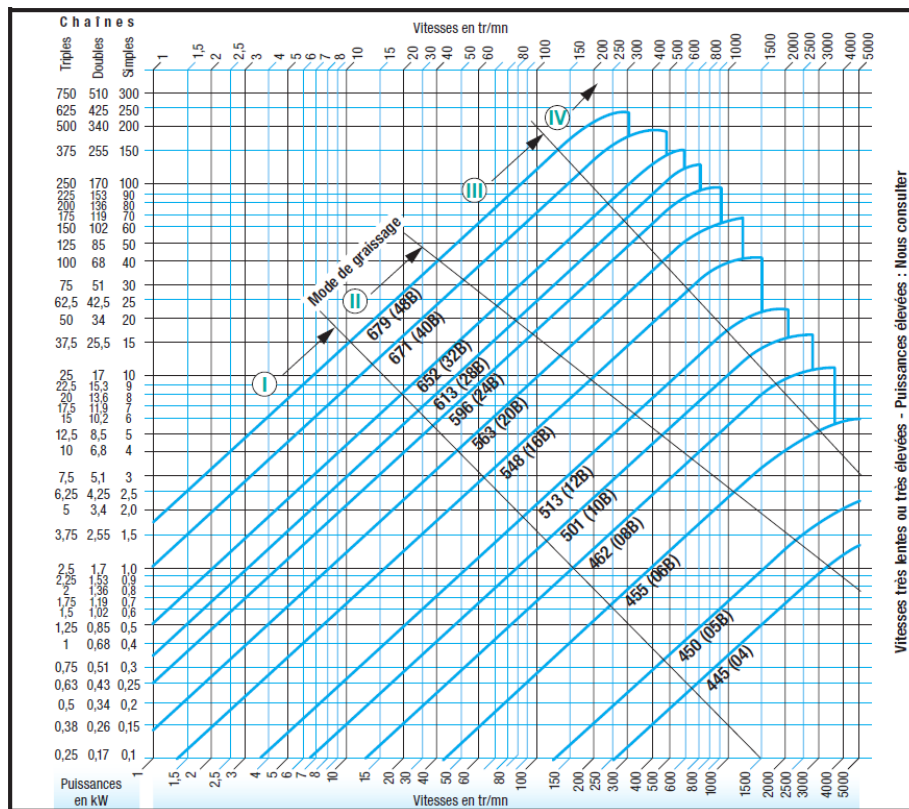


Figure II-3 : Diagramme de choix du type de chaînes et le mode de graissage en fonction de la puissance et la vitesse de rotation.

II.4.2 Choix des motorisations :

Le fonctionnement de la machine repose sur deux besoins distincts : une puissance élevée pour le traitement du grignon et un couple important pour le système de nettoyage.

Moteur de l'axe principal :

Nous avons opté pour un moteur de 22 kW tournant à 1400 tr/min.

Cette puissance est nécessaire pour maintenir une vitesse de rotation constante lors de l'impact des lames sur le grignon. Une réserve de puissance est indispensable pour absorber les variations de charge en entrée et éviter les échauffements du moteur lors d'une utilisation prolongée.

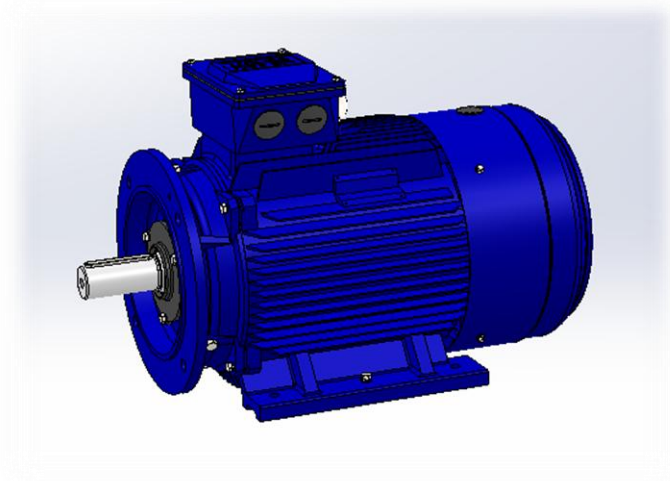


Figure II-4 : Le moteur électrique de l'axe principal.

Moteur du système de nettoyage :

Le nettoyage du tamis est assuré par un moteur de 1,1 kW associé à un réducteur de vitesse.

Le racleur tourne à une vitesse très faible (12 tr/min). L'utilisation d'un motoréducteur permet de transformer cette faible puissance en un couple important. Ce couple est nécessaire pour vaincre la résistance de la pulpe d'olive, particulièrement visqueuse et collante, qui s'accumule sur la paroi extérieure du tamis.

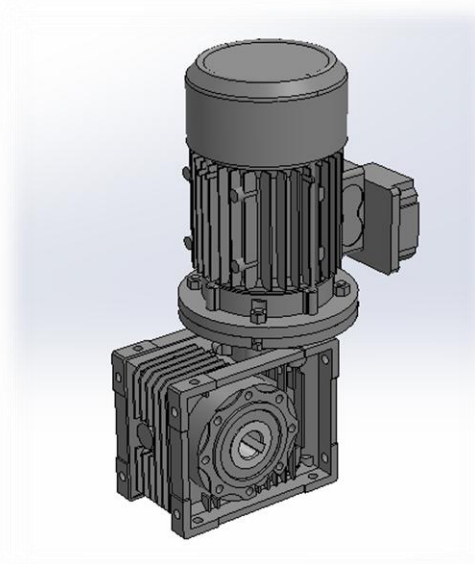


Figure II-5 : Le motoréducteur.

II.4.3 Paliers et guidage en rotation :

Le guidage de l'axe de diamètre 65 mm est assuré par deux paliers adaptés à la configuration de la machine :

- **Palier appliqué type UCF 209** : placé à l'entrée (côté admission), il permet une fixation directe sur la structure. Il est généralement équipé d'un roulement à billes auto-aligneur, ce qui facilite le montage et compense les défauts d'alignement.

- **Palier à semelle type SN 513** : placé côté transmission, il est conçu pour supporter des charges radiales importantes. Il est associé à un roulement à rouleaux (souvent de type sphérique), adapté aux conditions de charge et assurant une bonne robustesse en fonctionnement.

- **Calcul de la durée de vie d'un roulement :**

Avec :

L_{10} : la durée de vie nominale.

C : la capacité de charge dynamique du roulement.

P : la charge équivalente agissant sur le roulement.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

(II.6)

Où :

X et Y : sont des coefficients dépendant du type de roulement et de la proportion des charges radiales et axiales.

F_a et F_r : sont des efforts axial et radial appliqués au roulement

p : facteur d'exposant (3 pour les roulements à billes et 10/3 pour les roulements à rouleaux).

- **Calcul de la vitesse limite :**

$$N_{\text{lim}} = \frac{N_{\text{max}}}{f_s} \quad (\text{II.7})$$

Avec :

N_{max} : la vitesse maximale admissible.

f_s : le facteur de sécurité, qui peut être calculé comme suit :

$$fs = \frac{C_0}{P_0}$$

(II.8)

Où :

C_0 : capacité statique de base d'un roulement.

P_0 : charge statique équivalente.

II.5 La conception des éléments de la machine :

La conception des pièces consiste à définir la forme, dimension, matériaux et assemblages des composants d'un système mécanique à l'aide d'un logiciel (CAO).

II.5.1 Logiciel de conception (SOLIDWORKS) :

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) en 3D, développé par Dassault Systèmes, largement utilisé dans les domaines de l'ingénierie et de la fabrication. Il permet de concevoir, modéliser, simuler et analyser des pièces, des assemblages et des systèmes complexes.

SolidWorks est un outil polyvalent adapté à divers secteurs tels que la mécanique l'automobile et l'aéronautique. Il possède plusieurs fonctionnalités qui permettent de créer rapidement des pièces et les préparer pour le découpage, pliages...

II.5.2 Les éléments de la machine :

II.5.2.1 Le Châssis :

Le châssis, en tant que structure de support de la machine, est soumis à des charges dynamiques lors de la rotation de l'axe principal et du racleur.

Le châssis est modélisé pour évaluer les points de charge et les zones susceptibles de déformation sous l'effet des forces rotatives.

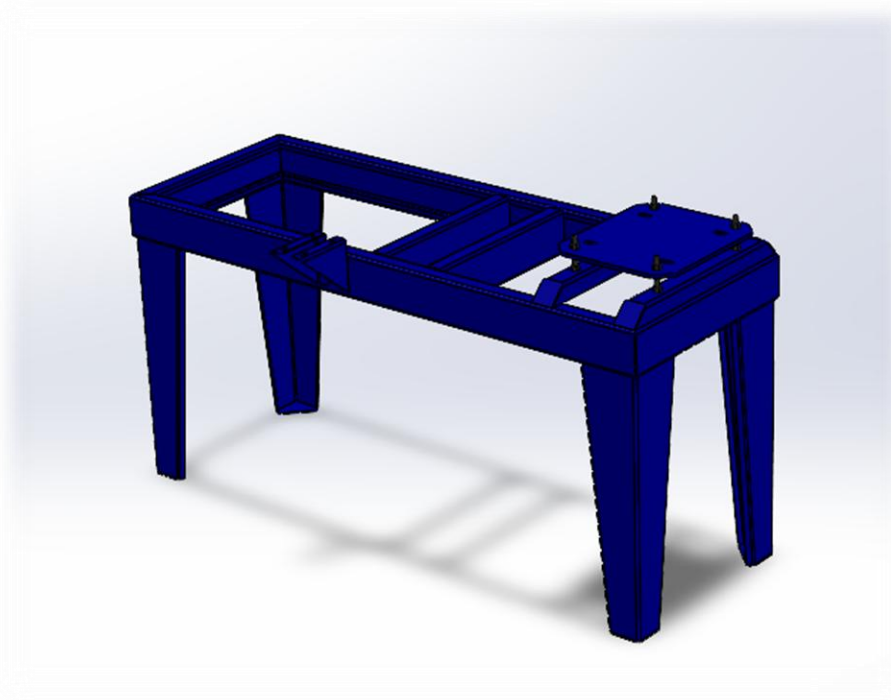


Figure II-6 : Le châssis

II.5.2.2 Le Tamis :

Le tamis est fabriqué en acier inoxydable pour sa résistance à la corrosion et sa compatibilité alimentaire. Il est perforé de manière homogène pour permettre le passage de la pulpe tout en retenant les noyaux.

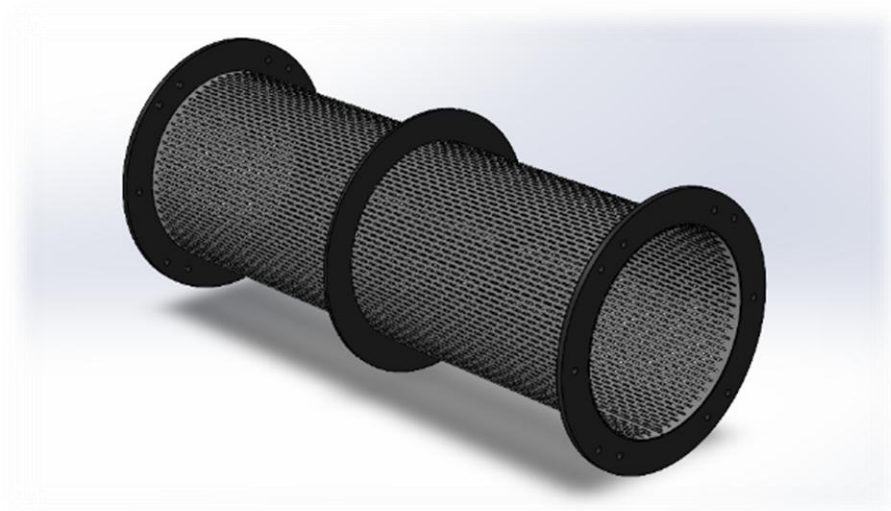


Figure II-7 : Le tamis

II.5.2.3 L'axe principal :

L'axe principal est relié directement au moteur par un accouplement élastique, permettant une rotation rapide et stable.

- **Vis hélicoïdale :**

Elle est mise en rotation par l'axe principal, générant un mouvement longitudinal

- **Lames (fer plat) :**

Les lames sont fixées par des boulons à l'axe principal avec une inclinaison spécifique. L'inclinaison des lames joue un rôle essentiel dans le transport des noyaux, favorisant leur déplacement continu tout en évitant leur blocage.

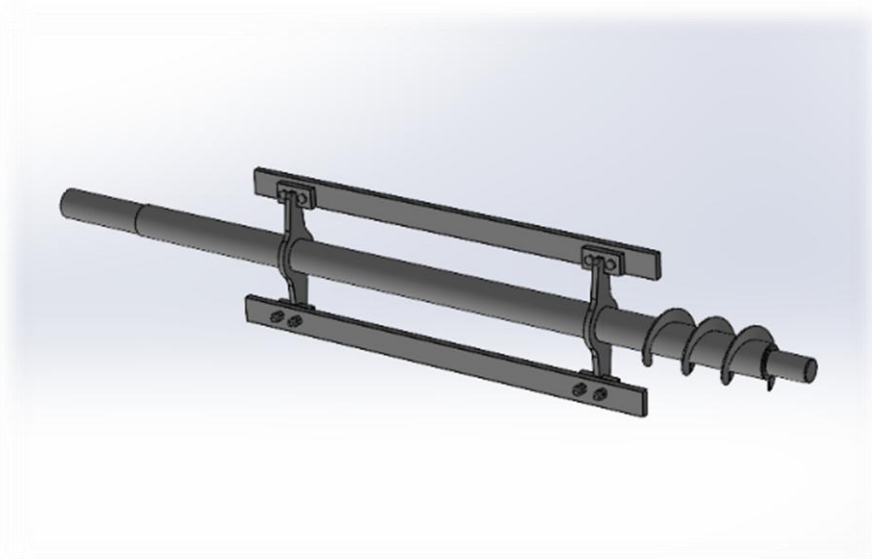


Figure II-8 : L'axe principal, les lames et la vis hélicoïdale.

II.5.2.4 Le racleur :

Le racleur, positionné à l'extérieur du tamis, joue un rôle essentiel dans l'élimination des résidus afin de prévenir l'obstruction des perforations. Construit principalement en acier, il est doté d'une couche de Teflon sur la partie en contact direct avec le tamis, réduisant ainsi l'usure et protégeant efficacement ce dernier. Le racleur est monté sur une roue dentée, avec un système de support assuré par des roulements à billes, quatre de chaque côté, garantissant une rotation fluide et stable. Il est entraîné par une chaîne, reliée à un autre moteur. Ce dernier est couplé à un réducteur avec un rapport de 1:40, permettant d'adapter la vitesse et d'augmenter le couple, assurant ainsi un fonctionnement précis et performant du racleur.



Figure II-9 : Le racleur

▪ **La transmission par chaîne :**

- La chaîne utilisée est une chaîne à rouleaux simple de longueur $L = 2252mm$ (cette valeur est déterminée à partir de la formule (II.5))
- La roue dentée dont la vitesse de rotation est $N_1 = 12tr / min$, de diamètre D_p et de nombre de dents $Z_1 = 111dents$ (ce nombre de dents est choisi en fonction de dimensionnement lors de la conception).
- La petite roue (pignon) d'une vitesse de rotation $N_2 = 36tr / min$ et de nombre de dents $Z_2 = 37dents$ (calculé par la formule (II.1))

II.6 Assemblage des éléments de la machine :

L'assemblage final sur SolidWorks marque la réussite de la phase de conception. Il permet de visualiser la machine complète et de confirmer que toutes les pièces s'ajustent parfaitement entre elles.

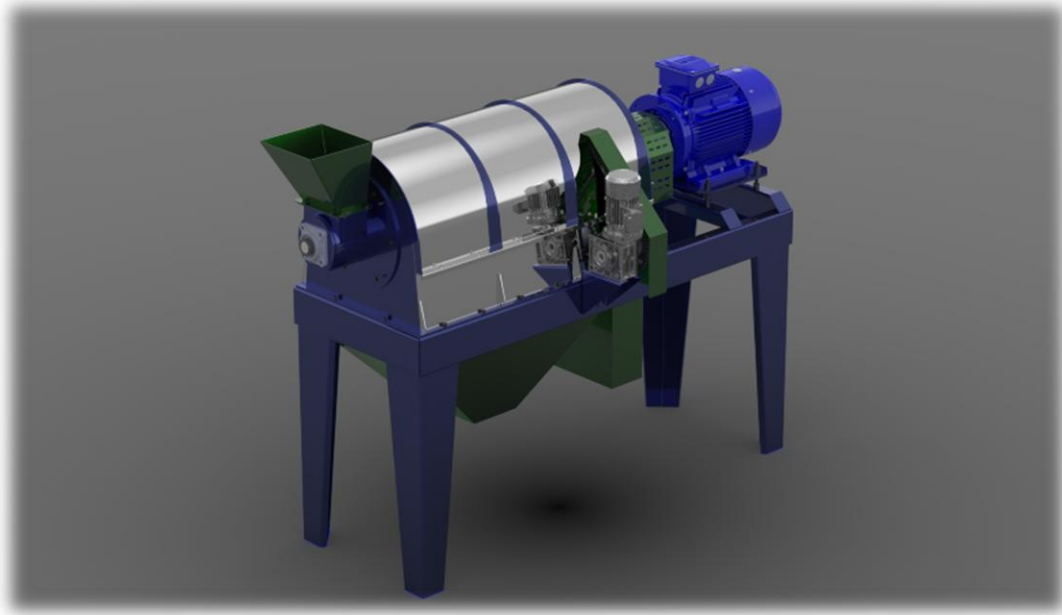


Figure II-10 : L'assemblage final de la machine.

II.7 Conclusion :

Ce chapitre a présenté la conception du séparateur de grignons d'olive ainsi que son principe de fonctionnement. Les différents composants de la machine ont été décrits, et les choix techniques relatifs aux motorisations, aux systèmes de transmission et au guidage en rotation ont été retenus en fonction des contraintes de fonctionnement de la machine.

La modélisation et l'assemblage réalisés sous **SolidWorks** ont permis de vérifier la cohérence de l'ensemble et de valider le fonctionnement global de la machine.

Les solutions adoptées permettent d'assurer un fonctionnement fiable, une bonne efficacité de séparation ainsi qu'une maintenance adaptée aux conditions d'utilisation.

Chapitre III : Procédés de fabrication

III.1 Introduction :

La fabrication d'une machine, comme le séparateur de grignons d'olive, repose sur un enchaînement d'opérations techniques qui nécessitent à la fois une expertise en chaudronnerie et en mécanique. Chaque étape, de la fabrication des pièces à l'assemblage final, doit être réalisée avec une grande précision afin de garantir une machine fiable et durable. Ce processus implique une série de transformations des matériaux, allant du découpage au soudage, en passant par l'usinage, avant d'arriver à l'assemblage des composants.

Dans ce chapitre, on détaillera les différentes étapes de la fabrication, en mettant l'accent sur les procédés utilisés et les techniques qu'on a spécifiquement mises en œuvre. Après avoir découpé, plié et roulé les tôles pour usiner les pièces, on a utilisé des procédés de soudage TIG et MIG afin d'assembler les principaux composants de la structure, garantissant ainsi une solidité et une cohésion parfaite.

Les étapes suivantes ont concerné des opérations d'usinage mécanique, telles que le tournage, le fraisage et le perçage, afin de garantir la précision dimensionnelle des pièces.

Avant d'atteindre l'assemblage final, un traitement thermique a été effectué sur certaines pièces pour améliorer leurs propriétés mécaniques, en particulier la résistance à l'usure et à la déformation.

Enfin, on abordera les techniques d'assemblage que j'ai réalisées pour assurer la stabilité de l'ensemble, en respectant des critères stricts de performance et de sécurité.

III.2 Présentation de l'Entreprise Partenaire :

SARL INNOTECH, spécialisée dans la mécanique industrielle, notamment dans la fabrication et maintenance de machines pour huileries, a accueilli ce projet dans son atelier situé à la région d'Ait Yahia Moussa. Son expertise dans la chaudronnerie, l'usinage et la mécanique générale a été déterminante.

III.3 Matériaux utilisés :

III.3.1 Acier inoxydable 304L :

Le matériau utilisé lors de la fabrication des composants de la machine est l'acier inoxydable 304L, cet acier est également appelé AISI 304L, est un alliage d'acier inoxydable contenant principalement du carbone, du chrome, du nickel, de l'aluminium et du molybdène. L'inox 304L est un matériau populaire et de qualité. En effet, il offre :

- Une excellente résistance à la corrosion et à la chaleur.
- Une bonne résistance à la traction et à la rupture.
- Une bonne compatibilité alimentaire.

III.3.2 Le PTFE (Polythétrafluoroéthylène) :

Le PTFE est un polymère semi-cristallin avec de nombreuses caractéristiques uniques telles que :

- Une bonne résistance mécanique.
- Résistance chimique.
- Coefficient de frottement très faible.
- Résistance aux températures élevées.

III.3.3 L'acier S235 :

Acier S235 est une nuance d'acier de construction au carbone non allié, selon la norme EN 10025-2. Ce matériau a de bonnes caractéristiques mécaniques, telles que :

- La plasticité.
- La ténacité.
- La soudabilité.
- Une certaine résistance et de bonnes propriétés de flexion à froid.

La réalisation du séparateur s'est déroulée en deux étapes principales :

III.4 Opérations de chaudronnerie :

III.4.1 Le découpage :

Le découpage est une opération très courante pour produire des pièces métalliques à partir de tôles. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage. Selon l'importance des séries de pièces à réaliser, plusieurs procédés peuvent être utilisés (électroérosion à fil, oxycoupage, découpages plasma traditionnel ou à jet fin, laser ou au jet d'eau abrasif ...). [24]

Dans ce projet on s'intéresse aux types suivants :

III.4.1.1 La découpe laser :

Est un processus thermique le plus utilisé dans l'industrie à cause de leur efficacité. Les lasers fonctionnent en générant un faisceau de lumière extrêmement concentré. Ce processus commence par l'excitation d'un médium actif (qui peut être un gaz, un liquide ou un solide) à l'intérieur de la cavité laser. Cette excitation provoque l'émission de photons, qui sont réfléchis entre deux miroirs jusqu'à ce qu'ils atteignent une intensité suffisante pour s'échapper sous forme de faisceau laser.



Figure III-1 : La découpe laser.

III.4.1.2 La découpe au plasma :

Cette méthode a été développée à l'origine pour couper des matériaux qui ne pouvaient pas être coupés de manière satisfaisante par le procédé d'oxycoupage.

Elle met en œuvre une énergie concentrée sous forme d'un jet plasma à très haute température (15000 à 20000°C) qui fond le métal à son point d'impact et éjecte le métal fondu hors de la saignée par sa force vive. Ce jet plasma est généré par un arc électrique qui s'établit entre une électrode, interne à la torche et la pièce. Cet arc est placé dans un courant de gaz qui assure la génération du plasma. Il s'échappe par un petit orifice qui lui confère finesse et rigidité. [23]



Figure III-2 : La découpe au plasma

III.4.1.3 La découpe par sciage mécanique :

Le sciage est un procédé de découpe de matériaux de natures diverses. Il s'effectue par enlèvement de matière, à l'aide d'un outil appelé lame. Cet outil est pourvu de dents dont les formes sont censées répondre aux besoins de l'opération en termes de qualité d'exécution et d'intérêt économique. La denture est dans certains cas remplacée par des concrétions, dépôts de grains de haute dureté dont le rôle est de faire office d'arête coupante.

Dans notre cas, on a utilisé une scie mécanique à bande (voir dans la figure)



Figure III-3 : Scie mécanique à bande.

III.4.2 Le pliage :

Le pliage est une opération de formage à froid de tôles planes par déformation permanente. Cette technique, largement utilisée dans l'industrie, peut également être adaptée pour la fabrication ou l'assemblage d'éléments spécifiques, comme ceux utilisés dans une machine séparatrice de grignons d'olives. Lors de cette opération, la tôle est d'abord positionnée sur une matrice (ou vé), appuyée contre des butées préalablement réglées, puis une force est appliquée sur une partie de la tôle à l'aide d'un poinçon (ou contre-vé).

Dans le cas de la conception de composants pour une machine séparatrice de grignons d'olives, le pliage permet de former des pièces aux géométries précises, nécessaires pour garantir l'efficacité du processus de séparation.



Figure III-4 : Opération de pliage.

III.4.3 Le roulage :

Le roulage de tôle, ou cintrage, est une technique de transformation d'une surface plane en une surface cylindrique ou conique, qu'elle soit fermée (roulage fermé : virole) ou ouverte. Cette opération est réalisée par un effort de flexion obtenu par pression ou par choc.

Dans le cadre de la fabrication d'une machine séparatrice de grignons d'olives, le roulage de tôle est une étape essentielle pour concevoir des composants tel que le tamis, qui jouent un rôle important dans le processus de séparation. Pour la réalisation de cette partie on a utilisé une rouleuse pyramidale à 3 rouleaux. Cette machine permet de former avec précision la tôle perforée en inox en un cylindre, tout en respectant les tolérances dimensionnelles. De plus, le roulage a été également utilisé pour arrondir le cache en inox, assurant ainsi un ajustement optimal et une finition esthétique.



Figure III-5 : Opération de roulage

III.4.4 Le soudage

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler. Dans le cas des métaux, cette continuité est réalisée à l'échelle de l'édifice atomique. En dehors du cas idéal où les forces interatomiques et la diffusion assurent lentement le soudage des pièces métalliques mises entièrement en contact suivant des surfaces parfaitement compatibles et exemptes de toute pollution, il est nécessaire de faire intervenir une énergie d'activation pour réaliser rapidement la continuité recherchée.

L'opération peut être appliquée aux métaux ainsi qu'aux thermoplastiques et au bois. Le soudage permet d'obtenir une continuité de la nature des matériaux assemblés : matériau métallique, matière plastique, etc.



Figure III-6 : L'opération de soudage

Dans notre projet, deux techniques de soudage ont été employées : le soudage TIG (Tungsten Inert Gas) et le soudage MIG (Metal Inert Gas).

III.4.4.1 Le soudage TIG :

Le soudage TIG définit un procédé de soudage, pour lequel la fusion des bords à assembler est obtenue par la création d'un arc électrique. Cet arc est initié à partir d'une électrode réfractaire en tungstène qui peut contenir des éléments d'addition comme le thorium ou l'yttrium, qui favorisent l'émission électronique de l'électrode. L'arc et le bain fondu sont protégés de l'atmosphère par l'utilisation d'un gaz neutre. L'argon est le gaz le plus couramment utilisé, mais il peut être parfois mélangé avec l'hélium ou de l'hydrogène pour améliorer la soudabilité.

Le procédé de soudage TIG est le plus élémentaire puisqu'il n'apporte que des calories à la pièce à souder. Un métal d'apport peut éventuellement être ajouté, mais son introduction est totalement indépendante de la source thermique. La simplicité de ce procédé permet d'obtenir des joints soudés d'excellente qualité pour la plupart des matériaux métalliques. [28]

Le matériel nécessaire pour réaliser des soudures TIG est relativement simple ; il se compose essentiellement :

- D'un générateur de courant qui délivre un courant continu lisse, continue pulsé ou alternatif.
- D'une torche composée d'une électrode de tungstène, d'une buse en céramique canalisant le flux de gaz neutre et d'une gâchette utilisable en soudage manuel pour commander l'arc.
- D'un système de protection gazeuse qui est incorporé à la torche pour protéger l'arc et le bain.

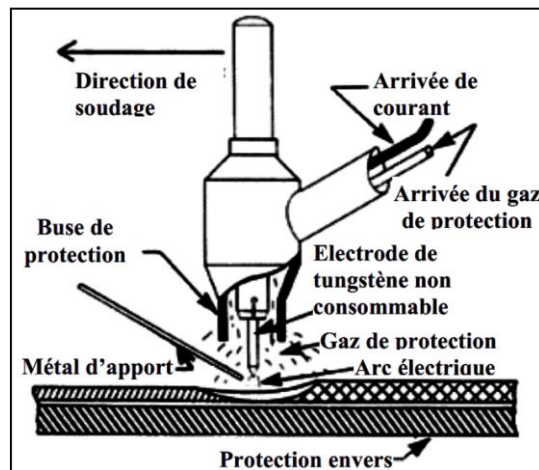


Figure III-7 : La torche TIG et son procédé de soudage

III.4.4.2 Le soudage MIG :

Le soudage MIG (Metal Inert Gas) est un procédé de soudage à l'arc qui utilise un fil-électrode solide et continu chauffé et introduit dans le bain de soudure à partir d'un pistolet de soudage. Les deux matériaux de base sont fondus ensemble pour former un joint. Le pistolet envoie un gaz de protection le long de l'électrode, ce qui permet de protéger le bain de soudure des contaminants en suspension dans l'air et d'empêcher l'oxygène de pénétrer dans le métal en fusion.

Le soudage MIG fonctionne avec presque tous les métaux, y compris l'acier doux, l'acier inoxydable, l'aluminium, le cuivre, le magnésium, le bronze et le nickel. Le soudage MIG convient à la plupart des épaisseurs de métal. Toutefois, ce n'est généralement pas la méthode préférée pour les tôles minces en raison du risque de brûlure à travers la tôle, bien que les progrès dans les caractéristiques du matériel de soudage MIG/MAG moderne aient rendu cela possible.

En soudage MIG, l'opérateur travaille avec une torche de soudage MIG ou « pistolet », lorsque l'on appuie sur la gâchette de la torche :

- La torche commence à alimenter le fil de soudage à partir d'un dévidoir.
- Un arc électrique est créé entre le fil de soudage et la pièce, ce qui chauffe la pièce, fait fondre le fil et le fusionne avec la zone du joint.

La torche libère un flux de gaz de protection pour protéger la jonction de la pièce et du fil fondu à partir d'une buse entourant le fil dans la torche. [28]

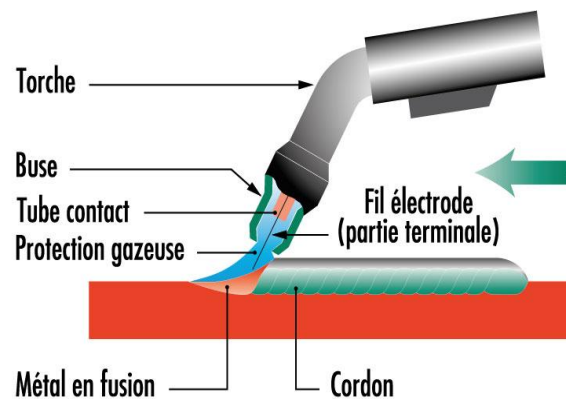


Figure III-8 : La torche MIG et son procédé de soudage.

III.5 Opérations mécaniques

III.5.1 Tournage :

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe en utilisant des outils à arête tranchante. La pièce est animée d'un mouvement de rotation appelé mouvement de coupe (M_c), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation appelé mouvement d'avance (M_a), permettant de définir le profil de la pièce.

Dans ce projet, le tournage a été utilisé pour la réalisation de plusieurs composants, notamment l'axe qui a été ajusté avec les deux paliers et l'accouplement. De plus, des bagues ont été fabriquées pour les roulements, permettant d'assurer une rotation fluide et précise des composants mobiles. [26]



Figure III-9 : Opération de tournage

- **Calcul de la vitesse de rotation :**

La fréquence de rotation de la pièce est désignée sous cette forme :

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad (\text{III.1})$$

Avec :

V_c : la vitesse de coupe [mm/min].

D : le diamètre de la pièce à usiner [mm].

- **Calcul de la vitesse d'avance :**

$$V_f = n \cdot f \quad (\text{III.2})$$

Avec :

n : la fréquence de rotation [tr/min].

f : l'avance par tour [mm/tr].

III.5.2 Fraisage :

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisable sur des machines-outils appelées fraiseuses, au moyen tournants à tranchants multiples appelés fraises.

Le fraisage est une production par outil de coupe de forme précise à directrices rectilignes, circulaire ou quelconques sur des pièces généralement prismatiques.

Pour fabriquer une machine de séparation des grignons et des pulpes d'olives, ce procédé est essentiel pour obtenir des composants précis et fonctionnels, notamment ceux qui nécessitent des géométries complexes ou des tolérances serrées. Ce procédé d'usinage a été utilisé pour la fabrication des rainures. [26]



Figure III-10 : Opération de fraisage.

- **Calcul de la vitesse de rotation :**

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad (\text{III.3})$$

Avec :

V_c : la vitesse de coupe en [mm/min].

D : le diamètre de la fraise [mm].

- **Calcul de la vitesse d'avance :**

$$V_f = n \cdot fz \cdot Z \quad (\text{III.4})$$

Avec :

n : la fréquence de la broche en [tr/min].

fz : l'avance par tour [mm/dent].

Z : le nombre de dents.

III.5.3 Perçage

Le Perçage C'est l'action de percer un trou à l'aide d'un outil de coupe en bout, que l'on nomme « foret ». L'opération s'effectue par rotation et le mouvement est engendré par une machine-outil appelée « perceuse ». [26]

La perceuse utilisée dans notre projet est la perceuse à colonne.



Figure III-11 : Opération de perçage.

- **Calcul de la vitesse de rotation :**

La vitesse de rotation en perçage s'écrit comme suit :

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad (\text{III.5})$$

Avec :

V_c : la vitesse de coupe en [mm/min].

D : le diamètre du foret en [mm].

III.5.4 Le rabotage :

Le rabotage est un procédé d'usinage par enlèvement de matière utilisé pour obtenir des surfaces planes, et occasionnellement des profils quelconques à génératrice rectiligne par outil de coupe, de forme ou d'enveloppe à tranchant unique.

La réalisation d'une surface plane est due à la combinaison de deux mouvements rectilignes perpendiculaires ; le mouvement de coupe (M_c) et le mouvement d'avance (M_a). Le mouvement de coupe peut être donné à l'outil ou à la pièce suivant le type de machine à raboter.

Quand on utilise un étai-limeur ou une mortaiseuse le (M_c) est donné à l'outil, tandis que dans le cas d'une raboteuse, le (M_c) est donné à l'outil lui-même.

L'opération de rabotage a été effectuée avec un étai-limeur pour usiner une rainure longitudinale dans l'alésage du pignon, destinée à l'installation d'une clavette assurant la transmission de couple entre le pignon et l'arbre. [26]

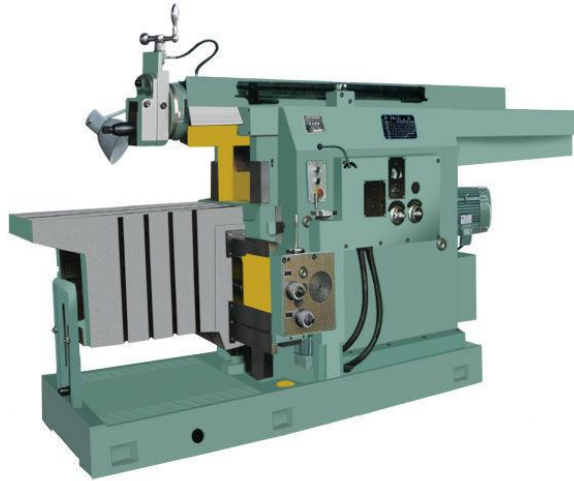


Figure III-12 : Etau-Limeur.

III.6 Le Traitement thermique :

Le traitement thermique est une succession d'opérations au cours desquelles un produit ferreux solide est soumis en totalité ou partiellement à des cycles thermiques pour obtenir un changement de ses propriétés et/ou de sa structure. [25]

Le procédé de traitement thermique se compose de :

- L'échauffement à des températures supérieures aux températures de transformation.
- Maintient à une température définie.
- Refroidissement avec une vitesse donnée.

Dans le cadre de ce projet un traitement thermique a été appliqué aux bagues des roulements utilisés et deux types ont été effectués :

III.6.1 La trempe :

Consiste à chauffer les pièces à une température légèrement supérieure à la température de transformation et à refroidir celles-ci très rapidement.

Ce type a pour objet de durcir le métal. Elle permet d'obtenir des aciers très durs mais dans la plupart des cas peu ductiles. Pour cela on a dû appliquer un revenu.

III.6.2 Le revenu :

Chauffe la pièce à une température inférieure à 700°C, suivie d'un maintien et d'un refroidissement approprié. Il est utilisé pour réduire les contraintes internes de la trempe tout en équilibrant dureté et ténacité.



Figure III-13 : Le traitement thermique (la trempe).

III.7 L'équilibrage :

Un solide est dit équilibré lors de sa rotation autour d'un axe fixe si son centre de masse est sur l'axe de rotation (l'axe de rotation est un axe principal d'inertie pour ce solide).

L'équilibrage des machines tournantes est le procédé par lequel on tente d'améliorer la répartition de la masse d'un rotor de façon que le rotor tourne dans ses paliers sans créer de forces centrifuges non compensées. L'équilibrage des rotors contribue à prolonger la vie utile des équipements et doit améliorer le comportement des machines tournantes.

De façon générale, on réunit sous le terme d'équilibrage deux opérations partielles :

- La masse du Balourd.
- La compensation du balourd.

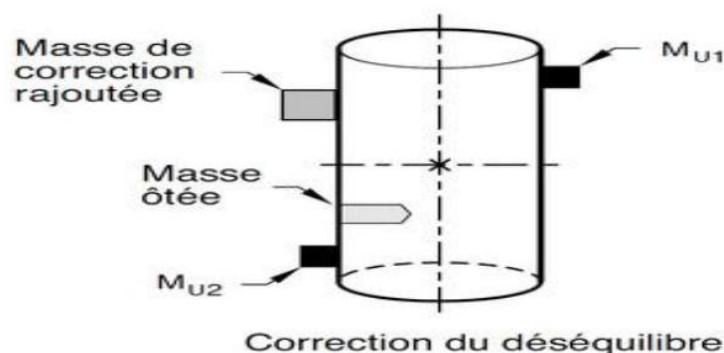


Figure III-14 : Un schéma de correction du déséquilibre.

III.8 Assemblage :

L'assemblage de la machine a été réalisé par deux méthodes complémentaires :

- Le soudage, pour créer des liaisons solides et permanentes adaptées aux fortes contraintes mécaniques.
- L'assemblage mécanique (fixation par vis), pour relier de façon démontable les composants nécessitant un accès facile pour la maintenance ou le remplacement.



Figure III-15 : L'assemblage final de la machine.

III.9 Essai et vérification du fonctionnement :

Après l'assemblage complet du séparateur de grignons d'olives, un essai de fonctionnement a été réalisé dans l'atelier de l'entreprise partenaire afin d'évaluer le bon fonctionnement du séparateur de grignons d'olives. Cette étape, primordiale dans le processus de validation, visait à s'assurer que la machine réponde aux objectifs fixés en termes de performance, de fiabilité et de qualité de séparation.

III.9.1 Objectifs du test :

Les objectifs de l'essai de fonctionnement sont les suivant :

- ✓ **Vérification de la mise en marche de la machine :** s'assurer que tous les composants de la machine fonctionnent sans anomalies mécaniques.
- ✓ **Evaluation de la stabilité dynamique de la structure en fonctionnement :** vérifier que la structure supporte les contraintes mécaniques en fonctionnement réel, sans déformation ni déséquilibre.
- ✓ **Contrôle de la qualité de la séparation :** voir si la machine sépare efficacement la pulpe d'olive du grignon.
- ✓ **Confirmer que le nettoyage externe du tamis par le racleur est efficace pendant l'opération :** contrôler si le racleur, recouvert de Teflon a bien joué son rôle, en gardant le tamis propre et fonctionnel tout au long de l'opération.

III.9.2 Déroulement de l'essai :

L'essai de vérification a été réalisé après l'assemblage de l'ensemble des composants de la machine. Le grignon d'olive, collecté auprès d'une huilerie locale, a été utilisé comme matière première.

Dans un premier temps, le racleur externe a été mis en marche. Entraîné par un motoréducteur via une chaîne de transmission, il a commencé à tourner lentement autour du tamis. Ce mouvement permet d'assurer un nettoyage continu de la surface externe du tamis, en évacuant les résidus accumulés.

Ensuite, le moteur principal a été activé. Ce dernier est couplé à l'axe central rotatif, situé à l'intérieur du tamis. Cet axe est équipé de lames inclinées et d'une vis hélicoïdale, conçues pour générer un mouvement de transport mécanique des noyaux. Grâce à la rotation de l'axe, les lames assurent la progression des noyaux vers la sortie.

Enfin, la vis sans fin d'alimentation, positionnée à l'entrée du système, a été mise en marche. Ce composant joue un rôle essentiel en acheminant progressivement le grignon d'olive à l'intérieur du tamis.

III.9.3 Observations :



Figure III-16: Grignon brut (entrée) et sous-produits obtenus après séparation

Les résultats obtenus lors de cet essai ont été satisfaisants :

- ✓ La machine s'est mise en marche sans vibrations ni bruits anormaux, cela revient au bon équilibrage effectué.
- ✓ La vis sans fin assure une alimentation continue et régulière du grignon d'olive vers le tamis.
- ✓ Aucun blocage n'a été constaté au niveau de la vis hélicoïdale ni du tamis, ce qui valide le dimensionnement adéquat des ouvertures et l'inclinaison des lames.
- ✓ Le racleur, recouvert de (PTFE), a bien joué son rôle, en maintenant le tamis propre et fonctionnel tout au long du processus.

III.10 Conclusion :

Ce chapitre a détaillé l'ensemble des opérations de chaudronnerie et de la mécanique mises en œuvre, que ce soit dans la conception ou dans la fabrication de notre machine. Chaque étape effectuée a été soigneusement choisie en fonction des besoins techniques et des exigences industrielles.

Après l'assemblage des composants du prototype un essai de fonctionnement a été réalisé afin de valider le comportement mécanique de la machine, d'observer le bon déroulement du processus de séparation et de confirmer l'efficacité des différents sous-systèmes (moteur, tamis, racleur...).

Chapitre IV : Présentation du projet innovant

IV.1 L'idée d projet :

L'idée a germé suite à l'observation des déchets oléicoles non valorisés dans les huileries algériennes. La recherche de solutions innovantes pour réduire les déchets et promouvoir l'économie circulaire a conduit à ce projet.

L'idée de projet repose sur la création d'une start-up qui valorise les déchets oléicoles, notamment les grignons d'olive. L'objectif est de transformer ces déchets en produits à forte valeur ajoutée :

- Les noyaux comme biocombustibles pour l'énergie.
- La pulpe pour l'extraction d'huile de grignon d'olive et le compost.

La start-up proposera également des machines de séparation des noyaux de Grignon d'olive, aux huileries, accompagnées de services d'installation et de maintenance.

IV.2 Les Valeurs Proposées

IV.2.1 Valeurs Proposées par la Machine

- **Modernité et innovation :**
 - Une conception unique combinant séparation efficace et système autonettoyant (racleur) pour un fonctionnement continu.
 - Capacité à traiter le grignon sans ajout d'eau, réduisant ainsi l'impact environnemental et les coûts opérationnels.
- **Performance et durabilité :**
 - Matériaux de haute qualité (inox 304L, Teflon) assurant la longévité de la machine.
 - Une technologie qui garantit une séparation optimale des noyaux et de la pulpe, même pour les grignons issus de systèmes d'extraction en continu (deux ou trois phases).
- **Facilité d'utilisation et de maintenance :**
 - Un système conçu pour minimiser les interventions humaines grâce à son mécanisme autonettoyant.
 - Installation et maintenance facilitées, accompagnées d'un service après-vente complet.

- **Écologie et économie :**

- Réduction des déchets grâce à leur valorisation directe.
- Une solution accessible aux huileries de toutes tailles, optimisant leurs opérations tout en réduisant leurs coûts.

IV.2.2 Valeurs Proposées par les Produits Issus de la Machine

- **Noyaux d'olives :**

- Source d'énergie renouvelable : Une alternative écologique aux combustibles fossiles, idéale pour le chauffage domestique ou industriel.
- Rentabilité pour les huileries : Un sous-produit valorisable qui peut être vendu directement.

- **Pulpe d'olives :**

- Extraction d'huile de grignon : Une matière première pour la production d'huile utilisée dans des secteurs variés (cosmétique, agroalimentaire, etc.).
- Enrichissement des sols : Utilisable comme compost naturel, augmentant la productivité agricole.

- **Contributions à l'économie circulaire :**

- Réduction des déchets en les transformant en ressources valorisables.
- Création d'un modèle économique durable et rentable pour les huileries et les industries partenaires.

IV.3 Objectifs du projet :

Le projet de valorisation des déchets oléicoles a pour ambition de fournir une solution complète et innovante, capable de répondre aux besoins des huileries et des industries intéressées par les produits issus des grignons d'olive. Les objectifs commerciaux se déclinent en trois horizons temporels : court, moyen, et long terme.

IV.3.1 Objectifs à Court Terme (1 à 2 ans)

- La machine ayant été testée avec succès et démontré son bon fonctionnement, l'objectif à court terme est de mettre en œuvre les premières installations industrielles dans des huileries locales.
- Consolider les partenariats avec les huileries pour assurer un approvisionnement régulier en grignons d'olive.

IV.3.2 Objectifs à Moyen Terme (3 à 5 ans)

- Étendre les opérations à plusieurs régions oléicoles majeures pour répondre à la demande.
- Diversifier les produits en ajoutant une nouvelle ligne d'activité dédiée à l'extraction de l'huile de grignon d'olive à partir de la pulpe séparée. Cette huile sera destinée aux industries agroalimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques.
- Cibler des segments de marché nouveaux, notamment les industries intéressées par l'huile de grignon d'olive.
- Produire et vendre 10 à 15 machines par an, tout en offrant des services d'installation, de formation, et de maintenance.

IV.3.3 Objectifs à Long Terme (6 à 10 ans) :

- Devenir un acteur clé dans la valorisation des déchets oléicoles en Algérie.
- Exporter les machines et les produits vers d'autres pays méditerranéens où l'industrie oléicole est également développée.
- Développer de nouvelles technologies pour extraire l'huile de grignon directement dans l'unité de production.
- Optimiser le processus pour traiter d'autres types de biomasses agricoles.

IV.4 Le Segment du Marché :

IV.4.1 Le Marché Potentiel :

➤ Huileries :

- Utilisent les noyaux comme combustible dans leurs chaudières pour alimenter leurs processus.
- Intéressées par l'acquisition de la machine de séparation pour une gestion directe et économique de leurs déchets oléicoles.

➤ Agriculteurs et coopératives agricoles :

- Utilisent la pulpe pour améliorer la fertilité des sols en tant que compost.
-

➤ **Particuliers :**

- Recherchent des solutions économiques et écologiques pour le chauffage domestique avec les noyaux comme biocombustible.

➤ **Industries cosmétiques et agroalimentaires :**

- Intéressées par l'huile de grignon d'olive pour diverses applications industrielles.

IV.4.2 Le Marché Cible (Le Segment) :

Le marché cible comprend les acteurs pour lesquels la machine et les produits valorisés apportent les solutions les plus adaptées à leurs besoins :

➤ **Huileries**

- Valorisation économique des déchets oléicoles.
- Réduction des coûts énergétiques en utilisant les noyaux dans leurs chaudières.
- Intérêt pour l'acquisition de la machine afin de gérer directement les déchets sur place.

➤ **Particuliers équipés de chaudières**

- Recherche de combustibles économiques et écologiques pour le chauffage domestique.

➤ **Agriculteurs et Coopératives agricoles**

- Besoin de compost naturel pour améliorer la qualité des sols.
- Intérêt pour des solutions économiques et locales pour l'enrichissement organique des terres agricoles.

➤ **Industries agroalimentaires et cosmétiques**

- Recherche de matières premières comme l'huile de grignon d'olive pour leurs produits finis.

IV.5 Le Processus de production

Le processus de production suit plusieurs étapes organisées de manière à maximiser la valorisation des grignons d'olive et à garantir la qualité des produits obtenus. Ces étapes sont les suivantes :

➤ **Matière Première :**

Le grignon d'olive est la matière première principale, issue des huileries après l'extraction d'huile d'olive.

➤ **Séparation du Noyau et de la Pulpe :**

À l'aide d'un système performant, les noyaux sont séparés de la pulpe pour permettre un traitement spécifique de chaque composant.

➤ **Traitement des Noyaux :**

- Conditionnement des Noyaux :

Une fois séparés, les noyaux sont préparés pour leur utilisation comme combustible, notamment dans les chaudières des particuliers ou des huileries.

➤ **Traitement de la Pulpe :**

- Deuxième Extraction :

La pulpe subit une deuxième extraction pour récupérer l'huile de grignon, une huile utilisée dans divers secteurs.

- Conditionnement de l'Huile de Grignon :

L'huile extraite est conditionnée pour être vendue en tant que produit fini.

➤ **Traitement du Grignon Dépulpé (Grignon Dénoyauté) :**

Après extraction, la pulpe restante (grignon dénoyauté) est conditionnée pour être utilisée comme compost, aliment pour animaux (après traitement), ou autre produit valorisable.

Le processus est synthétisé dans le schéma suivant, qui illustre les différentes étapes de processus de production

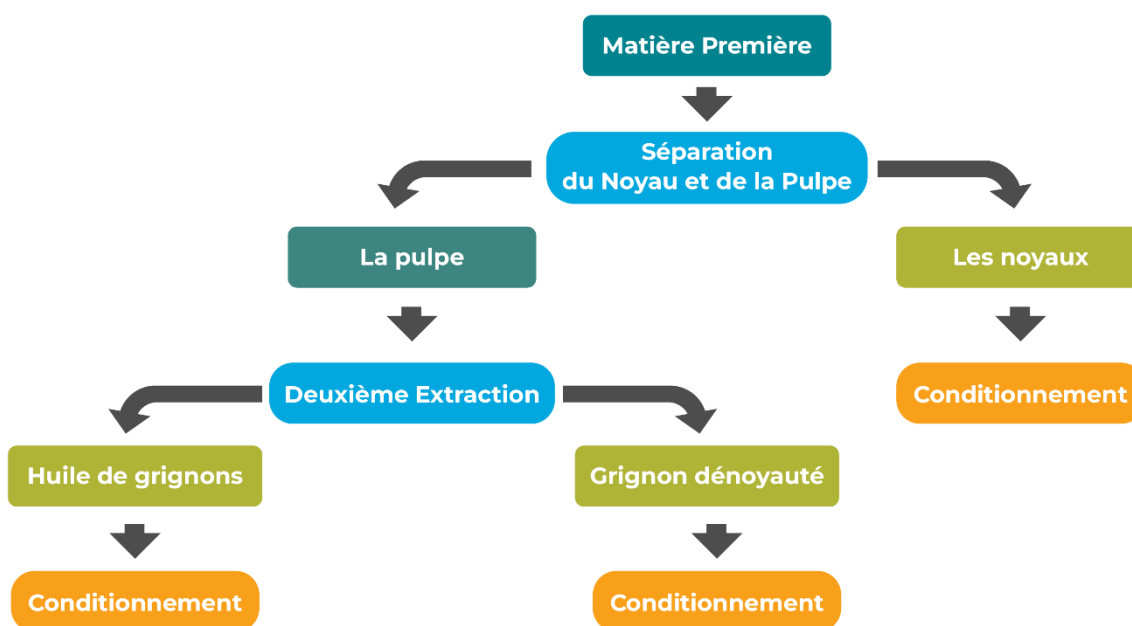


Figure IV-1 : Schéma du Processus de Production et de Valorisation des Grignons d'Olive.

Conclusion Générale

Ce projet représente une contribution technique et pratique à la gestion des sous-produits issus de l'industrie oléicole. Il a permis de concevoir et de réaliser un système innovant répondant aux exigences de performance, de fiabilité et de durabilité nécessaires pour maximiser le potentiel de valorisation des grignons d'olives.

En s'appuyant sur une analyse approfondie des caractéristiques des grignons d'olives et des procédés associés, le projet a abouti à la conception d'une machine performante et adaptée. Les choix des matériaux, notamment l'acier inoxydable 304L pour sa résistance à la corrosion et l'acier S235 pour ses propriétés mécaniques, ainsi que l'utilisation de procédés de fabrication tels que le découpage laser, le soudage TIG/MIG, et les traitements thermiques, témoignent d'une démarche rigoureuse et orientée vers la qualité.

Ce projet constitue une contribution significative à la valorisation des sous-produits agricoles, offrant une solution technique adaptée aux besoins de l'industrie. Il ouvre également la voie à des améliorations futures, que ce soit en termes d'optimisation du système ou d'exploration de nouvelles applications pour les grignons d'olives.

Références bibliographiques :

- [1] K.-H. Toumi, « Valorisation des déchets agricoles des tourteaux d'olives algériens par adsorption de polluants organiques: étude expérimentale et modélisation », PhD Thesis.
- [2] A. Nefzaoui, « Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier », *Etude Util. Sous-Prod. Oliv. En Aliment. Anim. En Tunis. Étude FAO Prod. Santé Anim.*, vol. 43, 1984.
- [3] E. Boix, « Modélisation de la probabilité de croissance de *C. sporogenes* et *C. botulinum* groupe I en fonction du pH et de la concentration en NaCl après un traitement thermique de faible intensité », PhD Thesis, Université de Bretagne occidentale-Brest.
- [4] K. Kolokassidou, W. Szymczak, M. Wolf, C. Obermeier, G. Buckau, et I. Pashalidis, « Hydrophilic olive cake extracts: characterization by physicochemical properties and Cu (II) complexation », *J. Hazard. Mater.*, vol. 164, n° 2-3, p. 442-447, 2009.
- [5] S. Dermeche, M. Nadour, C. Larroche, F. Mouliti-Mati, et P. Michaud, « Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies », *Process Biochem.*, vol. 48, n° 10, p. 1532-1552, 2013.
- [6] E. Christoforou et P. A. Fokaidis, « A review of olive mill solid wastes to energy utilization techniques », *Waste Manag.*, vol. 49, p. 346-363, 2016.
- [7] A. Ranalli et N. Martinelli, « Integral centrifuges for olive oil extraction, at the third millenium threshold. Transformation yields », *Grasas Aceites*, vol. 46, n° 4-5, p. 255-263, 1995.
- [8] A. Chouchene, « Etude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermique et physico-chimique », PhD Thesis, Université de Haute Alsace-Mulhouse, 2010.
- [9] A. El Hanandeh, « Energy recovery alternatives for the sustainable management of olive oil industry waste in Australia: life cycle assessment », *J. Clean. Prod.*, vol. 91, p. 78-88, 2015.
- [10] G. Martinez-Garcia, R. T. Bachmann, C. J. Williams, A. Burgoyne, et R. G. Edyvean, « Olive oil waste as a biosorbent for heavy metals », *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 58, n° 3-4, p. 231-238, 2006.
- [11] M. Neifar *et al.*, « Improving the nutritive value of olive cake by solid state cultivation of the medicinal mushroom *Fomes fomentarius* », *Chemosphere*, vol. 91, n° 1, p. 110-114, 2013.

- [12] F. Pagnanelli, C. C. Viggi, et L. Toro, « Development of new composite biosorbents from olive pomace wastes », *Appl. Surf. Sci.*, vol. 256, n° 17, p. 5492-5497, 2010.
- [13] A. Nefzaoui, « Contribution a la rentabilite de l'oleiculture par une valorisation optimale des sous-produits. », *Options Mediterr. Ser. Etudes Fr.*, 1988.
- [14] R. Sansoucy et G. de T. sur la Valorisation, « Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Mediterranee », 1984.
- [15] J. Rodier, « L'analyse de l'eau. 8ème édition, Ed Dunod ». Paris, 1996.
- [16] Y. Yacoub, « Valorisation des sous produits », *L'investisseur Agric.*, vol. 19, p. 17-18, 1997.
- [17] H. Topal, A. T. Atimtay, et A. Durmaz, « Olive cake combustion in a circulating fluidized bed☆ », *Fuel*, vol. 82, n° 9, p. 1049-1056, 2003.
- [18] A. Kademi, M. Ismaili-Alaoui, et A. Houde, « Des arômes synthétiques... au naturel », *Cent. Rech. Dév. Sur Aliments St. Hyacinthe Qué.*, 2003.
- [19] M. Hammad, D. Badarneh, et K. Tahboub, « Evaluating variable organic waste to produce methane », *Energy Convers. Manag.*, vol. 40, n° 13, p. 1463-1475, 1999.
- [20] A. S. Stasinakis, I. Elia, A. V. Petalas, et C. P. Halvadakis, « Removal of total phenols from olive-mill wastewater using an agricultural by-product, olive pomace », *J. Hazard. Mater.*, vol. 160, n° 2-3, p. 408-413, 2008.
- [21] G. Ducom *et al.*, « Caractérisation de grignons d'olives en vue d'une valorisation thermochimique par gazéification », *Environ. Ingénierie Dév.*, 2019.
- [22] F. Pagnanelli, L. Toro, et F. Veglio, Olive mill solid residues as heavy metal sorbent material: a preliminary study », *Waste Manag.*, vol. 22, n° 8, p. 901-907, 2002.
- [23] I. BAKLI, mémoire de fin d'étude intitulé « Etude et perspective d'amélioration du système d'amortissement de chocs "d'une cisaille », Génie Mécanique, Université Badji Mokhtar- Annaba, 2020.
- [24] H. Makich. Etude théorique et expérimentale de l'usure des outils de découpe « Influence sur la qualité des pièces découpées. Mécanique ». Université de Franche-Comté, 2011.

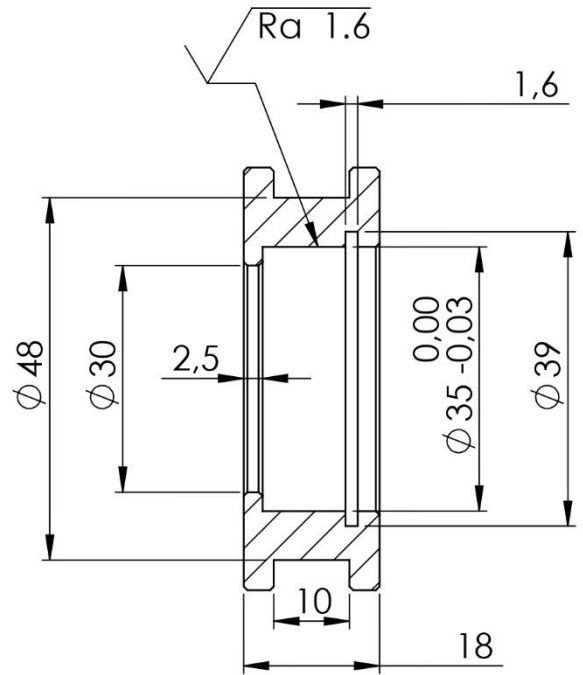
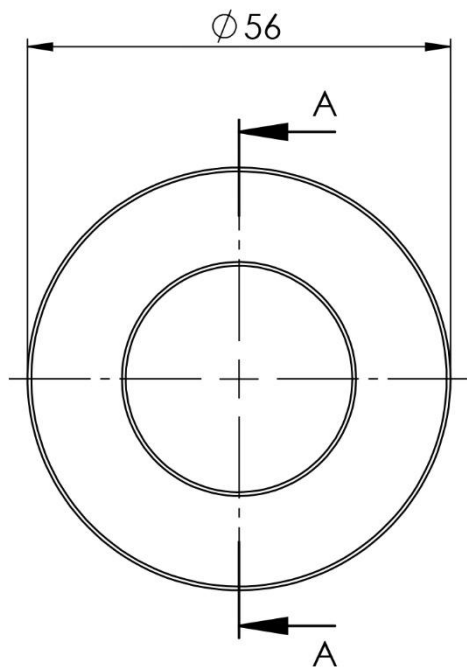
[25] M. Maunay. « Echangeur de chaleur obtenue par soudage-diffusion : Simulation des déformées et prédiction de la tenue mécanique des Interfaces. Matériaux ». Université Grenoble Alpes, 2018.

[26] A. LABED, cours « Technologie de Base », département de Génie Mécanique, Université Mohamed Khider de Biskra.

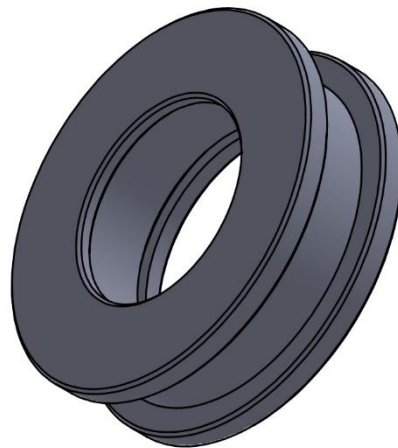
[27] NDIAYE, cours « Etude des Moyens de Production » Fabrication Mécanique, 2013.

[28] V. Robin. De la Modélisation Numérique des Procédés et du Soudage en Particulier au Comportement Mécanique des Assemblages. Matériaux et structures en mécanique. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2009.

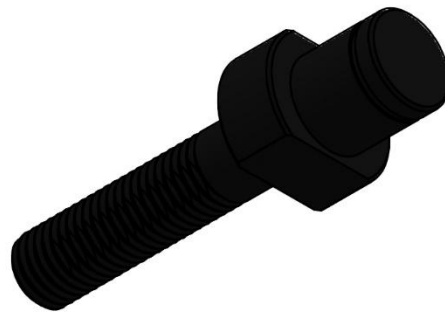
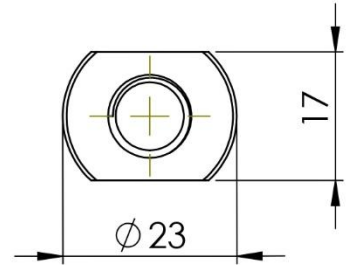
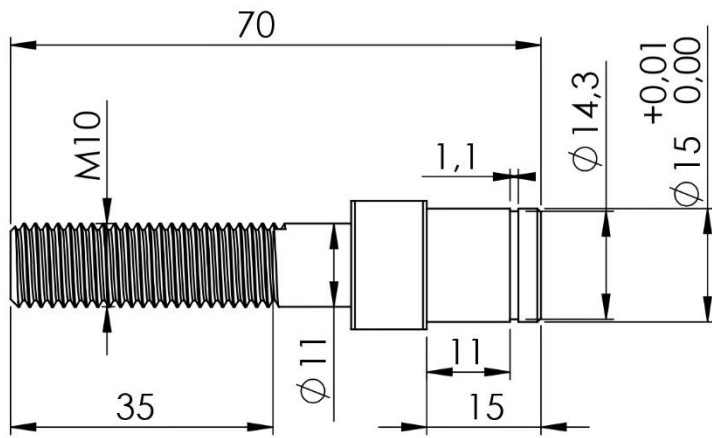
Annexes



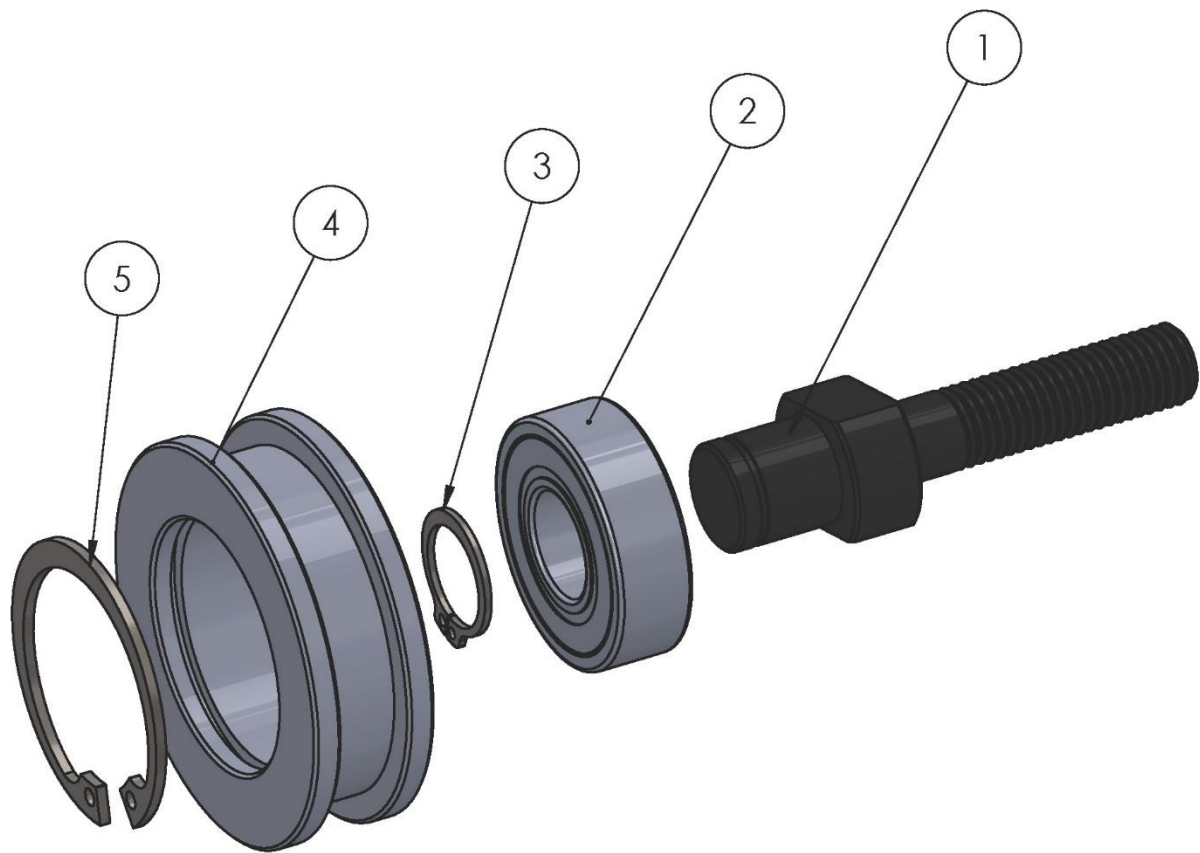
COUPE A-A



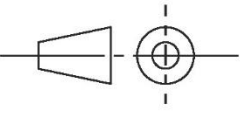
	08		AISI 1018	
Rep.	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		Poulie de guidage		REGUIG Juba
				2024 / 2025
A4		UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU	MASTER II	



	8		AISI 1018	
Rep.	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		Goujon		REGUIG Juba
A4		UNIVERSITÉ MOULOD MAMMERI DE TIZI OUZOU	MASTER II	



5	8	Anneau élastique pour alésages DIN 472		
4	8	Poulie	AISI 1018	trempe à l'huile
3	8	Anneau élastique pour arbres DIN 471		
2	8	Roulement 6202-2RSH		
1	8	goujon	AISI 1018	coloration par trempe à l'huile
Rep.	Nb	Désignation	Matière	Observation

Echelle:1:1		Poulie de guidage vue éclatée	REGUIG Juba
			
		POULIE DE GUIDAGE	2024 / 2025
A4		UNIVERSITÉ MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU	MASTER II

Business Model Canvas

<p>Partenaires Clés:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SARL INNOTEC (fabrication) • Huileries partenaires (grignon + tests) • Fournisseurs de matériaux • Université et incubateur • Transporteurs locaux 	<p>Activités Clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conception, fabrication et installation de la machine • Maintenance et support • Collecte du grignon brut auprès des huileries • Traitement et valorisation des produits séparés 	<p>Proposition de Valeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Séparation efficace des noyaux et de la pulpe du grignon d'olive • Machine simple, robuste et économique • Fabrication locale et maintenance disponibles • Processus continu avec un système autonettoyant • Réduction du volume de déchets oléicoles sur site • Production de pulpe valorisable (compost, usages agricoles...) • Transformation d'un déchet en ressource rentable pour les huileries 	<p>Relations Clients:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation et mise en service • Support technique • Maintenance préventive et corrective • Pièces de rechange disponibles localement • Amélioration continue basée sur les retours des huileries 	<p>Segments de Clients:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toutes les huileries en Algérie • Agriculteurs utilisant des chaudières biomasse • Particuliers utilisant des chaudières aux noyaux d'olives • Producteurs de compost et d'amendements organiques • Entreprises de fabrication de charbon bio
<p>Ressources Clés:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prototype fonctionnel • Savoir-faire mécanique et CAO • Atelier INNOTEC (fabrication) • Accès au grignon brut • Composants mécaniques essentiels • Réseau de huileries pour tests 	<p>Canaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vente directe aux huileries • Réseau des huileries et coopératives oléicoles • Atelier de fabrication partenaire (SARL INNOTEC) • Salons agro-industriels locaux • Communication digitale 	<p>Sources de Revenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vente de la machine de séparation • Installation, mise en service et formation • Maintenance et pièces de rechange • Vente des produits séparés (noyaux, pulpe) 	<p>Structure des Coûts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matériaux & composants • Fabrication & assemblage • Collecte du grignon • Maintenance • Charges d'exploitation 	