

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département de biologie

MEMOIRE

Présenté par

Tchouar Yasmine
Nedjar Wafaa

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

En infectiologie

Thème

**Extraction, caractérisation physicochimique de mucilage des
graines de « *Linum usitatissimum* »**

Soutenu le 26/06/2022, devant le jury composé de :

Président	BOUALI Wafaa	MCA	Université de Tlemcen
Encadreur	MKEDDER Ilham	MCA	Université de Tlemcen
Examineur	ALLIOUA Meriem	MCA	ISTA Tlemcen

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la force, le courage, la volonté, l'amour du savoir et surtout la patience pour pouvoir produire ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier du profond du cœur notre encadreur **Dr. MKEDDER Ilham**, Maitre de conférences classe « A » au département Biologie, faculté SNV-STU à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses conseils et son soutien tous les instants, sa gentillesse, ses grandes qualités scientifiques et humaines ont contribué au bon déroulement de ce travail, et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Merci de nous avoir guidées avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit. Vous êtes un exemple à suivre.

Nous remercions **Madame BOUALI Wafaa**, maitre de conférences classe « A » à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle nous fait de présider ce jury. Nos vifs remerciements s'adressent également à **Madame ALLIOUA Meriem**, maitre de conférences classe « A » à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner notre travail. Nous vous en sommes très reconnaissants, en espérant être à la hauteur de votre confiance

Enfin, nos remerciements s'adressent à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici nos sincères reconnaissances.

Dédicace

C'est avec très grand plaisir que je dédie ce modeste travail à :

Ma maman, la lumière de ma vie, qui m'a encouragée et soutenue durant toutes ces années d'études. Que Dieu te garde pour nous ma très chère maman que j'adore.

À l'homme qui n'a jamais dit non à mes exigences, qui m'a trop gâtée comme une petite fille, tout mon respect à **mon papa** que j'aime trop.

A ma très chère grande sœur **Amel** qui m'a encouragée et soutenue durant la réalisation de ce travail. Que dieu te protège et t'offre la chance et le bonheur je t'aime très fort.

À ma chère amie et sœur **Yasmine** avant d'être binôme pour sa patience et sa compréhension et ses efforts t'es un amour ainsi que toute sa famille en particulier Radia Tchouar merci pour ton humour.

À tous les membres de la famille « **Mehtari** » en particulier mes chères tantes **Leila** et **latifa** et la famille « **Nedjar** » et à ma meilleure amie **Téma** pour tous leurs soutiens moraux.

Et à toute personne qui reste convaincue que l'effort sincère et honnête est la seule voie vers la réussite et la réalisation de soi. Qu'ils trouvent tous ici, le témoignage de mon amour, ma gratitude et ma tendresse.

Wafaa

Dédicace

A l'aide de dieu 'Allah' tout puissant qui m'a tracé le chemin de ma vie, J'ai pu réaliser ce travail.

Je me dois d'avouer pleinement ma reconnaissance à toutes les Personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours, qui ont su me hisser vers le haut pour atteindre mon objectif. C'est avec amour, respect et gratitude que je dédie ce modeste travail ...

Au deux être les plus chers au monde qui ont donnés sens à mon existence, et qui m'ont soutenu nuits et jours durant tout mon parcours. *Ma très chère mère* qui a consacré sa vie pour bâtir la mienne, je lui serai éternellement reconnaissante, merci maman ; *Mon très cher père* qui m'a donné un magnifique modèle de volonté, merci papa.

Avec mes prières qu'ils soient toujours en bonne santé.

Mon frère *Abderrahmane* et sa femme *Wafaa* Que j'aime tant, pour vos encouragements qui m'ont été d'un grand soutien, que dieu le tout puissant vous protège.

A ma petite sœur *Radia* En témoignage de l'attachement et de l'amour que j'ai pour elle. Je te souhaite la réussite et tout le bonheur du monde.

A mon cher petit frère *Nabil* Pour toute l'ambiance dont il m'a entouré. Puisse Dieu le tout puissant te protège, je te souhaite que du bonheur et de réussite inchaallah.

A mon âme sœur *Hawaa* qui me rend la vie plus belle.

A ma chère *Wafaa Nedjar* Ainsi que sa famille pour tous les moments qu'on a partagés, t'étais plus qu'une amie, t'es une sœur.

A mon oncle *Abdellatif* et mon fiancé *Hicham* pour leur encouragement et leur soutien moral.

Yasmine

ملخص:

النباتات هي مستودع غني بالجزيئات الحيوية النشطة ذات الخصائص البيولوجية المتنوعة التي تستخدم في كثير من الأحيان في مجالات مختلفة. بذرة *Linum usitatissimum*

غنية جدا بالصمغ، وهي عبارة عن مركبات عديد السكاريد تنتفخ عند ملامستها للماء وتشكل محاليل ذات مظهر لزج وغرواني مشابه للجيلاتين.

هذا العمل عبارة عن تجميع لثلاث دراسات عن استخلاص وخصائص صمغ بذور الكتان.

أظهرت النتائج ان الاستخلاص في الرقم الهيدروجيني المحايد يجعل من الممكن الحصول على اعلى إنتاجية، وان خطوة تقنية الصمغ التي تم اجراؤها بواسطة الترسيب على أساس الايثانول لم تكن عملية أساسية.

الكلمات المفتاحية: *Linum usitatissimum* ، الصمغ، استخلاص، تطهير، التوصيف الفيزيائية والكيميائي .

Résumé :

Les plantes sont un réservoir riche en molécules bioactives avec des propriétés biologiques diverses très souvent utilisées dans les différents domaines. La graine de *Linum usitatissimum* est très riche en mucilages, ce sont des complexes de polysaccharides qui gonflent au contact de l'eau et forment des solutions à l'aspect visqueux et colloïdal semblable à la gélatine.

Le présent travail est une synthèse de trois travaux portant sur l'extraction et la caractérisation de mucilage de graines de lin.

Les résultats montrent que l'extraction réalisée à des pH neutre permet d'obtenir les rendements les plus élevés, et que l'étape de purification de mucilage réalisé par précipitation à base d'éthanol n'était pas un processus essentiel.

Mots Clés : *Linum usitatissimum* ; mucilage ; extraction ; purification ; caractérisation physico-chimique.

Abstract:

Plants are a rich reservoir of bioactive molecules with diverse biological properties very often used in different fields. The seed of *Linum usitatissimum* is very rich in mucilage, which are complexes of polysaccharides that swell in contact with water and form solutions with a viscous and colloidal aspect similar to gelatin.

The present work is a synthesis of three works on the extraction and characterization of mucilage from flax seeds.

The results show that Extraction performed at neutral pHs provides the highest yields, and that the purification step of mucilage performed by ethanol-based precipitation was not an essential process.

Key words: *Linum usitatissimum*; mucilage; extraction; purification; physicochemical characterization.

Table de matière

Introduction	1
Partie I. synthèse bibliographique	2
1. Plantes médicinales / Phytothérapie	3
1.1. La phytothérapie	3
1.2. Plantes médicinales	4
1.2.1. Définition	4
1.2.2. Les différents modes de préparation des plantes	5
1.2.3. Les principaux métabolites actifs des plantes	6
1.2.4. Les différentes classes des plantes médicinales	8
2. Le lin (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	10
2.1. Historique :	10
2.2. Noms vernaculaires	10
2.3. Description	11
2.4. Systématique	11
2.5. Composition des graines de lin	12
2.5.1. Le mucilage	13
2.6. Propriétés et utilisations de lin	14
2.7. Utilisation de mucilage dans les différents domaines	15
Partie II. Matériels et méthodes	3
1. Objectif	17
2. Extraction de mucilage brut	17
3. Purification de mucilage brut	19
4. Caractérisation physico-chimique et organoleptiques du mucilage extrait	20
4.1. Détermination du pH	20
4.2. Mesure de l'indice de gonflement	20
5. Analyse par Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)	20
6. Calcul de rendement	21
7. Evaluation de mucilage comme agent de liaison de prednisolone	21
Partie III. Résultats et discussion	22
Conclusion	29
Références bibliographiques	31

Liste des figures

Figure 1 : Arrachage du lin, par un dignitaire et sa femme, Tombe de Sennedjem, Der el Medineh, XIXème dynastie.....	10
Figure 2 : a) Capsules de lin b) Graines de lin c) Fleurs de lin.....	11
Figure 3 : Utilisations du lin	15
Figure 4 : Étapes d'extraction du mucilage brute	18
Figure 5 : Spectroscopie FTIR de <i>Linum usitatissimum</i>	25
Figure 6 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 3,81, 45°C et 13,25h d'extraction	26
Figure 7 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 6,75, 45°C et 13,25h d'extraction	27
Figure 8 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 9,69, 45°C et 13,25h d'extraction	27

Liste des tableaux

Tableau 1 :Modes de préparation et d'utilisation des plantes médicinales.....	5
Tableau 2 :quelques exemples des plantes à mucilage.	9
Tableau 3 :classification du lin	12
Tableau 4 :les conditions d'extraction de mucilage brut.	19
Tableau 5 :propriétés organoleptiques de mucilage.....	23
Tableau 6 :résultats des propriétés physico chimiques de graine de linum usitatissimum.....	23
Tableau 7 :teneur en fibre et rendement d'extraction.	24

Introduction

Introduction

La plante est un organisme vivant qui existe depuis l'antiquité. Elle constitue un maillon très important et fondamental dans le cycle biologique de vie des autres organismes vivants tel que les animaux aussi bien les êtres humains (**Naghbi et al, 2005**), qui ont utilisés les vertus des plantes dans leur alimentation, en cosmétique et aussi dans la médecine dite traditionnelle.

Le lin, est considérablement employé dans le quotidien de la santé publique et énormément introduit en nutrition animale. Il n'est pas un nouvel aliment, il est un des plus anciens et peut-être, un des aliments originaux et précieux en raison de ses propriétés de guérison qui ont fait de lui une plante millénaire aux vertus médicinales. D'ailleurs, son nom latin « *Linum usitatissimum* » (lin de tous les usages) est amplement mérité (**Palla et al, 2016**).

La graine de lin contient des protéines, des fibres alimentaires, des polysaccharides, des composés polyphénoliques et des acides gras essentiels bénéfiques pour la santé qui pourraient aider à prévenir certaines maladies (**Vaisey-Gaiser et al, 2003**).

La graine contient également le mucilage qui est des polysaccharides. Ils ont un rôle protecteur (préviennent la déshydratation des graines et leur conservent leurs facultés germinatives). Ils sont localisés dans les graines le plus souvent (**Vercaitere, 2012**).

Suite à conditions actuelles (pandémie COVID), notre objectif reste irréalisable, pour cela nous avons orienté notre travail vers le traitement de trois articles visant l'extraction, la caractérisation physicochimique, et l'utilisation de mucilage de graines de *Linum usitatissimum*.

Partie I. synthèse bibliographique

1. Plantes médicinales / Phytothérapie

1.1. La phytothérapie

Le terme « phytothérapie » se décompose en deux termes différents qui sont «phuton» et «therapeia» et qui signifient respectivement «plante» et «traitement» de par leur racine grecque. La phytothérapie est donc une thérapeutique destinée à traiter certains troubles fonctionnels et certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes et de préparation à base de plantes (**Wichtl et Anton, 2003**).

Depuis 1987, la phytothérapie est reconnue à part entière par l'Académie de médecine (**Chabrier, 2010**). Il est important de ne pas confondre cette discipline avec la phytopharmacie qui, quant à elle, désigne l'ensemble des substances utilisées pour traiter les plantes, à savoir les pesticides, fongicides, herbicides, ou encore insecticides.

Il existe une distinction entre deux catégories :

-la phytothérapie moderne : elle s'appuierait sur des connaissances biochimiques, cherchant à apaiser des symptômes grâce à des principes actifs naturels, testés cliniquement et qu'on trouve dans les plantes médicinales. Elle aurait surtout recours à des produits végétaux obtenus par extraction.

-la phytothérapie dite traditionnelle : qui reprendrait des usages ancestraux, expérimentaux et qui reposerait sur une approche holistique : elle utilise les effets de la plante totale sur l'individu dans son ensemble (**Jorite, 2015**).

Comme il existe différents types de phytothérapie :

- **Phytothérapie pharmaceutique**

Utilise des produits d'origines végétales obtenu par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisâtes (**strang,2006**).

Partie I. synthèse bibliographique

- **L'aromathérapie**

L'aromathérapie, la branche de la phytothérapie qui met à profit les propriétés médicales des huiles essentielles. Elle fait partie des médecines naturelles. Il existe deux types distincts d'aromathérapie. Il y a l'aromathérapie de terrain grâce à laquelle l'Homme est considéré dans sa globalité (traitement de fond) et l'aromathérapie symptomatique pour traiter les manifestations ou les causes d'une maladie (**Roberto, 1982 ; Eberhard et Lostein, 2005**).

- **La gemmothérapie**

La gemmothérapie est basée l'utilisation d'extraits alcooliques et glycéринés de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les radicules appartenant à environ 60 plantes différentes. Les préparations sont présentées diluées au dixième. Chaque extrait est réputé avoir une affinité pour un organe ou une fonction. Par exemple, le macérat glycéринé de bourgeons de *Ribes nigrum*, ou cassis, dilué au dixième, agit en tant que stimulant de la zone corticale des glandes surrénales, c'est-à-dire de la même manière que la cortisone (**Strang ,2006**).

- **L'homéopathie**

L'homéopathie a été développée par le médecin allemand Samuel Hahnemann. Le principe de cette méthode est la règle de similitude : les semblables sont guéris par les semblables, c'est à dire on administre au patient une dose infinitésimale d'une substance (animale, minérale, ou végétale) produisant expérimentalement chez une personne saine des symptômes semblables à ceux présentés par la personne affectée (**Grunwald et Janick, 2006**).

Quelque soit le type de phytothérapie suivie, elle est basée sur l'utilisation des plantes médicinales.

1.2. Plantes médicinales

1.2.1. Définition

La Pharmacopée française (Xème édition) donne une définition claire des plantes médicinales : « Les plantes médicinales sont des drogues végétales qui comportent des propriétés médicamenteuses. Ces plantes médicinales peuvent également avoir des utilisations alimentaires, condimentaires ou hygiéniques » (**Bruneton, 2009**).

Partie I. synthèse bibliographique

1.2.2. Les différents modes de préparation des plantes

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés particulières qui présentent des effets curatifs différents. Exemples : l'absinthe (troubles de la digestion) ; le lin (constipation). En effet, elles sont exploitées de différentes manières, décoction, macération et infusion (**Tableau 01**) Une ou plusieurs de leurs parties peuvent être utilisées, racine, feuille, fleur, tige, semence (grains) ... (**Dutertre, 2011**).

Tableau 1 : Modes de préparation et d'utilisation des plantes médicinales

Préparation	Mode	Références
Infusion	Une infusion se fait généralement avec les fleurs et les feuilles des plantes, mais dans certains cas, il est possible de faire également infusé des racines et des écorces. Le principe est simple versez de l'eau bouillante sur la plante (il faut compter une cuillerée à café de plante par tasse), et vous laissez infuser entre dix et vingt minutes. Une infusion peut se conserver au réfrigérateur pendant 48 heures maximum. En principe, il est préférable de ne pas sucrer les tisanes.	Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003.
Décoction	Pour extraire les principes actifs des racines, de l'écorce, des tiges et des graines, il faut généralement leur faire subir un traitement plus énergique qu'aux feuilles ou aux fleurs. Pour préparer une décoction, on plonge les parties végétales dans l'eau froide et on les porte à ébullition pendant 5 à 45mn selon la partie de la plante utilisée, ensuite les filtrer.	Iserin, 2001 ; Grunwald et Janick, 2006

Partie I. synthèse bibliographique

Macération	La macération consiste à maintenir en contact la drogue avec un solvant à température ambiante pendant une durée de 30 minutes à 48 heures. Dans le cas des tisanes le solvant est l'eau. Cette méthode permet une extraction douce des principes actifs, surtout lorsqu'ils sont thermolabiles. Une filtration est ensuite réalisée. Le produit obtenu est le macérat. Il se consommera alors durant la journée à température ambiante. Ce mode de préparation convient bien aux drogues mucilagineuses, comme la racine de Guimauve officinale (<i>Althaea officinalis</i> L.) ou la graine de Lin (<i>Linum usitatissimum</i> L.), mais toutes les parties peuvent être utilisées.	Chabrier, 2010
-------------------	--	-----------------------

1.2.3. Les principaux métabolites actifs des plantes

Les plantes sont riches en métabolites qui sont des principes actifs présentant une activité thérapeutique curative ou préventive pour l'Homme ou l'animale (**Pelt, 1980**).

1.2.3.1. Métabolite primaire :

- **Polysaccharides**

Ce sont des unités complexes de molécules de sucre liées ensemble que l'on trouve dans toutes les plantes. Du point de vue de la phytothérapie, les polysaccharides les plus importants sont les mucilages « visqueux » et les gommés, présents dans les racines, les feuilles et les graines.

Le mucilage et la gomme absorbent de grandes quantités d'eau, produisant une masse gélatineuse qui peut être utilisée pour calmer et protéger les tissus enflammés,

Partie I. synthèse bibliographique

par exemple quand la peau est sèche et irritée ou la paroi des intestins enflammée et douloureuse. La meilleure façon de préparer les herbes mucilagineuses comme l'orme rouge (*Ulmus rubra*) et le lin (*Linum usitatissimum*) est de les gorger d'eau froide (de les faire macérer) (Iserin et al, 2001).

1.2.3.2. Métabolite secondaire :

- **Les phénols**

Sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires, leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique (Wichtl et Anton, 2009). Les phénols ont des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (Iserin et al, 2001).

- **Huiles essentielles**

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes.

Les huiles essentielles contenues telles quelles dans les plantes sont des composés oxygénés, parfois d'origine terpénoïde et ce sont des molécules à noyau aromatique (Iserin et al, 2001).

Ils sont utilisés pour soigner des maladies inflammatoires telles que les allergies, eczéma, et soulagent les problèmes intestinaux (Iserin et al, 2001). Leur utilisation est également présente dans l'industrie cosmétique et alimentaire (Kunkele et Lobmeyer, 2007).

- **Alcaloïdes**

Formant un groupe très large, les alcaloïdes possèdent presque tous une molécule d'azote (-N—) qui les rend pharmaceutiquement très actif (Iserin et al, 2001). Tous les alcaloïdes ont une action physiologique intense, médicamenteuse ou toxique (Ali-Delille, 2013).

Partie I. synthèse bibliographique

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments polyphénoliques qui contribuent à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc. Ils ont un important champ d'action et possèdent de nombreuses vertus médicinales. Antioxydants, ils sont spécialement actifs dans le maintien d'une bonne circulation. Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie (**Iserin et al, 2001**).

- **Tanins**

Les tanins sont des composés polyphénoliques, solubles dans l'eau. Ils sont en général capables de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les autres protéines. Cette réactivité avec les protéines est à l'origine des propriétés tannantes qu'ils exercent sur le collagène de la peau au cours de la transformation de la peau en cuir, la rendant imputrescible et moins perméable à l'eau. Elle possède en outre des propriétés antiseptiques mais également antibiotiques, astringentes, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, hémostatiques et Vasoconstrictrices (diminution du calibre des vaisseaux sanguins) (**Ali-Delille, 2013**).

Toutes les plantes contiennent des tanins à un degré plus ou moins élevé, Les écorces de chêne (*Quercus robur*) et d'acacia (*Acacia catechu*) sont riches en tanins (**Iserin et al, 2001**).

- **Anthocyanes**

Les anthocyanes sont des substances à propriété vitaminiques P, Elles diminuent la perméabilité des capillaires et augmentent leur résistance, elles sont préconisées dans le traitement de certaines maladies vasculaires : fragilité capillaire, insuffisance veineuse et symptomatologie hémorroïde (**Mehani, 2015**).

1.2.4. Les différentes classes des plantes médicinales

- **Les plantes aromatiques**

Ce sont des plantes ou substances d'origine végétale, odoriférantes et utilisées dans les domaines de la parfumerie, de la médecine ou de la cuisine (**Tardivon et Chadouli, 2012**)

Partie I. synthèse bibliographique

- **Les plantes à mucilage**

Ce sont des plantes riches en mucilage qui est localisée le plus souvent dans les graines (Vercauteren, 2012).

Dévoile que les mucilages sont des complexes de polysaccharides gonflent au contact de l'eau et forment des solutions à l'aspect visqueux et colloïdal semblable à la gélatine (Grunwald et Janick, 2006). En général hétérogènes en composition, sont constitués exclusivement d'unités d'oses (mucilages neutres) ou comportent également des acides uroniques (mucilages acides) (Divekar et al, 2010). (Tableau 02).

Tableau 2 : quelques exemples des plantes à mucilage.

Plantes	Nom systématique	Propriété	Partie mucilagineuse	Références
Le Lin	<i>Linum usitatissimum L.</i>	Emollient, et adoucissant. Les graines sont laxatives.	Les graines	Paul ,2010.
Le fenugrec	<i>Trigonella faenum-graecum.</i>	Une action tonique, diurétique et hypotensive sur le cœur.	Les graines	bérengrére et al ,2011.
Mauve sylvestre	<i>Malva silvestris L.</i>	Emollient, béchiques, légèrement astringent et stimulant de l'intestin, laxatif par grandes quantités.	La fleur	Paul ,2010.
La guimauve	<i>Althaea officinalis L.</i>	Emollient, pectoral, antitussif.	La racine, la feuille, la fleur	Botineau, 2010.

Partie I. synthèse bibliographique

Dans ce mémoire, on s'intéresse à l'étude de mucilage des graines de lin.

2. Le lin (*Linum usitatissimum* L.)

2.1. Historique

Le lin est l'une des plus anciennes plantes cultivées (Paul, 2010). Son usage par l'homme est attesté à plus de 30000 ans. Il a été découvert dans les sites archéologiques à Tell Abu Hureyra en Syrie (Chatain et al, 2016). Il était largement utilisé en Egypte des pharaons où les momies étaient entourées de bandelettes de lin. De plus, des fresques retrouvées dans les pyramides illustrent la culture du lin (Figure 01) (Savoire, 2008).



Figure 1 : Arrachage du lin, par un dignitaire et sa femme, Tombe de Sennedjem, Der el Medineh, XIX^{ème} dynastie. (Savoire, 2008)

2.2. Noms vernaculaires

Nom anglais : Lin ou flax ou linseed

Nom latin : *Linum usitatissimum* L.

Nom arabe : Zerriat al kettane (زريرة الكتان) (El Abdali Younes, 2017).

Partie I. synthèse bibliographique

2.3. Description

- **Plante annuelle**, de 0.50 à 0.80 m.
- **Tiges** ramifiées dans la partie supérieure.
- **Feuilles** alternes, étroites, lancéolées.
- **Fleurs** solitaires, bleues, comprenant 5 sépales verts, 5 pétales libres, 5 étamines et 5 carpelles qui produisent un fruit de type capsule. Floraison de mai à juillet.
- **Fruits** (capsules) renfermant des graines luisantes, lisses, brunes, ovales et aplaties, pointues à une extrémité (**Beniston, 1985 ; Jean-Marie et Francis, 2009**).



Figure 2 : a) Capsules de lin b) Graines de lin c) Fleurs de lin

2.4. Systématique

La famille du Linaceae est géographiquement répandue avec environ 300 espèces dans le monde entier. Cette famille est positionnée dans le royaume des plantes comme suit (**Tableau 03**) :

Partie I. synthèse bibliographique

Tableau 3 : classification du lin (Guignard et Dupont, 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Sous-division	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Linales
Famille	Linaceae
Genre	Linum
Espèce	usitatissimum L

2.5. Composition des graines de lin

Les tests phytochimiques réalisés sur *Linum usitatissimum* L, montrent qu'il contient diverses substances actives dont on peut citer :

- Huile essentielle (environ 35%) dont environ 55% d'acide alpha linoléique (acide gras essentiel oméga-3), 20% d'acide linoléique (acide gras essentiel oméga-6), 10% d'acide oléique.
- Protéines (environ 26%)
- Fibres (environ 14%)
- Mucilage (environ 12%)
- Stérols
- Lignanes
- Glucosides cyanogéniques (linamarine, lotaustraline) (Iserin et al, 2001).

Les graines de lin sont composées majoritairement d'huile (30 à 45 %), de protéines (10 à 30 %) et de fibres alimentaires (25-32 %). Les téguments sont composés majoritairement de polyphénols et de composés glucidiques (mucilage) alors que l'embryon est composé majoritairement d'huile et de protéine (Lepiniec et al, 2006 ; Venglat et al, 2011).

Partie I. synthèse bibliographique

2.5.1. Le mucilage

Deux types de sucres entrent dans la composition des graines de lin : l'amidon et les fibres alimentaires. La teneur en amidon est très faible (<1 %), alors que les teneurs en fibres alimentaires sont plus importantes (25-32 %) dans les graines de lin.

Les fibres alimentaires sont composées de polysaccharides complexes qui ne sont pas digérés et absorbés par l'intestin de l'Homme. Dans les graines de lin, les fibres alimentaires sont constituées majoritairement de mucilage (6 à 8 % du poids de la graine) (**Basch et al, 2007; Jhala et Hall., 2010**).

Le mucilage, localisé dans les téguments de la graine est composé d'une fraction constituée de polysaccharides neutres (75 % des sucres totaux) et d'une fraction (25 % des sucres totaux) constituée de polysaccharides acides (**Warrand et al, 2003**) ; **Guilloux et al, 2009**).

- La fraction de sucres neutres est constituée essentiellement de xylose (62,8 %), d'arabinose (16,2 %), de glucose (13,6 %) et de galactose (7,4 %). La quantité importante de xylose et d'arabinose indiquerait que la fraction neutre serait composée d'arabinoxylanes (**Guilloux et al, 2009**)
- La fraction de sucres acides est constituée majoritairement de L-rhamnose (54,5 %), d'acide α -galacturonique (23,4 %), de L-fucose (10 %) et dans une moindre mesure de galactose, de xylose (6 %), d'arabinose (2 %) et de glucose (4,5 %). Ces proportions de sucres suggèrent qu'il s'agirait de rhamnogalacturonanes (**Warrand et al, 2003**).

Donc deux principaux types de polymères ont été identifiés dans le mucilage : des molécules acides de type pectine appelées rhamnogalacturonanes et des arabinoxylanes neutres.

Partie I. synthèse bibliographique

2.6. Propriétés et utilisations de lin

Des études *in vivo* montrent que les huiles issues de graines de *Linum usitatissimum* possèdent une activité antimicrobienne contre des souches de bactéries, dont staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae et Escherichia coli et était efficace dans le traitement de la mammite bovine (**Kaithwas et al, 2011**).

Effet laxatif : le lin est traditionnellement employé comme laxatif, notamment en cas de constipation chronique. Ses graines absorbent les liquides intestinaux et contribuent à ramollir les selles et à faciliter leur évacuation. Grâce à leur richesse en mucilage, elles prodiguent un effet calmant et anti-inflammatoire, réduisant l'irritation du colon dans des affections comme la colite, l'inflammation intestinale et les hémorroïdes (**Iserin et al, 2001**).

Effets sur le système respiratoire et urinaire. La graine est considérée comme efficace pour calmer les douleurs pulmonaires et à un moindre degré l'irritation de l'appareil urinaire. Elle s'avère efficace contre la toux chronique, la bronchite, l'emphysème et la cystite chronique (**Iserin et al, 2001 ; Halligudi, 2012**).

Le lin contient également des lignanes, qui sont un composé doué à des propriétés antioxydantes et anticancéreuses (**Chen et al, 2012**).

Ainsi que les huiles oméga-3 ont une action anticancéreuse Elles protègent en outre le cœur et régularisent les battements cardiaques (**Iserin et al, 2001**).

Grâce à ces propriétés ; l'usage industriel est très diversifié, peuvent être utilisé dans : l'industrie de transformation alimentaire comme ingrédient, l'industrie pharmaceutique, l'alimentation animale, la fabrication de peintures. Ces nombreuses utilisations sont schématisées dans le diagramme de la (**figure 03**) ci-dessous (**Laiq Khan et al, 2010**).

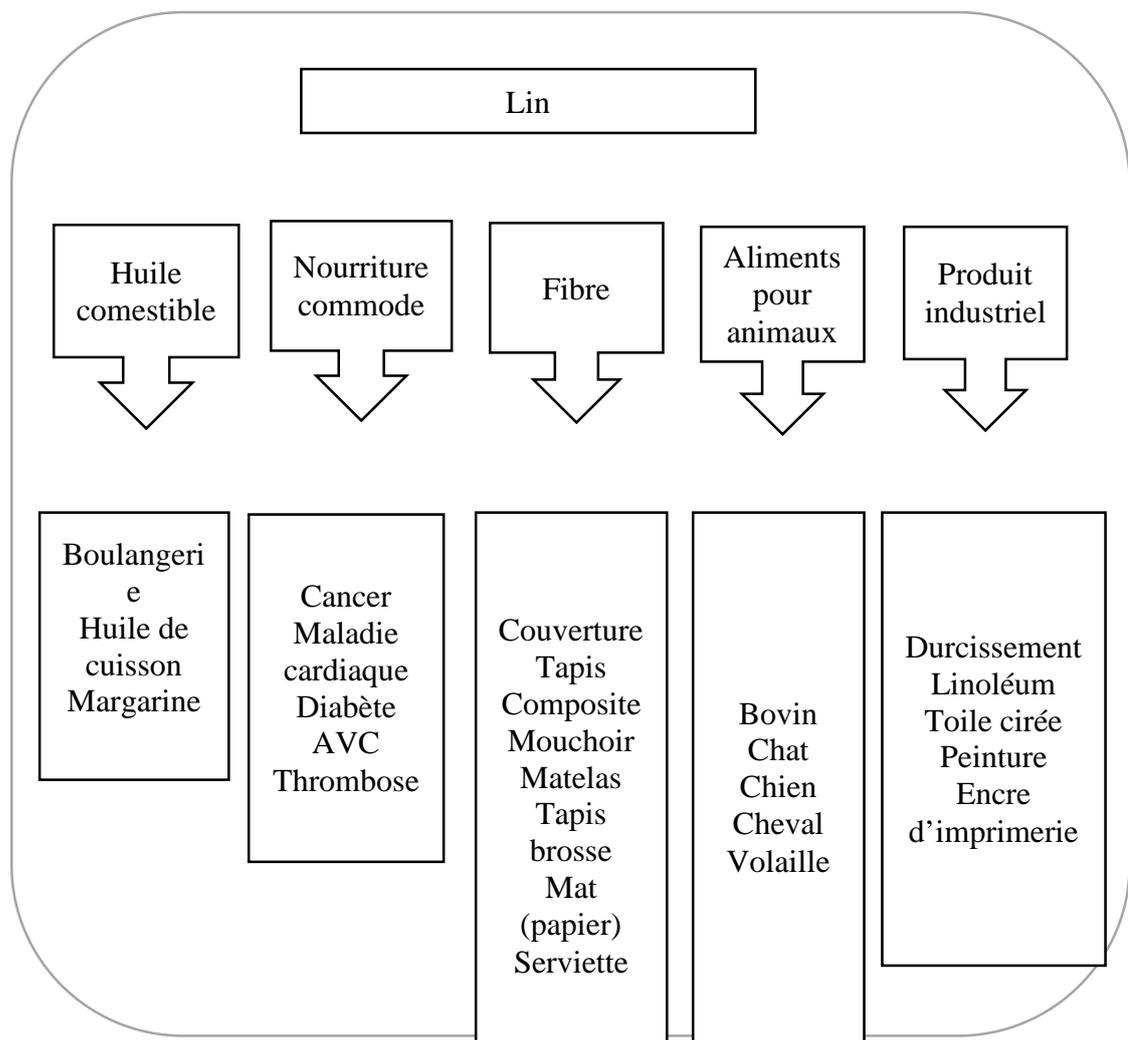


Figure 3 : Utilisations du lin (Jhala et Hall, 2010)

2.7. Utilisation de mucilage dans les différents domaines

Le mucilage de graines de lin a retenu l'attention des industriels en tant que source d'oligosaccharides biologiques actifs (Guilloux et al, 2009).

Le mucilage est souvent utilisé comme stabilisant dans les boissons et est breveté comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers (Qin et al, 2005 ; Anttila et al, 2008). Comme il est également utilisé dans les cosmétiques pour apaiser, revitaliser et protéger la peau et les cheveux. Ainsi il peut être un agent liant dans des comprimés par exemple le traitement de nombreuses affections inflammatoires ou allergiques.

Partie II. Matériels et méthodes

Partie II. Matériels et méthodes

1. Objectif

Au cours de notre travail, nous avons traité trois articles, dont le but est l'extraction et la caractérisation du mucilage de graines de *Linum usitatissimum* (lin)

Article	Titre	Auteur	Année	Pays
1	Extraction and evaluation of trigonella foenum linn & linum usitatissimum seed mucilage	Verma et al	2014	India
2	Extraction and evaluation of linseed mucilage as binding agent in presnisolone tablet 20 mg	Abuelrakh a et al	2019	Sudan
3	Effect of ph on the flaxseed (linum usitatissimum L.seed) mucilage extraction process	Rocha et al	2020	Brazil

2. Extraction de mucilage brut

Le protocole d'extraction de mucilage brut utilisé dans les trois articles est représenté dans la **figure 04**, cependant quelques conditions de travail sont variables (**tableau 04**).

Les extractions de l'article 3 ont été effectuées à 3 valeurs de pH différentes).

Les graines de lin ont été lavées, bouillies et laissées au repos pour permettre la libération complète de mucilage dans l'eau, le mucilage a été extrait à l'aide d'un sac en tissu de mousseline pour éliminer le marc de filtrat, il est porté au réfrigérateur pour refroidissement ou bien congelé et lyophilisé. Le filtrat obtenu a été séparé avec de l'acétone ou de l'éthanol afin d'obtenir le mucilage. Le filtrat a été séché dans un four pour obtenir un extrait brut.

Partie II. Matériels et méthodes

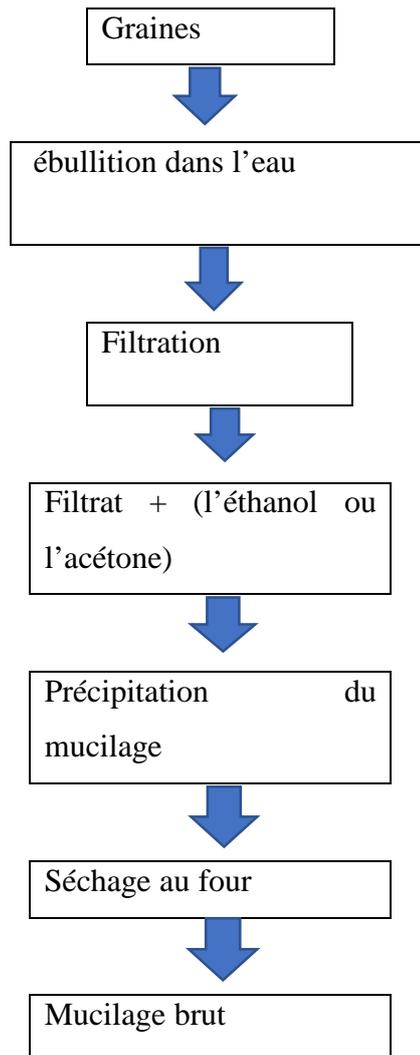


Figure 4 : Étapes d'extraction du mucilage brute

Partie II. Matériels et méthodes

Tableau 4 : les conditions d'extraction de mucilage brut.

Référence	Verma <i>et al</i> , (2014)	Abuelrakha <i>et al</i> , (2019)	Rocha <i>et al</i> , (2020)
Matériel végétal	Graines	Poudre trempée dans L'eau (6h)	Graines
Solvant	Eau	Eau	Eau
Température	100°C	100°C	45 °C
Temps d'extraction	/	45 min	13h 25 min
pH	/	/	3,81 6,75 9,69

3. Purification de mucilage brut

Rocha *et al*, sont procédé à une purification mucilage selon la méthode décrite par **Horwitz (2000)**

- 0.5g d'échantillon lyophilisé et 25mld'eau distillée.
- chauffage à 37° pendant 90 min sous agitation
- ajout de 100ml d'éthanol à 95 % à 25+/-2C° et repos pendant 60min.
- filtration sous vide du précipité formé dans un creuset poreux spécifique aux fibres.
- lavage 2 fois avec 20ml d'éthanol à 78% et deux fois avec 10ml d'éthanol à 95%.
- lavage avec 10ml d'acétone
- séchage dans un four pendant 2h à 105°C.
- détermination de la quantité des fibres.

Partie II. Matériels et méthodes

4. Caractérisation physico-chimique et organoleptiques du mucilage extrait

Les propriétés physicochimiques du mucilage et les propriétés organoleptiques telles que la couleur, l'odeur et la forme ont été déterminées

4.1. Détermination du pH

Le mucilage a été pesé et dissous dans l'eau pour obtenir une solution de (01% poids / volume) le pH de la solution a été déterminée à l'aide d'un pH mètre numérique (Lala, 1981).

4.2. Mesure de l'indice de gonflement

Les caractéristiques de gonflement des mucilages de graines de *Linum usitatissimum* ont été testées dans les conditions d'entreposage.

Les indices de gonflement de mucilage sélectionné ont été déterminés en pesant avec précision 1g de mucilage dans 25 ml d'eau distillée, on ajoute 1g de mucilage. Le mélange est agité chaque 10min pendant 1H, ensuite à solution est mise en repos pendant 24H, à la température ambiante. Après repos le volume occupé par le mucilage a été mesuré. La procédure a été répétée 3 fois puis la valeur moyenne a été calculée (Bal et al, 2012).

5. Analyse par Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

Dans le travail de Verma et al, (2014) Cent milligramme de pectine en poudre ont été mélangés avec du bromure de potassium (400mg) et ont été comprimées dans une presse hydraulique pour former une pastille à une pression de 15 tonnes, les pastilles ont été scannées de 4000 à 400 cm⁻¹ dans un spectrophotomètre de brunner FTIR (Malviya et al, 2010).

Dans l'étude de Rocha et al, (2020). Une analyse par spectrophotomètre infrarouge (IR) de l'échantillon purifié et non purifié a été effectuée à travers d'un spectrophotomètre infrarouge (IR) (Nicolet-Model : IS50 FT-IR) à la gamme de longueur d'onde de 650 à 4000 cm⁻¹ en utilisant environ 5,0 mg de chaque échantillon analysé. (Cui et al, 1994).

Partie II. Matériels et méthodes

6. Calcul de rendement

Le rendement de l'extraction est calculé comme le suivant :

$$R = \text{Me} / \text{Mo} * 100.$$

Me : masse du mucilage extrait.

Mo : masse initiale des graines de lin

7. Evaluation de mucilage comme agent de liaison de prednisolone

Abuelrakha et al, (2019) ont cherché à évaluer Le mucilage comme un agent de liaison dans la prednisolone, pour cela trois formules, contenant trois pourcentages différents de mucilage de graines de lin : 3%, 5%, 7% ont été préparées.

Partie III. Résultats et discussion

Partie III. Résultats et discussion

Au cours de notre travail, nous avons traité 3 articles ; **Verma et al, (2014)** ; **Abuelrakha et al, (2019)** et **Rocha et al, (2020)** ; Dont leur objectif est l'extraction et la caractérisation de mucilage extrait de grain de *Linum usitatissimum*.

Verma et al, (2014) ont effectué une caractérisation organoleptique ; dont ils ont déterminé plusieurs paramètres (**Tableau 05**).

Tableau 5 : propriétés organoleptiques de mucilage (**Verma et al, 2014**).

Paramètre	Mucilage
Couleur	Marron clair
Odeur	Sans odeur
Gouter	Caractéristique
Fracture	Rugueux
Texture	Rugueux et irrégulier

Les mucilages obtenus dans les trois articles ont été caractérisés et les résultats sont représentés dans le **tableau 06**.

Tableau 6 : résultats des propriétés physico chimiques de graine de *Linum usitatissimum*.

Propriétés/articles	Verma et al, (2014)	Abuelrakha et al, (2019)	Rocha et al, (2020)		
Rendement %	18.6	/	pH = 3.81	pH = 6.75	pH = 9.69
			25,10	34,21	22,14
pH	7	7.2	/		
Indice de gonflement	83.33	1.8	/		

Partie III. Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus, le rendement d'extraction varie de 18.6 % (Verma et al, 2014) à 34,21 obtenu à pH = 6, 75 dans l'étude de Rocha et al, (2020)

Le rendement le plus élevé a été enregistré à un pH presque neutre de 6,75 (Rocha et al, 2020). Des résultats similaires ont été rapportés par Cui et al, (1994), dont l'étude sur l'optimisation de l'extraction du mucilage de la graine de lin a montré que le pH entre 6,5 et 7,0 était la meilleure condition d'extraction.

Plusieurs rapports ont montré que le rendement d'extraction dépend de facteurs environnementaux, tels que les conditions climatiques (Saag et al, 1975), de la procédure d'extraction, et de la variété de la matière première (Fedeniuk et Biliaderis, 1994).

Le rendement maximal (34,21 obtenu à pH = 6, 75) a conduit au taux de fibres le plus faible (5,41%). Dans le travail de Rocha et al, (2020) (Tableau 7), ce résultat suggère que l'extraction d'autres substances a eu lieu à pH = 6,75.

Tableau 7 : teneur en fibre et rendement d'extraction (Rocha et al., 2020).

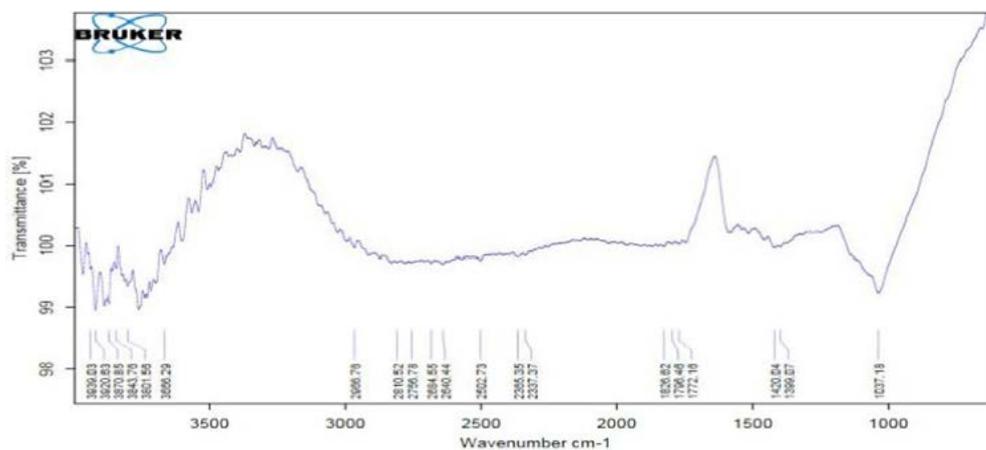
Echantillon	pH	Rendement (%)	Fibres (%) +/-SD
1	3.81	25,10	6.64%+/-0.49a
2	6.75	34,21	5.41%+/-0.45b
3	9.69	22,14	6.60%+/-0.39a

Les polysaccharides présentent plusieurs groupes hydroxyle, ce dernier agit comme une base et accepte les protons chargés positivement (Solomons et Fryhle, 2001). Ce processus augmente la polarité de la molécule, ainsi que son affinité avec le solvant polaire (l'eau). C'est une explication probable des taux de fibres plus élevés enregistrés pour les extractions à pH acide et basique.

Le mucilage obtenu par Verma et al, (2014) et Abuelrakha et al, (2019) ont présenté un indice de gonflement de l'ordre de 83.33% et 1.8% respectivement. ; L'indice de gonflement est le volume en ml occupé par 1 g de la substance Selon Verma et al, (2014), ils ont vérifié que si l'indice de gonflement soit supérieur à 60%, l'espèce possède de bonnes propriétés de gonflement.

Partie III. Résultats et discussion

La **Figure 05** représente le résultat de l'étude spectroscopique IR réalisé par **Verma et al, (2014)** ; le spectre obtenu a révélé la présence de groupes caractéristiques dans le mucilage extrait de *Linum usitatissimum*.



Fréquence (cm ⁻¹)	Affectation
3666.29	O-H
2966.76	C-H
2810.52	C-H
2640.44	C=O
1826.62	C=O
1420.04	C-H

Figure 5 : Spectroscopie FTIR de *Linum usitatissimum* (Malviya et al, 2010).

Partie III. Résultats et discussion

L'étude spectroscopique (FIR) menée par (Rocha et al, 2020) a été réalisée afin d'identifier les principaux groupes fonctionnels des échantillons, d'étudier si l'extraction réalisée à différents pH influencerait la qualité des extraits, ainsi que pour vérifier l'effet de la précipitation à base d'éthanol, comme recommandé par la littérature (Cui et al, 1994).

Les résultats obtenus (Figure 6 ; 7 ; 8) ont démontré la présence de tous les pics caractéristiques de mucilage de graines de lin.

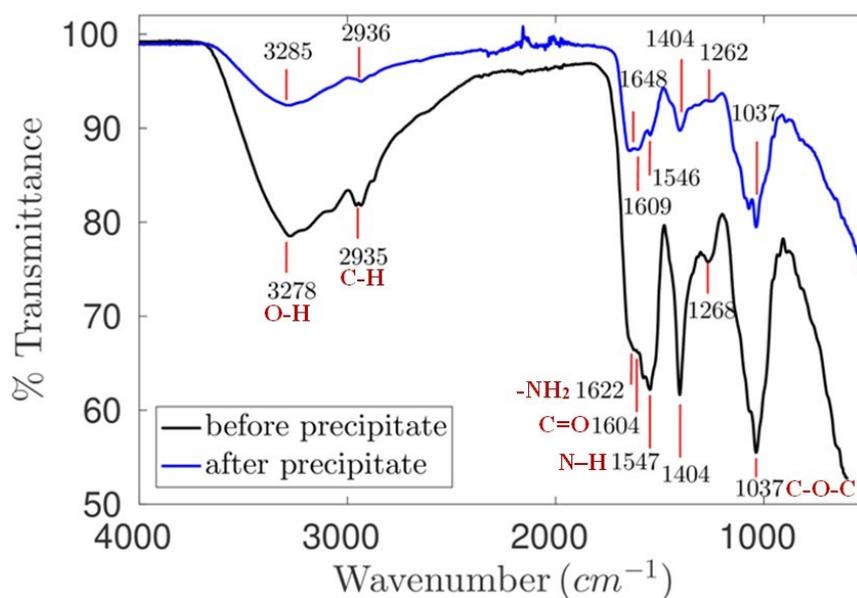


Figure 6 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 3,81, 45°C et 13,25h d'extraction (Cui et al, 1994).

Partie III. Résultats et discussion

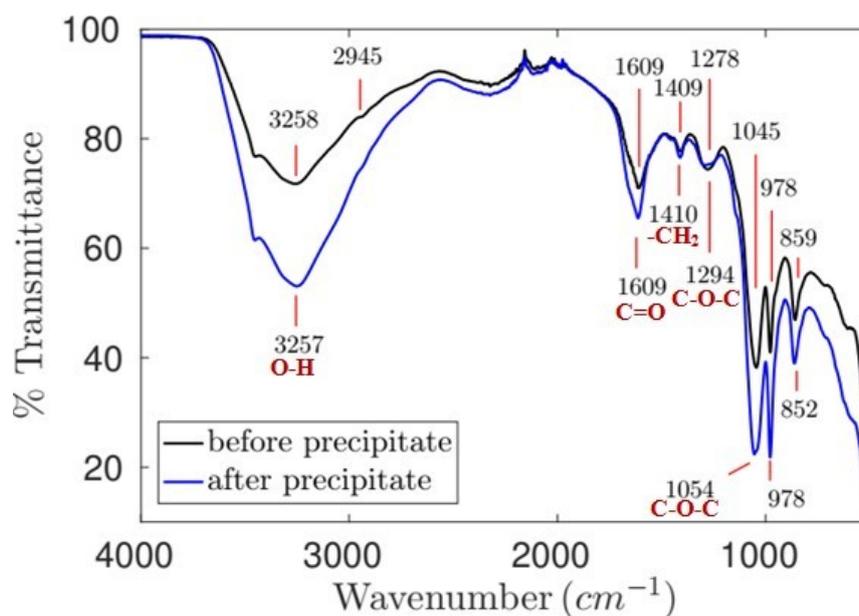


Figure 7 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 6,75, 45 °C et 13,25h d'extraction (Cui *et al*, 1994).

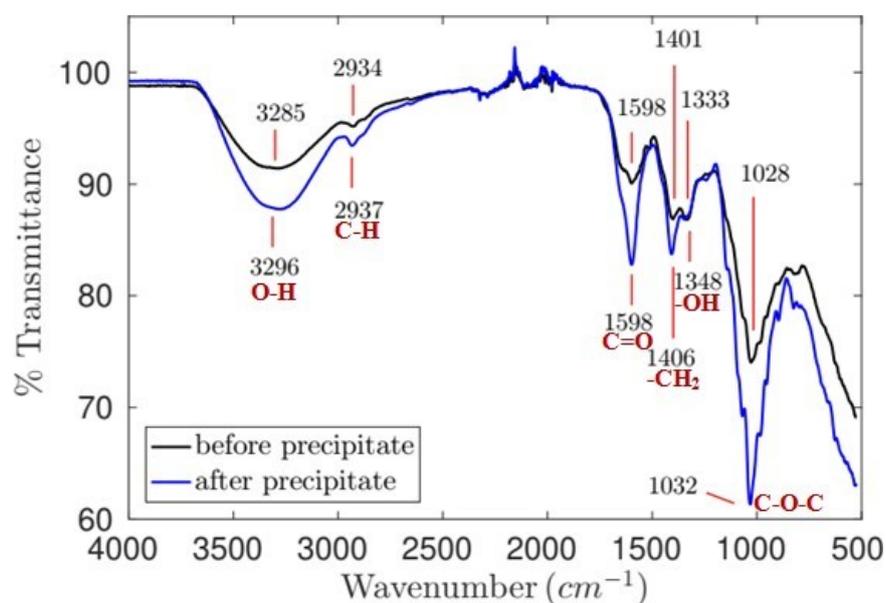


Figure 8 : Spectre infrarouge du produit extrait de la graine de lin à pH 9,69, 45°C et 13,25h d'extraction (Cui *et al*, 1994).

Partie III. Résultats et discussion

D'après l'analyse appliquée aux spectres des trois conditions expérimentales (acide, pH neutre et basique) et des trois précipités, il a été possible d'observer que le pH a influencé la qualité du produit, Le produit extrait en milieu basique à **pH = 9,69** semblait présenter un meilleur degré de pureté que le produit extrait en milieu acide. Apparemment, la concentration en protéines dans le milieu basique était relativement faible, au point que ses liaisons n'apparaissaient pas dans le spectre infrarouge.

De plus l'étape de purification basée sur la précipitation à l'éthanol n'a pas permis d'éliminer complètement les impuretés dans les différents échantillons.

Selon (**Wannerberger et al, 1991**), il n'y avait pas de différence significative entre le pourcentage relatif des constituants dans le produit total extrait de la graine de lin et le produit précipité. Les résultats rapportés par (**Wannerberger et al, 1991**) ont renforcé l'absence de nécessité d'une étape de purification à base d'éthanol dans le cas du mucilage de la graine de lin obtenu par extraction aqueuse.

(**Abuelrakha et al, 2019**) ont testé trois pourcentages différents de mucilage de graines de lin 3%, 5%, 7% comme agent liant dans le Prédnisolone 20 mg, Les résultats du test de dureté ont montré une grande augmentation de la dureté des comprimés : 4,23, 5,59 et 7,76, respectivement. Le test de dissolution a été effectué à pH 1,2 pendant 2 heures et la libération cumulée du médicament était respectivement de 20,33 %, 17,88 % et 14,49 %. Et à pH 6,8 pendant 4 heures, la libération cumulée du médicament était de 78,18 %, 75,43 % et 69,19 %. Les comprimés formulés ont montré un aspect général acceptable. La formule mucilage 7% a montré la meilleure fluidité des granules, la meilleure dureté et la meilleure friabilité en comparaison avec les formules 3% et 5%. L'étude de dissolution in vitro a indiqué que les principaux facteurs qui influencent la quantité de médicament libéré sont le pH du milieu utilisé et la concentration du mucilage. Donc le mucilage de *Linum usitatissimum* c'est un bon agent

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur le mucilage extrait des graines de lin à travers une synthèse faite sur trois articles traités.

Suite à cette analyse et aux résultats obtenus par les différents auteurs nous concluons que :

La méthode et les conditions d'extraction (pH, t°, temps) jouent un rôle important dans les résultats des caractérisations physicochimique de mucilage.

L'extraction réalisée à des pH neutre permet d'obtenir les rendements les plus élevés.

Le taux de rendement est en relation avec le taux de fibres.

L'étape de purification de mucilage réalisé par précipitation à base d'éthanol n'était pas un processus essentiel, car elle n'était pas capable d'éliminé totalement les impuretés.

Grâce aux tests applicable dans l'article de **Abuelrakha et al, (2019)** ; le mucilage est considéré comme un bon agent liant dans le comprimé de prednisolone.

Comme perspective, il serait souhaitable de réaliser l'extraction des mucilages à partir des plantes utilisées localement (en Algérie ; et à Tlemcen), d'effectuer sa caractérisation, et de tester ses différentes propriétés biologiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

• A

- **Ali-Delille L. (2013).** Les plantes médicinales d'Algérie. Berti édition Alger, 6-11.
- **Anttila M., Kankaanpää-Anttila B., Sepponen M., Timonen H., Autio K., (2008).** Improving of texture of dairy products. WO.913.A1.
- **Bal T., Murthy P.N., Sengupta., (2012).** Isolation and analytical studies of mucilage obtained from the seeds of dillenia indica by use of various analytical techniques. *Asian journal of pharmaceutical and clinical research.* 5: 65-67.

• B

- **Basch E., Mphil D., Bent S., Collins J., Dacey C., Hammerness P., Harrison M., Smith M., Szapary P., Ulbricht C., Vora M., Weissner W. (2007).** Flax and flaxseed oil (*Linum usitatissimum*): a review by the Natural Standard Research Collaboration. *International Journal of Clinical Oncology.* 5 : 92-105.
- **Bérangère A., Paul G., Michel P. (2011).** Secret et vertus des plantes médicinales. 1^{ère} édition. ISBN : 978-2-7098-2212-1.
- **Botineau L.M. (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed TEC et DOC. 11, rue Lavoisier 75008 Paris.
- **Bruneton J. (2004).** Pharmacognosie et phytochimie. Plantes médicinales, Edition Technique et documentation, 3^{ème} Edition Lavoisier, Paris.
- **Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales 4^e Ed.

• C

- **Chabrier J.V. (2010).** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de doctorat, Université Henry Poincaré-Nancy 1, France. P 172.
- **Chatain C., Jacquier J.P., Pralong, P., Leccia M.T. (2016).** Flaxseed allergy: Review upon a case report. *Revue française d'allergologie.* 56 : 562-566.

Références bibliographiques

- **Chen M., Cheung F. W., Chan M. H., Hui P. K., Ip S. P., Ling Y. H., & Liu W. K., (2012).** Protective roles of Cordyceps on lung fibrosis in cellular and rat models. *Journal of ethnopharmacology*. 143: 448-454.
- **Cui W., Mazza G., Oomah B. D., Biliaderis C.G. (1994).** Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology. *LWT – Food Science and Technology*. 27: 363-369.

• D

- **Divekar Varsha B., Kalaskar Mohan G., Chougule Poonam D., Redasani Vivek K., Baheti D .(2010).** Isolation and characterization of mucilage from *Lepidium Sativum* Linn Seeds, *International journal of pharma Reseach et Development*. Online (IJPRD),09974.9446.
- **DUTERTRE J.M. (2011)** - Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences médicales, France, 33 p.

• E

- **Eberhard T., Lostein A. (2005).** Plantes aromatiques. Ed TEC et DOC : France.
- **El Abdali Younes, (2017).** Caractérisation phytochimique et activité antioxydante et immunostimulante de *lavanduladentata* et *linumusitatissimum*. Mémoire de Master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Ville de Fès au Maroc.

• G

- **Grunwald J., Janick C. (2006).** guide de la phytothérapie. 2ème édition. Italie : marabout.
- **Guignard J-L., Dupont F. (2015).** Abrégé de Botanique. Les familles de plantes 16ème Edition.

Références bibliographiques

- **Guilloux K., Gaillard I., Courtois J., Courtois B., Petit E. (2009).** Production of Arabinoxylanoligosaccharides from Flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* .57: 11308-11313.

• H

- **Halligudi N. (2012).** Pharmacological properties of flax seed: Review Hygeia. *Journal for drugs and medicines*. 4: 70- 77.
- **Horwitz W. (2000).** Official methods of analysis of AOAC Internacional (17th ed.). Gaithersburg, MD : AOAC.

• I

- **ISERIN P., MASSON M., RESTELLINI J. P., YBERT E., DE LAAGE DE MEUX A., MOULARD F., ZHA E., DE LA ROQUE R., DE LA ROQUE O., VICAN P., DEELESALLE -FEAT T., BIAUJEAUD M., RINGUET J., BLOTH J., BOTREL A. (2001).** Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2^{ème} édition de VUEF, Hong Kong : 335.

• J

- **Jean-Marie P, Francis D. (2009).** Plantes médicinales : Secrets et remèdes d'autrefois. Éditions DEBAISIEUX.
- **Jhala, A. J., hall, L. M. (2010).** Flax (*Linum usitatissimum L.*): current uses and future application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4 : 4304-4312.
- **Jorite S. (2015).** La phytothérapie, une discipline entre passé et futur : de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel. Thèse de doctorat. Université de Constantine 1. 106p.

• K

- **Kaithwas, G., Mukerjee, A., Kumar, P., Majumdar, DK. (2011).** *Linum usitatissimum* (linseed/flaxseed) fixed oil: antimicrobial activity and efficacy in bovine mastitis, *Inflammopharmacology*. 19: 45-52.

Références bibliographiques

- **KUNKELE U., LOBMEYER T.R. (2007).** Plantes médicinales, Identification, Récolte, Propriétés et emplois. Edition parragon Books L tol :33 _ 318.

• L

- **Laiq Khan, M., Sharif M, Sarwar Sameea M, Ameen M., (2010).** Chemical composition of different varieties of linseed. *Pakistan Veterinary Journal.* 30 : 79-82.
- **Lala, P.K. (1981).** practical pharmacognosy. calculatta, lina guha, pp: 135.
- **Lepiniec, L., Debeaujon, I., Routaboul, J. M., Baudry, A., Pourcel, L., Nesi, N., Caboche, M. (2006).** Genetics and biochemistry of seed flavonoids. *Annual Review of Plant Biology.* 57: 405-430.
- **Lothar Mindt Karl Saag, George R. Sanderson, Patrick Moyna" and Gerard0 Ramos. (1975).** Cactaceae Mucilage Composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 26: 993-1000.

• M

- **Malviya, R., P. Sriviastiava, M. Bansal and P.K. Sharma. (2010).** Mango peel pectin as superdisintegrating agents. *Journal of scientific and industrial research.* 69: 688-90.
- **MEHANI M. (2015).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'Eucalyptus camendulensis dans la région d'Ouargla, thèse doctorat. Université de KASDI Merbah, Ouargla.

• N

- **Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi, M.S., Ghorbani, A. (2005).** Labiatae Family in folk Medicine in Iran from Ethnobotany to Pharmacology. *Iranian journal of pharmaceutical research.* 2: 63-79.
- **Nogaret-Ehrhart Anne-Sophie, (2003).** La Phytothérapie Se Soigner Par Les Plantes, ISBN 2-7081-3531-7. Suisse.25-30.
- **NT et WS Beniston, (1985).** Fleurs d'Algérie.

• P

Références bibliographiques

- **Palla A. H., Iqbal N. T., Minhas K. & Gilani A. H. (2016).** Flaxseed extract exhibits mucosal protective effect in acetic acid induced colitis in mice by modulating cytokines, antioxidant and antiinflammatory mechanisms. *International Immunopharmacology*. 38 : 153–166.
- **paul S ., ferdinand P. (2010).** Guide de plantes médicinales.
- **PELT J-M. (1980).** Les drogues : Leur histoire, leurs effets, Ed. Doin.

• Q

- **Qin L., Xu S.-Y. & Zhang W.-B., (2005).** Effect of enzymatic hydrolysis on the yield of cloudy carrot juice and the effects of hydrocolloids on color and cloud stability during ambient storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 505-512.

• R

- **Ricky W., FedeniukCostas G., Biliaderis. (1994).** Composition and Physicochemical Properties of Linseed (*Linum usitatissimum L.*) Mucilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42 : 240–247.
- **Roberto C. (1982).** Les plantes médicinales guide vert. Paris : Solar.

• S

- **Savoire, R., (2008).** Étude multi-échelles de la séparation solide-liquide dans la trituration du lin oléagineux, Thèse de doctorat. Université de Technologie, Compiègne, p11.
- **Solomons, G., & Fryhle, C. (2001).** Química orgânica (7a ed., Vol. 1). Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC.
- **Strang C. (2006).** Larousse médical. Ed Larousse.

• T

- **Tardivon J-C., Chadouli S-M. (2012).** Les plantes aromatiques et médicinales un exemple de développement humain au Maroc la coopérative féminine de ben karrich-Tétouan : 1-19.

• V

- **Vaisey-Gaiser M. & Morris D. H. (2003).** In: Flax: The genus *Linum*. Muir A.D. & Westcott N.D. (éditeurs). Taylor et Francis, New York, NY, pp 1-21.
- **Vaisey-Genser, M., Morris D.H. (2003).** Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In Flax (pp. 13-33). CRC Press.
- **Venglat, P., Xiang, D., Qiu, S., Stone, S. L., Tibiche, C., Cram, D., & Bekkaoui, F. (2011).** Gene expression analysis of flax seed development. *BMC plant biology*. 11: 1-15.
- **Vercaïtere J. (2012).** Formules et illustration du cours de pharmacognosie, ed UMN, pp40-41. WIDMER FRANCOIS, ROLAND BEFFA (2000) Aide-mémoire de biochimie et biologie moléculaire 2éd Edition médicales internationales, condres, Paris –new York .200p.
- **Vercauteren J. (2012).** Formules et illustration du cours de pharmacognosie, Ed UMN.

• W

- **Wannerberger, K., Nylander, T., & Nyman M. (1991).** Rheological and chemical properties of mucilage in different varieties from linseed (*Linum usitatissimum*). *Acta Agriculturae Scandinavica..* 41: 311-319.
- **Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois J. (2003).** Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of a new anionic polymer. *Chromatographia*. 58 : 331-335.
- **Wichtl M., Anton R. (2003).** Plantes thérapeutiques – Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique, 2ème édition, Ed. TEC & DOC.
- **WICHTL M., ANTON R. (2009).** Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition LAVOISIR, Paris. 38 : 41.