

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de biologie végétale et écologie

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم علمو البيئة وبيولوجيا النباتية

مشروع نهائية الدراسة  
المعد بغرض انشاء مؤسسة ناشئة او الحصول على براءة اختراع  
طبقا لاحكام المنشور رقم 001 المؤرخ في 18 ماي 2023

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.

Filière : Biotechnologie.

Spécialité : Biotechnologie et génomique végétale.

N° d'ordre :  
N° de série :

Intitulé :

---

**Fabrication de gélatine végétale à base de lin**  
(*Linum usitatissimum*) .

Présenté par :BELMOKHI Loudjeine

Le 21/09/2023

**Jury d'évaluation :**

**Président** : BOUCHAREB Radia (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine1).  
**Examinateur** : Mr ZEGHBID NassimLotfi (MCB -Université Frères Mentouri, Constantine1).  
**Encadrant** : BOUSBA Ratiba (Pr - Université Frères Mentouri, Constantine 1).  
**Incubateur** : HAML A Chourouk (MCB- Université Frères Mentouri,Constantine 1).  
**C.A.T.I** : BETINA Soumeya (MCB- Université Frères Mentouri,Constantine 1).  
**Secteur socioéconomique** : MERNIZ Elhame1.

Année universitaire 2022 – 2023

## *Remerciement*

*Je remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas vu le jour sans l'aide de mon encadrante Madame BOUSBA Ratiba que je tiens a remercié pour la qualité de son encadrement exceptionnel, sa patience et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.*

*Je remercie également :*

*La présidente du jury Dr BOUCHAREB Radia et le Dr ZEGHBI Nassim Lotfi pour avoir accepté d'évaluer ce travail et de l'enrichir.*

*La Directrice de l'incubateur Pr BELLIL Ines ainsi que le Dr BETINA pour leur aide, encouragement et soutien dans le parcours de cette startup.*

*Mes vifs remerciements sont adressés également à tous mes enseignants et a tous les ingénieurs du laboratoire GBBV Mesdames BELBEKRI Ryma et radia et les doctorants Ramzy et Oussama .*

## ***Dédicace***

*À ma famille,*

*À mes amis dévoués,*

*À mes enseignants qui m'ont encouragé à m'épanouir,*

*À tous ceux qui m'ont soutenu dans cette aventure académique,*

*Votre amour, encouragement et soutien ont été les piliers de ma réussite. Ce mémoire est dédié à vous, en reconnaissance de tout ce que vous avez fait pour moi.*

***Loudjeine***

## **Resumé :**

La présente étude concerne un procédé d'élaboration de gomme de graines de lin, appartenant au domaine de la fabrication d'un gélifiant pharmaceutique et cosmétologique et d'additifs alimentaires. La gomme de lin est un bio polymère, une sorte de gélatine pure, naturelle, non polluante, multifonctionnelle et nutritive. Seuls certains hydro colloïdes présentent des caractéristiques gélifiantes, comme la gélatine, la carraghénane, l'amidon, la pectine et autre.

Ce procédé de préparation de gomme polysaccharide est réalisé à partir d'une matière végétale à l'aide d'un solvant aqueux suivi par un séchage avancé.

Cette poudre a été l'objet d'une multitude d'analyses à savoir : l'analyse par diffraction des rayons X, spectroscopie infrarouge à transformée, la calorimétrie à balayage différentiel l'analyse thermogravimétrique, le pH, la capacité moussante et indice de gonflement de la gomme de lin et définir les caractéristiques viscoélastiques de cette dernière.

Cette gomme de lin peut être largement utilisée dans l'industrie alimentaire comme épaississant stabilisant, gélifiant, émulsifiant et texturant dans le domaine pharmaceutique comme substances biocompatibles, ou agents thérapeutiques et filmogènes dans l'industrie cosmétique car cette gomme peut être utilisés comme une sorte de colle comestible .

**Mots clés : Graines de lin, gomme de lin, gélifiant, biopolymère, gélatine, épaississants, stabilisants,émulsifiants,extrant.**

**Abstract :**

This study concerns a process for the production of flaxseed gum, belonging to the field of manufacturing pharmaceutical and cosmetic gelling agents and food additives. Flaxseed gum is a biopolymer, a type of pure, natural, non-polluting, multifunctional, and nutritious gelatin. Only certain hydrocolloids exhibit gelling characteristics, such as gelatin, carrageenan, starch, pectin, etc.

This process involves preparing a polysaccharide gum from plant material using an aqueous solvent followed by advanced drying. This powder has undergone various analyses, including X-ray diffraction analysis, Fourier-transform infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry, thermogravimetric analysis, pH measurement, foaming capacity, and swelling index of flaxseed gum to define its viscoelastic characteristics.

The extracted gum from flaxseed, can be widely used in the food industry as thickeners, stabilizers, gelling agents, emulsifiers, and texture enhancers. In the pharmaceutical field, it can serve as biocompatible substances, therapeutic agents, and film-forming agents. In the cosmetic industry, it can be used as an edible adhesive.

**Keywords :** Flaxseeds, Polysaccharides ,Flaxseed gum, Gelling agent, Biopolymer,Pure gelatin Hydrocolloid,Thickeners,Stabilizers,Emulsifiers,Texturizers.

## المخلص :

تتعلق الدراسة الحالية بعملية إنتاج صمغ بذور الكتان ، التي تنتمي إلى مجال تصنيع عامل التبلور الصيدلاني والتجميل والمضافات الغذائية. صمغ بذور الكتان عبارة عن بوليمر حيوي ، وهو نوع من الجيلاتين النقي والطبيعي وغير الملوث ومتعدد الوظائف والمغذي. ، وخاصة التبلور هي إحدى الخصائص الأساسية للغرويات المائية. فقط بعض الغروانيات المائية لها خصائص التبلور ، مثل الجيلاتين ، والكاراجينان ، والنشا ، والبكتين ، إلخ.

هذه عملية تحضير صمغ متعدد السكاريد من مادة نباتية باستخدام مذيب مائي يتبعها تجفيف متقدم يخضع هذا المسحوق للعديد من التحليلات ، وهي: التحليل عن طريق حيود الأشعة السينية ، ودراسة الخصائص البلورية والتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء ، مسعر المسح التبايني ، التحليل الحراري الوزني وأخيراً قمنا بقياس الأس الهيدروجيني وسعة الرغوة ومؤشر الانتفاخ لصمغ الكتان وتحديد خصائص اللزوجة المرنة.

يمكن استخدام هذا الصمغ المستخلص من بذور الكتان، على نطاق واسع في صناعة المواد الغذائية كمكثفات ومثبتات وعوامل التبلور والمستحلبات ومغلظ القوام وفي المجال الصيدلاني كمواد متوافقة حيويًا أو عوامل علاجية ولها تطبيقات متعددة في الصناعة ومستحضرات التجميل كما يمكن أن يكون يستخدم كعوامل تشكيل فيلم كنوع من الغراء

**الكلمات المفتاحية:** ، بذور الكتان، متعدد سكاريد، عامل تبلور، بيوليمر، جيلاتين ، مثخنات، مثبتات، مستحلبات، مغلظ القوام

## Abreviation

Å indique la longueur d'onde des rayons X utilisés.

A.J: Avant Jésus Christ.

ALA :acide  $\alpha$ -linoléinique .

cm<sup>-1</sup> : Centimètre inverse, unité de mesure utilisée pour exprimer les nombres d'onde

F :forces .

Faostat : The Food and Agriculture Organization statistique (FAO).

G :Gramme .

I : Courant (Curent) en milliampères (mA).

*IUPAC* :L'Union internationale de chimie pure et appliquée.

K : indice de consistance (Pa.sn).

Kg :Kilo gramme

N : indice d'écoulement (sans unité);

p/v le poids sur volume.

Pa : Pascal.

PM : Poids moléculaire.

S Surface.

s<sup>-1</sup> : vitesse de cisaillement.

SDG (secoisolaricirésinol di-glucoside).

T : Temps.

V : Tension (Voltage) en kilovolts (kV).

WPM :whey protein microparticules .

$\Gamma$ : Déformation de cisaillement (Sans unité).

$\eta$ : Viscosité dynamique (en Pa.s).

$\tau$ : seuil d'écoulement (Pa).

$\tau_0$ : taux de cisaillement initial (yield stress).

$\gamma$  Vitesse de cisaillement (en S<sup>-1</sup>).

## Liste des figures :

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Les différents groupes de polymères.....   | 15 |
| Figure 2 : La structure fibreuse du collagène 63 constituant de base de la gélatine.....                                  | 18 |
| Figure 3 : Les capsules de lin.....   | 25 |
| Figure 4 : Les graines de lin.....  | 25 |
| Figure 5 : Les fleurs de lin.....   | 25 |
| Figure 6 : Les différents variétés de lin et capsules (om Lukow,2004).....  | 28 |
| Figure 7 : Les espèces sauvages de lin (Renouard,2011).....   | 28 |
| Figure 8 : Les applications alimentaires et industrielles du mucilage et gomme de graine de lin (Pradeep et al 2022)..... | 40 |
| Figure 9 : Extraction du mucilage à partir de graines de lin.....   | 43 |
| Figure 10 : La filtration de mucilage extrait de graines de lin.....  | 44 |
| Figure 11 : (A)Précipitation de la gomme, (B) La gomme obtenue après filtration, (C)La gomme de lin lyophilisée.....      | 45 |
| Figure 12 : La poudre de gomme de lin.....  | 45 |
| Figure 13 : Mesure de viscosité en fonction du gradient de cisaillement.....  | 57 |
| Figure 14 : Diffractogramme aux rayons X de la gomme de graines de lin.....   | 59 |
| Figure 15 : Analyse de spectre de FTIR de la gomme de graine de lin.....  | 60 |
| Figure 16 : Les thermogrammes DSC de la gomme de graine de lin.....   | 61 |

## La liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 1 : La production mondiale de graine de lin (FAOSTAT, 2021).</b> .....  | 29 |
| <b>Tableau 2 : Composants d'embryon majoritaire (Daunet al, 2003 ; Coskuner et Karababa 2007).</b> ..  | 30 |
| <b>Tableau 3 : Les lipides contenus dans les graines de lin 'g/100g),(daunes et al ,2003).</b> .....   | 31 |
| <b>Tableau 4 : Composition des graines de lin en acide gras (daune et al,2003).</b> .....  | 31 |
| <b>Tableau 5 : Les un profil d'acides aminés des graines de lin (Malcolmson, 2012).</b> .....  | 31 |
| <b>Tableau 6 : Les teneurs de vitamines.</b> .....   | 32 |
| <b>Tableau 7 : Le profil minéral du graines de lin .</b> .....   | 33 |
| <b>Tableau 8 : La classification des gommes selon leur origine et composition monomères constructifs selon Glicksman 1966 ,Morley 1984, Alistair 1995.</b> ..... | 35 |

## Sommaire:

|   |    |
|---|----|
| Resumé :.....   | 4  |
| Abstract :.....   | 5  |
| : الملخص.....   | 6  |
| Abreviation.....  | 7  |
| Chapitre I :.....   | 15 |
| I- Les biopolymeres :.....                                    | 15 |
| I-1 La classifications des biopolymeres:.....                 | 16 |
| I-1-2 Biopolymeres dorigines bacteriennes :.....              | 16 |
| I-1-3 Biopolymeres issus de biomasse ou agro ressource :..... | 16 |
| I-2. Les propriétés des biopolymeres :.....                   | 22 |
| Chapitre II :.....  | 24 |
| I. Introduction :.....  | 24 |
| II-2 Description générale et morphologie de la plante :.....  | 24 |
| II-2-1Morphologie et microstructure des graines de lin :..... | 24 |
| II-2-2 Classification :.....                                  | 25 |
| II-2-3 Différentes assises cellulaires :.....                 | 26 |
| II-3 Culture de lin et les facteurs qui l'influencent .....   | 26 |
| II-3-1Culture de lin.....                                     | 26 |
| II-3-2 Facteurs influençant la culture du lin.....            | 26 |
| II-3-3 Variétés de lin :.....                                 | 27 |
| II-4 La production de lin.....                                | 29 |
| II-4-1 La production mondiale :.....                          | 29 |
| II-4-2 La production algérienne :.....                        | 29 |
| II-5 La compositions biochimique de la graine de lin :.....   | 30 |
| II-5-1 Lipides.....   | 30 |
| II-5-2 Protéines :.....                                       | 31 |
| II-5-3 Glucides :.....  | 32 |
| II-5-4 Les mucilages :.....                                   | 32 |
| II-5-5 Les Vitamines :.....                                   | 32 |
| II-5-6 Cendres et minéraux.....                               | 33 |

|  |    |
|--|----|
| II-5-7 Composés phénoliques.....   | 33 |
| II-6 Composés actifs des graines de lin : .....                            | 33 |
| II-7 Les interets et utilisations de gomme de lin : .....                  | 36 |
| II-7-1 L'utilisation traditionnelle : .....                                | 36 |
| II-7-2 L'utilisation moderne : .....                                       | 37 |
| Différentes utilisations de mucilage et gomme de graines de lin : .....    | 37 |
| Capitre III : .....  | 42 |
| I. Matériels et méthodes : .....   | 42 |
| 1-Nettoyage : .....  | 43 |
| 2-Extraction de mucilage de lin : .....                                    | 43 |
| 3-Filtration:.....   | 43 |
| 4-Purification de gomme de lin : .....                                     | 44 |
| Essai de préparation d'un film comestible à partir de gomme de lin : ..... | 46 |
| II. Les analyses physique et chimique du produit final : .....             | 48 |
| 1. Le rendement de gomme : .....   | 48 |
| 2. La capacité moussante : .....   | 48 |
| 3. Indice de gonflement : .....  | 48 |
| 4. Détermination du Ph : .....   | 49 |
| 5. Analyse rhéologique : .....   | 49 |
| 6. Analyse par diffraction des rayons X (DRX) : .....                      | 50 |
| 7. Analyse de FTIR par infrarouge : .....                                  | 50 |
| 8. Analyse de DSC : .....  | 51 |
| 9. Analyse thermo gravimétrique (ATG) : .....                              | 51 |
| Resultats et discussion : .....  | 53 |
| 1.Extraction et purification .....   | 53 |
| 2.Le rendement de gomme : .....  | 54 |
| 3.La capacité moussante : .....  | 55 |
| 4.Indice de gonflement : .....   | 55 |
| 4.Détermination du Ph : .....  | 55 |
| 5.Analyse rhéologique : .....  | 56 |
| 6.Analyse de La diffraction des rayons X : .....                           | 58 |
| 7.Analyse de FTIR : .....  | 59 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. Analyse de Calorimètre à balayage différentiel (DSC) et Analyse de thermogramme (TGA):..</b> | <b>61</b> |
| <b>Conclusion :.....</b>   | <b>64</b> |
| <b>Référence bibliographique :.....</b>  | <b>66</b> |

## **Introduction :**

La gomme alimentaire est très présente dans la vie quotidienne : on la trouve dans la plupart des produits de la grande distribution, tels que les bonbons, les crèmes (glacées ou non glacées), les sauces, les pâtes à tartiner, les plats préparés, les yaourts etc., mais aussi dans les gélules pharmaceutiques et dans de nombreux produits cosmétiques.

La gélatine, figure parmi les gommes alimentaires animales et est une protéine d'origine animale qui est connue depuis longtemps et a de nombreuses applications dans les domaines alimentaires, pharmaceutiques, photographiques et techniques.

Les industries alimentaires et pharmaceutiques du monde entier assistent à une demande croissante en gélatine, un bio polymère qui dérive du collagène. Cette dernière est industriellement extraite à partir de trois principales matières premières : les peaux de porcs, de bovins et les os. Cependant, étant d'origine animale et souvent porcine, elle ne conviendra pas aux végétariens, ni à certains régimes religieux. Aussi, La gélatine animale est souvent mise en cause dans des affaires d'allergies alimentaires, notamment que ces dernières empêchent de nombreux individus de consommer une très grande majorité de produits vendus en grande surface. Les individus allergiques à la protéine ne peuvent donc pas consommer de gélatine animale. En compensation, la gélatine naturelle d'origine végétale, peut remplacer cette gélatine et permet donc à ceux qui ne pouvaient plus manger d'aliments à base de gélatine animale de retrouver une alimentation "normale". Des études ont par ailleurs montré que la gélatine d'os bovins pourrait transmettre la maladie de la vache folle, une étude contestée par les fabricants de gélatine, qui ont vu leur chiffre d'affaire a connu une baisse significative depuis le milieu des années 95.

Cette étude est faite sur la gélatine végétale extraite à partir des grains de lin pour répondre au 1<sup>er</sup> chapitre sur : quelle est l'origine de cette gélatine ou gomme et ses propriétés ? Et dans le 2eme chapitre quelle est la plante utilisée pour l'extraction ? Comment la composition biochimique des graines de lin contribue-t-elle à la qualité des gommes extraites ? Quelles sont les applications potentielles des gommes de graines de lin et comment peuvent-elles être optimisées pour répondre aux besoins des industries concernées ?

# Chapitre I

## Chapitre I :

Un polymère biodégradable, comme tout polymère, est formé par un ensemble de macromolécules, constituées par l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition appelés monomères (motifs) .Il existe plusieurs familles de polymères biodégradables qui peuvent être classées selon divers critères. D'une manière générale, les polymères biodégradables peuvent être classés selon deux principales familles : les polymères biodégradables synthétisés ou les biopolymères issus de ressources renouvelables c'est à dire agro-polymère ou bactériennes .

### I- Les biopolymères :

Selon l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) se sont des biomolécules synthétisées par des organismes vivants et se définie selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie comme étant des polymères naturels issus de ressources naturelles renouvelables de plantes d'algues ou d'animaux

Ils peuvent être obtenus aussi par polymérisation des monomères naturels ou par la fermentation des organismes .

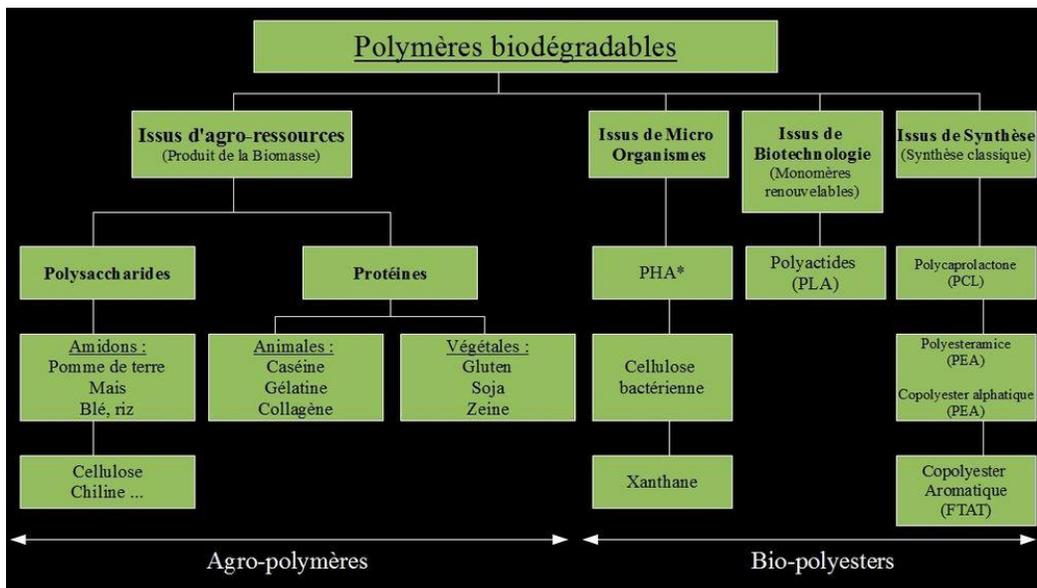


Figure 1 : Les différents groupes de polymères.

## **I-1 La classifications des biopolymères:**

Ils peuvent être divisés en trois groupes selon leur mode d'obtention :

### **I-1-1 Biopolymères synthétisés :**

Ils sont obtenus chimiquement à partir de monomères issus de ressources naturelles renouvelables par polymérisation. Ces polymères sont synthétisés à partir de ressources renouvelables, mais ont la particularité d'être biodégradables à la fin de leur fonctionnalité. Parmi ces polymères :

**La polycaprolactone de PCL :** est un polyester obtenu par polymérisation par ouverture du cycle de la lactone correspondante : la caprolactone.

La caprolactone est un ester cyclique à sept atomes de carbone ; c'est un liquide de couleur claire, de formule brute  $C_6H_{10}O_2$ .

**Le monomère de PLA :** Il peut être synthétisé par deux méthodes : soit par voie biologique, soit par voie chimique. La dernière méthode était la plus utilisée jusqu'en 1990. L'acide lactique préparé par cette méthode est un mélange racémique des énantiomères D et L.

### **I-1-2 Biopolymères d'origines bactériennes :**

Biosynthétisés naturellement par fermentation de sucres ou d'amidon par de nombreuses bactéries, ou par des organismes génétiquement modifiés, tels que la cellulose bactérienne ou le xanthane.

### **I-1-3 Biopolymères issus de biomasse ou agro ressource :**

Ils sont extraits à partir d'animaux, tels que des protéines et des lipides (caséine, collagène, gélatine), ou à partir de protéines végétales. Généralement, il s'agit de polysaccharides, tels que l'amidon, la cellulose, la lignine, le chitosane et les gommes.

## **A.Type protéique ; exemple : la gélatine :**

La gélatine est une substance protéique pure. Elle est généralement obtenue par hydrolyse acide partielle (type A) ou hydrolyse alcaline partielle (type B) des fibres de collagène, telles que représentées dans la figure suivante (Figure 02) (Alvarez, 2014). Elle peut également être constituée d'un mélange des deux types (Brodsky et Persikov, 2005).

### **A-1 Type de gélatine :**

Il existe deux types de gélatine en fonction du prétraitement appliqué au départ

- **La gélatine de type A :** qui provient d'un prétraitement acide, est adaptée pour des sources de collagène telles que les couennes de porc et la peau de poisson.
- **La gélatine de type B :** qui provient des prétraitements alcalins : Elle est adaptée pour des sources de collagène de structure plus complexe comme les peaux de bovins et les os qui

sont riche en calcium qu'il faut au préalable éliminer et sa différence en 2 acides aminés manquant aspartame glutamine en 0%.

### A-2 Composition chimique de la gélatine :

Les analyses montrent que la gélatine contient les pourcentages massiques suivants :

26,4 à 30,5 % de glycine ;

14,8 à 18 % de proline ;

13,3 à 14,5 % d'hydroxyproline ;

11,1 à 11,7 % d'acide glutamique ;

8,6 à 11,3 % d'alanine.

Les autres acides aminés sont présents en faibles pourcentages, comme la tyrosine, qui ne représente que 0,2 % (Alvarez, 2014).

### A-3 Transformation du collagène en gélatine :

Ce passage d'un système fibreux très organisé et insoluble dans l'eau nécessite tout d'abord la décomposition des structures du réseau des tropocollagènes (collagènes précurseurs), puis de l'unité de base, afin d'obtenir un système de molécules indépendantes et amorphes qui constitue la gélatine, totalement dispersable dans l'eau (Alvarez, 2014). La variété des processus chimiques envisageables pour la décomposition des structures du polymère implique l'obtention non seulement d'une seule gélatine, mais de gélatines très diverses à partir d'un collagène intact bien isolé dans des conditions précises (Kalla, 2020) :

- Ouverture du tropocollagène en trois chaînes  $\alpha$  désorganisées et indépendantes.
- Deux chaînes  $\alpha$  désorganisées conservent entre elles une ou plusieurs liaisons covalentes et forment une molécule double  $\beta$ , tandis qu'une chaîne  $\alpha$  devient indépendante.
- Trois chaînes désorganisées restent liées par une ou plusieurs covalences et constituent une molécule triple hélice  $\gamma$ .

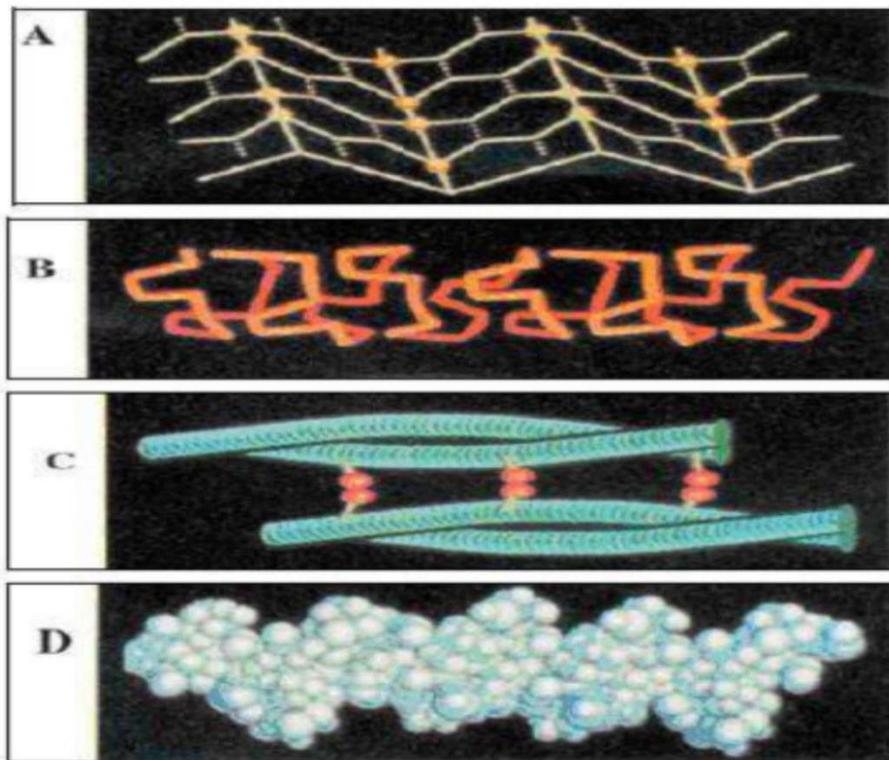


Figure 2 : La structure fibreuse du collagène 63 constituant de base de la gélatine.

#### A-4 Propriétés technologiques de la gélatine animale :

- **Pouvoir épaississant**

La gélatine présente des propriétés épaississantes lorsque ses molécules ne peuvent pas s'associer fortement entre elles. Leur simple présence gêne la mobilité du liquide dans lequel elles sont dispersées et entraîne une augmentation de la viscosité de la solution (Kalla, 2020).

- **Pouvoir filmogène**

Lorsqu'une solution de gélatine est étalée en fine couche sur une surface et passe de l'état solide à l'état gel, elle forme un film (Kalla, 2020).

- **Pouvoir émulsifiant**

La gélatine s'adsorbe à l'interface des gouttelettes d'huile et stabilise ainsi l'émulsion de type huile/eau. Cette stabilisation est accentuée par la propriété de gélification à l'interface (Kalla, 2020).

## ➤ **Pouvoir foisonnant**

Le pouvoir moussant de la gélatine permet d'augmenter, dans de fortes proportions, le volume d'un mélange d'ingrédients, à condition qu'il contienne de l'eau. La phase gazeuse ou les bulles d'air créées par le battage du mélange sont capturées dans des microbilles de gélatine et maintenues dans un état de dispersion stable (Kalla, 2020).

## ➤ **Pouvoir stabilisant**

La gélification permet la stabilisation et la protection des solutions colloïdales et des émulsions. Le pouvoir stabilisant de la gélatine est souvent supérieur à celui des autres polymères naturels (Kalla, 2020).

## **B. Les polysaccharides :**

Sont également nommés polyholosides qui sont des macromolécules constituées d'un nombre élevé d'unités mono-saccharidiques. Ils jouent des rôles primordiaux dans la mise en réserve de l'énergie et dans le maintien de l'intégrité structurale des organes (Quentin et al. 2011).

- Lorsque toutes les unités saccharidique du polyside sont identiques, celui-ci est dit homopolyside, lorsqu'elles sont différentes, le polyside est dit hétéropolyside (Quentin et al. 2011;Weil, 1997).

- Les polysaccharides sont présents dans la plupart des organismes vivants, ils se trouvent dans les algues, les animaux et principalement dans les végétaux (Merghem,2009;Bruneton,2009).

On peut classés les polysaccharides selon :

- **Leur structure** : les végétaux sont la source principale des polysaccharides qui sont divisés selon leur structure en deux groupes : les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides.
- **Leur source** : les polysaccharides se trouvent dans les bactéries, les algues, les champignons, les animaux et les végétaux (FLORIAN et al., 2005 ; VOET et al, 2005).

### **B-1 Classification des polysaccharides :**

#### **1- selon leur structure**

Les polysaccharides peuvent être classés sur la base de leur composition en monomères. Il est habituel de distinguer les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides, selon qu'ils présentent, dans leurs structures, un ou plusieurs types d'unités mono-saccharidiques.

#### ➤ **Homopolysaccharides :**

Les homopolysaccharides (homoglycanes) résultant de la condensation d'un grand nombre de molécules d'oses (BRUNETON, 2009),

## ➤ **Hétéropolysaccharides neutres**

Les hétéropolysaccharides neutres sont fréquemment rencontrés dans les graines, racines et bois des végétaux supérieurs. A titre d'exemple, nous citerons les galactomannanes des graines de Légumineuses (guar, caroube lin ) possédant toutes le même schéma structural (Percheron et al, 1981; Covis, 2011).

## ➤ **Hétéropolysaccharides acide**

De structure plus complexe et encore imparfaitement connue, sont des constituants des gommés (gomme arabique, gomme adragante). Leur structure est ramifiée et contient du D-galactose, du L-arabinose et de l'acide D-galacturonique. Quant aux hémicelluloses, ce sont des chaînes constituées par des unités de D-xylopyranose reliées par des liaisons  $\beta$  (1→4) avec des ramifications contenant des acides uroniques et parfois de l'arabinose (Percheron et al, 1981).

### **2-Selon leurs sources :**

Les polysaccharides proviennent principalement des végétaux, mais il existe aussi des sources animales, algales et bactériennes (Percheron et al, 1981).

#### **a. Polysaccharides d'origine animale :**

Le glycogène est le polysaccharide de réserve des animaux, se trouve dans toutes les cellules est surtout abondant dans les muscles squelettiques et dans le foie (Voet et al, 2005).

#### **b. Polysaccharides d'origine microorganismes :**

##### ➤ **Polysaccharides des algues :**

Chez les algues il existe une grande variété d'unités saccharidiques, qu'elles soient neutres, acides ou aminées, mais seul un nombre restreint d'entre elle sera rencontré couramment dans les polysaccharides d'algue. Leurs monosaccharides sont généralement présents au sein de la chaîne polysaccharidique sous forme de pyranose (Garon, 2004).

##### ➤ **Polysaccharides fongiques :**

Les polysaccharides représentent un pourcentage majeur de la biomasse fongique (jusqu' à environ 75%). Ces bio polymères assurent un rôle de soutien ou forment une gaine protectrice autour du mycélium. Le principal représentant de ces polymères fongiques est la chitine (Deltre, 2005).

##### ➤ **Polysaccharides des bactéries:**

Les bactéries synthétisent plusieurs types de polysaccharides qui peuvent être classés en trois grands groupes selon leur localisation dans la cellule :

Le premier groupe rassemble les polysaccharides du cytosol, ils servent de source de carbone et d'énergie à la cellule .

Le second groupe concerne les constituants de la paroi tels que les acides téichoïques et les peptidoglycanes.

Le troisième groupe qui réunit les polysaccharides élaborés par la cellule est secrétés dans le milieu (NICKEN et al., 1999 ; DELTTRE, 2005).

### **c. Polysaccharides d'origine végétale :**

Les parois des cellules végétales sont essentiellement composées de polysaccharides, expliquant la part majoritaire de ces molécules dans la biomasse. Les polysaccharides des végétaux sont divisés en deux groupes selon leur fonction en : les polysaccharides de structure, les polysaccharides de réserve (Merghem,2009;Farjanel et al., 2012).

#### **c-1 Type des polysaccharides vegetale de réserve :**

La mise en réserve du D-glucose, source d'énergie principe pour les cellules, est une nécessité vitale, devant ses considérables concentrations intracellulaires (Farjanel et al,2012).

##### **➤ L'amidon :**

L'amidon est un polysaccharide d'origine végétale et la forme principale de réserve carbonée chez les végétaux, composés d'unités glucose  $C_6H_{12}O_6$ . L'amidon est la substance principale glucidique de réserve des plantes supérieures. L'amidon représente une fraction pondérale importante des matières premières agricoles. On le trouve stocké dans les organes de réserve des végétaux tels que les céréales (30-70% de la matière sèche), les tubercules (60-90 %) et les légumineuses (25 à 50 (Merghem,2009).

##### **➤ L'inuline :**

Les inulines sont des polysaccharides (sucres simples de type fructose liés entre eux) produits naturellement par de nombreux types de plantes. Elles appartiennent à une classe de fibres alimentaires appelées fructanes. L'inuline est utilisée par certaines plantes comme moyen de stockage de l'énergie que l'on retrouve généralement dans les racines ou les rhizomes. La plupart des plantes synthétisant et stockant de l'inuline n'accablent pas d'autres matériaux énergétiques tels que l'amidon , comme le topinambour, la patate douce, etc. (Alias et al., 2003).

#### **c-2 type des Polysaccharides vegetale de structure :**

Les polysaccharides sont également des éléments structuraux importants. Chez les plantes, le composant de la paroi cellulaire est un polysaccharide (Farjanel et al,2012).

##### **➤ -La cellulose**

La cellulose est une substance de soutien des parois des cellules végétales ; polymère non ramifié constitué de résidus de D-glucose unis par des liaisons  $\beta$  ( Bensallah, 2007).

### ➤ - Les pectines

Les pectines sont des substances pectiques présentes dans tous les végétaux, localisées dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules où elles sont associées à d'autres composants chimiques membranaires tels que cellulose et les hémicelluloses.(Vincken et al.,2003).

### ➤ - Les mucilages

Sont des substances d'origine végétale dont le principe actif est un produit de nature macromoléculaire résultant de la polymérisation d'hydrates de carbone pour les premières et d'acides aminés pour les secondes. Avec l'eau, ces substances s'hydratent et gonflent en s'entourant d'une enveloppe de molécules d'eau et en donnant des solutions visqueuses ou des gels tels que le lin (Kothe, 2007).

### ➤ - Les gommés

Les gommés sont des polysaccharides qui au contact de l'eau forment des gels ou des solutions colloïdales et que l'on regroupe parfois sous le vocable d'hydrocolloïdes.(KOTHE HANS, 2007).

## I-2. Les propriétés des biopolymères :

### Propriétés physiques :

La nature des polysaccharides influence fortement leurs propriétés physiques dans le domaine alimentaire ce sont les propriétés en solution qui revêtent la plus importance en milieux aqueux les molécules linéaires forment généralement des solutions plus visqueuses que les molécules branchées car elles ont un volume hydrodynamique plus important. La viscosité d'une solution est une fonction de la taille de la structure des molécules, la structure des molécules influence leur flexibilité ou leur rigidité, par exemple la rotation autour des liaisons glycosidiques, et ainsi la forme que la molécule adoptera en solution.

### Propriétés rhéologiques :

Les propriétés rhéologiques des polysaccharides (gélifiants, stabilisantes, émulsifiantes, épaississantes ...etc.) sont mises à profit dans l'agroalimentaire, l'industrie pétrolière, le cosmétique, les peintures, les adhésifs, les biomatériaux ...etc. leur biocompatibilité confère à

# Chapitre II

### Chapitre II :

#### I. Introduction :

Le lin, appartenant au genre *Linum*, signifie « le plus utile » (en anglais Flax, en arabe El-katan). C'est une plante dressée, dont les ramifications s'élèvent en forme de corymbe au-dessus de la tige. Elle appartient au sous-embranchement des Angiospermes et fait partie de l'ordre des Linales, de la famille des Linaceae (Beard et Comstock, 1980). Cette famille compte 200 espèces de lin, dont la plus connue, la plus cultivée et la plus répandue est le *Linum usitatissimum*.

La graine de lin est l'organe de reproduction de la plante. La conservation des graines à l'état de dormance est permise par la faible teneur en eau des graines (inférieure à 10 %). C'est une graine exalbuminée, c'est-à-dire que ses réserves (lipides et protéines) sont situées dans l'amande, formée par deux cotylédons enveloppant l'embryon (Labalette et al., 2011).

La plante tolère bien la salinité, à condition que les éléments nutritifs soient en quantité suffisante et que l'humidité ne manque pas au moment de la germination. Un bon désherbage est essentiel, car le lin est un mauvais compétiteur."

#### II-2 Description générale et morphologie de la plante :

Le lin est une plante dicotylédone autogame avec une racine pivotante, présentant une tige fibreuse. La hauteur de la plante varie de 20 à 150 cm. Ses feuilles sont simples, alternes et lancéolées, elles ont une largeur variant de 3 à 13 mm et une longueur de 15 à 55 mm. Elles sont disposées en panicule, et toutes les branches de la pousse se terminent en fleurs (Vaisey et Morris, 2003).

Les cinq pétales sont inversement ovoïdes et leur couleur varie du blanc au bleu (plus fréquent), en passant par le rose et le violet. Les cinq étamines sont jointes à leur bord basal. Les étamines et les cinq anthères présentent la même gamme de couleurs que les pétales, mais elles peuvent également être orange ou jaunes. Les cinq carpelles produisent un fruit de type capsule, mesurant de 6 à 9 mm de large. Chaque carpelle forme deux cloisons qui divisent la capsule, contenant au maximum dix grains (Vaisey et Morris, 2003).

#### II-2-1 Morphologie et microstructure des graines de lin :

La graine de lin a une forme ovale, aplatie et lisse. La graine présente un bec plus ou moins recourbé à son extrémité. Le tégument de la graine prend des couleurs variant du jaune au marron. Les dimensions des graines commerciales sont variables : de 3,0 à 6,4 mm de longueur, de 1,8 à 3,4 mm de largeur et de 0,6 à 1,5 mm d'épaisseur en moyenne (Freeman, 1995). Le poids de mille grains varie entre 5 et 10 g (Labalette et al, 2011). La variabilité de ce poids est relative à la date et à la densité de semis, et reflète la bonne formation et alimentation des graines (FAO, 2012).



**Figure 3 :Les capsules de lin**



**Figure 4 :Les graines de lin**



**Figure 5 :Les fleurs de lin**

### **II-2-2 Classification :**

La famille des Linaceae est géographiquement répandue avec environ 300 espèces dans le monde entier. Elle est positionnée dans le royaume des plantes comme suit :

- **Division :** Magnoliophyta (Angiospermes).
- **Classe :** Magnoliopsida (Dicotylédones).
- **Sous-classe :** Rosidae.
- **Ordre :** Linales.
- **Famille :** Linaceae.
- **Genre :** *Linum*.
- **Espèce :** *Linum usitatissimum* (espèce cultivé actuellement) (Guignard, 2015).

### II-2-3 Différentes assises cellulaires :

Elles composent le tégument (en partant de l'intérieur vers l'extérieur) :

- **Une couche de pigments**, contenant les tanins responsables de la couleur de la graine (du jaune au marron) (endosperme);
- **Deux assises cellulaires de fibres** (longitudinales et transverses) (spermoderme) Une couche de cellules rondes (spermoderme);
- **Une assise mucilagineuse**, contenant le mucilage est située sur la couche la plus externe de la graine de lin (épiderme) (Kadivar, 2001).

### II-3 Culture de lin et les facteurs qui l'influencent

#### II-3-1 Culture de lin

La culture du lin est l'une des plus anciennes cultures utilitaires, les premières traces de son utilisation datant de 8000 avant J.C. en Turquie (Van Zeist, 1972).

Le lin cultivé est une culture annuelle d'été dans les climats tempérés et les zones subtropicales (Vaisey Morris, 2003). C'est une espèce végétale à cycle court: 100 jours en moyenne, sa culture respecte l'écosystème et ne nécessite que très peu d'intrants (produits phytosanitaires et engrais) et d'eau (l'eau de pluie est suffisante) (Onidol, 2009).

Le lin se développe mieux dans les régions au climat humide et modérément chaud, avec une humidité suffisante pendant la période de croissance et où de longues périodes de pluie continues n'alternent pas avec une sécheresse longue et continue (Dillman et Goar, 1937)

Le lin peut être cultivé en rotation avec les céréales, dont le maïs, mais non après une culture de pomme de terre ou de betterave sucrière (à cause des maladies de racine) ni après une autre culture de lin. On recommande d'attendre trois ans entre les cultures de lin, afin d'éviter la maladie flétrissure fusarienne.

#### II-3-2 Facteurs influençant la culture du lin

##### a. Température

Le lin est bien adapté à l'ouest du Canada où les températures varient de 10 à 25°C pendant la saison de croissance, sa température optimale de croissance est entre 12°C et 24°C (Braidek, 1975).

##### b. Eau

Le lin peut être cultivé dans des conditions irriguées et pluviales. En conditions pluviales, le lin est besoin de 450 à 750 mm de pluie répartis uniformément tout au long de la saison de croissance (Braidek, 1975).

##### 1) Préparation du sol :

La production de lin est optimale sur des sols bien drainés et moyennement lourds qui retiennent bien l'humidité, en particulier le sol limoneux, le limon-argileux (Braidek, 1975).

### d. Fertilisation

Les niveaux de nutriments dans le sol varient considérablement selon les régions et selon les types de sol. Le lin est très sensible à l'engrais appliqué avec la graine et même des doses faibles causent parfois des dommages aux semis (Braidek, 1975).

### II-3-3 Variétés de lin :

Le développement industriel a conduit à la sélection de deux familles de lin, l'une pour la culture des graines riches en huile polyinsaturée et plus particulièrement en acide linoléique (lin oléagineux) et l'autre pour ses fibres contenues dans ses tiges (lin "fibre") (Vaisey et Morris, 2003).

Contrairement au lin fibre, le lin oléagineux présente un taux de ramifications des tiges plus important, ce qui conduit à une production plus élevée des grains. Les variétés de lin oléagineux sont différenciées en variétés de printemps et d'hiver. Le lin de printemps est semé en mars et le lin d'hiver est semé en septembre et présente un rendement en graines plus stable, car la variété est plus tolérante au froid et moins sensible aux stress environnementaux (Labalette, 2011).

Il existe de nombreux noms pour le lin. Les noms renvoient aux expériences faites avec le lin en tant que plante cultivée. Selon que la capsule s'ouvre ou reste fermée à maturité (déhiscence ou indéhiscence), la hauteur des plantes, le poids de mille graines, on distingue : (Schilperoord, 2018).

- **Convar. crepitans (Boenningh)**

Les capsules sont déhiscentes et les graines tombent à terre. Cette variété fut dénommée Springlein. L'éclatement des capsules provoque un son, c'est pourquoi on appelait cette variété également lin sonore (Figure 5) (Schilperoord, 2018). Chez Johann Conrad Freyenmuth (1827), on trouve une autre dénomination pour cette variété, il l'appela lin solaire, car en étant exposée au soleil lorsqu'elle sèche, la capsule éclate par elle-même et libère les graines. Le lin dit Springlein était toujours cultivé pour ses fibres longues.

- **Convar. elongatum**

Elle désigne le lin textile typique. La longueur des plantes dépasse 70 cm et tout au plus le tiers supérieur de la tige possède des pousses latérales. Le poids de mille graines (PMG) du lin se situe entre 4 et 7 g. Les Capsules ne s'ouvrent pas pendant la maturation ou ne se séparent que légèrement. Les graines ne sont pas facilement brisées (Vavilov, 1926).

- **Convar. mediterraneum**

Les plantes font moins que 70 cm de haut, elles sont ramifiées dans plus que leur tiers supérieur. En général, la tige principale des plantes n'est pas ramifiée depuis la base. Le PMG est supérieur à 9 g. Les capsules sont en conséquence plus grosses. Le lin de ce type est originaire de la région méditerranéenne et a une longue période végétative (Dillman, 1953).

- **ConvarUsitatissimum**

Les plantes font moins que 70 cm de haut, elles sont ramifiées dans leur cinquième supérieur. Le PMG est inférieur à 9 g, les tiges sont souvent ramifiées à la base. C'est le type de lin le plus répandu au monde comprend des lins à deux fins cultivées pour leurs fibres et pour leurs graines à huile (Schilperoord, 2018). En plus de l'espèce cultivée, il existe d'autres lins sauvages (Figure 6): *Linum angustifolium* ; *Linum album* ; *Linum grandiflorum* d'origine africaine à grandes fleurs rouges et *Linum perenne* que l'on rencontre en Europe et en Asie tempérée (Renouard, 2011).



Figure 6 : les différents variétés de lin et capsules (om Lukow,2004).

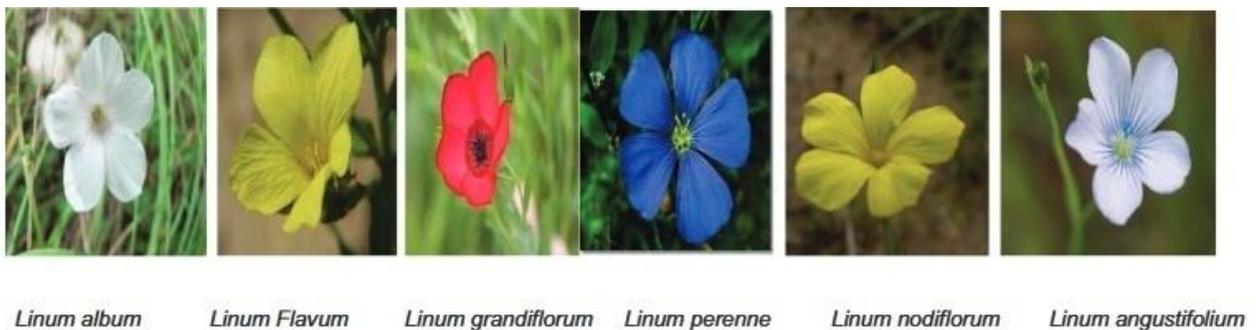


Figure 7 :Les especes sauvages de lin (Renouard,2011).

### II-4 La production de lin

#### II-4-1 La production mondiale :

Selon les derniers registres annuels de production de graines de lin disponibles dans la base de données statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (Faostat), le Canada, la Chine, la Russie, les États-Unis, le Kazakhstan, l'Inde et l'Éthiopie ont produit la majorité des graines de lin (2,41 millions de tonnes) au cours des 20 dernières années.

La production mondiale de graines de lin en 2021 s'élève à 1300173.4 de tonnes, la Russie étant le principal producteur de graines (Faostat, 2021)

**Tableau 1 : La production mondiale de graine de lin (FAOSTAT, 2021).**

| Zone  | Valeur    | Unité  |
|---|-----------|--------|
| Fédération de Russie                                | 1300173.4 | tonnes |
| Kazakhstan  | 775568.05 | tonnes |
| Canada  | 345708    | tonnes |
| Chine, continentale                                 | 340000    | tonnes |
| Inde  | 111000    | tonnes |
| Éthiopie  | 82000     | tonnes |
| France  | 72940     | tonnes |
| Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord | 71000     | tonnes |
| États-Unis d'Amérique                               | 68790     | tonnes |
| Ukraine   | 42230     | tonnes |
| Afghanistan   | 32220.32  | tonnes |
| Népal   | 12842     | tonnes |
| Argentine   | 12358     | tonnes |
| Égypte  | 9000      | tonnes |

#### II-4-2 La production algérienne :

En Algérie, est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. (INRAA, 2006)

tous les bioclimats méditerranéens sont représentés depuis le per humide au Nord jusqu'au per aride au Sud pour les étages bioclimatiques (INRAA 2006)

## Chapitre II : LA PLANTE UTILISEE

L'Algérie dispose d'énormes potentialités tant animales que végétales, elles sont représentées par 3 139 espèces végétales comprenant 314 espèces assez rares, 30 espèces rares, 330 très rares et 600 endémiques, dont 64 sont typiquement sahariennes. Parmi elles, 226 espèces qui sont menacées d'extinction et que la loi protège

L'existence, en Algérie, d'espèces industrielles autochtones est quasiment rare et sont représentées par les plantes saccharifères, , les plantes oléagineuses tel que le lin , sesame ... ect ainsi que les plantes oléo protéagineuses et les espèces destinées à la de conserverie donc leur production elle est non estimé car ne sont pas des grande culture ( faostat 2022 ).

L'importation des graines de lin par l'Algerie en provenance de : l'Egypte 10.7% ,Russie 27.4% Canada 40.4% ,Espagne 18.7% de Leur production totale de 1995-2021 d'un montant de 6.69millions dollars ,l'importation a suscité un interet croissant au cours des dernieres anneés , par exemple de l'Egypte en 2018 cette importation representait 11.7% et 12.7% en 2020 (1500tonnes ) pour un montant de 236000dollars dans cette derniere (Oec.world).

### II-5 La compositions biochimique de la graine de lin :

Les graines de lin sont utilisées par l'être humain depuis des milliers d'années et ont des utilisations très variées. Ces graines possèdent aussi plusieurs composantes nutritionnelles intéressantes.

La composition du lin varie selon la variété et les facteurs environnementaux (Dauet et al, 2003). Les graines de lin sont composées majoritairement d'huile (30 à 45 %), de protéines (10 à 30 %) et de fibres alimentaires (25à 32%), les téguments sont composés majoritairement de polyphénols et de composés glucidiques (mucilage)a lorsque embryon est composé majoritairement d'huile et de protéine(Daunet al, 2003 ; Coskuner et Karababa 2007).

**Tableau 2 : Composants d'embryon majoritaire (Daunet al, 2003 ; Coskuner et Karababa 2007).**

| Humidité | Protéine | Lipide | Fibre | Cendre |
|----------|----------|--------|-------|--------|
| 4-8      | 20-25    | 30-40  | 20-25 | 3-4    |

### II-5-1 Lipides

Les graines de lin contiennent 35 à 45% d'huile, ce qui permet de classer le lin dans la catégorie des oléagineux. Une partie de l'huile se trouve dans la cuticule (10%), cependant la majorité est localisée au niveau des cellules des cotylédons (78%) et de l'endosperme (12%) (Oomah, 2001). La teneur en acides gras et en lipides des grains de lin sont présentés dans les tableaux 2 et 3 respectivement

**Tableau 3 :Les lipides contenus dans les graines de lin 'g/100g),(daunes et al ,2003).**

| Stérols | Cholestérol | Lipides complexes | Glycolipides | Phospholipides |
|---------|-------------|-------------------|--------------|----------------|
| 2,9     | 0-0,09%     | 1,8               | 2,9          | 2,3            |

**Tableau 4 :Composition des graines de lin en acide gras (daune et al,2003).**

| Acides gras               | Quantité en % des acides gras |
|---------------------------|-------------------------------|
| Acides gras saturés       | 6-10                          |
| Palmitique                | 4-6                           |
| Stéarique                 | 2-4                           |
| Acides gras monoinsaturés | 11-23                         |
| Acides gras polyinsaturés | 70-80                         |
| Linoléique                | 12-18                         |
| Alpha-linolénique         | 54-71                         |

### II-5-2 Protéines :

La teneur en protéines des graines de lin varie de 20 à 30%. Elles sont limitées par 20% d'albumines et 80% des globulines (légumine) (Martinchik et al, 2012).

Les graines sont composées de protéines de réserve (10 à 30%) qui sont accumulées dans les cotylédons (76%) et une partie minoritaire au niveau de l'endosperme (16%). Ces protéines sont synthétisées au cours de la phase de maturation (Oomah, 2003)

Les protéines de lin présentent un profil d'acides aminés similaire à celui des protéines de soya .

**Tableau 5 : Les un profil d'acides aminés des graines de lin (Malcolmson, 2012).**

| Acide aminé        | Quantité (g/100g) | Acide aminé          | Quantité (g/100g) l |
|--------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| l'acide glutamique | 19,6              | Phénylalanine/valine | 4,6                 |
| l'acide aspartique | 9,3               | l'isoleucine/lysine  | 4,0                 |
| l'arginine         | 9,2               | thréonine            | 3,6                 |
| Leucine            | 5,8               | Cystine              | 1,1                 |
| Méthionine         | 4,6               | Tryptophane          | 1,8                 |

### II-5-3 Glucides :

Les graines de lin peuvent contenir un petit pourcentage de sucres solubles probablement inférieur à 2%, La majorité des glucides présents dans les graines de lin sont du groupe qui est résistantes à l'action des enzymes digestives humaines (Vaisey et Morris, 1997).

Deux types de sucres entrent dans la composition des graines de lin :

- a. **L'amidon (constituant de réserve des graines):** sa teneur est très faible, localisé dans les embryons et les téguments des graines de lin.
- b. **Les fibres alimentaires :** sont plus importantes (25-32%), elles comprennent des fibres solubles (4,3-8,6 mg/g) et des fibres insolubles (12,8-17,1mg/g) (Acket et al,2011). Elles sont constituées majoritairement de mucilage (solubles), mais également de cellulose et de lignine (insolubles) (Jahla et Hall, 2010).

Deux types de sucres entrent dans la composition des graines de lin :

- **L'amidon (constituant de réserve des graines):** sa teneur est très faible, localisé dans les embryons et les téguments des graines de lin.
- **Les fibres alimentaires** sont plus importantes (25-32%), elles comprennent des fibres solubles (4,3-8,6 mg/g) et des fibres insolubles (12,8-17,1mg/g) (Acket et al.2011). Elles sont constituées majoritairement de mucilage (solubles), mais également de cellulose et de lignine (insolubles) (Jahla et Hall, 2010).

### II-5-4 Les mucilages :

Ce sont des hydrocolloïdes solubles dans l'eau, composés principalement de deux polysaccharides un polymère neutre et un polymère acide. Ils représentent environ 8% de poids des graines (Guilloux et al., 2009).

### II-5-5 Les Vitamines :

Selon la teneur en vitamines du groupe B et certains minéraux, les graines de lin sont proches des cultures. Elles contiennent la vitamine E sous forme de gamma-tocophérol (9,2 mg/100 g de graines) et une petite quantité de vitamine K sous forme de phylloquinone (Malcolmson et al., 2000).

**Tableau 6 : Les teneurs de vitamines.**

| Vitamines            | Teneur (mg/100 g) | Vitamines               | Teneur (mg/100 g) |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Acide ascorbique (C) | 1,3               | Acide pantothénique(B5) | 1,5- 7            |
| Thiamine (B1         | 0,03- 0,6         | B6                      | 0,4- 10           |
| Riboflavine (B2      | ) 0,1- 0,3        | Folâtre                 | 278               |
| Niacine (B3) Cyan    | 1,4- 5,5          | cobalamine (B12)        | 0,5               |

### II-5-6 Cendres et minéraux

La graine de lin contient les composés suivants : potasse, soude, magnésie, oxyde de fer, acide phosphorique, acide sulfurique, chlore, silice carbonate de calcium, aluminium et des petites quantités de cadmium (Daune et al, 2003).

**Tableau 7 : Le profil meniral du graines de lin .**

| Composé   | (mg/g de grain)  | Composé minéral | (mg/g de grain) |
|-----------|------------------|-----------------|-----------------|
| Potassium | minéral 5,5-10,6 | aluminium       | 2,2-9,5         |
| zinc      | 38,2-93,6        | Sodium          | 0,2- 0,6        |
| Magnésium | 3,2-4,1          | nickel          | 0,8-2,8         |
| manganèse | 13-42,8          | Phosphore       | 4,4-7,6         |
| Calcium   | 2-4,4            | sélénium        | 0,6             |

### II-5-7 Composés phénoliques

#### a. Polyphénols

Les graines de lin sont également composées de polyphénols. Ces molécules protègent la plante contre les UV et les pathogènes et les insectes. Les polyphénols de lin sont composés de faibles teneurs en acides phénoliques (8 à 10 g/Kg de lin), en flavonoïdes, en tanins et d'une teneur élevée en lignanes et notamment en SDG (secoisolaricirésinol di-glucoside) (Nesbitt et al., 1999)

#### b. Lignanes

Les lignanes sont définis comme étant un groupe de polyphénols (Moss, 2000). La graine de lin est la source la plus riche dans le monde végétal de lignanes (Martinchik et al., 2012).

Elle fournissant jusqu'à 800 fois plus de lignanes que la plupart des autres aliments (Malcolmson,2012). Les glucosides de lignanes retrouvés dans la graine de lin sont le SDG, le matairesinol, le pinorésinol et le laricirésinol (Thompson et al., 2006). Le prédomine est le SDG, qui peut représenter plus de 1% de la masse des graines et 5% de celle des téguments (Martinchik et al., 2012).

#### c. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des graines. Ils sont répartis en plusieurs classes : les flavones, les flavonols, les flavanones, les anthocyanines,La graine de lin est constituée de 35 à 71 mg/100g de flavonoïdes et majoritairement de flavonols .

### II-6 Composés actifs des graines de lin :

La valeur nutritive et les propriétés fonctionnelles du lin sont analysées. Il existe trois groupes de composés dans ces graines, caractérisés par une activité biologique spécifique et des propriétés fonctionnelles: ALA (oméga-3), les fibres alimentaires solubles et les composés phénoliques (Anwar et al., 2013)

### II-6-1 Acides gras polyinsaturés (oméga-3)

Plus de 57% des acides gras du lin sont ALA. Il a deux grands axes de valorisations: le premier réside dans leur importance et leur rôle dans le maintien de divers organes, surtout le cerveau, et le second réside dans la prévention de diverses pathologies et des maladies cardiovasculaires, les syndromes métaboliques, réduction des taux de lipides et de glucose, la pression artérielle et le stress oxydatif (Bloedon et Szapary, 2004)

### II-6-2 Lignanes

Le lin contient également des lignanes qui ont des propriétés antioxydantes et anticancéreuses (Chen, 2012). Le SGD supprime le développement de l'athérosclérose (Prasad, 2009), réduit les taux d'incidence du diabète de type 1 et retarde le développement du diabète de type 2 (Prasad et Dhar, 2016).

Les lignanes possèdent une activité antimicrobienne contre cinq souches de bactéries :

*Staphylococcus aureus*, *S. agalactiae*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* et une levure *Candida albicans* (Prasad et Dhar, 2016).

### II-6-3 Mucilages

Les mucilages sont des polysaccharides qui possèdent une très importante capacité de gonflement en milieu humide, c'est à eux que la graine de lin doit ses capacités laxatives et émoullientes

### II-6-4 La gomme

La gomme de graines de lin qui est un hétéropolysaccharide composé de composants neutres et acides qui représente environ 8 % de la masse des graines.

Elle est généralement récupéré par méthode d'extraction à l'eau chaude et purifié par solution alcoolique de la mucilage de graines de lin poudre ou de graines entières.

Cependant, la gomme comprend des structures polymères complexes qui contiennent des composés bioactifs. Par conséquent, la température d'extraction entre 70° et 98° peut jouer un rôle important dans la détermination de ses propriétés fonctionnelles, de l'apparence de la solution et de la stabilité de la solution pendant le stockage. Ces caractéristiques du gomme , y compris la qualité du gomme , déterminent sa valeur commerciale et son utilité (Yingxue Hu et al 2020).

## Chapitre II : LA PLANTE UTILISEE

**Tableau 8 :La classification des gommés selon leur origine et composition monomères constructifs selon Glicksman 1966, Morley 1984, Alistair 1995.**

| Origines                                     | Gommés   | Monomères constitutifs de gommés  | Fonctions   |
|--|--|---|---|
| Origine végétale *<br>Exsudats de<br>plantes | gomme arabique,<br>gomme ghatti<br>gomme karaya<br>. | -Galactose-arabinose-rhamnose-acide glucuronique<br><br>-Arabinose-galactose-mannose-xylose-acide glucuronique<br><br>Rhamnose-galactose-acide galacturonique | Epaississant,<br>stabilisant  |
| *Extrait de fruits                           | pectines   | Acide galacturonique-rhamnose-galactose-arabinose-xylose  | Epaississant,<br>gélifiant  |
| *Extrait de<br>graines                       | Gomme guar<br>Gomme caroube<br>Gomme lin             | Galactose-mannose<br>Galactose-mannose<br>Galactose-mannose   | Epaississant,<br>stabilisant,<br>émulsifiant, agent<br>de suspension  |
| *Extrait d'algues                            | Agar<br>Alginates                                    | Galactose-3,6-anhydro-Lgalactose<br>Acide mannuronique-acide guluronique  | Epaississant,<br>stabilisant, agent<br>de<br>suspension,<br>gélifiant |
| Origine<br>microbienne                       | Dextrane,<br>xanthane                                | Glucose, mannose, acide glucuronique  | Gélifiant,<br>épaississant  |
| Origine animale                              | Gélatine   | Tous les acides aminés sauf le tryptophane  | Gélifiant,<br>épaississant  |
| Origine<br>synthétique                       | Dérivé de<br>celulose                                | Glucose   | Gélifiant,<br>épaississant  |

### II-5-4-1 Aventure et inconvénient des gommes :

Les gommes présentent plusieurs avantages comme :

- Biodegradabilité : ça veut dire qu'elles sont produites par des organismes vivants et représentent une grande source renouvelable et n'ont pas d'impact sur l'environnement.
- Biocompatibilité chimique : ce sont des polysaccharides qui n'ont aucun effet sur la santé.
- Disponibilité et abondance.
- Obtention à partir d'une source comestible.

Elles présentent quelques inconvénients comme la contamination microbienne rapide et la variation des propriétés d'un lot à un autre en fonction de la source et du climat selon la localisation géographique des matières végétales. (Saidou C.2012), (Kottke et al. 2002), (Aslam et al 1971).

### II-5-4-2 Classification et fonction des gommes :

Les propriétés fonctionnelles sont un ensemble de propriétés physico-chimiques et organoleptiques, déterminant la structure, la qualité technologique, la qualité nutritionnelle et l'acceptabilité d'un produit.

Ce sont des polymères solubles qui provoquent une augmentation de la viscosité d'un milieu aqueux ainsi qu'elles peuvent changer les propriétés fonctionnelles de préparation alimentaire en contrôlant la texture, de cela les gommes polysaccharidiques peuvent avoir des fonctions épaississantes, gélifiantes, stabilisantes, émulsifiantes et texturantes (Saidou C.2012).

### II-5-4-3 Relation entre la fonctionnalité et la structure de la gomme de lin :

Le rôle des polysaccharides dans la viscosité d'une solution aqueuse est directement en relation avec sa rigidité qui dépend principalement des structures primaires (nature des monosaccharides et la position des liaisons osidiques) et secondaires (liaisons hydrogènes impliquant les fonctions hydroxyles) et du poids moléculaire (Saidou C.2012).

En effet, les gommes de structure linéaire tel que la gomme de lin lorsqu'elles sont mises en solution aqueuse développent une viscosité plus élevée que celles de structure ramifiée ayant les mêmes nature et nombre de monosaccharides (Rashid et al 2019).

## II-7 Les intérêts et utilisations de la gomme de lin :

### II-7-1 L'utilisation traditionnelle :

La graine de lin s'est concentrée sur sa teneur en huile qui peut être utilisée pour les peintures et les revêtements, les encres d'imprimerie, le savon, les huiles de base, les garnitures de frein et l'adjuvant herbicide (Carter, 1993). L'huile de lin a été reconnue comme l'un des nombreux aliments riches en acide  $\alpha$ -linoléique (ALA), dont il a été suggéré qu'il avait un certain effet sur la santé en réduisant les lipoprotéines de basse densité c'est-à-dire le mauvais cholestérol responsables des maladies cardiaques (Cunnane et al., 1993).

Récemment, l'huile de lin a gagné en popularité en tant que complément nutritionnel en raison de la plus grande sensibilisation des consommateurs à la teneur élevée en ALA de l'huile de lin.

La graine de lin est également efficace en cas de troubles respiratoires et urinaires. Elle calme les douleurs pulmonaires et à un moindre degré l'irritation de l'appareil urinaire. Elle s'avère efficace contre la toux chronique ou aiguë, la bronchite, l'emphysème et la cystite chronique, également comme une prévention utile contre l'angine de poitrine, le rhume et l'artériosclérose (Halligudi, 2012).

En usage externe, un cataplasme de graines concassées ou de farine de lin appliqué sur les furoncles et les anthrax calme les ulcérations et draine le pus. La graine du lin est aussi conseillée chez les personnes souffrant de sclérose, elle a aussi un effet sur les systèmes hormonal et immunitaire. L'utilisation quotidienne d'huile de lin protège la membrane gastrique et urinaire. Les graines de lin contiennent des quantités considérables de vitamine E, qui augmente l'excrétion de sodium dans l'urine (Katara et al, 2012).

### **II-7-2 L'utilisation moderne :**

Aujourd'hui l'utilisation de graines de lin sont évalué après avoir eu des connaissances sur les propriétés des composés actifs tel que mucilage et la gomme.

L'utilisation des gommes et de mucilage dépend de leurs propriétés fonctionnelles distinctives, y compris les propriétés de gélification et de fixation de l'eau, les propriétés émulsifiantes et moussantes, la viscosité comme une gélatine, ainsi que leur rôle bioactif dans le traitement et dans la prévention de certaines maladies (Rashid et al 2019).

#### **Différentes utilisations de mucilage et gomme de graines de lin :**

##### **Agent gélifiant/renforteur**

La gomme soluble est utilisée de manière limitée comme agent gélifiant dans les aliments (Chen et al, 2006) mais comme un renforteur ou cette gomme est améliorée avec d'autres gommes tel que gomme d'agar ou gomme arabique et autres ; ou ces composés présentent une élasticité relativement meilleure, une bonne capacité de rétention d'eau et une morphologie de surface rigide (Cui et al, 2021).

La gomme de graines de lin est beaucoup plus utilisée dans les laiteries pour améliorer les caractéristiques sensorielles et physiques de la crème glacée (El Aziz et al 2015). Le potentiel du mucilage étant un stabilisant naturel pour améliorer la texture du yaourt.

##### **➤ Agent anti-rétrogradation**

La rétrogradation affecte négativement l'acceptabilité par le consommateur et la qualité des féculents. Pour contrôler la rétrogradation de l'amidon, des hydrocolloïdes tels que la gomme de fibre de maïs et la gomme de guar ont été utilisés. (Yang et al, 2017) ont montré le retardement de la rétrogradation de l'amidon de maïs lors de l'ajout de gomme de lin. Cependant, lorsque la

concentration de gomme de lin a atteint 0,4 %, elle n'a provoqué aucune augmentation statistiquement significative ( Feng et al,2018). Elle a montré que la rétrogradation de l'amidon de maïs était inhibée par l'ajout de gomme à des températures de stockage variées. Lors de l'ajout de gomme aux gels d'amidon, la formation de liaisons hydrogène avec les molécules d'amidon aurait pu se produire et absorber plus d'eau pour inhiber le réarrangement et la recristallisation des molécules d'amidon (amylose et amylopectine), diminuant ainsi la perte d'eau des gels d'amidon et améliorant la texture des gels de produit .

### ➤ **Agent structurant :**

Le mucilage de graines de lin (en particulier le mucilage lyophilisé) a été utilisé avec succès comme agent structurant naturel , remplaçant la gomme de guar et la pectine, dans le pain sans gluten en exemple d'une étude sur les propriétés rhéologiques de la pâte à mucilage qui sont comparables à celles d'un système amidon-pectine-gomme de guar. Par rapport au témoin, l'utilisation du mucilage de graines de lin a exercé un impact mineur sur les caractéristiques de texture et le rassissement de la mie du pain. De plus, l'ajout de mucilage de graines de lin (notamment aux concentrations de 1,8 % et 2,4 %) a amélioré l'acceptation sensorielle du pain (korus et al , 2015).

### ➤ **Agent stabilisant :**

Étant donné que la gomme de lin ressemble étroitement à la gomme arabique, elle peut être utilisée comme substitut de la gomme arabique dans les émulsions.

Une solution de gomme de graines de lin à 1 % (p/v) a affiché des valeurs de mousse d'environ 75 % de celles de l'ovalbumine à la même concentration (kadirav et al ,2001). Cependant, à une concentration légèrement supérieure du polysaccharide (1,5 %), la mousse présentait une réduction de volume due à la compacité de la mousse (Susheelamma et al 1987). Ce comportement était dû au fait que l'inclusion de petites quantités de gomme donnait une certaine viscosité à la dispersion aqueuse et exerçait un effet bénéfique sur les protéines tensioactives, alors qu'à des concentrations plus élevées, la viscosité augmentait considérablement, ce qui réduisait l'expansion libre .

### ➤ **Le prébiotique :**

L'étude de (lai et al,2021) a montré le potentiel prébiotique de mucilage de lin . Par rapport aux autres mucilages testés, le mucilage présentait relativement plus de résistance contre l'hydrolyse par l'acide et la pancréatine, avec un score prébiotique relatif de 98 %. Le mucilage a favorisé la croissance de *Lactobacillus rhamnosus GG*. Par conséquent, la capacité prébiotique potentielle de mucilage et sa relation symbiotique avec *L.hamnosus GG* suggèrent qu'ils peuvent être incorporés simultanément pour la production d'aliments fonctionnels.

### ➤ **Emulsifiant/stabilisateur d'émulsion**

La gomme de lin peut remplacer les émulsifiants ou stabilisants courants dans les émulsions. La gomme a été utilisée comme stabilisant d'émulsions fabriquées avec de l'huile de soja et de l'huile d'olive (feng et al,2019 .sun j et al,2019).

### ➤ **Substitut de graisse**

Le mucilage en tant que prébiotique et substitut de graisse a été utilisé pour développer un fromage à la crème sans gras et enrichi en probiotiques par exemple :

L'inclusion de mucilage dans le fromage à la crème a diminué la teneur en humidité et la valeur du pH, tandis que les concentrations de solides totaux, de protéines et de cendres ont augmenté. Cependant, une réduction de la viscosité a été notée pendant la période de stockage. L'application de mucilage des graines de lin en combinaison avec des bactéries probiotiques a exercé une activité bactéricide contre quelques bactéries pathogènes. L'inclusion de mucilage a amélioré la survie des bactéries probiotiques, amélioré la texture et augmenté la qualité sensorielle globale du fromage.

Ainsi que la gomme de lin utilisée dans une autre étude a montré le potentiel des gomme et des microparticules de protéines de lactosérum ( whey protein microparticules :WPM) comme substituts de matières grasses dans des mayonnaises modèles [yang et al 2022]. Les gomme et les WPM ont amélioré les propriétés texturales (par exemple, l'adhérence, la cohésion, la dureté et la consistance), les propriétés rhéologiques (module de conservation et viscosité) et la stabilité cinétique des mayonnaises modèles ( hijazi et al ,2022) donc la texture des mayonnaises modèles était significativement influencée par la gomme de lin .

D'autre part ont utilisé la gomme de lin dans la gamme 25-100% pour remplacer la graisse dans les gâteaux. Un remplacement de 100 % de matières grasses à l'aide de gomme a entraîné une réduction de 21,11 % de la teneur en calories des gâteaux. De plus, l'ajout de gomme (jusqu'à 75%) a conféré de la résilience et de la tendreté aux gâteaux ; le remplacement des matières grasses à ce niveau a donné des gâteaux aux propriétés sensorielles très acceptables (Punia et al ,2019).



**Figure 8 : Les applications alimentaires et industrielles du mucilage et gomme de graine de lin ( Pradeep et al 2022).**

### ➤ **Matériau d'emballage alimentaire/revêtements et films comestibles**

En raison de sa capacité filmogène et de sa biodégradabilité, la gomme est utilisée pour la préparation d'enrobages comestibles. Le potentiel de développement de films comestibles utilisant le mucilage a été démontré par ( Tee et al 2016,2017).

Du glycérol a été ajouté comme plastifiant pour surmonter la fragilité des films. Ils ont montré que les interactions chimiques (probablement des liaisons hydrogène) entre le glycérol et le mucilage contribuaient à l'amélioration des propriétés des films développés. De plus, les films mucilage plastifiés au glycérol sont défavorables à la croissance microbienne.

Les films développés présentaient une perméabilité à l'oxygène et une perméabilité à la vapeur d'eau suffisamment élevées ; ceux qui par conséquent, peuvent potentiellement être étendus pour l'emballage ou l'enrobage des produits frais( Tee et al 2016,2017).

En générale pour développer les films fabriqués à partir de mucilage pur il faut développer les propriétés mécaniques adéquates pour répondre aux besoins d'emballage alimentaire tel qu'une viscosité élevée, une solubilité élevée dans l'eau et un degré élevé de gonflement à partir de différents mélanges.

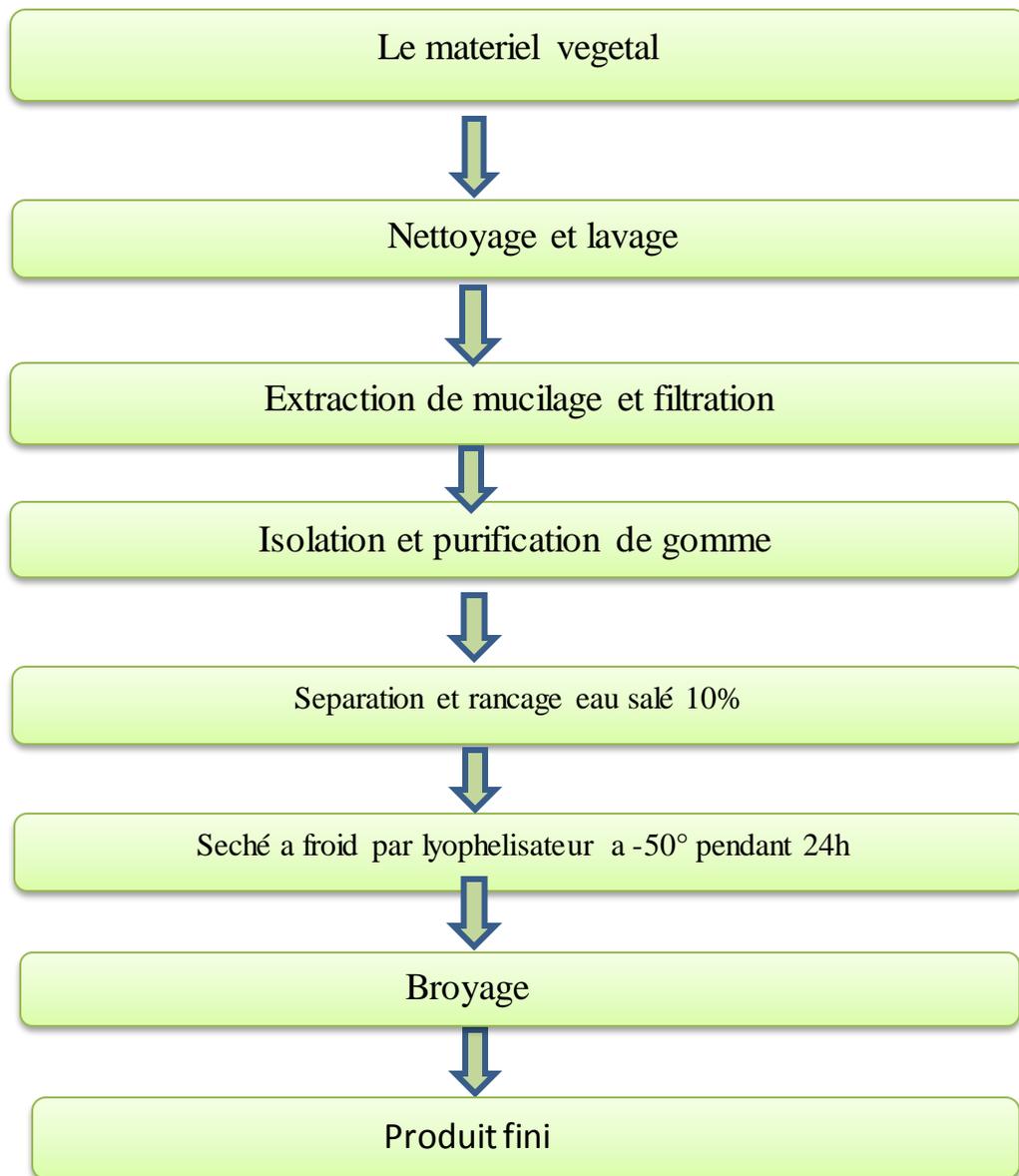
# **Materiels et methodes**

## Capitre III :

### I. Matériels et méthodes :

Nous avons réalisé des travaux menés au sein de laboratoire GBBV génétique biochimie biotechnologie végétale de -chaab erras - au niveau d'université Constatine 1 .

Le Protocole expérimental adopté au cours de cette étude est schématisé dans (figure 00).



## CHAPTRE III : MATERIELS ET METHODES

### Le matériel utilisé :

Les graines de lin achetées dans un supermarché local à Constantine ont été importées d’Egypte.

### 1-Nettoyage :

Afin d’éliminer et laver toutes les impuretés et le gravier, ces graines sont séchées à l’aire libre pendant 3 jours à 20° puis stockées à température ambiante et à l’abri de la lumière.

### 2-Extraction de mucilage de lin :

Une quantité de 90 g de graines de lin ont été mises dans un erlenmeyer avec 900 ml d’eau sur un agitateur de chateur, puis laissée pendant 30 à 45 min à une température 50-70°C sous agitation automatique jusqu’à obtention d’un gel plus consistant.



Figure 9 : Extraction du mucilage a partir de graines de lin.

### 3-Filtration:

Le mélange obtenu de gel et du reste des graines ont été filtrés à travers un tissu de coton à fromage avec des mailles assez grosses utilisé comme un tamis.

Le filtrat contenant le gel a été conservé dans un flacon en verre au froid positif (environ 4°C) jusqu’à son utilisation.



**Figure 10 : Filtration de mucilage extrait de graines de lin.**

#### **4-Purification de gomme de lin :**

On prepare notre solution ( 80% bioethanol et 10% isopropanol) qui va etre melanger avec la solution de mucilage precedant de gel suivi de séparation par tissu de coton a fromage.

Puis on passe par un rinçage de la gomme avec l'eau distillée suivi d'un rinçage salé à 5 % 10%.

La gomme se sèche dans un lyophilisateur à -50° pendant 24h.

La gomme lyophilisée (annexe 01) est broyée dans un mortier pendant 5min.

## CHAPTRE III : MATERIELS ET METHODES

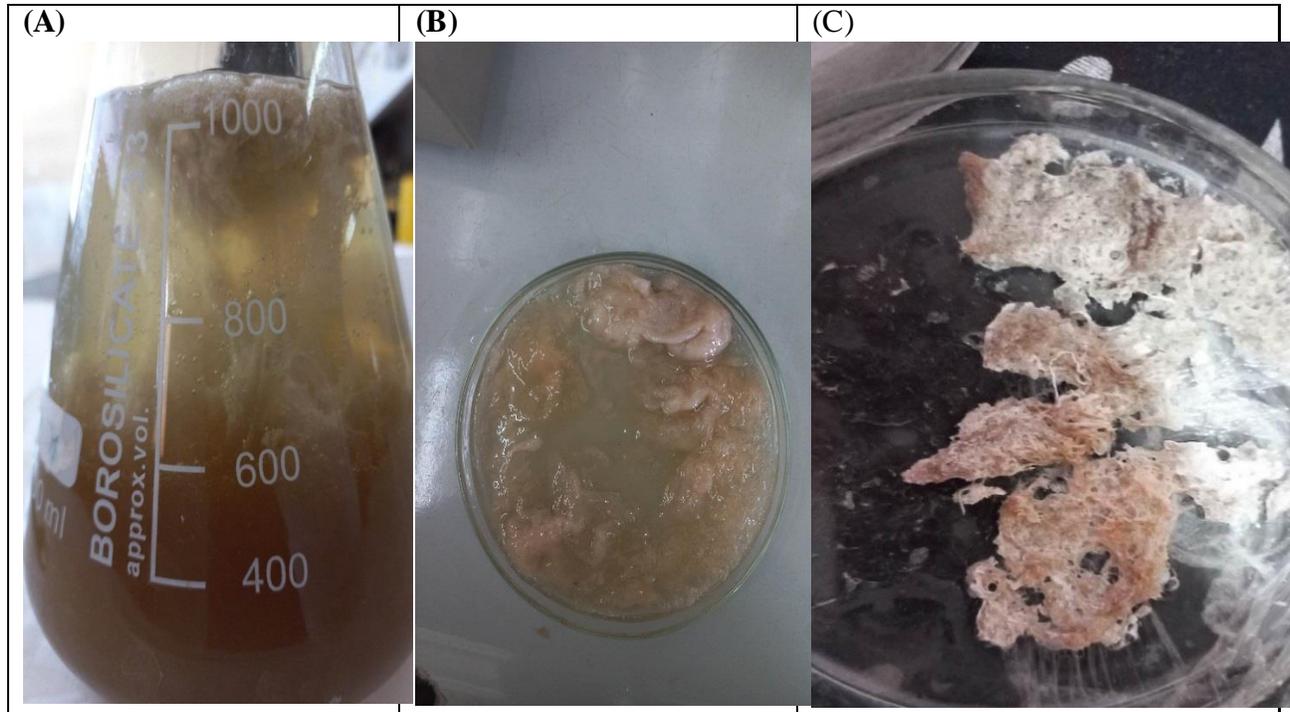


Figure 11 : (A)Précipitation de la gomme ,(B) La gomme obtenue apres filtration , (C)La gomme de lin lyophilisé.



Figure 12 :La poudre de gomme de lin.

## CHAPTRE III : MATERIELS ET METHODES

### Essai de préparation d'un film comestible à partir de gomme de lin :

Le procédé de préparation de film se compose de gomme de lin fabriquer pour former le film à partir de poudre de gomme de lin pure déjà extraite et comprend les étapes suivantes :

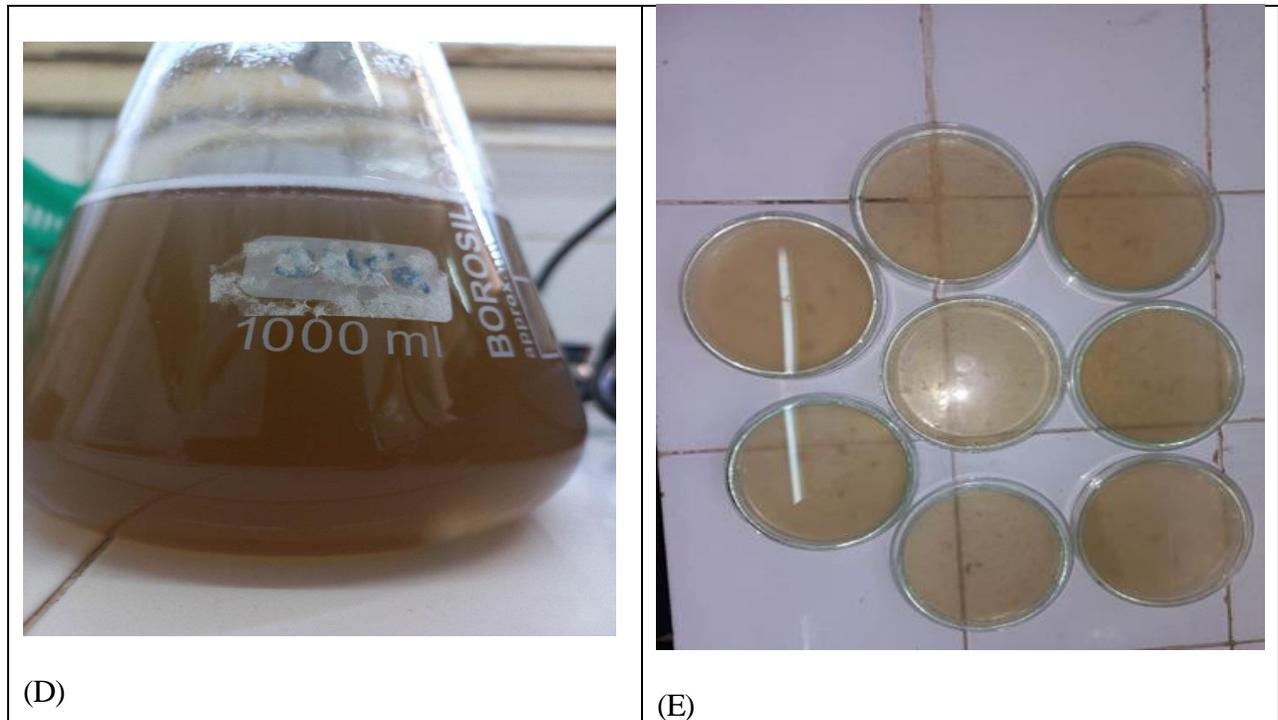
On Mélange 1g de gomme de graines de lin avec 100ml d'eau distillée, chauffez sur une plaque chauffante à 20° avec agitation pour former une solution de polysaccharide de graines de lin .

On Ajuster le ph à 11 par hydroxyde de sodium NaOH .

Ajouter du glycérol comme plastifiant à la solution préparée premièrement de 1.5% et agiter à 140 rpm pour rendre la solution uniformément mélangée pendant 30min à température ambiante

Passer la solution obtenus sur un papier filtre jusqu'à ce que la solution de membrane n'ait plus de bulles .

La solution de film filtré à température ambiante et laissez a refroidir pendant 30 à 40 minutes, puis elle est versé dans des boites de pétrie a diamètre 10cm pour une coulée uniforme et elle est séché dans une étuve pour former un film a température de 60° pendant période 3h.



**Figure 05 :** (D) solution de film préparé , (E) solution mis dans les boites petrie.



**Figure 06 :** Film comestible a base de gomme de lin obtenue.

### II. Les analyses physique et chimique du produit final :

Les analyse physique et chimique sont réalisées au niveau de 3 laboratoires :laboratoire plateaux technique chaab erassas ,plateforme technologique –elaboration des materiaux et fabrication- université constantine 3 – et laboratoire GBBV-genetique biochimie et biotechnologie vegetale-.

#### 1. Le rendement de gomme :

Une expérience d'extraction séparée a été réalisée pour déterminer le rendement de la gomme de lin .

La gomme extraite a été précipité par de bioethanol a 97° et séché par lyophilisation pendant 24H. Le rendement peut être calculé à l'aide de l'équation (1).

$$(1) \quad \text{Rendement \%} = \frac{\text{poids gomme après lyophilisation}}{\text{poids des graines}} \times 100$$

#### 2. La capacité moussante :

La capacité moussante de la gomme de lin a été mesurée selon processus rapporté par (rashid et al,2019 ). Une gomme de graines de lin d'une quantité de 2,5 g a été dissoute dans 100 ml d'eau distillée et agité vigoureusement pendant 2 min à l'aide d'un batteur à main à grande vitesse dans un bol de verre les volumes ayant été enregistrés avant et après fouettage.

Le pourcentage d'augmentation de volume (qui sert d'indice de moussage capacité ou aptitude au fouettage) a été calculée selon l'équation (2).

$$(2) \quad \text{Volume capacité moussante \%} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100$$

#### 3. Indice de gonflement :

Cest le volume en ml occupé par 1 g de gomme y compris toute gomme adhérente après avoir été gonflée dans un liquide aqueux pendant 4 h selon la methode de (rashid et al 2019) et il eté calculée selon l'équation (3).

$$(3) \quad \text{indice de gonflement \%} = \frac{\text{Poids de la gomme après gonflement} - \text{Poids sec de la gomme}}{\text{Poids sec de la gomme extraite}} \times 100$$

### 4. Determination du Ph :

Le pH été déterminé sur le mucilage de graine de lin avant purification en utilisant un pH metre électronique de laboratoire GBBV de type (inolab level1 with WTW 323-Gemini Bv ).

### 5. Analyse rheologique :

La rhéologie est la science qui étudie la déformation et l'écoulement des corps sous l'influence de contraintes qui leur sont appliquées.

#### Le but :

La rhéologie permet d'étudier la relation entre la contrainte et la déformation (ou l'écoulement) d'un produit.

#### Le principe :

On appelle *sollicitation* la force qui s'exerce sur un corps ; les *contraintes* sont les forces (F) s'exerçant sur un élément de surface  $ds$  rapporté à l'air de cet élément de surface ( $\tau=F/ds$ ) ; on nomme *contrainte tangentielle* (shear stress...) la projection de la contrainte appliquée à un élément de surface sur le plan de cet élément de surface. Le terme de *déformation* s'applique à la modification des distances mutuelles de différents points d'un corps ; la dérivée de la déformation par rapport au temps est appelée *vitesse de déformation* ; lorsqu'elle agit en tangentielle, on parle souvent de *vitesse de cisaillement* (souvent notée  $\dot{\gamma}$  et exprimée en s<sup>-1</sup>).

A partir des tests effectués (test d'écoulement), les paramètres suivants sont retenus pour caractériser le comportement rhéologique de gomme :

- La viscosité apparente ;
- K, indice de consistance (Pa.sn) ; n, indice d'écoulement (sans unité) ;  $\tau_0$ , seuil d'écoulement (Pa) (MCR 702 MultiDrive SN82926342) selon équation suivante :

$$(4) \quad \tau = K \dot{\gamma}^n + \tau_0$$

Avec :

- $\tau$ : taux de cisaillement (Pa);
- $\tau_0$ : taux de cisaillement initial (yield stress) (Pa);
- K : coefficient de consistance (Pa sn) ;
- $\dot{\gamma}$ : vitesse de cisaillement (1/s);
- n : index de comportement d'écoulement.

### 6. Analyse par diffraction des rayons X (DRX) :

#### Le but :

La diffraction des rayons X sur monocristal permet d'étudier les structures cristallines.

#### Le Principe :

La diffraction à travers les poudres est principalement utilisée pour l'identification de phases. C'est une méthode non destructive utilisée pour l'analyse qualitative et quantitative d'échantillons poly cristallins. Cette technique est basée sur les interactions de la structure cristalline d'un échantillon avec des radiations de courte longueur d'onde (Mihoubi, 2019)

#### Mode opératoire :

La mesure est réalisée sur 1 g de poudre sous vide à l'aide d'un diffractomètre dans les conditions suivantes :  $V = 40$  kV,  $I = 40$  mA et  $K\alpha$  Cu =  $1.5406$  Å. L'enregistrement du diffractogramme permet de déterminer les raies spécifiques de l'échantillon.

### 7. Analyse de FTIR par infrarouge :

#### Le but :

La spectroscopie FTIR est un outil utile pour examiner la structure chimique de la gomme de lin et l'analyse des monosaccharides et la composition chimique de la gomme qui peut fournir des informations sur la distribution du poids moléculaire.

#### Le principe :

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier par mode ATR qui se base sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques et d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau.

Les spectres d'absorption Infrarouge en phase solide ont été enregistrés à l'aide d'un spectrophotomètre Infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) type INVENIO-R (329).

Le domaine d'absorption des rayonnements de nombres d'ondes compris entre  $4000$  et  $200$   $\text{cm}^{-1}$ , permet de révéler la présence de certains groupements fonctionnels caractéristiques.

### 8. Analyse de DSC :

La calorimétrie différentielle à balayage est une technique d'analyse thermique. Elle mesure les différences des échanges de chaleur entre un échantillon à analyser.

A cet effet, 4,0 mg d'échantillon de gomme de lin ont été placés dans un bac métallique. Ensuite, il a été scellé et analysé, en utilisant le récipient vide comme référence, afin déterminer le point de fusion et les changements d'enthalpie dans la gomme. La vitesse de chauffage était de 10°C/min de 20 à 400 °C dans un environnement d'azote.

### 9. Analyse thermo gravimétrique (ATG) :

#### Le but :

L'analyse thermo gravimétrique est l'une des techniques permettant d'évaluer la perte de masse (transformation de phase lorsque le matériau se décompose, se déshydrate ou s'oxyde) en fonction de la température.

#### Le principe :

L'analyse est effectuée à l'aide d'un calorimètre d'analyse thermique simultanée ATD/ATG/DSCSDT Q600 de la compagnie TA Instruments de précision 0.01 %. Les conditions expérimentales sont: -masse = 17.80mg, sous atmosphère d'azote, -vitesse de chauffage :10°C /min pour une température allant de l'ambiante à 400°.

**Resultats**  
**et**  
**discussions**

### Resultats et discussion :

#### 1.Extraction et purification

La méthode d'extraction de la gomme de lin à partir de l'eau chaude est une technique de base d'extraction en solution aqueuse . L'extraction se fait par infusion où les gommés souvent occluses dans les cellules sont extraites par osmose à travers des parois cellulaires. Donc la présente étude a été assez efficace pour isoler la gomme de lin maximale. Celui-ci permet en effet une action sur la flore microbienne. Toutefois, des températures trop hautes sont à éviter, car dans ces conditions, il peut y avoir non seulement dégradation des gommés mais aussi extraction des composés nuisibles et indésirables. Enfin il existent plusieurs autres avantages à savoir :

**L'accessibilité** : La méthode d'extraction à partir d'eau chaude est relativement simple et peut être réalisée avec des ingrédients et des équipements courants.

**Le Naturelle** : L'eau chaude distillée est utilisée comme solvant dans ce processus, ce qui évite l'utilisation de produits chimiques ou de solvants potentiellement toxiques. Cela en fait une méthode plus naturelle pour extraire la gomme de lin.

**La Conservation des nutriments** : L'extraction à l'eau chaude permet de préserver les nutriments présents dans les graines de lin, tels que les acides gras oméga-3, les fibres alimentaires et les antioxydants. Ces nutriments sont bénéfiques pour la santé humaine et peuvent contribuer à une alimentation équilibrée et saine.

**Le Contrôle de la concentration** : nous avons un certain contrôle sur la concentration de la gomme obtenue, et on peut ajuster la durée d'extraction et la quantité d'eau pour obtenir une consistance et une concentration souhaitées.

**La Polyvalence** : La gomme de lin extraite de cette manière peut être utilisée dans diverses applications, notamment en tant qu'agent épaississant, liant ou stabilisant dans l'industrie alimentaire, cosmétique et pharmaceutique.

**La purification** : Elle concerne particulièrement les extraits des gommés de lin, les polysaccharides dans les végétaux qui peuvent être intimement liés à d'autres molécules comme les protéines, les acides nucléiques ainsi que d'autres polysaccharides.

Il est à noter que pour caractériser un polysaccharide il est nécessaire de l'isoler comme une entité homogène Il n'existe pas une technique générale de purification de tous les polysaccharides. La technique employée dans chaque cas dépend des contaminants à éliminer et des propriétés du polysaccharide à étudier.

Le but de la purification d'un polysaccharide consiste à éliminer les impuretés en dissolvant les polysaccharides extraits dans l'eau et en les précipitant par des solvants organiques tels que l'éthanol, l'acétone ou la pyridine.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Dans notre cas on a choisi de préparé une solution alcoolique de 90% bio ethanol a 97° algerien extraite a partir de la mélasse de cannes a sucre fermenté par des levure instantané et 10% d'isopropanol dont le rôle dans ce mélange est d'améliorer la solubilité de certains composés qui ne peuvent pas se dissoudre facilement dans l'éthanol seul. L'isopropanol est un solvant de polarité intermédiaire qui peut dissoudre à la fois les composés polaires et les composés non polaires. Par conséquent, en utilisant un mélange d'éthanol et d'isopropanol.

Le sechage par lyophilisation ou cest une technique avancée ,qui consiste a éliminer l'eau de la gomme par congélation a très basse temperature , puis la soumettant a un vide. Avec cette technique on peut préserver leur propriétés tel que : la structure, la texture tout en sachant que leur qualité est la couleur et une saveur en minimisant les alteration dues a la chaleur en préservant les nutriments , et les composants sensible de la gomme .

### **2.Le rendement de gomme :**

Le rendement de la gomme de lin a partir de l'extraction par l'eau chaude a 70° a été déterminé comme étant de 9 % à 13% .

Le rendement de gomme de lin peut varier selon la methode et temperature d'extraction et les varietés utilisés ainsi que le pH de milieu .

En comparant avec dautres resultat de rendement a partir de l'extraction par l'eau chaude ils ont trouvés que Le rendement de la gomme de lin à a été déterminé à 70 C et 98 C comme étant de 10,97 +/- 1,07 g/ 100 g de graines de lin et 12,73 1,12 g/100 g de graines de lin, respectivement.

Le rendement gomme de lin de l'extraction à 70 C était inférieur à celui à 98 C. (Hu, Y et al 2020).

Ainsi dans une autre etude avec la meme methode d'extraction avec différentes varietés de graines de lin que le rendement varie entre 5.83% et 7.36% (Ren, et al 2021).

Alors que dans d'autre études ils ont trouvé que le rendement de la gomme de lin été estimés a 2.51% 2.47% 2.02% 2.57% en poids extraite dans un milieu alcalin et acide . (Thierry et al 2021).

Donc ces différences dans les resultats de rendement des différents cultivars pourraient être attribuées aux différences entre les caractéristiques environnementales et climatiques correspondant aux différentes zones de production, ainsi qu'aux différences dans le degré de maturité des échantillons de graines de lin utilisés.

Lors du traitement, le rendement d'extraction de gomme est un facteur économique important. Ainsi, dans les mêmes conditions d'extraction, le cultivar présentant un rendement plus élevé aura une meilleure valeur économique.

### **3.La capacité moussante :**

La capacité moussante de la gomme de lin mesuré est de 20% alors capacité comparé est de 27.5% de gomme extraite par solution acide et purification par solution ethanol et isopropanol.

Cette différence est peut être lié à la méthode d'extraction et la température et de séchage .

On peut voir que la gomme de graines de lin avait une capacité de mousse élevée (27,5 %) par rapport aux autres hydrocolloïdes commerciaux. La gomme de xanthane présente une capacité moussante inférieure (12 %), suivie de la gomme de guar (8,5 %).

Elles ont prouvé expérimentalement que différentes caractéristiques physiques des gommes de lin étaient affectées par la température de séchage . La capacité moussante de la gomme de lin séchée au four était supérieure à celle de la gomme lyophilisée .Dans la présente étude, la raison de la capacité de moussage plus élevée de la gomme par rapport à la gomme commerciale peut être attribuée à la méthode de séchage. La gomme de lin a de bonnes caractéristique pour être utilisée dans les systèmes alimentaires pour améliorer les propriétés moussantes en raison de sa capacité moussante adéquate et de sa gomme assez élevée (Wang, Wang, Li, Xue et Mao, 2009).

La température d'extraction a un impact significatif sur les propriétés fonctionnelles de la gomme de lin, notamment sa capacité moussante (Pradeep, Seokwon, 2022).

La capacité moussante de la gomme de graines de lin augmente avec l'augmentation de la température d'extraction (Hu, Y et al 2020),(Kaushik,2017).

### **4.Indice de gonflement :**

L'indice de gonflement a été mesuré s'est avéré à 52% comparé avec le résultat de la gomme extraite par acide et on a la même méthode de purification et séchage égale à 55%.

La valeur élevée de l'indice de gonflement a révélé la grande capacité de gonflement du polysaccharide de gomme. La capacité de gonflement de chaque gomme confinée dans son eau avec une capacité de rétention ou une capacité d'absorption d'eau pendant une plus longue période de temps.

L'indice de gonflement est directement proportionnel à la concentration de gomme, à mesure que la concentration de gomme augmente, il y a une augmentation de l'indice de gonflement.

La propriété de gonflement élevé de la gomme de lin apparue dans cette étude peut être utilisée comme agent de suspension et de super désintégration dans diverses formulations pharmaceutiques et applications alimentaires (Rani, Parvez et Sharma, 2016).

### **4.Determination du Ph :**

Dans cette recherche, les valeurs de pH de la gomme étaient relativement stables pendant le stockage à un pH qui serait considéré comme optimal.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Le pH a été mesuré avant et après l'extractoin de gomme a 6.02.

Une étude a rapporté que le mucilage des graines de lin est généralement extrait dans des conditions neutres ou légèrement alcalines (pH = 6–8) Par conséquent, le pH de la gomme de lin extraite par l'eau chaude peut varier de légèrement acide à légèrement alcalin selon les conditions d'extraction .

### 5.Analyse rheologique :

Selon le graphe et les valeur obtenus par rheometre , ils representent un decoulement en fonction de la vitesse de cisaillement présenté dans la figure (13).

Les resultats indique que le fluide etudie est rheofluidifiant a seuil donc : la gomme de lin se comporte comme un fluide non newtonien de pseudo-plastique , cest a dire que la viscosité est variable selon le gradient de cisaillement qui doit etre appliqué pour que le fluide commence a s'écoulé et ensuite elle diminue lorsque la vitesse de cisaillement augmente , ce graphe montre que :

1.14- 2 Se sont des regions de déformation a faible cisaillement donc l'échantillon presente un comportement non newtonien et on observe au debut l'augmentation de la viscosité.

2- 6.95 Se sont des region de moyens cisaillement donc on observe une diminution de viscosité lorsque la vitesse de gradient augment pour que le fluide commence a s'écouler.

6.95- 10 La region reprend des faibles cisaillement progressifs donc l'échantion presente un comportement newtonien ou la viscosité est constante .

Ce qui signifie que la substance est relativement visqueuse, ce qui indique qu'elle a une forte résistance à l'écoulement.

**Viscosité au point de depart  $3,055E \times 10^5 \text{mPa}\cdot\text{s}$**

**Viscosité au derniere point  $8,629E \times 10^4 \text{mPa}\cdot\text{s}$**

D'autre étude ont utilisé une autre methode d'extraction et de purification acide avec mode de sechage, montrent que : extraité par methode acide, l'échantillon précipité à l'éthanol présente la viscosité apparente la plus élevée sur des taux de cisaillement de 90000mpa.s de depart et de 12000mpa.s au dernier point .(Thierry Hellebois et al 2021).

## RESULTATS ET DISCUSSION

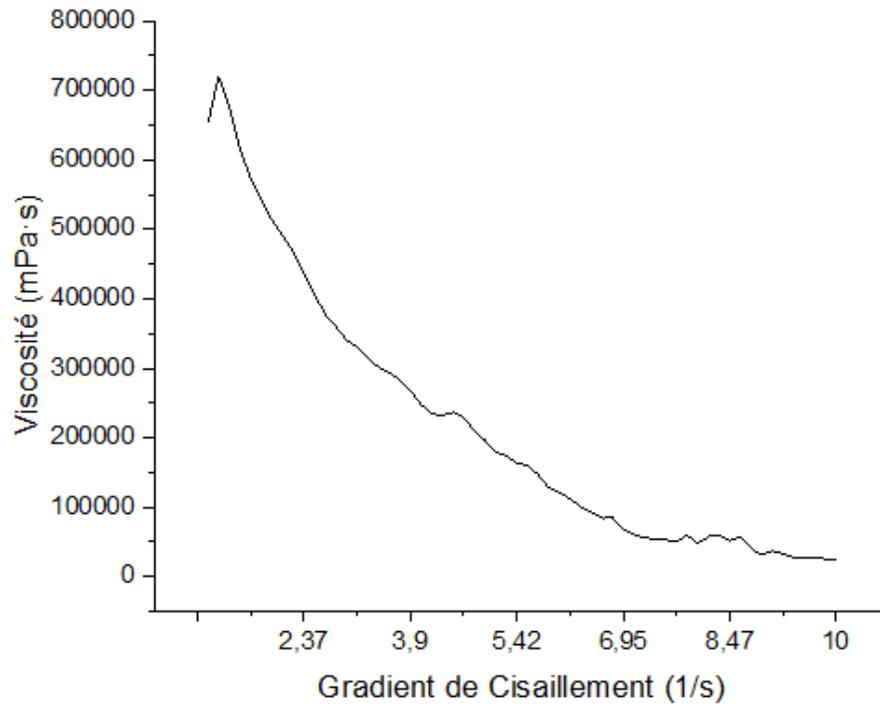


Figure 13 :Mesure de viscosité en fonction de gradient de cisaillement.

### 6. Analyse de La diffraction des rayons X :

La diffraction des rayons X est un moyen principal d'étudier les caractéristiques cristallines, la taille, l'orientation et la cristallinité de diverses matières, en particulier les matériaux (Guo et al, 2016).

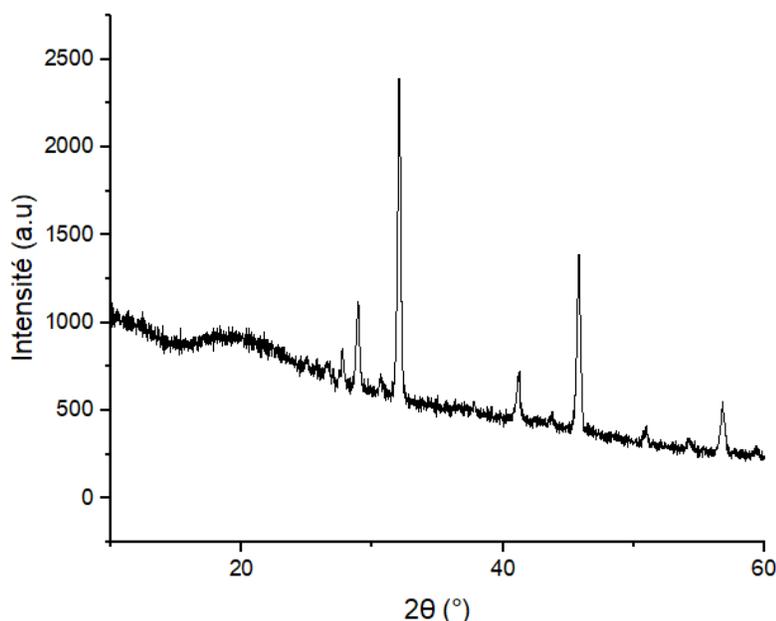
La diffraction des rayons X a été utilisée pour analyser le degré de cristallinité et examiner la présence de caractéristiques amorphes par opposition à la structure cristalline. Les pics aigus de XRD associés à la caractéristique cristalline, tandis que les pics larges suggéraient la structure amorphe.

La Figure (14) présente un diffractogramme aux rayons X de la gomme de graines de lin. Le pic large de la poudre de gomme de graines de lin était de 18.55, ce pic indique la présence d'un composant amorphe dominant dans la gomme de graines de lin. La nature large du pic suggère un manque d'ordre à longue distance et une disposition aléatoire des chaînes polymères dans les régions amorphes. il y a aussi des pics aigus et intenses étaient de 28.88°, 32.03°, 41.25°, 45.81° and 56.86°, indiquent la présence de composants cristallins dans la gomme de lin. Les positions spécifiques de ces pics peuvent donner un aperçu des phases cristallographiques présentes dans l'échantillon.

Après l'identification des pics aigus par le Highscore plus (un logiciel qui compare le modèle XRD expérimental avec une base de données de modèles de diffraction connus, il peut fournir des correspondances et suggérer des phases potentielles.) on a trouvé que les pics nets et intenses représente la présence des sels: NaCl et KCl.

Cette présence est intentionnelle et les sources potentielles de ces impurités pourraient inclure la contamination pendant la collecte, le traitement ou le stockage des échantillons.

Alors que d'autres études DRX montre que la gomme de graine de lin avec une extraction acide et purification alcoolique présentait un large pic autour de 19,59 et un pic net autour de 31,56 °, de larges pics centrés à 20° et 31°. Les faibles intensités des pics indiquaient un manque de cristallinité ou un accord systématique dans l'organisation de la gomme de graines de lin extraite et le diffractogrammes de la gomme de lin montraient un comportement amorphe extrait à une température différente. (Rashid, et al 2019).



**Figure 14 :Diffractogramme aux rayons X de la gomme de graines de lin.**

### 7.Analyse de FTIR :

En ce qui concerne les gommages à base de polysaccharides, les nombreux groupes OH placés sur les molécules de biopolymère peuvent surcharger le développement des liaisons hydrogène intra-inter-moléculaires. Cela peut entraîner divers degrés d'accord cristallin et des transitions cristallines amorphes (Liyanage, Abidi, Auld et Moussa, 2015).

En analysant le spectre FTIR représenté par la figure (15) nous pouvons interpréter les pics aux longueurs d'onde suivantes présent dans l'échantillon de gomme de lin :

-519,83  $\text{cm}^{-1}$  : Ce pic est probablement lié à la vibration de flexion des liaisons C-C, ce qui indique que la gomme de lin contient des liaisons carbone-carbone.

-599,45  $\text{cm}^{-1}$  : Ce pic est lié à la vibration de flexion des groupes C-H (aliphatiques), confirmant ainsi la présence de chaînes aliphatiques dans la gomme de lin.

-Le pic de 102,78  $\text{cm}^{-1}$  représente la vibration d'étirement des groupes C-O-C (éther), ce qui indique la présence de liaisons éther.

-1410.39  $\text{cm}^{-1}$  : ce pic peut être attribué à la vibration de flexion des groupes O-H (hydroxyle), confirmant ainsi la présence de groupes hydroxyle.

-Ce pic de 1605,74  $\text{cm}^{-1}$  est lié à la vibration d'étirement des liaisons aromatiques C=C, ce qui suggère la présence de structures aromatiques.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Il est possible que ce pic soit causé par la vibration d'étirement des groupes  $C\equiv N$  (triple liaison carbone-azote), ce qui indique la présence de groupes fonctionnels nitrile.

-Le pic de  $1953,76\text{ cm}^{-1}$  indique la vibration d'étirement des groupements  $C=O$  (carbonyle), indiquant ainsi la présence de groupements fonctionnels carbonyle.

-Le pic de  $2366,6\text{ cm}^{-1}$  peut être attribué à l'absorption atmosphérique de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ).

-Le pic de  $2922,93\text{ cm}^{-1}$  est lié à la vibration d'étirement des groupes  $C-H$  (méthyle et méthylène), ce qui indique la présence des chaînes aliphatiques (hydrocarbures).

-Le pic de  $3293,29\text{ cm}^{-1}$  est dû à la vibration d'étirement des groupes  $O-H$  (hydroxyle), ce qui indique que des groupes hydroxyle sont présents.

En résumé, le spectre FTIR de la gomme de lin présente des pics caractéristiques indiquant la présence de groupes hydroxyle, de chaînes aliphatiques, de groupes nitrile, de groupes carbonyle, de structures aromatiques, de liaisons éther et de liaisons carbone-carbone. Ces groupes et structures fonctionnels contribuent à la composition globale et à la structure moléculaire de la gomme de lin.

Nos résultats sont confirmés par d'autre étude précédente (Rashid et al 2019).

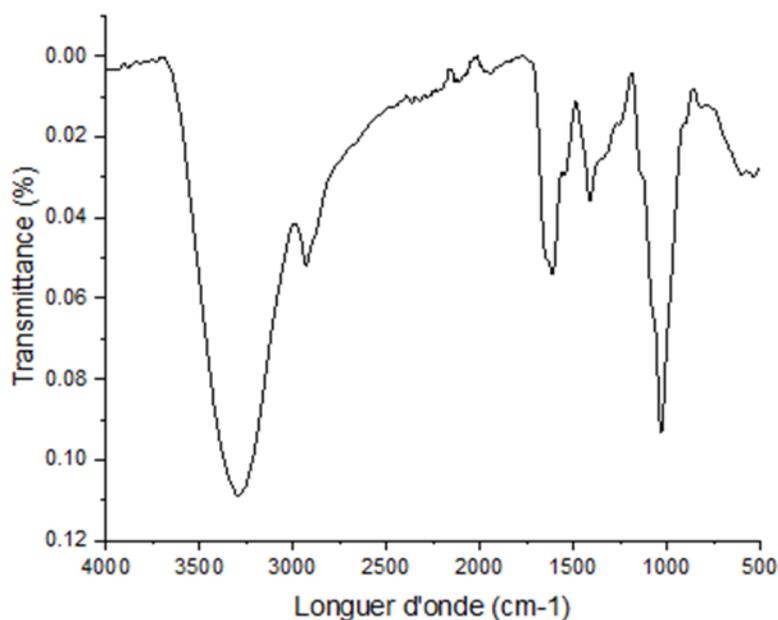


Figure 15 :Analyse de spectre de FTIR de la gomme de graine de lin

### 8. Analyse de Calorimètre à balayage différentiel (DSC) et Analyse de thermogramme (TGA):

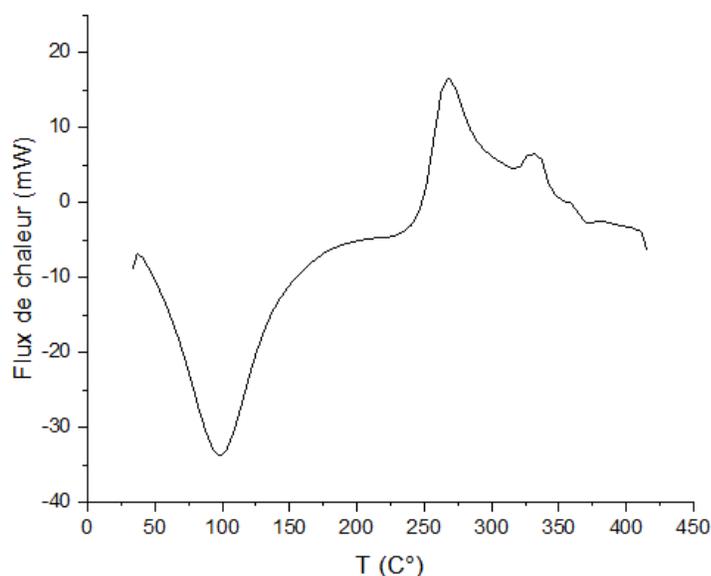
La calorimétrie différentielle à balayage (DSC) et la thermogravimétrie (TGA) sont réalisées pour étudier le comportement thermique de la gomme de graines de lin.

Les thermogrammes DSC de la gomme de graines de lin sont représentés dans la Figure (16).

Le pic endothermique entre 38 et 150 °C est attribuable à la perte d'humidité, et une deuxième et une troisième transition endothermique sont observées entre 291,5 et 324,4 °C et entre 362,6 et 379 °C respectivement. Les pics ultérieurs confirment sa capacité à retenir l'humidité de manière stable pendant une plus longue période, même à des températures élevées.

Les pics exothermiques entre 226 et 292 °C et entre 324 et 349,5 °C sont le résultat de la décomposition de la gomme de graines de lin.

Ce qui est confirmé par d'autre resultat issue d'une recherche precedente (Rashid et al 2019).



**Figure 16 : Le thermogrammes DSC de la gomme de graine de lin.**

L'analyse thermogravimétrique (TGA) de la gomme de graines de lin extraite est représentée dans la Figure (17).

34-150 °C : Cette plage correspond à l'évaporation de l'eau présente dans la gomme. La perte de poids est généralement d'environ 15%. Les molécules d'eau dans la gomme sont maintenues en place par des liaisons hydrogène. À mesure que la température augmente, ces liaisons hydrogène se rompent et les molécules d'eau sont libérées.

## RESULTATS ET DISCUSSION

150-250,7 °C : Cette plage correspond à la dégradation de la gomme. La perte de poids est généralement d'environ 3,76%. Les liaisons moléculaires dans la gomme commencent à se rompre à mesure que la température augmente. Ce processus de dégradation n'est pas aussi sévère que dans la plage de température suivante.

250,7-301,4 °C : Cette plage correspond à une dégradation plus poussée de la gomme. La perte de poids est généralement d'environ 24%. Les liaisons moléculaires dans la gomme se rompent plus sévèrement dans cette plage. C'est la plage de température à laquelle la gomme commence à perdre son intégrité structurale.

301,4-407 °C : Cette plage correspond à la dégradation complète de la gomme. La perte de poids est généralement d'environ 12%. Les liaisons moléculaires dans la gomme se rompent complètement dans cette plage. La gomme ne remplit plus sa fonction d'ingrédient à cette température.

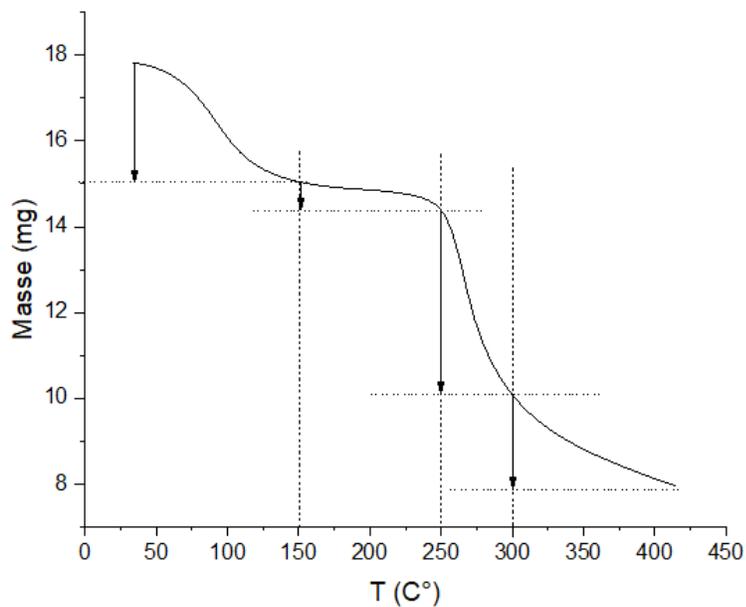


Figure 17 :Analyse thermogravimétrique (TGA) de la gomme de lin.

# Conclusion

### **Conclusion :**

En conclusion, notre étude a permis de mettre en évidence l'intérêt des gommages de graines de lin en tant que biopolymères d'origine végétale. Nous avons examiné les différentes propriétés technologiques et fonctionnelles de ces gommages, ainsi que leur composition biochimique. Les résultats obtenus à partir des analyses d'extraction, de purification et des tests de caractérisation ont démontré la faisabilité de l'obtention de gommages de qualité à partir des graines de lin.

Les gommages de graines de lin ont montré un rendement satisfaisant, purifié avec succès ainsi que des propriétés moussantes notables et de gonflements intéressants et adéquats. De plus, les analyses physico-chimiques telles que la détermination du pH, l'analyse rhéologique, la diffraction des rayons X, l'analyse FTIR et l'analyse calorimétrique (DSC et TGA) ont confirmé la présence de biopolymères de haute qualité dans les gommages extraits.

Ces résultats offrent la voie à diverses applications potentielles des gommages de graines de lin. Leur utilisation traditionnelle ou applications sont modernes. Elles peuvent être utilisées dans l'industrie alimentaire, en tant que stabilisants, émulsifiants, épaississants et agents gélifiants. cosmétique et pharmaceutique.

Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les procédés d'extraction et de purification, ainsi que pour étudier les propriétés fonctionnelles et les applications spécifiques des gommages de graines de lin. De plus, il est important de prendre en compte les facteurs environnementaux et économiques liés à la culture du lin et à la production de graines de haute qualité.

Enfin et en conclusion, les gommages de graines de lin présentent un intérêt scientifique et commercial significatif, offrant des opportunités pour le développement de produits innovants et durables.

# **Référence bibliographique**

### Référence bibliographique :

- ABOUGHE. A. S. (2010). Extraction des polysaccharides hémicellulosiques de la paroi des feuilles de *Laportea aestuans* (*Fleurya aestuans*) et activité immunostimulante. *J Science Sud*. N°3. Gabon.
- ALAIS. C ; LINDEN. G & MICLO. L. (2003). Chapitre 3: Glycannes. *Biochimie Alimentaire*. Ed, Dunod, Paris. p : 33-51.
- Alistair M. S., & Shirley C. C. (1995). Gums and mucilages. In: Alistair M. S., *Food polysaccharids and theirs applications*. 270 Madison Avenue, New York, 10016. pp 377-438.
- Alvarez G.S., Helary C., Mebert A.M., Wang X., Coradin T., Desimone M.F. 2014 : Antibiotic-loaded silica nanoparticle–collagen composite hydrogels with prolonged antimicrobial activity for wound infection prevention. *Journal of Material Chemistry B*, 2014, vol 2, p. 4660-4670 and its utilization. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019, 140, 1084–1090.
- Aslam A., Parrott E. (1971). Effect of aging on some physical properties of hydrochlorthiazide tablets. *J Pharm. Sci.*, 60: 263-266.
- BEN SALAH. A. R. (2007). Chapitre 2: Les glucides. *Biochimie Cours et exercices*. Cours de publication universitaires. Ed, Centre de publication universitaire. Tunisie. P 39-52
- Beroual, K., Maameri, Z., Halmi, S., Benleksira, B., Agabou, A., & Hamdi-Pacha, Y. (2013). Effects of *Linum usitatissimum* L. ingestion and oil topical application on hair growth in rabbit. *Int. J. Med. Arom. Plants*, 3(4), 459-463.
- BRUNETON. J. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 4eme Ed. P : 40-59.
- Carter, J.F., 1993. Potential of flaxseed and flaxseed oil in Baked goods and other products in human-Nutrition. *Cereal Foods World* 38, 753–759.
- Chiang, J.H.; Ong, D.S.M.; Ng, F.S.K.; Hua, X.Y.; Tay, W.L.W.; Henry, C.J. Application of chia (*Salvia hispanica*) mucilage as an as an ingredient replacer in foods, 2021 *Trends in Food Science & Technology*, Volume 115, Pages 105-116
- Cho, J.Y.; Sung, N.Y.; Jung, D.; Ratan, Z.A.; Shim, Y.Y.; Reaney, M.J.T. Composition for treating inflammatory Foods 2022, 11, 282.
- Cho, J.Y.; Sung, N.Y.; Jung, D.; Ratan, Z.A.; Shim, Y.Y.; Reaney, M.J.T. Composition for treating inflammatory disease comprising cyclic peptide mixture. Korean Patent 10-101763475B1, 1 August 2017.
- Coatings with sustained-release properties and their excellent protective effect on myofibril protein of rainbow trout. *Int. J. Biol.* Containing flaxseed and okra gums as a fat replacer. *Alex. J. Food Sci. Technol.* 2014, 11, 53–60.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Coşkuner, Y., Karababa E., (2007). Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1067-1073.
- Cui, W.; Mazza, G. Physicochemical characteristics of flaxseed gum. *Food Res. Int.* 1996, 29, 397–402.
- Daun, J. K., Barthet, V. J., Chomick, T. L., & Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed In: *Flaxseed in human nutrition*, By LU Thompson and SC Cunnae
- Daun, J., Barthet V, Chornick T, Duguid S., (2003). Structure, composition and variety development of flaxseed. In: Thompson, L., Cunanne, S. edition. *Flaxseed in Human Nutrition*. Second Edition Champaign, Illinois, 1-40.
- disease comprising cyclic peptide mixture. Korean Patent 10-101763475B1, 1 August 2017.
- du Nord. Dans *Encyclopédie de la science des grains*.
- Dybing, C. D., Lay, C., (1981) *Flax Linum usitatissimum*. dans: *CRC handbook of biosolar resources*. Eds McClure, T. A., Lipinsky, E.S., CRC Press, Inc., Boca Raton, USA, II. Resource materials, pp 71-85.
- El-Aziz, M.A.; Haggag, H.F.; Kaluoubi, M.M.; Hassan, L.K.; El-Sayed, M.M.; Sayed, A.F. Physical properties of ice cream containing cress seed and flaxseed mucilages compared with commercial Guar Gum. *Int. J. Dairy Sci.* 2015, 10, 160–172.
- El-Sayed, M.A.; Shaltout, O.E.; El-Difrawy, E.A.; Osman, H.M.; Abo-El Naga, M.M. Production and evaluation of low fat cake
- FABREGUES. B. (1989). Le dromadaire dans son milieu naturel. *Revue Elev. Médit. Vét. Pays trop.*, 42 (1), 127-132 p.
- FAOSTAT., (2020). Base de données statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site consulté le 27 février 2022, <http://faostat.fao.org/>
- FAOSTAT., (2020). Base de données statistique de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site consulté le 27 février 2022, <http://faostat.fao.org/>
- FARJANEL. J ., PERRET. F., BORG. J. (2012). Chapitre 6 : Macromolécules édifices moléculaires biologique da la structure à la fonction. *Chimie médicale cours et QCM*. Ed, Ellipses, paris. P 215225.
- Feng, M.Q.; Wang, M.; Sun, J.; Xu, X.L.; Zhou, G.H. Stabilization of soybean oil by flaxseed gum and NMR characterization of its oil–water interface. *CyTA-J. Food* 2019, 17, 892–899.
- FLORIAN. H., LINDENMEIER. G., MOC. I., BERGHOLD. C., SNEIDER. N., MUNSTER. B & GRILLHOSL. C. Avec la collaboration de Krüger. K ; Karamer .N; Hunischer. A ; Ackernan. S ; Hopf. I & Wiedemann. U. (2005). Chapitre 3: Cellule et

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- chimie- Les glucides ou hydrates de carbone. Biochimie Humaine. Ed : Flammarion, Paris –France. P 23-32.
- Glicksman M. (1969). Gum technology in the food industry. Academic Press, New York. 555p.
  - Guignard, J-L, (2015), Abrégé de Botanique – Les familles de plantes 16ème édition. Frédéric Dupont, Jean-Louis Guignard Editions Elsevier Masson
  - Guilloux, K., Gaillard, I., Courtois, J., Courtois, B., & Petit, E. (2009). Production of arabinoxylan-oligosaccharides from flaxseed (*Linum usitatissimum*). Journal of agricultural and food chemistry, 57(23), 11308-11313
  - Guo, R., Ai, L., Cao, N., Ma, J., Wu, Y., Wu, J., et al. (2016). Physicochemical properties and structural characterization of a galactomannan from *Sophora alopecuroides* L. seeds. Carbohydrate Polymers, 140, 451–460.
  - Hijazi, T.; Karasu, S.; Tekin-Çakmak, Z.H.; Bozkurt, F. Extraction of natural gum from cold-pressed chia seed, flaxseed, and rocket seed oil by-product and application in low fat vegan mayonnaise. Foods 2022, 11, 363.
  - Hu, Y., Shim, Y. Y., & Reaney, M. J. T. (2020). Flaxseed Gum Solution Functional Properties. Foods, 9(5), 681
  - Huang, H.; Zhang, S. Flaxseed nutrient composition and application in food industry. Food Res. Dev. 2006, 27, 147–149.
  - Huang, H.; Zhang, S. Flaxseed nutrient composition and application in food industry. Food Res. Dev. 2006, 27, 147–149. in human nutrition, 2, 363-386
  - Ingredient replacer in foods. Trends Food Sci. Technol. 2021, 115, 105–116.
  - Inra 2006 Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques
  - Jhala, A. J., & Hall, L. M. (2010). Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. Aust. J. Basic Appl. Sci, 4(9), 4304-4312
  - Johnson S., Bruun P. and Okkala P. (1988). Application of LBC in food and pet food systems. Pp. 577-587 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito anf A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.
  - Kadivar, M. (2001). Studies on Integrated Processes for the Recovery of Mucilage, Hull, Oil and Protein from Solin (low Linolenic Acid Flax) (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).
  - Kadivar, M. Studies on Integrated Processes for the Recovery of Mucilage, Hull, Oil and Protein From Solin (Low Linolenic Acid Flax). Ph.D. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada, 2001.
  - Kalla asma ,(2020) mémoire université kasdi merbah ouergla titre Extraction de la gélatine à partir de l'os camelin ( *Camelus dromedarius*).
  - Kaushik, P., Dowling, K., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2017). Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. Food Chemistry, 215, 333–340.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Korus, J.; Witzak, T.; Ziobro, R.; Juszczak, L. Linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage as a novel structure forming agent in
- KOTHE HANS. W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales de A à Z propriétés et usages. Ed: terres. P 12
- Kottke K. M., Edward M. R. (2002). Tablet Dosage Forms. In: Banker GS, Rhodes CT, ed. Modern Pharmaceutics. New York: Marcel Dekker, Inc: 287-333
- Labalette F., Landé N., Wagner D., Roux-Duparque M., Saillet E., Onidol, 2011. La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, vol. 8, pp. 113-122.
- Labalette, F., Landé, N., Wagner, D., Roux-Duparque, M., Saillet, E., Onidol., (2011) La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 8, pp 113-122.
- Lai, K.W.; How, Y.H.; Ghazali, H.M.; Pui, L.P. Preliminary evaluation of potential prebiotic capacity of selected legumes and seed mucilage on the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Asia-Pac. J. Mol. Biol. Biotechnol.* 2021, 29, 60–72.
- lignanes (Doctoral dissertation, Orléans). 231p
- lin (*Linum usitatissimum* et *Linum flavum*) et amélioration de l'extraction des Macromol. 2022, 194, 510–520.
- Malcolmson L. (2000), *Am Oil Chem Soc J*, 77:235-238.1. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine Dietary Reference Intakes for Vitamins the National Academies Press, Washington. 8:860 – 865.
- Malcolmson L. (2012), la graine de lin - un grain ancien, riche en bienfaits pour la
- MARGHAM. R. (2009). Chapitre 1 : Les glucides des végétaux. Élément de la biochimie végétale. Ed, Bahaeddine. Constantine. P 13-40.
- Martinchik, A N, Baturin A K, Zubtsov W, Vlu Molofeev. (2012), Nutritional
- Martinchik, A N, Baturin A K, Zubtsov W, Vlu Molofeev. (2012), Nutritional
- Morley R. G. (1984). Utilisation of hydrocolloids in formulated foods. In: Philips G. O. Wedlock D. J. and Williams P. A. (eds): *Gums and Stabilisers for the food Industry*. Pergamon Press. Oxford. (V.2), pp 211-239.
- Morris, D.H. *Flax: A Health and Nutrition Primer*, 3rd ed.; Flax Council of Canada: Winnipeg, MB, Canada, 2003; p. 11.
- Nesbitt, P. D., Lam, Y., & Thompson, L. U. (1999). Human metabolism of mammalian lignan precursors in raw and processed flaxseed. *The American journal of clinical nutrition*, 69(3), 549-555
- Neukom H. (1988). Carob bean gum: properties and application. Pp. 551- 555 in *Proceedings of the II International Carob Symposium* (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- OEC.WORLD the observatory of economic complexity , le premier outil de visualisation des données au monde pour les données du commerce international consulté le 9/3/2023 [www.oec.world](http://www.oec.world)
- OM Lukow, (2004), Production et consommation de grains | Oléagineux en Amérique
- Oomah, B. D. (2001). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 889-894.
- Oomah, B. D. (2003). Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignan. *Flaxseed*
- Oomah, B.D.; Mazza, G. Flaxseed proteins. *Food Chem.* 1993, 48, 109–114.
- PATTERSON. C. A. (2008). Polysaccharide (d'origine végétale) pour la santé de l'intestin. *Agriculture et Agroalimentaire*. Ed : AAFC. N° : 10710F. Canada. P 1-3 132.
- PERCHERON. F., PERLES. R & FOGLETTI. M.J. (1981). Chapitre 2 : Les glucides structure et propriétés. Abrégé de Biochimie générale 2. Ed, MASSON. Paris. P 31-77.
- Pradeep Puligundla and Seokwon Lim\* A Review of Extraction Techniques and Food Applications of Flaxseed Mucilage Foods. 2022 Jun; 11(12): 1677.
- Punia, S.; Dhull, S.B. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage (a heteropolysaccharide): Functional 2019 , thermal, rheological behavior 51. Feng, M.; Yang, X.; Sun, J.; Xu, X.; Zhou, G. Study on retrogradation of maize starch–flaxseed gum mixture under various storage
- QUAN H, QIONG-YAO. Y, CHANG-YUN S, ZE –JIE L, ET PU –MING H. (2011). Structural characterization and antioxidant activities of 2 water soluble polysaccharide fractions purified from Tea (*Camellia sinensis*) flower. *Institute of food Technologists*. Vol: 76(3). P: 462-471.
- QUENTIN. F., GALLET. P., GUILLOLON. M., ET QUINTARD. B. (2011). *Biochimie En 83 fiches*. Dunod, Paris. P : 152 2021, 30, 1331–1338
- Rani, K., Parvez, N., & Sharma, P. K. (2016). Extraction and characterization of flax seed mucilage as pharmaceutical adjuvant.
- Ren, X., He, H., & Li, T. (2021). Variations in the structural and functional properties of flaxseed gum from six different flaxseed cultivars. *Food Science & Nutrition*, 9(11), 6131–6138. Portico.
- Saidou C., (2012)., Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des gommés hydrocolloïdes des écorces de *Triumfetta cordifolia* (tiliacée) et de *Bridelia thermifolia* (Euphorbiacée). Thèse de doctorat. Université Grenoble., France santé et En avantages culinaires, p1
- Shim, Y.Y.; Gui, B.; Wang, Y.; Reaney, M.J.T. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil processing and selected products. *Trends Food Sci. Technol.* 2015, 43, 162–177.
- Sun, J.; Liu, W.Y.; Feng, M.Q.; Xu, X.L.; Zhou, G.H. Characterization of olive oil emulsions stabilized by flaxseed gum. *J. Food Eng.* 2019, 247, 74–79.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Susheelamma, N.S. Isolation and properties of linseed mucilage. *J. Food Sci. Technol.* 1987, 24, 103–106.
- Tee, Y.B.; Tee, L.T.; Daengprok, W.; Talib, R.A. Chemical, physical, and barrier properties of edible film from flaxseed mucilage. *BioResources* 2017, 12, 6656–6664.
- Tee, Y.B.; Wong, J.; Tan, M.C.; Talib, R.A. Development of edible film from flaxseed mucilage. *BioResources* 2016, 11, 10286–10295.
- Thakur, G.; Mitra, A.; Pal, K.; Rousseau, D. Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2009, 60, 126–136
- The Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database: Agricultural Crops. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (accessed on 14 May 2020).
- The Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Database: Agricultural Crops. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (14 May 2020).
- Thierry Hellebois a b, Jennyfer Fortuin a c, Xuan Xu a, Alexander S. Shaplov d, Claire Gaiani b e, Christos Soukoulis a (2021) Structure conformation, physicochemical and rheological properties of flaxseed gums extracted under alkaline and acidic conditions. *International Journal of Biological Macromolecules* Volume 192, 1 December 2021, Pages 1217-1230.
- Thompson, L. U., Boucher, B. A., Liu, Z., Cotterchio, M., & Kreiger, N. (2006). Phytoestrogen content of foods consumed in Canada, including isoflavones, lignans, and Coumestan. *Nutrition and cancer*, 54(2), 184-201.
- Vaisey-Genser, M., & Morris, D. H. (2003). Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In *Flax* (pp. 13-33). CRC Press.
- VOET, D., VOET, J.G. (2005). Chapitre 11: Sucre de polysaccharides. *Biochimie 2<sup>e</sup> é* ed, Paris . 356-380p.
- W Benjamin - Études photographiques, 1996 - [journals.openedition.org](http://journals.openedition.org)
- Yang, H.; Li, Q.; Xu, Z.; Ge, Y.; Zhang, D.; Li, J.; Sun, T. Preparation of three-layer flaxseed gum/chitosan/flaxseed gum composite.
- Yang, J.; Kim, J.; Choi, Y.J.; Hahn, J (2021). Elastic gels based on flaxseed gum with konjac glucomannan and agar. *Food Sci. Biotechnology*. 30, 1331-1338
- Yang, K.; Xu, R.; Xu, X.; Guo, Q. Role of flaxseed gum and whey protein microparticles in formulating low-fat model mayonnaises.
- Yang, X.; Feng, M.Q.; Sun, J.; Xu, X.L.; Zhou, G.H. The influence of flaxseed gum on the retrogradation of maize starch. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2017, 52, 2654–2660.
- Yingxue Hu, Youn Young Shim and Martin J.T. Reaney 2020 Flaxseed Gum Solution Functional Properties p681 *foods journal*.



## ANNEXE:

### Préparation de la solution alcoolique :

On met de 200ml de bioéthanol avec 20 ml d'isopropanol dans un bécher et sous l'hôte.

### Préparation de solution salée :

On mélange 100 ml de l'eau distillé avec 5 grammes de Na Cl puis on prépare une autre solution de 10g de Na Cl avec l'eau distillé.

### Préparation de solution NaOH :

On mélange 2grammes de NaOH avec 100ml de l'eau distillé.

### Préparation de solution de glycérol :

On mélange 1.5 grammes de glycérol avec 100ml de l'eau distillé.



Annexe 01 un lyophilisateur (BELMOKHI.L, 2023)

---

## **annex de startup : Fabrication de gélatine végétale à base de lin (Linum usitatissimum) .**

---

**Présenté par :** BELMOKHI Loudjeine

**Jury d'évaluation :**

**Jury d'évaluation :**

**Président** : BOUCHAREB Radia (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Examineur** : Mr ZEGHBID NassimLotfi (MCB -Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Encadrant** : BOUSBA Ratiba (Pr - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Incubateur** : HAMLAM Chourouk (MCB- Université Frères Mentouri,Constantine 1).

**C.A.T.I** : BETINA Soumeya (MCB- Université Frères Mentouri,Constantine 1).

**Secteur socioéconomique** : MERNIZ Elhamel.

**Année universitaire**

**2022 – 2023**

**Sommaire:**

|  |    |
|--|----|
| <b>Chapitre 01 :</b> .....                               | 3  |
| <b>1-1 L'idée de projet</b> .....                        | 3  |
| <b>1-2 Les valeurs de projet :</b> .....                 | 3  |
| <b>1-3 L'équipe de travail :</b> .....                   | 4  |
| <b>1-4 Les buts de projet :</b> .....                    | 6  |
| <b>1-5 Chronologie de réalisation de projet</b> .....    | 6  |
| <b>Chapitre 02 :</b> .....                               | 9  |
| <b>2-1 La nature des innovations :</b> .....             | 9  |
| <b>2-2 Les secteurs d'innovations :</b> .....            | 9  |
| <b>Chapitre 03 :</b> .....                               | 11 |
| <b>3-1 Les segments de marché :</b> .....                | 11 |
| <b>3.2 Mesure de potentiel de la concurrence :</b> ..... | 11 |
| <b>3.3 Stratégie marketing :</b> .....                   | 12 |
| <b>Chapitre 04 :</b> .....                               | 15 |
| <b>4-1 La production :</b> .....                         | 15 |
| <b>4-2 Approvisionnement:</b> .....                      | 16 |
| <b>4-3 Force de travail :</b> .....                      | 17 |
| <b>4-4 Partenariat :</b> .....                           | 18 |



## Chapitre 01 :

### 1-1 L'idée de projet

La gomme de graines de lin est un produit naturel et bio extrait des graines de lin, qui possède de nombreuses propriétés tel que ses fonctions épaississantes, gélifiantes, stabilisantes, émulsifiantes et texturant etc. Pouvant ainsi être utilisé comme alternative des gommages animales. Elle a plusieurs applications dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique.

L'idée initiale vient de l'observation des inquiétudes des musulmans face à la gélatine porcine et du désir d'une alternative halal et éthique. Nous avons également voulu réduire l'impact environnemental des importations de gélatine animale en développant une option végétarienne, répondant ainsi aux besoins des végétariens.

Donc notre secteur d'activité est la production et la commercialisation de la gélatine végétale de graines de lin.

La production est faite dans une unité de production à Setif. Cela peut présenter des avantages en termes de contrôle de la qualité, de réduction des coûts de transport et de soutien à l'emploi local.

La source des grains de lin : importé d'Egypte

### 1-2 Les valeurs de projet :

**Nouveauté :** Notre produit est une véritable nouveauté sur le marché. Il n'existe actuellement aucun produit comparable qui réponde directement aux préoccupations liées aux restrictions alimentaires religieuses et aux préférences végétariennes. Cette innovation comble une lacune, en apportant une solution qui n'existait pas auparavant. L'absence de produits similaires souligne la nature pionnière de notre offre, ce qui en fait une proposition intéressante pour les consommateurs à la recherche d'un choix innovant et éthique.

**Performance :** Les performances de notre produit sont exceptionnelles. Des tests rigoureux et des perfectionnements ont permis de s'assurer qu'il rivalise et surpasse les attributs de la gélatine traditionnelle d'origine animale. Ses propriétés gélifiantes supérieures, sa stabilité et sa polyvalence en font un choix idéal pour les applications culinaires et industrielles, établissant une nouvelle norme de performance dans sa catégorie.

**ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN (LINUM USITATISSIMUM) .**

**Flexibilité :** Nous comprenons que chaque client peut avoir des préférences, des applications et des attentes différentes. Notre produit est conçu dans cet esprit, ce qui nous permet d'adapter rapidement sa formulation, sa texture et ses caractéristiques pour répondre à des besoins spécifiques. Qu'il s'agisse d'ajuster la force de la gélatine, de modifier son apparence ou même d'explorer de nouveaux additifs , nous visons pour créer une solution personnalisée qui s'intègre parfaitement dans le contexte unique de chaque client.

**Abordabilité :** une valeur primordiale dans notre approche. Nous nous efforçons de rendre notre gélatine végétarienne accessible à un plus grand nombre de consommateurs en mettant l'accent sur le rapport coût-efficacité et la compétitivité des prix.

**Valorisation des déchets :** Nous nous engageons à minimiser les déchets et à maximiser l'efficacité des ressources dans notre processus de production. Dans le cadre de cet engagement, nous avons mis en œuvre une stratégie visant à réutiliser les grains restants et à nous engager dans des pratiques de recyclage.

**1-3 L'équipe de travail :**

L'équipe de travail est constituée de deux personnes

|                    | Spécialité universitaire             | Formation supplémentaire | Rôle  |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|
| Loudjaine Belmokhi | Biotechnologie et génomique végétale |                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulation et développement de produits.</li> <li>• Approvisionnement et évaluation des ingrédients.</li> <li>• Assurance et contrôle de la qualité.</li> <li>• Recherche et innovation.</li> <li>• Durabilité et éthique.</li> <li>• Essais et prototypage.</li> </ul> |
| Nada Belmokhi      | Physique des matériaux               | MBA en Marketing         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude et analyse de marché.</li> <li>• Stratégie et positionnement de la marque.</li> </ul>  |

**ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN (LINUM USITATISSIMUM) .**

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Développement de produits et innovation.</li><li>• Marketing et promotions.</li><li>• Canaux de distribution et de vente.</li><li>• Stratégies de prix.</li><li>• Entrée sur le marché et expansion.</li><li>• Connaissance des consommateurs et retour d'information.</li><li>• Partenariats et collaborations.</li><li>• Analyse et suivi des performances.</li></ul> |
|--|--|--|---|

Modes d'interaction et de communication entre l'équipe :

Une communication ouverte et transparente est au cœur de l'approche collaborative de notre équipe. Nous avons mis en place une série de méthodes et de canaux qui facilitent une interaction efficace et garantissent que chaque membre de l'équipe est aligné et informé.

- Réunions régulières :

Nous organisons régulièrement des réunions d'équipe pour discuter des progrès, partager les mises à jour et relever les défis. Ces réunions favorisent un sentiment d'unité et fournissent une plateforme pour des discussions ouvertes sur divers aspects de la startup.

- Outils de communication numérique :

Nous utilisons des outils de communication numériques, tels que des applications de messagerie instantanée et des plateformes de gestion de projet, pour faciliter l'échange rapide d'informations, le partage de fichiers et les mises à jour en temps réel.

- Une documentation claire :

Nous documentons clairement les discussions, les décisions et les actions à entreprendre. Cela permet à chacun d'avoir accès aux informations nécessaires et de minimiser les malentendus.

- Séances de collaboration en personne :

Si les outils numériques sont précieux, nous reconnaissons également l'importance de l'interaction en personne. Nous organisons des sessions de collaboration au cours desquelles les membres de l'équipe peuvent faire du brainstorming, innover et discuter d'idées en personne.

#### **1-4 Les buts de projet :**

Nous nous sommes engagés à devenir le premier producteur de gélatine végétale à base de graines de lin dans les cinq prochaines années. Notre objectif ambitieux est d'occuper la première place sur le marché Algérien en offrant une alternative durable et de haute qualité de la gélatine animale.

Notre vision stratégique est centrée sur la capture d'une part substantielle du marché de la gélatine. Plus précisément, nous visons à atteindre une part de marché de 30 % en combinant les gélatines d'origine animale et végétale. Cela représente un changement significatif dans la préférence des consommateurs pour des alternatives plus saines et plus éthiques.

Pour atteindre ces objectifs, nous nous consacrons au développement méticuleux de produits, à des stratégies de marketing innovantes et à des canaux de distribution solides. Notre engagement en faveur de la qualité, associé à l'importance que nous accordons au développement durable, nous permettra de nous démarquer en tant que choix privilégié pour les clients qui recherchent des gélatines conformes à leurs valeurs et à leurs préférences alimentaires.

En nous concentrant sur ces objectifs, nous sommes confiants dans notre capacité à transformer le paysage de la gélatine et à avoir un impact durable sur l'industrie. Avec une détermination inébranlable, une planification stratégique et une passion pour la fourniture de gélatine végétarienne de premier ordre, nous sommes en bonne voie pour atteindre notre objectif de devenir l'acteur principal du marché.

#### **1-5 Chronologie de réalisation de projet**

La chronologie de réalisation d'un projet de production de gélatine végétale en Algérie peut varier en fonction de nombreux facteurs, notamment la taille du projet, les ressources disponibles et les obstacles potentiels. Cependant, voici une chronologie générale qui peut servir de guide :

##### **Phase 1 : Création de la start-up**

## ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN (LINUM USITATISSIMUM) .

- Enregistrement Légal :

- Nous enregistrons notre start-up en tant qu'entité légale en Algérie. **(3 mois)**
- Nous obtenons toutes les licences et les permis nécessaires pour opérer. **(3 mois)**

- Localisation et Équipement :

- Nous trouvons un emplacement adapté à la production de gélatine végétale. **(4 mois)**
- Nous acquérons les équipements nécessaires pour le processus de production. **(6 mois)**

- Recrutement et Formation :

- Nous recrutons le personnel nécessaire. **(1 mois)**
- Nous fournissons une formation sur les procédures de production et les normes de qualité. **(1 mois)**

### **Phase 2 : Production**

- Début de la Production :

- Nous commençons la production de gélatine végétale conformément aux spécifications définies dans notre plan de la start-up. **(6 mois)**

- Contrôle de la Qualité :

- Nous mettons en place des procédures de contrôle de la qualité pour garantir la cohérence du produit. **(6 mois)**

### **Phase 3 : Marketing et Distribution (Continue)**

- Stratégie Marketing :

- Nous lançons nos efforts de marketing, y compris la création de contenu, la publicité en ligne, les démonstrations en magasin, etc.

- Distribution :

**ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN  
(LINUM USITATISSIMUM) .**

- Nous établissons des canaux de distribution pour acheminer notre produit vers les détaillants, les restaurants et les consommateurs.

## Chapitre 02 :

### 2-1 La nature des innovations :

L'innovation dans une start-up produisant de la gélatine végétale en Algérie peut toucher de nombreux aspects, de la qualité du produit à la durabilité environnementale, en passant par la stratégie marketing et la distribution. Il est essentiel de rester flexible et de s'adapter aux besoins du marché et des consommateurs tout en recherchant constamment des moyens d'améliorer notre offre.

Dans le cadre de notre start-up, nous avons choisi de mettre en œuvre les types d'innovation suivants : innovation dans le domaine du marché, innovation fondamentale, et innovation technologique.

### 2-2 Les secteurs d'innovations :

Notre start-up se lance dans la production de gélatine végétale pour la première fois sur le marché algérien, elle fait preuve d'innovation à plusieurs niveaux pour réussir. Voici quelques domaines où l'innovation joue un rôle crucial :

1. **Innovation de produit** : La gomme de grain de Lin est une alternative aux produits à base de gélatine animale. Notre innovation se connecte sur le développement d'une gélatine végétale de haute qualité, avec des propriétés similaires à celles de la gélatine animale, mais sans ingrédients d'origine animale.

2. **Innovation technologique** : Les procédés de fabrication la gomme de grain de Lin nécessitent des technologies spécifiques c'est pour ça on a développé une méthode de production plus efficace, respectueuse de l'environnement et économiquement viable.

3. **Innovation marketing** : La communication sur les avantages de la gélatine végétale par rapport à la gélatine animale est essentielle. On élabore une stratégie marketing percutante, en mettant en avant les aspects écologiques, éthiques et sanitaires de notre produit.

4. **Innovation logistique et distribution** : Trouver des moyens novateurs pour distribuer notre produit aux consommateurs, en particulier dans un marché comme l'Algérie, peut faire toute la

**ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN (LINUM USITATISSIMUM) .**

différence. Cela pourrait impliquer des partenariats avec des chaînes de distribution locales, des options de livraison pratiques, etc.

## Chapitre 03 :

### 3-1 Les segments de marché :

#### 1. Marché Potentiel :

- Le marché potentiel en Algérie pour des produits alimentaires d'origine végétale est en croissance en raison de la demande croissante de produits alimentaires plus sains et durables.
- Les consommateurs soucieux de leur santé, les végétariens, les végétaliens et ceux qui cherchent des alternatives à la gélatine animale représentent une part du marché potentiel.
- Les entreprises du secteur alimentaire, telles que les fabricants de confiseries, de desserts, de produits de boulangerie et de produits pharmaceutiques, peuvent également être intéressées par notre gélatine végétale.
- Les entreprises du secteur cosmétologique.

#### 2. Marché Cible :

- Les consommateurs soucieux de leur santé et de leur régime alimentaire, y compris les végétariens et les végétaliens, en mettant en avant les avantages de notre gélatine végétale par rapport à la gélatine animale.
- Les entreprises de l'industrie alimentaire, en particulier celles qui cherchent à répondre à la demande croissante de produits à base de plantes, pourraient constituer un marché cible important.
- Les établissements de restauration, tels que les restaurants végétariens et végétaliens, les pâtisseries et les cafés, pourraient être intéressés par l'utilisation de notre gélatine végétale dans leurs recettes.

### 3.2 Mesure de potentiel de la concurrence :

#### Concurrence directe

- **Importateurs de Gélatine Végétale :** Des entreprises importent parfois de la gélatine végétale (gomme de guar) de l'étranger pour la vendre sur le marché algérien. (EURL PROLISA, SARL EPI BENI, SETIFIS ALIMENTAIRE).

### Concurrence indirecte

- **Importateurs de la gélatine Animale** : Bien que notre start-up se concentre sur la gélatine végétale, la gélatine animale reste une option pour de nombreuses entreprises alimentaires.
- **Importateurs des substituts à la Gélatine** : Certains produits de substitution, tels que l'agar-agar, la pectine et d'autres agents gélifiants d'origine végétale, peuvent être utilisés dans les recettes à la place de la gélatine végétale. Ces alternatives constituent une concurrence indirecte.
- **Producteurs des produits Alimentaires Végétaliens et Végétariens** : Les produits alimentaires végétaliens et végétariens, en général, peuvent être perçus comme une alternative à la gélatine végétale. Ces produits incluent des substituts de viande, de produits laitiers et de confiseries.
- **Producteurs des produits Alimentaires Traditionnels** : Les produits alimentaires traditionnels en Algérie peuvent ne pas utiliser de gélatine du tout, car les recettes locales peuvent ne pas en nécessiter. Cependant, ils peuvent toujours constituer une forme de concurrence indirecte en raison des préférences locales.

### Points de force et points de faiblesse

- Les points de forces sont représentés par :  
L'expérience dans le marché Algérien, La bonne réputation, La fondation des réseaux de distribution.
- L'arrêt de l'importation par le gouvernement peut certainement être considéré comme un point faible pour les concurrents qui dépendent fortement de l'importation de produits similaires.

### **3.3 Stratégie marketing :**

Le succès d'une stratégie marketing dépendra de notre capacité à rester agile, à écouter les retours de nos clients et à nous adapter aux évolutions du marché. Une stratégie marketing efficace est un processus continu d'optimisation et d'ajustement pour répondre aux besoins changeants de notre start-up et de notre marché.

Une stratégie marketing que nous envisageons :

- **Positionnement du Produit :**

- Ce qui différencie notre gélatine végétale de la concurrence est son origine végétalienne, sa qualité, son goût, ou son prix compétitif.

- **Stratégie de Produit :**

- Nous assurons que notre produit est de haute qualité et répond aux normes de sécurité alimentaire en vigueur.

- Nous proposons différentes variantes de notre gélatine végétale pour répondre aux besoins de différents segments de marché.

- **Stratégie de Prix :**

- Nous établissons une politique de tarification compétitive qui reflète la valeur de notre produit tout en restant accessible pour notre marché cible.

- **Distribution et Logistique :**

- Les canaux de distribution les plus appropriés pour atteindre notre marché cible sont les supermarchés, les magasins bio, les restaurants végétariens plus un shop en ligne.

- Nous assurons que notre chaîne d'approvisionnement et de logistique est efficace pour garantir la disponibilité constante de notre produit.

- **Promotion :**

- Nous créons une stratégie de promotion multicanal qui comprend la publicité en ligne (réseaux sociaux, moteurs de recherche), des partenariats avec des blogs ou des sites web axés sur la nutrition, des démonstrations en magasin et des échantillons gratuits.

- Participons à des événements alimentaires, des foires et des salons pour présenter notre gélatine végétale et établir des contacts avec des professionnels de l'industrie et des consommateurs.

- **Gestion de la Marque :**

- Établissons une identité de marque solide, notamment un logo, un site web convivial, des emballages attrayants et une présence cohérente sur les réseaux sociaux.

- **Marketing de Contenu :**

- Créons du contenu de qualité sous forme d'articles de blog, de vidéos de recettes, d'infographies, etc., pour éduquer et engager notre public cible.

- **Stratégie de Témoignages :**

- Encourageons nos clients à partager leurs témoignages et avis en ligne.

- **Relations Publiques :**

- Collaborons avec des influenceurs locaux, des chefs de cuisine, des nutritionnistes ou d'autres personnalités du secteur alimentaire pour promouvoir notre produit. Et pour intégrer notre gélatine végétale dans leurs recettes. Cela peut créer une demande indirecte pour nos produits.

- **Programmes de Fidélisation :**

- Encourageons la fidélité des clients en mettant en place un programme de fidélisation qui récompense les achats répétés. Nous offrons des réductions ou des produits gratuits aux clients réguliers.

- **Mesure des Résultats :**

- Utilisons des outils d'analyse pour suivre les performances de notre stratégie marketing et ajustons-la en fonction des résultats.

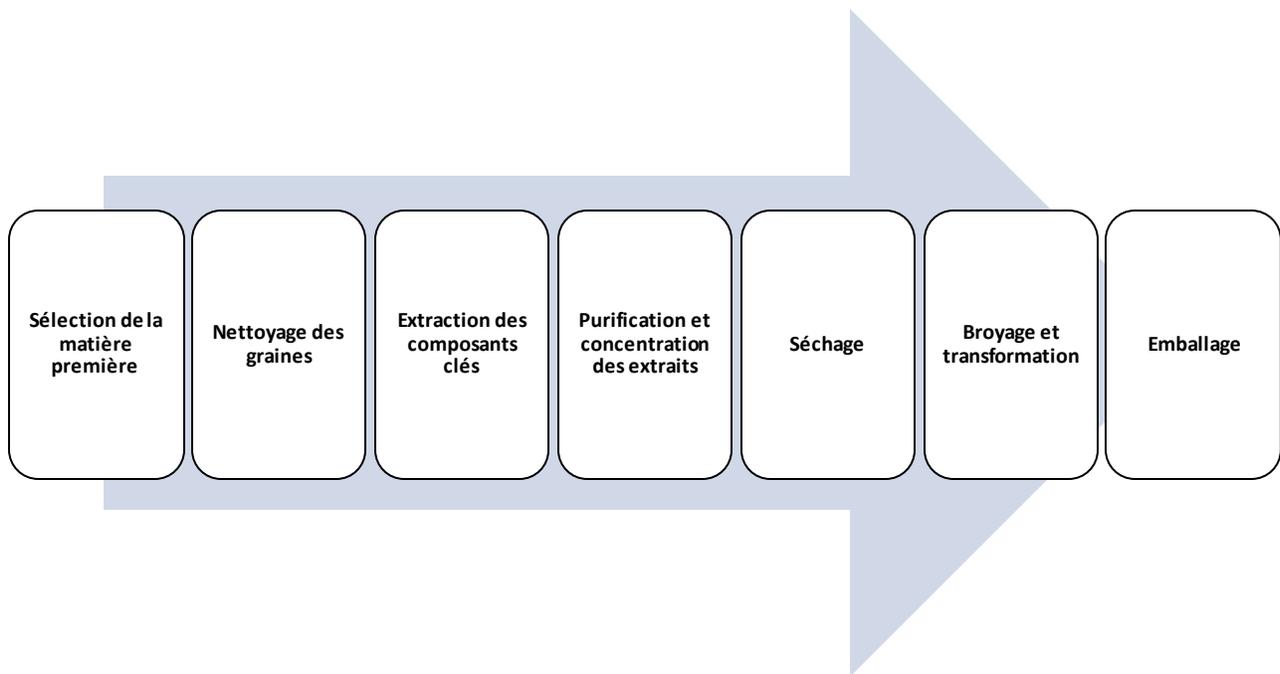
## Chapitre 04 :

### 4-1 La production :

Lors de l'étape de la production, il est essentiel de communiquer plusieurs éléments importants, notamment :

- 1. Sélection de la matière première :** Nous commençons par sélectionner soigneusement les graines de lin de haute qualité pour garantir la meilleure base possible pour notre gélatine végétale.
- 2. Nettoyage des graines :** Les graines de lin sont ensuite nettoyées pour éliminer toute impureté, telle que la saleté ou d'autres particules étrangères.
- 3. Extraction des composants clés :** Nous extrayons les composants essentiels des graines de lin, tels que les mucilages et les fibres, qui sont nécessaires pour produire notre gélatine végétale.
- 4. Purification et concentration des extraits :** Les extraits obtenus passent par un processus de purification pour éliminer tout résidu indésirable et garantir la qualité et la pureté de notre produit.
- 5. Séchage :** Après l'extraction et la purification des composants essentiels des graines de lin, les extraits sont soumis à une étape de séchage. Cette étape vise à éliminer l'humidité résiduelle des extraits pour les préparer à la prochaine étape de transformation.
- 6. Broyage et transformation :** Les extraits purifiés sont ensuite broyés pour obtenir la consistance souhaitée de notre gélatine végétale. Ce processus peut également inclure d'autres étapes de transformation pour atteindre les propriétés spécifiques requises.
- 7. Emballage :** Enfin, notre gélatine végétale est conditionnée dans un emballage adapté pour garantir sa fraîcheur et sa longévité tout en préservant ses qualités nutritionnelles et gustatives.

Ces étapes assurent que notre gélatine à base de graines de lin est produite selon les normes de qualité les plus élevées, offrant ainsi un produit final de haute qualité pour nos clients. Notre engagement envers la qualité et la pureté de notre gélatine végétale est au cœur de notre processus de production.



#### 4-2 Approvisionnement:

- **Une politique d'achat** solide peut contribuer à rationaliser les opérations de notre start-up, à réduire les coûts, à améliorer la qualité et à renforcer les relations avec les fournisseurs. Elle devrait être flexible pour s'adapter aux besoins changeants de notre start-up et être régulièrement réévaluée et mise à jour en fonction des évolutions du marché et des objectifs stratégiques.
- Les fournisseurs :
  - a. Les fournisseurs de la matière première : Les fournisseurs des grains de lin qui sont les importateurs des épices.
  - b. Les fournisseurs de solvants : EURL KSAM ALCOO.
  - c. Les fournisseurs de matériel et équipements de l'laboratoire.
  - d. Les fournisseurs de consommable (bureautique, restauration, etc...)
- Détermination la politique de paiement et de réception :

En définissant une politique de paiement et de réception claire et cohérente, nous contribuerons à maintenir des finances solides et à établir des relations positives avec nos

clients et nos fournisseurs. On assure que notre personnel et nos partenaires commerciaux comprennent et respectent cette politique pour éviter les malentendus et les retards de paiement.

- a. **Conditions de paiement aux clients** : le délai de paiement à la commande.
- b. **Politique de crédit** : Il y aura des limites de crédit pour chaque client, en fonction de leur historique et de leur capacité financière.
- c. **Facturation et suivi** : On envoie des factures électroniques à nos clients, avec un rappel automatique envoyé par e-mail une semaine avant la date d'échéance.
- d. **Relations avec les partenaires commerciaux** : On traite nos fournisseurs de manière éthique et transparente, ce qui nous permet de bénéficier de remises pour paiement anticipé et d'une coopération à long terme.

#### **4-3 Force de travail :**

Dans les premières étapes de notre start-up, il est avantageux d'avoir des employés polyvalents qui peuvent accomplir plusieurs tâches. Par exemple, par exemple l'agent de nettoyage et de séchage des grains pourrait également aider à l'emballage lorsque cela est nécessaire.

- **Responsable de l'Assurance Qualité** : Chargé de garantir la qualité des matières premières et du produit final par le biais de vérifications et de procédures de contrôle.
- **Spécialiste de la Préparation et du Séchage des Grains** : En charge du nettoyage et du processus de séchage des matières premières.
- **Technicien en Extraction et Purification** : Spécialisé dans les opérations d'extraction et de purification des ingrédients clés.
- **Technicien de Séchage** : Responsable du processus de séchage des produits finis pour assurer leur stabilité.
- **Agent d'Emballage et de Séchage** : S'occupe de l'emballage des produits tout en veillant à ce qu'ils soient correctement séchés pour le stockage.
- **Responsable Commercial et Marketing** : En charge du développement des ventes, de la promotion de la marque et de la gestion des relations avec les clients.

Donc notre start-up peut créer six postes de travail.

D'un chiffre d'affaire entre : **600.000.0 – 800.000.0**

#### **4-4 Partenariat :**

Les partenariats majeurs pour notre start-up de production de gélatine végétale qui jouent un rôle crucial dans le succès de notre start-up :

1. **L'incubateur de l'université de Constantine 1** : pour obtenir des conseils stratégiques, une orientation dans la prise de décisions, et une aide à la résolution de problèmes. De plus, nous comptons sur cet incubateur pour établir des connexions avec des entrepreneurs et des experts de l'industrie, ouvrant ainsi la voie à des opportunités de collaboration et de partenariat."
2. **Institue technique des grandes cultures** : permet des test et expérimentation dans laboratoire et terrain. Ainsi qu'un développement de matières premières à l'aide des agronomes.
3. **Fournisseurs de matières premières** : pour garantir un approvisionnement constant en ingrédients essentiels à la production de gélatine végétale. Ils peuvent contribuer à maintenir la qualité de notre produit.
4. **Distributeurs et détaillants** : pour élargir notre réseau de distribution. Ces partenariats peuvent nous aider à atteindre un public plus large.
5. **Collaborations de recherche et développement (R&D)** : avec des universités, des laboratoires de recherche ou d'autres entreprises du secteur alimentaire. Ces partenariats peuvent stimuler l'innovation.
6. **Partenaires logistiques** : Les entreprises de logistique peuvent faciliter le transport efficace de nos produits vers les clients. La gestion de la chaîne d'approvisionnement est cruciale pour une start-up de production.
7. **Investisseurs et financement** : tels que des investisseurs providentiels, des fonds de capital-risque ou des institutions financières, pour soutenir la croissance de notre start-up.

## ANNEX DE STARTUP : FABRICATION DE GELATINE VEGETALE A BASE DE LIN (LINUM USITATISSIMUM) .

### Business model canvas :

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| <p><b>Partenaire clé :</b>  Les fournisseurs de consommable.</p> <p>Les fournisseurs de la matière première : Les fournisseurs des grains de lin qui sont les importateurs des épices.<br/>Les fournisseurs de solvants<br/>Les fournisseurs de matériel et équipements de l'laboratoire.<br/>Distributeurs et détaillants<br/>Partenaires logistiques<br/>Investisseurs et financement<br/>Incubateur<br/>Institut technique des grandes culture</p> | <p><b>Activité clé</b>  Fabrication de gelatine vegetale</p> <p><b>Resources clé</b> </p> <p>Installation de production<br/>Equipement de production<br/>La marque et image de marque<br/>La propriété intellectuelle<br/>Reseau de distribution</p> | <p><b>Valeur proposéé</b> </p> <p>Nouveauté<br/>Performance<br/>Flexibilité<br/>Abordable<br/>Valorisation des déchets ethique</p>   | <p><b>Customer Relationships</b> </p> <p>Stratégie de Témoignages<br/>Relations Publiques<br/>Programmes de Fidélisation</p> <p><b>Caneaux</b> </p> <p>*Vente directe en Colaboration avec les industrie cliente<br/>*Vente indirecte a laide de distributeur<br/>*Vente en ligne</p> | <p><b>Segments clients</b> </p> <p>B2B:<br/>les industrie :alimentaire /pharmaceutique /cosmécologique</p> <p>B2C:es*consomateur vegetariens<br/>*Les religieus quil sont regime special</p> |
| <p><b>Les couts</b> </p> <p>*Couts de matiere premiere<br/>*Couts d'instalation et equipement te main doeuvre<br/>*Couts de publicité et marketing / Couts dembalage / Cout de propriété intellectuelle<br/>*Couts administrative et juridique / Cout recherché et developpement</p>  |  | <p><b>Revenue</b> </p> <p>La vente directe et indirecte au clients finaux /La vente en ligne<br/>Vente de sous produit fabrique aparir de dechet<br/>Vente de licencence et droits dutilisation de notre technologie</p> |   |  |

\*

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : BLMOKHI Loudjeine

**Fabrication de gélatine végétale à base de lin (*Linum usitatissimum*) .**

مشروع نهائية الدراسة  
المعد بغرض انشاء مؤسسة ناشئة او الحصول على براءة اختراع  
طبقا لاحكام المنشور رقم 001 المؤرخ في 18 ماي 2023

La présente étude concerne un procédé d'élaboration de gomme de graines de lin, appartenant au domaine de la fabrication d'un gélifiant pharmaceutique et cosmétologique et d'additifs alimentaires. La gomme de lin est un bio polymère, une sorte de gélatine pure, naturelle, non polluante, multifonctionnelle et nutritive. Seuls certains hydro colloïdes présentent des caractéristiques gélifiantes, comme la gélatine, la carraghénane, l'amidon, la pectine et autre.

Ce procédé de préparation de gomme polysaccharide est réalisé à partir d'une matière végétale à l'aide d'un solvant aqueux suivi par un séchage avancé.

Cette poudre a été l'objet d'une multitude d'analyses à savoir : l'analyse par diffraction des rayons X, spectroscopie infrarouge à transformée, la calorimétrie à balayage différentiel l'analyse thermogravimétrique, le pH, la capacité moussante et indice de gonflement de la gomme de lin et définir les caractéristiques viscoélastiques de cette dernière.

Cette gomme de lin peut être largement utilisée dans l'industrie alimentaire comme épaississant stabilisant, gélifiant, émulsifiant et texturant dans le domaine pharmaceutique comme substances biocompatibles, ou agents thérapeutiques et filmogènes dans l'industrie cosmétique car cette gomme peut être utilisés comme une sorte de colle comestible .

**Mots-clefs : Graines de lin, gomme de lin, gélifiant, biopolymère, gélatine, épaississants, émulsifiants, texturant, stabilisant .**

**Laboratoires de recherche :**

**Laboratoire de Génétique biochimie biotechnologie végétales (UMC1).**

**Président** : BOUCHAREB Radia (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Examineur** : Mr ZEGHBID NassimLotfi (MCB -Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Encadrant** : BOUSBA Ratiba (Pr - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Incubateur** : HAMLAM Chourouk (MCB- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**C.A.T.I** : BETINA Soumeya (MCB- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Secteur socioéconomique** : MERNIZ Elhamel.