REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des Procédés Pharmaceutiques

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES EXTRAITS AQUEUX D'UNE PLANTE MEDICINALE LOCALE

Présenté par

SAIDANI Soumia

KOULALI Nadjet

Proposé et Dirigé par

Dr KHALLADI Razika

Pr CHERIFI Hakima

Promotion 2019

Remerciements

Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir donné le savoir et la faculté de Pouvoir poursuivre nos études.

Nos sincères remerciements et reconnaissances à nos parents

Je tiens à remercier ***Mme KHALLADI Razika*** *ma promotrice, pour avoir encadrée ce travail. Je tiens à vous remercier pour votre disponibilité, votre aide précieuse, vos conseils, votre objectivité, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils.*

Soyez assuré de ma sincère estime.

Nous tenons à exprimer ma très grande considération A notre co-promotrice Mme ***CHERIFI Hakima*** *pour sa disponibilité, et son aide.*

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Et à l'ensemble des personnel de laboratoire de l'université ***YAHIA FARES DE MEDEA****, pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonnes conditions.*

Mes remerciements s'adressent finalement à toutes personnes qui m'ont apporté leur aide pour la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents :

Mon Père ; En vous, je voie un père dévoué à sa famille. Ta présence en toute circonstance m'a maintes fois rappelé le sens de la responsabilité.

Ma Mère ; En vous, je voie la maman parfaite, toujours prête à se sacrifier pour le bonheur de ses enfants

À mes chers frères et sœurs

Fatiha, Fatima, Nor al houda ,Zakia, Ahmed, Nabil ,Walid.

A toute ma famille SAIDANI

A mes amies : Soumia, Mebarka, Messaouda,Yamina, Ilham.

Ma chère et mon binôme : Nadjet

A tous mes amis Avec vous j'ai passé des bons moments

Soumia

Dédicace

je dédie ce travail :

A mes très chers parents.

Sincèrement aucune dédicace ne pourra être témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus grand respect, car on ne pourra jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué par lesquels vous nous ont toujours entouré depuis notre enfance.

À mes chers frères : Rachid, Toufik, Madani.

À mes chères sœurs : Atika,Akila, Marwa, Halima,

À toute ma famille, proche ou éloignée.

À mes amies : Siham, Yamina, Ilham, Mebarka, Soumia .

Ma chère et mon binôme : Soumia

A tous mes amis Avec vous j'ai passé des bons moments

Nadjet

ملخص

كان الهدف من هذا العمل هو تقييم محتوى مادتين نباتيتين متوفرتين على نطاق واسع في الجزائر من عديد السكاريد ، أوراق اللزاز من ولاية المدية ، وقرون الخروب التي تم قطفها من عين الدفلة .

في دراسة ببليوغرافية غنية وشاملة (الفصل 1 و 2) تم تقديم الاعمال العلمية التي تم إجراؤها على هاتين المادتين والتي تتناول خصائصهما الدوائية والعلاجية ، ومحتواهما من البوليفينول والسكاريد ، وكذلك طرق الاستخراج المستخدمة.

بناءً على دراسة سابقة ، تم إجراء الاستخلاص بالمذيب في نظام دفعات عند 60 درجة مئوية وبنسبة صلب / سائل 35/1 (جم / مل) لمدة ساعتين و 4 ساعات باستخدام الماء المقطر والإيثانول على التوالي.

فحصت المستخلصات المائية والإيثانولية للنباتين بقياس معامل الانكسار ودرجة الحموضة (6.1 ـــ6.43) والتوصيل الكهربائي (1ـــ98 ميكروثانية / سم) . كما تم تحديد الخصائص الحسية لكل المستخلصات. أظهرت النتائج أن المستخلصات لها صفة حمضية إلى معتدلة . أكد اختبار قوة الرغوة إمكانية وجود جزيئات فاعلة بالسطح في قرون الخروب.و لسوء الحظ ، لم يمكن استكمال بقية العمل بسبب ظروف الوباء.

الكلمات المفتاحية: اللزاز ، الخروب ، الأنشطة المضادة للأكسدة ، السكريات المتعددة ، قوة الرغو

Résumé

l’objectif de ce travail était d’évaluer le contenu en polysaccharides de deux matière végétales largement abondantes en Algérie, les feuilles de Daphné Garou de la wilaya de Médéa et les gousses de caroube récolté d' Ain-Defla. Les travaux scientifiques réalisés sur ces deux matières et qui traitent leurs propriétés pharmacologiques et thérapeutiques, leurs contenus en polyphénols et en polysaccharides, ainsi que les méthodes d’extraction utilisées sont présentés dans une étude bibliographique riche et étendue (chapitre 1 et 2).

En se basant sur une étude antérieure, l’extraction par solvant en système batch a été menée sous 60°C et avec un rapport solide/ liquide de 1/35 (g/ml) pendant 2 heures et 4 heures avec l'eau distillée et l'éthanol respectivement.

Les extraits aqueux et éthanoliques des deux plantes ont été caractérisés par mesure de l'indice de réfraction, pH (6.1 - 6.43), et de conductivité électrique (1 - 98 µs /cm). Les propriétés organoleptiques ont été aussi déterminées. Les résultats ont montré que les extraits ont un caractère moyennement acide à neutre. Le test de moussage a confirmé la possibilité d’avoir des molécules tensioactives dans les gousses de caroube. Malheureusement, le reste du travail n’a pas pu être achevé à cause des conditions pandémiques.

Mots clés : Daphné Garou, caroube, activités antioxydante, polysaccharide, pouvoir de moussage

Abstract

The objective of this work was to evaluate the polysaccharide content of two plant matter widely abundant in Algeria, the leaves of Daphne Garou from the wilaya of Médéa and the carob pods harvested from Ain-Defla. The scientific work carried out on these two materials and which deals with their pharmacological and therapeutic properties, their content in polyphenols and polysaccharides, as well as the extraction methods used are presented in a rich and extensive bibliographic study (chapter 1 and 2).

Based on a previous study, the solvent extraction in a batch system was carried out at 60 ° C and with a solid / liquid ratio of 1/35 (g / ml) for 2 hours and 4 hours with distilled water and ethanol respectively.

The aqueous and ethanolic extracts of the two plants were characterized by measuring the refractive index, pH (6.1 - 6.43), and electrical conductivity (1 - 98 µs / cm). The organoleptic properties were also determined. The results showed that the extracts have a moderately acidic to neutral character. The foaming test confirmed the possibility of having surfactant molecules in the carob pods. Unfortunately, the rest of the work could not be completed due to pandemic conditions.

Keywords: Daphne Garou, carob, antioxidant activities, polysaccharide, foaming power.

Sommaire

Dédicace

Résumés (arabe, français et anglais)

Abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralités sur les biomasses étudiées

I.1.GENERALITES SUR LE DAPHNE GNIDIUM L 3

I.1.1.Présentation générale de la famille des Thymelaeaceae 3

I.1.1.1.Description botanique des Thymelaeaceae 3

I.1.1.2.Distribution géographique 3

I.1.2.Description de Daphné gnidium (DGL) 4

I.1.2.1.Origine 4

I.1.2.2.Noms vernaculaires 4

I.1.2.3.Classification systématique 4

I.1.2.4.Description botanique 5

I.1.2.5.Composition chimique de DGL 6

I.1.2.6.Utilisation traditionnelle de la plante et propriété biologique 6

I.1.2.7.Propriétés pharmacologiques de daphné garou 6

I.1.2.8.Toxicité du Daphne gnidium L 8

I.2. GENERALITES SUR LE CAROUBE 8

I.2.1 Présentation générale de caroubier 8

I.2.1.1 Description botanique caroubier 9

I.2.1.2 Distribution géographique 11

I.2.2.Description de caroube 12

I.2.2.1. Origines de caroube 12

I.2.2.2 Noms vernaculaires 12
I.2.2.3. Classification systématique 13
I.2.2.4. Gomme de caroube 13
.2.2.5. Production de la farine de caroube son utilisation 14
I.2.2.6. Biologie et physiologie du cycle de caroube 15
I.2.2.7. Composition chimique de la caroube 15
I.2.2.8. Utilisations des produits de caroube 16
I.2.2.9 Production mondiale de caroube 18
I.2.2.10. Effets indésirables des produits de caroube 19

Chapitre II: Les polysaccharides

II.1. GENERALITES 21
II.2. Classification des polysaccharides 21
II.2.1. Selon la structure 21
II.2.2. Selon l'origine 21
II.3. Principaux polysaccharide présents dans le Caroube 22
Cellulose : 22
Hémicellulose 23
Galactomannane (la gomme de caroube) 23
II.4. Rôle des polysaccharides dans les végétaux 24
II.5.Propriétés des polysaccharides : 24
II.5.1. Propriétés chimiques et physicochimiques des polysaccharides : 24
II.5.2. Propriétés biologiques des polysaccharides : 25
Activité anti-oxydante : 25
Activité neuro-protectrice : 26
Activité antiviral : 26
II.6.Méthodes d'extraction des polysaccharides : 27
II.6.1.Extractions à l'eau chaude : 27

II.6.2.La précipitation à l'alcool :.....27
II.6.3.Extraction assistée par microondes : 27
II.6.4.Extraction assistée aux ultrasons :.....28
II.6.5.Extraction par Soxhlet :.....28
II.6.6.Extraction acide et alcaline :.....29
II.6.7.Extraction enzymatique :.....29

Chapitre III : Partie expérimentale

III.1. Objectif et étapes réalisées de ce travail:.....31
III.2. Matériels et produits :.....31
III.3. Matériel végétal :.....31
III.3.1. Récolte de la matière végétale :.....32
III.3.2. Préparation de la matière végétale :.....32
A. Séchage de la matière végétale :.....32
B. Broyage du matériel végétal :.....32
III.4. Caractérisation du matériel végétal :.....33
III.4.1. Détermination de la teneur en eau :.....33
III.4.2. Caractéristiques organoleptiques :.....33
III.5. Extraction des polysaccharides:.....34
III.5.1. Protocole expérimental :.....34
III.6. Caractérisation des extraits :.....35
III.6.1. Caractéristiques organoleptiques :.....35
III.6.2. Mesure de pH.....36
III.6.3. Conductivité électrique :.....36
III.6.4.Indice de réfraction ;.....36
III.7. Test des propriétés tensioactives :.....37
Test de moussage.....37
III.8.Test phytochimique pour les extraits aqueux :.....37

Test d’amidon : 37

Conclusion générale.....39

Références bibliographiques

Liste des Abréviations et symboles

Abréviation	Signification
ABTS	[(acide 2,2'-azinobis (3 éthylbenzothiazoline-6- sulfonique)]
ADN	Acide désoxyribonucléique
DGL	Daphnegnidium L
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
HSV	Virus d'herpe simplex
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
pH	Potentiel d'Hydrogène
PS	polysaccharides
S/L	Solide/liquide
T	Température
VIH	Virus immunodéficience humaine

Unité	Signification
°C	Degré Celsius
cm	Centimètre
G	Gramme
h	Heurs
m	mètre
mn	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mg	Milligramme
t	Temps
µs	Microsiemens

Liste des tableaux

Tableau	Titre du tableau	Page
Chapitre I : Généralités sur les biomasses étudiées		
Tableau I.1	Classification de daphné garou	4
Tableau I.2	Propriétés pharmacologiques des différentes parties du DGL	7
Tableau I.3	Types d'inflorescence de la fleur du caroubier	10
Tableau I.4	Classification du caroubier	13
Tableau I.5	Composition chimique de la caroube	16
Tableau I.6	Les produits dérivés de la pulpe de caroube et leurs applications	17
Tableau I.7	Production mondial de caroube	18
Chapitre II : Les polysaccharides		
Tableau II.1	Effets des composants des polysaccharides sur leurs propriétés physicochimiques	25
Tableau II.2	Les activités biologiques des polysaccharides	26
Tableau II.3	Techniques d'extraction de quelques polysaccharides	29
Chapitre III : Partie expérimentale : Résultats et discussions		
Tableau III.1	Matériels et produits utilisés	31
Tableau III.2	Résultats du taux d'humidité des biomasses étudiées	33
Tableau III.3	Caractéristiques organoleptiques de DGL et Caroube	34
Tableau III.4	Extraction des composés polysaccharides	34
Tableau III.5	Caractéristiques organoleptiques des extraits	35
Tableau III.6	Résultats des pH	36
Tableau III.7	Résultats de la conductivité électrique	36
Tableau III.8	Résultats de l'indice de réfraction	36
Tableau III.9	Hauteurs de la mousse	37

Liste des figures

Figure	Titre de la figure	Page
Chapitre I : Généralités sur les biomasses étudiée		
Figure I.1	carte de répartition géographique des Thymelaeaceae.	3
Figure I.2	Daphné gnidium L. un arbuste avec des tiges élancées, des feuilles persistantes.	4
Figure I.3	Inflorescence et fleur de Daphné gnidium L.	5
Figure I.4	Fruits de Daphné gnidiumL. à différents stade de maturité	6
Figure I.5	L'arbre du caroubier (Ceratonia siliqua L.)	9
Figure I.6	Feuille et foliole du caroubier	10
Figure I.7	Inflorescences du caroubier	10
Figure I.8	Le fruit du caroubier	11
Figure I.9	Les graines du caroubier	11
Figure I.10	Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde	11
Figure I.11	Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques	12
Figure I.12	Gousse de caroube; B: Coupe transversal de la gousse	14
Figure I.13	Diagramme de la production de la farine de caroube	14
Figure I.14	Fructification du caroubier	15
Chapitre II : Les polysaccharides		
Figure II.1	Représentation de la chaîne de cellulose	23
Figure II.2	Vue perspective d'une fibre de cellulose	23
Figure II.3	Structure de la gomme de caroube; rapport mannose (α 1,4) galactose (β 1,6).	24
Figure II.4	Principe de chauffage par microondes	28
Figure II.5	Extracteur de Soxhlet	29
Chapitre III : Etude expérimentale		
Figure III.1	Photos des feuilles de Daphné gnidium L et gousse de caroube utilisés	32
Figure III.2	Matière végétale séchée	32

Figure III.3	Broyage de la matière végétale	33
Figure III.4	Macération à chaud à différentes températures	35
Figure III.5	Etape de filtration	35

Introduction générale

Introduction générale

Les gens ont toujours été intéressés par l'histoire des plantes médicinales et leurs effets thérapeutiques, cosmétiques ou nutritionnels. À l'heure actuelle, plusieurs questions se posent concernant la sécurité des produits chimiques synthétiques utilisés dans l'industrie pharmaceutique ou alimentaire. Face aux limites thérapeutiques des médicaments chimiques, la recherche sur les plantes médicinales a connu un grand développement dans le but d'extraire de nouvelles molécules bioactives. **[1].**

Le Daphné gnidium L et la caroube sont des plantes médicinales qui possèdent des propriétés thérapeutiques comme l'activité antibactérienne, antioxydante et anti-inflammatoire, qui ont fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques. **[1].**
Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est l'utilisation de ces deux biomasses locales (gousses de caroube et les feuilles de daphné gnidium L) pour l'extraction de biomolécules de valeur ajoutées. Il s'agit des polysaccharides et des polyphénols. Les propriétés organoleptiques, pH, conductivité électrique et indice de réfraction de ces biomolécules ont été évaluées ainsi que le pouvoir moussant.

Pour ce faire, notre étude est divisée en trois chapitres regroupés en deux parties :

- La première partie constituée du chapitre un et deux, représente une revue bibliographique riche et détaillée sur les deux espèces végétales utilisées daphné gnidium et la caroube ainsi que sur les polysaccharides et leur méthode d'extraction.
- La deuxième partie englobe les différentes méthodes suivi et matériels utilisées au cours de notre travail expérimental ainsi que les résultats minimes obtenus avec leurs interprétations.

Chapitre I
Généralités sur les biomasses étudiées

I.1.GENERALITES SUR LE DAPHNE GNIDIUM L

I.1.1.Présentation générale de la famille des Thymelaeaceae :

Les Thymelaeaceae sont une petite famille de dicotylédones composée de 1200 espèces réparties en 67 genres **[2]** , Les membres de cette famille sont largement répartis dans les régions tempérées de la terre, en particulier en Afrique et dans les régions tropicales, et n'existent pas seulement dans les climats plus froids **[3].** Les genres les plus diversifiés sont Daphne (90 espèces), Daphnia (73 espèces), Nedia (152 espèces), Oleaceae (32 espèces), Pimelia (80 espèces), Thymus (27 espèces) et Victors Romea (87 espèces). **[4]**

- types de Daphné les plus courants sont:

1/Daphne mezereum (L) (Bois gentil).
2/Daphne laureola (L) (La lauréole).
3/Daphne gnidium (L) (Le garou) **[5]**.

I.1.1.1.Description botanique des Thymelaeaceae :

Les Thymelaeaceae sont principalement des arbustes et leurs caractéristiques morphologiques sont **[6] :**

- Feuille : alternes (rarement opposées) ;
- Fleure : - régulières, bisexuées pièce florale normalement par 4 ou 5
- Fruite : - Akène ; baie, drupe ou parfois capsule

I.1.1.2.Distribution géographique :

Le genre thymelaea comprend 20 espèces autour de la Méditerranée, jusqu'en Asie centrale et au Pakistan, et son aire de répartition se situe principalement le long de la côte méditerranéenne (Europe du Sud, Asie du Sud-Ouest, Afrique du Nord). Cependant, il s'étend à l'ouest jusqu'à la côte atlantique du sud de l'Espagne, du sud du Portugal et du nord-ouest du Maroc. En Afrique du Nord, la limite sud de son air coïncide à peu près avec le bord du désert du Sahara (voir Figure I.1) **[1].**



Figure I.1. Carte de répartition géographique des Thymelaeaceae **[6].**

I.1.2.Description de Daphné gnidium (DGL) :

I.1.2.1.Origine

Originaire de la péninsule ibérique, de la France, des Apennins, des Balkans, des îles Canaries et de l'Afrique du Nord **[7],** c'est un fourré de plages méditerranéennes et atlantiques. Il existe dans tout le Tell de l'Algérie **[1].**

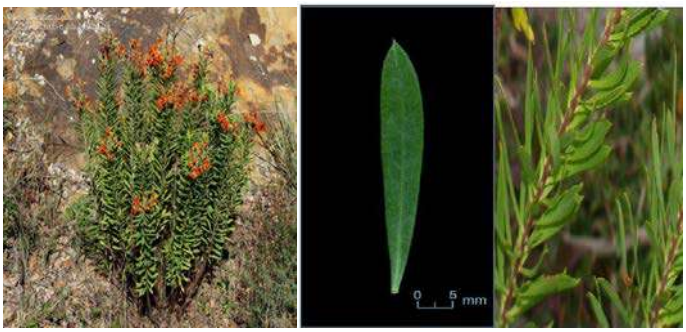


Figure I.2. Daphné gnidium L. Arbuste et feuilles. **[8].**

I.1.2.2.Noms vernaculaires :

Abderrazaq EL DJAZAIRI (1960) rapporté dans son livre différents noms vernaculaires au Daphné à savoir: Assas, Azaz, Lazaz et aussi Math'nen **[9].**

Nom français : Garou, Daphné Garou, Thymèle, Saint Bois
Nom anglais : Flax-leaved Daphne
Nom arabe : Lazzaz. **[1]**
Nom scientifique : Daphné gnidium L **[10].**
Autre noms communs : Garou, Daphné paniculé, Garouette, Saint bois, Thymélée de Montpellier, Thymélée à feuilles de lin, Lin bâtard, Lin sauvage, Bois d'oreilles, Bois de garou, Coquenaudier, Camélée noire, Trintanelle **[11].**

I.1.2.3.Classification systématique :

La classification de DGL est décrite dans le tableau I.1

Tableau I.1. Classification de daphné garou.[12]

Règne	Plantes
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotes
Sous-classe	Rosidees (Eurosidées)
Ordre	Malvales
Famille	Thymeleacées
Genre	Daphne

Espèce	Daphne gnidium L. (1753)

I.1.2.4.Description botanique :

La DGL est une plante de la famille des Thymeleaceae, de 60 cm à 2 m ou plus, à feuilles persistantes ou caduques, à fines branches, très feuillues, lisses, cylindriques et pubescentes au sommet **[1].**

i) Racine: Les racines de Daphné gnidium sont longues, dures et soyeuses, Dur, rouge à l'extérieur et blanc à l'intérieur.

ii) Tige: Plusieurs tiges élancées partent de la canopée sous la forme de petites branches Cylindrique, lisse gris-brun, en forme de feuille sur toute sa longueur.

iii) Feuille: Les feuilles sont persistantes pendant un an, sessiles alternes et sans stipules, longues de 2 à 4cm sur 3 à 7 mm, lancéolées à linéaires ; terminées en pointe ; entières et uni nerves. De couleur un peu glauque ; luisante en dessus, pales en dessous, subcoriaces et glabres. Elles laissent une cicatrice apparente après leur chute.

Inflorescence: Les fleurs sont blanches caduques Irrégulièrement sphérique à conique, formant de 10 à 60 fleurs **[8,10].** La floraison est longue, s'étalant de mars à octobre, c'est pour cette raison que les fleurs et les fruits cohabitent. C'est une plante symbiotique **[13].**



Figure I.3.Inflorescence et fleur de Daphné gnidium L. **[8]**

iv) Fruit:

Le fruit est une baie ovoïde nue mesurant 5 à 8 mm, initialement verte, puis il devient rouge vif, ensuite un oranger mûr avec une peau lumineuse et une seule graine (Figure I.4).



Figure I.4. Fruits de Daphné gnidiumL. à différents stade de maturité **[8]**

I.1.2.5.Composition chimique de DGL :

Le Daphné gnidium L. contient:

- Des coumarines (Daphnétine, daphnine, acétylimbelliférone, daphnorétine).
- Des flavonoïdes (lutéolin-3′,7-di-O-glucosidelutéoline, orientine, isoorient quercétine, apigénine-7-O-glucoside, genkwanine, 5-O-b-D-primeverosyl genkwanine, 2, 5, 7,4'-Tétrahydroxyisoflavanol).

Différents types de graines et d'écorce de Daphné contiennent des diterpènes, Davidine toxique (écorce) et mécéréline (graine) **[14,15]**.

I.1.2.6.Utilisation traditionnelle de la plante et propriété biologique :

La racine de chicorée en poudre a été utilisée comme médicament d'avortement en médecine traditionnelle, et l'écorce a été utilisée comme diurétique pour traiter les douleurs dentaires **[16]** et contre l'hépatite **[17].** Les feuilles en infusion ont été employées comme un agent hypoglycémiant **[18]** et pour le traitement des maladies cutanées **[19,20].**

En Algérie, Les parties aériennes de Daphné Gnidium ont été utilisées avec de l'huile d'olive pour lutter contre les douleurs inflammatoires. La plante est également utilisée dans les teintures textiles traditionnelles **[21].** Elle est aussi indiquée pour le lissage des cheveux et contre les pellicules. L'huile de semences du Daphne gnidium L. est purgative **[13].**

L'écorce des plantes du genre Daphné et plus particulièrement du DGL était utilisée sous forme de pommade aux propriétés épispastiques **[22].**

I.1.2.7.Propriétés pharmacologiques de daphné garou :

Dans la pharmacopée traditionnelle, D. gnidium L. est utilisé pour ses propriétés antiseptiques, insecticides, purifiantes, cicatrisantes, transpirantes et avortement. DGL a les activités biologiques: cytotoxicité, antioxydants et antibactériens **[23].**

En effet, le D. Garou est doté de propriétés vésicantes, purgatives, abortives, réputé aussi comme Hypoglycémiant **[24].**

Les propriétés thérapeutiques de DGL sont résumées dans le Tableau I.2

Tableau I.2.Propriétés pharmacologiques des différentes parties du DGL

Partie de la plante	Activité / effet	Résultats de l'étude	Références
Tiges	L'activité antimicrobienne	L'activité antibactérienne des tiges DGL a été évaluée par Cottigli et al. , Il a testé des extraits de méthanol de tiges sur des bactéries et des champignons. L'extrait a montré une activité antibactérienne contre Bacillus lentus et Escherichia coli, mais pas contre les champignons. La capacité antibactérienne des flavonoïdes et des coumarines extraits de plantes a également été testée. La daphné, la genkwanine et le 2,5,7,4'-tétrahydroxyisoflavonol ont l'activité la plus élevée.	**[25]**
Feuilles	L'activité antileucémique	L'étude de l'activité anti-leucémie in vitro, de la DGL contre l'extrait de feuille de cellules K562 / R7, de la sensibilité et de la résistance multidrogue indique que la plante peut être utilisée avec succès à cette fin.	**[26]**
Feuilles	Effets antioxydants et antigenotoxiques	Des études ont évalué la toxicité antioxydante et antigénique des polyphénols, en particulier des flavonoïdes dans la DGL. L'effet de l'extrait d'acétate d'éthyle de feuilles de DGL sur la réponse préventive des macrophages et la prolifération des lymphocytes in vitro a été évalué.	**[27,28]**
Feuilles	Activité anti-inflammatoire	L'extrait de feuille de DGL à une concentration de 100 µg/ml présente une activité anti-inflammatoire in vitro en inhibant la prolifération des macrophages et des lymphocytes. Cette activité anti-inflammatoire est vérifiée en mesurant la sécrétion de molécules pro-inflammatoires .	**[28]**
feuilles	Activité antifongique	À une concentration de 10 µg / ml, l'extrait de feuille de DGL a produit 94% d'inhibition de la synthèse de l'aflatoxine par Aspergillus flavus.	**[29]**

Parties aériennes	L'activité anti-HIV	L'étude de l'activité anti-HIV de l'extrait du dichlorométhane des parties aériennes du DGL. a montré que ce dernier a un pouvoir antirétroviral important avec absence de cytotoxicité. Quatre dérivés du daphnane, à savoir, la daphnétoxine, la gnidicine, la gniditrine et l'excoécariatoxine, ont manifesté une bonne activité antivirale. Les résultats de cette étude, ont montré que ces composés étaient actifs contre des virus résistants à plusieurs médicaments.	**[30]**
Racines et feuilles	Activité anticancéreux	L'extrait d'acétate d'éthyle des racines de DGL exerce un effet apoptotique et antiprolifératif sur les cellules du cancer du poumon et de l'hépatome in vitro. De plus, l'évaluation de l'activité anticancéreuse des extraits de feuilles de DGL a laissé voir une inhibition de la prolifération des lignées cellulaires de mélanome (B16 FO et B16 F10). A une concentration de 100µg/ml	**[31]**

I.1.2.8.Toxicité du Daphné gnidium L :

Toutes les parties de la plante sont toxiques à cause de ses feuilles et de ses fruits. Le contact de son jus sur la peau peut provoquer une dermatite chez certaines personnes. L'ingestion de fruits peut déclencher des ulcères digestifs, Inflammation buccale sévère, gonflement des lèvres et de la langue, despotisme, Les vomissements suivis de diarrhée sont souvent accompagnés de coliques et de saignements. Dans les cas graves, une attention particulière doit être portée à l'apparition de symptômes neurologiques: ataxie Convulsions, maux de tête et étourdissements. Dans les cas plus graves, il y aura un œdème pulmonaire, une néphrite et une réduction de la fréquence cardiaque jusqu'à la mort **[14,15].**

Cette plante est considérée comme dangereuse en raison de sa toxicité. En fait, il peut provoquer un teint pâle, des pupilles dilatées, des difficultés à avaler, de la diarrhée et des spasmes gastro-intestinaux, des convulsions, des maladies pulmonaires et la mort **[19].**

I.2. GENERALITES SUR LE CAROUBE :

I.2.1 Présentation générale de caroubier :

Le caroubier est un arbre ou arbuste, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est

jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte, son bois de couleur rougeâtre est très dur. Il peut vivre jusqu'à 200 ans **[32,33].**



Figure I. 5. L'arbre du caroubier (Ceratonia siliqua L.) **[34]**

Il existe deux types de caroubiers, l'un est un arbre sauvage avec une production de graines intéressante, et l'autre est cultivé. Le grand nombre de graines dans les gousses de production de caroube est une caractéristique importante entre le type sauvage et le type cultivé. En effet, le type sauvage est connu pour son rendement élevé en graines, sa faible teneur en pulpe et sans chair.). Plusieurs auteurs pensent que les gousses de caroube de type sauvage produisent généralement des graines plus grosses que les gousses cultivées, et que la qualité des graines dépend du rendement des graines **[35].** De plus, ces graines (types sauvages) sont caractérisées par des péricarpes non charnus **[36].** Les gousses de types cultivés sont plus charnues et plus riches en sucre et sont largement utilisées comme matière première pour la production de sirops **[35**]. Par conséquent, les entreprises qui produisent du sirop de caroube ou de la farine de caroube préfèrent le type d'élevage. Afin d'augmenter le rendement en graines et la qualité de gomme pour le développement industriel, certains arbres sauvages non cultivés ont été domestiqués **[35,37].**

I.2.1.1 Description botanique caroubier :

a) Le système racinaire

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur **[38].**

b) Les feuilles :

Le caroubier est un arbre sclérophylle à feuilles persistantes, résistant à la sécheresse, mais peu tolérant au froid **[39].** Les feuilles sont ovoïdes, vert foncé, brillantes sur le dessus et rougeâtres sur le fond, et le pétiole mesure 10 à 20 cm de long. Ce sont des panaches alternés, avec 2 à 5 paires de folioles ovales en forme de cuir (Figure I. 6), ovales et intactes, avec une légère bosse sur le dessus **[40,41].** De plus, les caroubiers ne lâchent pas ces feuilles en automne, mais se renouvellent partiellement au printemps tous les deux ans. Les vieilles feuilles qui tombent en juillet mesurent 12 à 30 cm de long **[40].** Par ailleurs, le feuillage

apporte une ombre appréciée dans les pays chauds et forment un rideau très efficace contre le bruit **[41].**

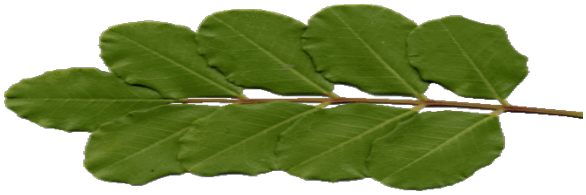


Figure I.6. Feuille et foliole du caroubier **[41]**

c) La fleur

Le caroubier est un arbre dioïque, parfois hermaphrodite et rarement monoïque **[42,43].** Les pieds mâles sont stériles et improductifs **[44]**. Les fleurs mâles, femelles et hermaphrodites poussent sur des pieds différents (**Figure I.7**). Les fleurs sont divisées en pédicelles, violets et parfois rougeâtre, apparaissant sur du vieux bois, parfois sur des troncs d'arbres **[45].**
Il existe cinq types d'inflorescence présentés sur le Tableau I.3 **[35].**

Tableau I.3. Types d'inflorescence de la fleur du caroubier

Types d'inflorescence	Morphologie
Inflorescence polygame	composée de fleurs mâle, femelle et hermaphrodite.
Inflorescence hermaphrodite	fleurs avec des étamines et un pistil bien développé.
Inflorescence mâle	fleurs avec des étamines courtes et un pistil non développé.
Inflorescence femelle	avec un pistil bien développé et des étamines Rudimentaires

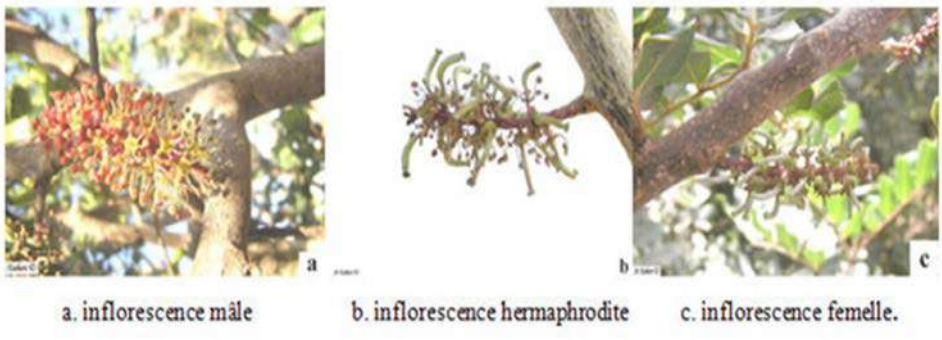


Figure I.7. Inflorescences du caroubier [35]

d) Le fruit :

Le fruit du caroubier, appelé caroube de bords irréguliers, fins, droits ou courbes, 10 à 20 cm long et 1,5 à 3 cm de large, 1 à 2,5 cm d'épaisseur. Le pod se compose de trois parties: peau,

mésocarpe et graines. L'intérieur est séparé par une cloison transversale en forme de lisier, comprenant 4 à 16 graines (Figure I.8) **[35].**



Figure I.8. Le fruit du caroubier **[35]**

e) La graine :

Les graines sont ovoïdes, dures et leur couleur dépend de la variété. Il peut être brun, rouge ou noir, et sa longueur et sa largeur sont de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm respectivement **[36]** (Figure I.9).



Figure I.9. Les graines du caroubier **[35]**

I.2.1.2 Distribution géographique :

- **Dans le monde :**

Selon l'étude de Thillot et al. (1980), la caroube se trouve à l'état sauvage dans la Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de la Jordanie, Égypte, Arabie, Tunisie et Libye **[46].** La caroube a d'abord été répandue par les Grecs puis par les Arabes, les Berbères d'Afrique du Nord, de Grèce et d'Italie, d'Espagne et du Portugal **[47,44],** puis en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et l'Australie. La caroube a également été trouvée aux Philippines, Iran, Afrique du Sud et Inde **[35]** (Figure I.10).



Figure I.10 Distribution du caroubier dans le monde **[36]**

- **En Algérie :**

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell. Il existe naturellement dans les états chauds semi-arides avec amandes, olives et pistacia (Pistacia Atlantica). Selon les normes climatiques (100m à 1300m d'altitude dans une vallée fraîche pour empêcher le gel; la température de 5°C à 20 °C), l'aire de distribution de la caroube en Algérie est présenté sur la Figure I.11. Son endroit préféré est les zones côtières ou côtières Sahel algérois, Dahra, Grande–Kabylie et Petite–Kabylie , Vallée du Sommam (1074 hectares) et Oued - Isser, Mont Oran et Collines de Mostaganem, semi–aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 hectares). Il est tombé à Bou-Saâda, mais sans résultats, et en Zone de Traras au nord de Tlemcen (276 hectares) **[48].**

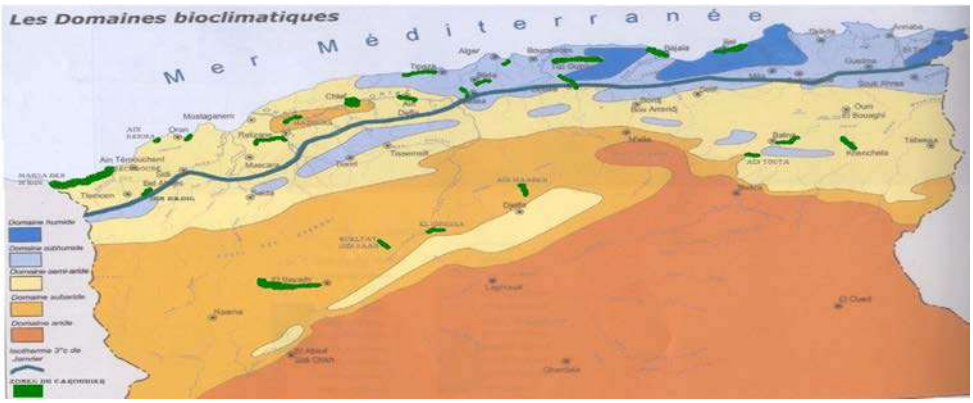


Figure I.11. Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques **[48]**

I.2.2.Description de caroube

I.2.2.1. Origines de caroube :

Pour certains auteurs sa vaste culture remontent à au moins 200 avant JC**. [36,47,49].** Il est bien connu au Proche-Orient et aux Samoa Méditerranéen. En Égypte, le pharaon utilisait de la farine de fruits pour fortifier (17e siècle avant JC). Les Numides l'utilisés pour nourrir les animaux précieux **[50].** Au Moyen Âge, le caroubier provoquait un commerce important dans les provinces du sud et du nord, entre les pays germaniques et le Royaume-Uni. À cette époque, le bois était utilisé pour l'ébénisterie et ses fruits pour la fabrication d'artisanat en bois. Aussi, le fruit a été utilisé dans la préparation de nombreux plats à la Mecque **[50].**

I.2.2.2 Noms vernaculaires :

La caroube est connue par plusieurs noms, parmi eux on cite :
En Arabe : kharroub الخروب
En Français : caroubier « Fruit: caroube »
En anglais : carob

Nom scientifique : ceratonia siliqua **[36]**

I.2.2.3. Classification systématique :

La classification est décrite dans le tableau I.1

Tableau I.4.Classification du caroubier [51]

Espèce	Ceratonia siliqua L
Classe	Magnoliopsida
Genre	Ceratonia
sous-famille	Caesalpinioïdae
Famille	Fabaceae (Légumineuses)
Ordre	Fabalae (Rosales)

I.2.2.4. Gomme de caroube :

La gomme de caroube est un galactomannane, qui n'est autre que le polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe. La composition typique d'un tel composé de haute pureté est de 10 à 13% d'humidité, 5% de protéine, 1% de cendres, 1% des fibres et le reste est de 80 à 85% de galactomannane. Les polysaccharides sont utilisés dans l'industrie alimentaire (additif naturel E 410 Glaces, mayonnaise, sauces, produits de boulangerie, etc.) ou non alimentaires (Industrie pharmaceutique, cosmétique, photographie, béton, explosifs, peinture, encre, Cirage à chaussures, textiles et papier, produits anti diarrhéiques, etc.) **[52].** Cette utilisation répandue est due à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes **[36,52].** En plus, son prix est faible par rapport aux autres polysaccharides utilises dans l'industrie alimentaire **[52].** De plus, en raison de sa combinaison avec la carraghénine, l'agar et Gomme xanthane, même à de faibles concentrations le galactomannane augmente la dureté finale du gel ou favorise la formation d'un gel plus long solide et plus résilient **[53,54,55,56].** Récemment, quelques études ont également évoqué ce sous-produit de l'industrie comme une bonne source de polyphénols **[57].**

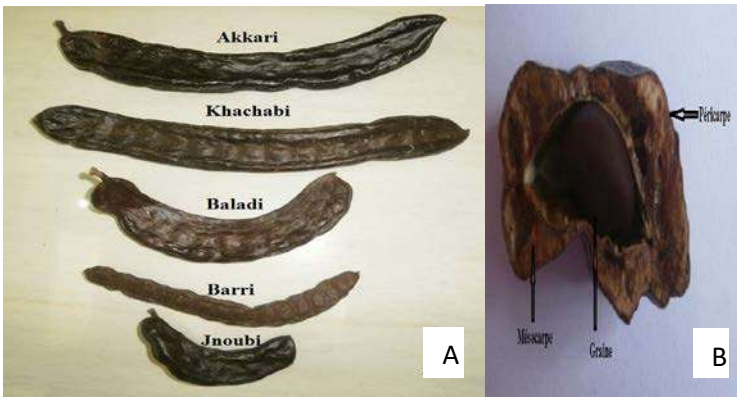
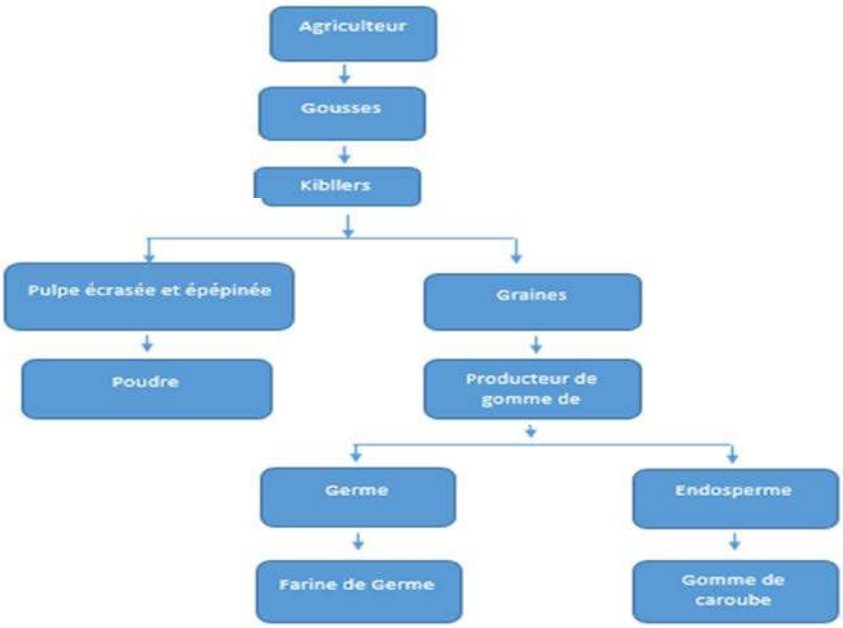


Figure I.12 . A :Gousse de caroube; B: Coupe transversal de la gousse **[41]**

I.2.2.5. Production de la farine de caroube son utilisation :

Lorsqu'elles atteignent l'installation de transformation, les gousses de caroube ont généralement une teneur en humidité de 10% à 20%. Les gousses devant être traitées à 8% d'humidité, les fruits de caroube sont stockés dans un abri environnemental contrôlé jusqu'à ce que le niveau d'humidité souhaité soit atteint. La première étape du traitement consiste à broyer les cosses. Cela libère les graines des gousses, où elles peuvent être séparées et traitées séparément. Écrasez les gousses pour la consommation humaine et animale. La poudre moulue grossière destinée à la consommation humaine est broyée et broyée en une poudre fine appelée poudre de caroube.. Les sucres sont également extraits sous forme de mélasse, comme mentionné précédemment. Les graines sont généralement transportées vers une installation de traitement distincte pour extraire le galactose de l'endosperme **[58].**



FigureI.13. Diagramme de la production de la farine de caroube. [58]

I.2.2.6. Biologie et physiologie du cycle de caroube :

- Fructification

Pour arriver à maturité, les caroubiers mettent généralement 9 à 10 mois. La chute des fleurs et des jeunes fruits a lieu en octobre et diminue en janvier (figure I.14). En février, il est devenu presque nul entre juin et août. Donc, il y a 60% à 90% des pods. Déclin au premier stade de croissance du printemps. La croissance du caroubier n'est pas très rapide **[35].**



Figure I.14. Fructification du caroubier [35].

Ainsi les gousses poussent lentement en juin, mûrissent et durcissent, et passent du vert au brun. Par conséquent, les gousses mûrissent après dix mois. Le caroubier est un arbre alternatif (après un an de rendement élevé une année de récolte médiocre ou inexistante, c'est un phénomène naturel, mais il peut être causé par un accident physiologique). **[35].**

I.2.2.7. Composition chimique de la caroube :

La gousse de caroube est principalement composé de deux éléments : la pulpe et la graine qui représentent respectivement 90% et 10% du poids de la gousse (tableau I.5) **[59].**

- ✓ Composition de la pulpe :

La composition du lait de caroube dépend de la variété, du climat et de la technologie de culture. Il est riche en sucres totaux (48% -56%) (principalement saccharose, glucose et fructose), tandis que la teneur en sucre est faible en protéines et en lip **[35]** e plus, il contient environ 18% de cellulose et d'hémicellulose. De plus, la pulpe a également une teneur élevée en fibres (30% -40%) et une grande quantité de polyphénols (principalement l'acide tannique), y compris l'acide gallique et la plupart abondant, en plus de 18 types d'acides aminés, principalement l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine, la valise et la leucine. Par ailleurs, l'analyse minéralogique sur la pulpe a révélé une composition (en mg/100g du poids sec) de : K=970 :Ca=300 ; P= 71 ; Mg =60 ;Fe=1.88 ;Mn=1.29; Cu= 0.85; Zn =0.75 **[59,60].**

- ✓ Composition des graines:

Les graines de caroube sont composées de trois parties: le tégument, les radicelles et l'endosperme. L'enveloppe de la graine est la coquille, considérée comme une source naturelle pour la production de polyphénols antioxydants. Le centre de la graine est la petite racine (ou germe), qui est principalement composée de protéines solubles dans l'eau et de lipides insaturés, elle a donc une valeur énergétique élevée et contient de nombreuses enzymes. Et peut fournir un soutien lors d'un processus de germination.

Tableau I.5. Composition chimique de la caroube

<table>
<tr><td>La pulpe 90% [59,61]</td><td>La graine 10% [60]</td></tr>
<tr><td>Glucides 48 à 56 %</td><td rowspan="3">L’enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-35%</td></tr>
<tr><td>Protéines 1-2%</td></tr>
<tr><td>Matières grasses 0.5-0.7%</td></tr>
<tr><td>Cellulose et hémicellulose 18 %</td><td rowspan="2">L’endosperme (albumen) 40-50 %</td></tr>
<tr><td>Minéraux (Ca, Mg, K, P)</td></tr>
<tr><td>Pectines et fibres 30à 40%</td><td rowspan="2">L’embryon (germe) 15-30%</td></tr>
<tr><td>Polyphénols 16 – 20 %</td></tr>
</table>

L'endosperme est situé entre les peaux des petites racines et constitue la matière première de base de la gomme de caroube. Ce sont des polysaccharides de réserve, des hémicelluloses composées de deux unités de sucres (mannose et galactose) dans un rapport de 4: 1 **[60].**

I.2.2.8. Utilisations des produits de caroube :

La caroube est un fruit aux multiples usages. Tous les composants d'un arbre (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorce, racines) sont utiles et précieux. Une série de produits sont extraits de graines et de gousses de caroube **[62].**

- ➢ Alimentaire

La poudre de caroube dans les cosses est un édulcorant naturel avec un goût et une apparence similaires au chocolat. C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao. L'avantage d'utiliser la caroube est que, contrairement au chocolat, elle ne contient ni caféine ni théobromine, donc elle ne contient pas d'irritants **[63-66].** Au Liban, les gousses de caroube sont principalement utilisées pour extraire la mélasse ou "dèbes". Ces mélasses sont obtenues par broyage, trempage dans l'eau et une série de procédés de décantation, qui permettent d'obtenir des jus sucrés. Ce jus est bouilli pour obtenir la mélasse dite de caroube **[41].** Une

autre utilisation de la caroube est la fabrication de produits laitiers artisanaux appelés "mekika". Le produit est préparé en coagulant du lait avec des extraits de gousses de caroube verte dans la zone spécifique Eklim El Kharoub de Chove (au sud de Beyrouth) est ici en parallèle avec la plantation de caroubiers **[67].** Le tableau I.6 répertorie les principaux dérivés de la caroube et leurs applications.

Tableau I.6. Les produits dérivés de la caroube et leurs applications

Applications	Dérivés	Actions	Référence
Industrielle	Poudre de caroube	Edulcorant naturel	**[63,64,65, 66]**
	Farine de caroube	L'extraction du sucre	**[68]**
	Farine de caroube	Fabrication de l'alcool par Fermentation	**[69]**
	Farine de caroube	Production d'acide citrique	**[70]**
	L'extrait de gousses vertes.	La fabrication d'un produit laitier artisanal	**[67]**
	Le tourteau de caroube (sous-produits de l'industrie du débés)	Substitut de la tourbe pour les plantes en pépinière	**[41]**
	Le tourteau de caroube.	Alimentation animale (chevaux, ruminants)	**[36]**
Activité Médicinale	les extraits de caroube résultats prometteurs	Effets antiprolifératif des lignées cellulaires de carcinome hépatocellulaire de souris in vitro. Dans le cancer du col de l'utérus et cancer du sein humain (MCF-7).	**[71,72,73, 74]**
	fibres et farine de caroube (riche en composés phénoliques)	Activité antioxydante, traitement du syndrome métabolique, amélioration de la fonction digestive. Forte activité de piégeage des radicaux libres DPPH. Réduire le taux de cholestérol total et de LDL dans le sang. Régulation des niveaux de glucose dans le sang.	**[41,61,75, 76,77,78, 79]**
	dérivées de caroube particulièrement riches en tanin	Anti diarrhéiques pour nourrissons et jeunes enfants (préviennent l'adhésion d'E. Coli et de l'épithélium intestinal, contrôlent la diarrhée	**[41,66,80]**

		(antidiarrhéiques) et traitent les maladies catarrhales	
Diététique	La farine de germe de caroube	Ingrédients potentiels utilisés dans l'alimentation humaine ou les céréales pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque.	**[81,82]**

- Médicale

Actuellement, le caroubier est considéré comme une plante utilisée pour étudier les nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe et la pulpe de la graine. Cette activité antioxydante est attribuée à la présence de composés phénoliques et de fibres (tableau I.5) **[41].**

- Cosmétique

Dans l'une des applications industrielles, la gomme de caroube est utilisé en cosmétique **[83]** pour sa capacité à former une solution très visqueuse, et en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes **[36,41,84 ,85].**

- Chimique

Certains travaux ont déjà montré l'application de la farine de caroube (gousses broyés) pour l'extraction du sucre **[68],** la fermentation de l'éthanol **[69,86],** et la production d'acide citrique **[70].** De même, le bois du caroubier est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon et l'écorce et les racines sont employées dans le tannage **[41].**

I.2.2.9 Production mondiale de caroube :

Le tableau I.7 montre l'importance de la production de caroube dans le monde entier.

Tableau I.7.Production mondial de caroube [35]

Pays	**Production en tonne (2004)**	**Production en tonnes (2008)**	**Production en tonnes (2009)**
Espagne	67 000	72 000	60 795
Italie	24 000	31 224	31 224
Maroc	40 000	25 000	19 472
Portugal	20 000	23 000	21 000
Grèce	19 000	15 000	15 822

Turquie	14 000	12 100	12 097
Chypre	7 000	3 915	6 519
Algérie	**4 600**	**3 600**	**3 216**
Liban	3 200	2 800	2 176
Tunisie	1 000	1 000	1 000
Monde	182 680	191 167	181 531

I.2.2.10. Effets indésirables des produits de caroube :

La fibre de caroube utilisée pour épaissir les préparations pour nourrissons peut réduire l'utilisation de minéraux comme le calcium et le fer **[41].** En ce qui concerne le germe de caroube, certains chercheurs affirment que l'extrait de germe de caroube réduit l'activité de la trypsine **[87,88]** et la digestibilité des protéines **[89].** Mais les anti-nutriments tels que les inhibiteurs de la trypsine se trouvent généralement dans les graines de légumineuses **[41]** peuvent être désactivés par chauffage. Selon **[41],** La poudre de germe de caroube traitée à 121 ° C pendant 25 minutes convient aux denrées alimentaires et aux aliments pour animaux. **[90,91].** Le germe de caroube contient également des tanins, ce qui peut causer des problèmes d'appétence en raison de son astringence et peut également réduire la digestibilité des aliments. Il a été proposé que les tanins se lient directement à une partie de la molécule ou réduisent la digestibilité des protéines par inhibition non compétitive des enzymes digestives **[89].**

Chapitre II
Les polysaccharides

II.1. GENERALITES :

Les polysaccharides sont des structures glucidiques polymériques **[92]**, ce sont des polymères d'oses de très hautes masses molaires **[93].**Ils sont considérés comme des bio-macromolécules vitales pour tous les organes vivants qui sont structurellement constitués d'homo ou d'hétéro-monosaccharides et d'acides uroniques liés par des liaisons glycosidiques **[94-95]**. Ils sont présents dans diverse parties des plantes, des animaux, des champignons, des bactéries et des algues et ils jouent un rôle dans des nombreuses fonctions physiologiques **[96].**

II.2. Classification des polysaccharides :

Les polysaccharides sont classés selon leur structure et leur origine.

II.2.1. Selon la structure :

- L'homo-polysaccharide ou (homoglycane) résulte par la condensation de nombreuses molécules d'un ose ; tels que le glycogène et la cellulose ,
- l'hétéro polysaccharide (hétéroglycane) contient plusieurs types d'oses (différents types d'oses), comme l'héparine et le sulfate de chondroitine **[97].**

II.2.2. Selon l'origine :

a) Polysaccharides végétaux :

Ils peuvent être catégorisés en polysaccharides de structure, en polysaccharides de réserve, en gommes ou exsudats et en mucilages **[98].**

- Polysaccharides de structure :

La plupart des parois cellulaires présentent une micro-architecturale composée de polysaccharides fibrillaires **[99],** les polysaccharides présents dans le bois et les parois cellulaires sont principalement constitués de la cellulose, d'hémicellulose (glucane, arabinane, xylane , glucomannane , galactane) **[100-101]**, lignine et de péctine **[100].**

- Polysaccharides de réserve :

Les plantes stockent des polysaccharides comme réserve **[99]** tels que l'amidon qui est stocké en grande quantité sous forme de grains dans les organes de réserve : les graines, les fruits, les tubercules et dans les racines de certains végétaux, comme les galactomannanes et les mannanes. **[102]**

- Polysaccharides d'exsudat : Comme la gomme arabique.

- Polysaccharides de mucilage : Parmi les espèces qui fournissent les mucilages il y a mucilages des plantaginaceae, mucilages d'ispaghul et psyllium, Mucilages de grand plantain, Mucilages des Malvales **[103].**

b) Polysaccharides animaux :

Ce sont des polysaccharides extraits des animaux tels que : glycogène, la chitine, l'acide hyaluronique et l'héparine **[99].**

c) Polysaccharides des algues :

Les polysaccharides sulfatés constituent le groupe principal des constituants les plus attractifs et les plus intéressants des algues marines, à savoir les laminaranes et les fucoïdanes chez les phéophycées (algues brunes), les carraghénanes (galactanes sulfatés) chez les rhodophycées (algues rouge) et les ulvanes chez les chlorophycées (algues vertes) **[104].**

d) Polysaccharides des champignons :

Une large gamme de saccharides est présente dans les champignons allant de monosaccharides aux polysaccharides, il existe des polysaccharides intracellulaires et des polysaccharides extracellulaires selon leurs présences dans les champignons **[105].**

e) Polysaccharides des bactéries :

les bactéries sont riches en polysaccharides, ils peuvent être définis en cinq grandes classes: exo-polysaccharides , polysaccharides capsulaires, lipopolysaccharides, les peptidoglycanes et les acides teichoïque **[106].**

II.3. Principaux polysaccharide présents dans le Caroube

La pulpe du fruit de caroube contient des glucides sucrés, ainsi que des fibres alimentaires, des tanins et des polyphénols **[79]**. Et la pulpe des gousses de caroube contient des teneurs élevées en sucre (saccharose, fructose et glucose) ce qui justifie son utilisation comme matière première pour la production des sirops et du saccharose cristallisé **[68].** Il est bien connu que le saccharose est le sucre le plus abondant dans la gousse de caroube **[83]**, et un pourcentage de18% de cellulose et d'hémicellulose. Elle contient aussi des teneurs plus faibles des autres sucres (xylose, maltose) **[91]**. De plus, la graine de caroube est composée d'antioxydants et de polysaccharides (gomme de caroube). Elle est utilisée par les pharmaciens pour peser leurs ingrédients **[107].**

A. Cellulose :

La cellulose est considérée comme le polymère le plus abondant sur terre (plus de 50 % de la biomasse terrestre) **[108].** C'est un homopolymère linéaire formé d'unités D-glucopyranoses

liées par des liaisons glycosidiques de type β-(1,4). Le motif dimérique constitutif de la cellulose étant le cellobiose **(Figure II.1) [103].**

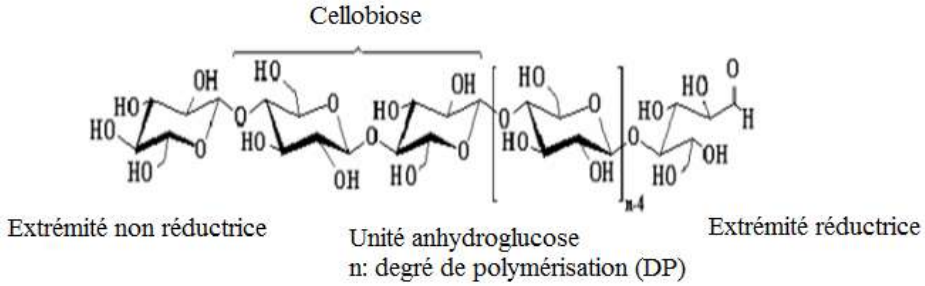


Figure II.1 Représentation de la chaîne de cellulose **[109]**

Les chaînes de glucose s'associent entre elles pour former des microfibrilles **[110].** Le diamètre de ces microfibrilles compris entre 60 et 360 µm et de longueur infinie **(Figure II.2) [103].** Elle sont constituées de zones hautement ordonnées (zones cristallines) et d'autres moins ordonnées (zones amorphes) **[111],** Ces zones amorphes, sont plus sensibles aux agressions physiques et chimiques **[103].** Les régions cristallines sont constituées par différentes structures cristallines distinctes **[112]**.

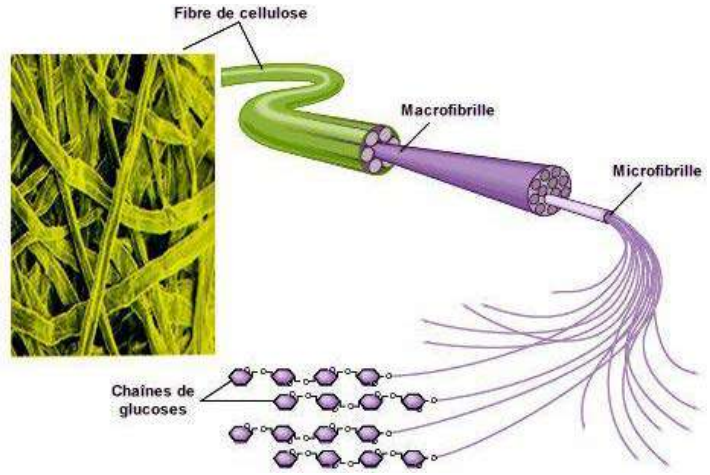


Figure II.2: Vue perspective d'une fibre de cellulose **[103]**

B. Hémicellulose :

Les hémicelluloses sont divisées en quatre grandes classes : (i) les xylanes, (ii) les mannanes, (iii) les xyloglucanes et (iv) les *β*-glucanes à liaisons mixtes **[113].** Ils sont extractibles et solubilisables à pH alcalin **[93]**

C. Galactomannane (la gomme de caroube)

La gomme de caroube est un galactomannane, c'est un polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine de caroube après élimination de la cuticule et du germe **[114] .**

Le galactomannane a une structure générale similaire et est composé d'une chaine de monomères , Chaque monomère possède une chaîne mannane principale à la ramification de l'unité galactose (**Figure II.3**) **[115].** Leur différence réside dans la teneur en unités galactose exprimée par leur rapport mannose sur le galactose (M / G). La distribution des unités de galactose le long de la chaîne mannane et elle est également déterminée par leur masse molaire **[116,117]**. La microstructure "affecte fortement les interactions moléculaires **[118,119]** et les propriétés rhéologiques des solutions de galactomannane**.**

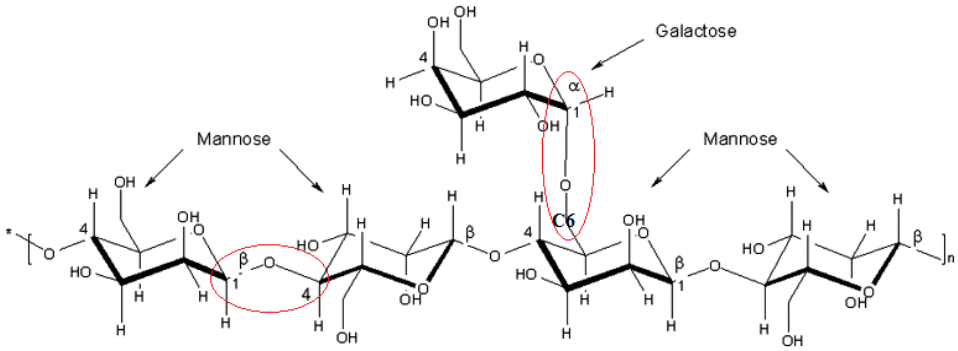


Figure II.3 Structure de la gomme de caroube. **[115]**

Généralement, les galactomannanes sont des polysaccharides hydrosolubles et neutres **[56],** non-gélifiants constitués d'une chaîne linéaire de 1,4-β- D-mannose sur laquelle un seul D-galactosyle est attachée sur le carbone C_6 du D-mannosyl **[120].**

II.4. Rôle des polysaccharides dans les végétaux :

Les polysaccharides ont une grande influence sur les propriétés texturales des aliments liquide et semi-liquide par son poids moléculaire. **Ils** sont comme des ciments intracellulaires, et contribuent à la cohésion des tissus et des métabolismes végétaux. Ils participent au niveau de l'expansion et de la défense cellulaire, et réservent le carbone et l'énergie chez les végétaux par exemple l'amidon. [121]

II.5.Propriétés des polysaccharides :

II.5.1. Propriétés chimiques et physicochimiques des polysaccharides :

La structure complexe des polysaccharides est caractérisée par la flexibilité de la chaîne macromoléculaire qui est influencé par :

- la nature des liaisons glycosidiques ;
- La nature de polysaccharide, soit un homoglycane ou un hétéroglycane constitué d'oses neutres et/ou chargés ;
- Type de groupes portés par la chaîne macromoléculaire (leur nature, leur taux d'incorporation et leur position)**[122].**

Le tableau ci-dessous **Tableau II.1** représente les effets des composants des polysaccharides sur leurs propriétés physicochimiques.

Tableau II.1: Effets des composants des polysaccharides sur leurs propriétés physicochimiques: [99]

Groupe caractéristique	**Effet**	**Propriétés résultantes**	**Exemple**
Oses neutres	Neutralité	Insolubilité dans l'eau	Cellulose
Oses acides	Caractère anionique	Solubilité, interaction ioniques	Xanthane, Alginate
Pyruvate	Caractère anionique	Interactions ioniques	Succinoglycane
Acétylation	Hydrophobicité	Diminue la capacité de gélification et les interactions ioniques	Alginates, Gellane
Liaisons (1→3) et/ou (1→4) (Figure II.3)	Rigidité	Insolubilité	Curdlane, Cellulose
Liaisons (1→2) et/ou (1→6) (Figure II.3)	Flexibilité	Solubilité, stabilité	Dextrane

II.5.2. Propriétés biologiques des polysaccharides :

Les polysaccharides sont des macromolécules biologiques importantes ils ont des activités immunrégulatrices, antioxydants et anti tumorales ainsi que autres avantages pour la santé (**Tableau II.2) [123]**. Les polysaccharides extraits des plantes médicinales ont récemment attiré une attention croissante de la recherche en raison de leurs activités biologiques très importantes, tels que l'activité immunostimulante, l'activité anti-oxydante, antivirale, l'effet de neuro-protection **[124].**

A. Activité anti-oxydante :

Les antioxydants sont des substances capables de protéger l'organisme contre les effets du stress oxydatif **[125].** Les propriétés antioxydantes des extraits polysaccharidiques peuvent être évaluées in vitro grâce à plusieurs méthodes telles que; ORAC (oxygen radical absorbance capacity), ABTS [(acide 2,2'-azinobis (3 éthylbenzothiazoline-6- sulfonique)], FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) et la méthode DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) par la réduction du radical libre DPPH•, qui est la plus utilisée **[126].** Dans ce contexte, les polysaccharides sulfatés d'origine marine ont montré un potentiel antioxidant dans les solvants organiques. **[127]**

B. Activité neuro-protectrice :

Les polysaccharides à base d'acanthopanax peuvent améliorer les symptômes liés aux anomalies nerveuses et réduire le volume de l'infarctus et la teneur en eau du cerveau chez les rats souffrants d'ischémie-répercussion cérébrale. Aussi, les polysaccharides extraits d'A.Senticosus ont protégé les lésions cérébrales grâce à leur potentiel antioxydant et à leur action inhibitrice sur la stimulation des cytokines inflammatoires. **[128]**

C. Activité antiviral :

La santé humaine est en danger permanent à cause des maladies infectieuses virales. Dans ce domaine, les chercheurs ont trouvé que les polysaccharides ont une bonne activité antivirale (efficace et peu toxique). Par exemple, les algues ont démontré un potentiel antiviral remarquable contre le cytomégalovirus, le VIH et le HSV (virus de la herpe simplex). En effet, les polysaccharides ont de larges perspectives d'utilisation médicinale et méritent d'être étudiées plus avant **[129-130].**

Tableau II.2 : Les activités biologiques des polysaccharides

Polysaccharides	**Activité biologique**	**Mécanisme d'action**
Pectine, Algal Fucoïdien	Activité antimicrobienne	Effets inhibiteurs sur l'entré des virus de l'herpès et de VIH dans les cellules, inhiber la formation de syncytium **[130]**
pectine, sulfate d'héparine	Activité antitumorale	Limiter la production de prostaglandine Empêcher l'oxydation de l'ADN Déplacer les facteurs de croissance **[131]**
d'Acanthopanax	Activité neuro-protectrice	Empêcher la formation de cytokines inflammatoires **[128]**
de ginseng	Activité modulatrices immunitaire	Réduire l'activation des neutrophiles **[131]**
glucomannane de Konjac, Pectine	Activité gastro-protectrice	Supplément de volume fécal accru Modifier la composition lipidique et lipoprotéique postprandiale **[132]**
Fucoïdien	Activité antioxydante	Empêcher l'oxydation des lipides **[133]**
β –glucane	Activité antidiabétique	Réduire les réponses postprandiales de glucose et d'insuline Augmenter le niveau d'enzymes anti oxydantes dans le corps **[134]**
sulfatés d'algue rouge,carraghénane	Activité anti-inflammatoire	Réprimer les cytokines pro-inflammatoires **[130]**
β –glucane	Activité anti-obésité	Réduire l'apport énergétique Diminuer la faim Augmenter la satiété **[134]**

II.6.Méthodes d'extraction des polysaccharides :

En générale, le choix de la méthode d'extraction des polysaccharides dépend de leur potentiel bioactif qui dépend de leur masse molaire et de la distribution de groupes latéraux sur le squelette **[135]**. L'extraction des polysaccharides des végétaux doit conserver leur bioactivité intacte. Les méthodes d'extraction les plus utilisés sont : l'extraction à l'eau, la précipitation à l'alcool, extraction assistée aux ultrasons, extraction assistée par micro-ondes et l'hydrolyse enzymatique **[136].**

II.6.1.Extractions à l'eau chaude :

Généralement, les polysaccharides peuvent facilement se dissoudre dans l'eau car ils contiennent des groupes hydroxyles qui forment des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau. Selon des travaux antérieurs, les polysaccharides extraits par cette méthode pouvaient avoir des activités anti oxydantes élevées par rapport aux autres méthodes en ayant les mêmes propriétés physicochimiques **[137]**

L'extraction à l'eau chaude est utilisée avec autre méthodes (ultrasons, micro-ondes) pour augmenter le rendement en polysaccharides. Cette technique est simple, pratique, peut couteuse, non polluante et adaptée à la production industrielle **[138]**, tandis qu'elle a des inconvénients tel que: température très élevée, vitesse d'extraction faible, une perte d'activité importante et la difficulté de purification.

Dans notre travail, nous avons choisi cette méthode vue sa simplicité pour extraire les polysaccharides.

II.6.2.La précipitation à l'alcool :

Les polysaccharides sont difficiles à se dissoudre dans les solvants, alcool ou dans l'éther, mais ils forment un précipité. Ce comportement est utilisé dans cette méthode par l'ajout d'un solvant alcoolique à une solution aqueuse d'une grande quantité de polysaccharide. **[139]**

Les avantages de la précipitation à l'alcool sont les suivantes: c'est une méthode simple, pratique, et adaptée à la production industrielle **[138]**

Les inconvénients sont: prix des solvants couteux et méthode polluante.

II.6.3.Extraction assistée par microondes :

L'extraction assistée par microondes est une méthode simple de haut rendement et un temps d'extraction court. La microonde a une grande capacité de pénétration, les rayons de microondes traversassent la paroi cellulaire dans un solvant et atteignent la cellule. Le solvant et l'intérieur de la cellule absorbent l'énergie des microondes en raison de la température et de la pression élevées. Les parois de la cellule se rompent et les matériaux à l'intérieur de la cellule s'écoule et se dissout dans le solvant, donc on récupère le maximum de ce matériau.**[140].** Le principe de cette procédure est illustré dans la **(figure II.4)**.

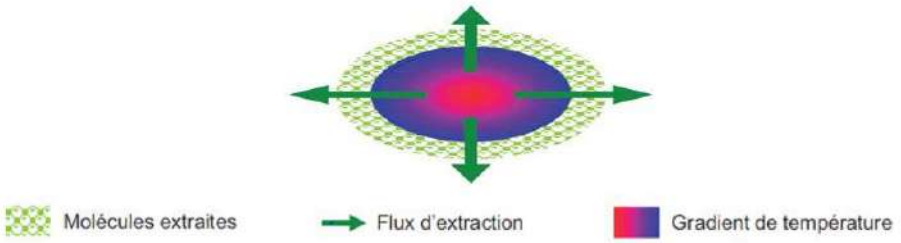


Figure II.4 : Principe de chauffage par microondes **[141]**

Cette technique utilise de plus petites quantités de solvant, elle n'est pas couteuse et est considérablement rapide, et n'est pas polluante. Aujourd'hui l'extraction assistée par microondes est devenue un moyen important de l'extraction des polysaccharides. **[140].**

II.6.4.Extraction assistée aux ultrasons :

Cette technique est facile à mettre en œuvre c'est une méthode simple, efficace et peu couteuse elle permet d'éviter la thermodestruction des composés, de travailler à basses températures, et d'utiliser une large gamme de solvant pour obtenir différents composés naturels. Cependant, l'effet de l'extraction par ultrasons sur le rendement et la cinétique d'extraction est lié à la nature de la matrice végétale. Cette méthode ne permet pas de renouveler le solvant pendant le processus. L'étape limitante est la filtration et le rinçage après l'extraction **[140].**

II.6.5.Extraction par Soxhlet :

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. Le Soxhlet (**Figure II.5)** est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais (matière pénétrable pour le solvant), d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé au-dessus d'un ballon contenant le solvant d'extraction. Le solvant est chauffé à ébullition. Les vapeurs ainsi produite passent par la cartouche contenant le matériel végétal à extraire. Le réfrigérant placé au dessus du dispositif servira à condenser les vapeurs du solvant. Au fil des cycles, le solvant s'enrichit en substances extraites jusqu'à épuisement de l'échantillon en substances actives **[142]**.

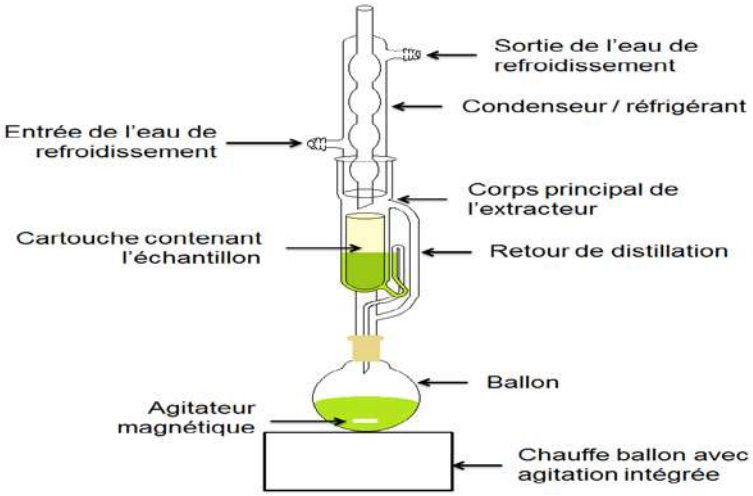


Figure II.5: Extracteur de Soxhlet **[142]**.

II.6.6.Extraction acide et alcaline :

Cette technique ne convient que pour certain types de polysaccharides et le pH doit être strictement contrôlé. **[143].**

II.6.7.Extraction enzymatique :

C'est une méthode efficace ayant un taux d'extraction élevée mais son cout est trop élevé **[144].** Le tableau ci-dessous **(Tableau II.3)** représente les techniques d'extraction spécifiques à des polysaccharides (PS) avec les rendements:

Tableau II.3 : Techniques d'extraction de quelques polysaccharides

Polysaccharide	Origine	Technique d'extraction	Rendement	Référence
Cellulose	Fibre de coco	Ultrasons	88.1 %	**[145]**
Hémicellulose	Son de blé	Extraction alcaline	33.32- 64.1%	**[146]**
Pectine	Ecorce d'orange	assistée par microonde	24.2%	**[147]**
		Ultrasons	19.24%	
PS de ginseng	Racine de ginseng	Extraction d'eau	14.71%	**[148]**
		Extraction d'éthanol	17.96 %	
PS sulfaté d'algue verte	Algue verte	Avec solvant	10 - 20%	**[149]**
		Ultrasons	8.3%	**[150]**
PS sulfaté d'algue rouge	Algue rouge	Ultrasons	6.24%	**[151]**

Chapitre III
Partie expérimentale

III.1. Objectif et étapes réalisées de ce travail:

Ce travail, a été réalisé au niveau du laboratoire CHIMIE 2 du Hall Technologique de l'Université de Médéa. Il avait comme objectif l'extraction des polysaccharides à partir de deux biomasses végétales récoltées au niveau de la wilaya de Médéa(les feuilles de Daphné Garou) et wilaya de Ain Defla (caroube). Malheureusement, à cause des conditions sanitaires dues à la pandémie COVID19, cet objectif n'a pas pu être atteint.

Une étude phytochimique des espèces végétales passe généralement par la récolte de la plante et sa conservation, ensuite la matière végétale est broyée et/ou préparée pour l'extraction. Enfin, le matériau est prêt pour la caractérisation par l'analyse des extraits.

Les étapes réalisées expérimentalement au labo, sont les suivantes :

- Préparation et caractérisation des biomasses végétales ;
- Extraction des polysaccharides ;
- Caractérisation physicochimique des extraits obtenus ;

III.2. Matériels et produits :

Le matériel et les produits utilisés au cours de ce travail, sont regroupés dans le **tableau III.1.**

Tableau III.1 : Matériels et produits utilisés

Matériels et appareils	Produits
- Plaque chauffante et barreau magnétique - Centrifugeuse type Hettich ba21 - Etuve - pH- mètre (Selecta P) - Conductimètre (Selecta P) - Bain-marie thermostaté - Refractomètre	- Eau distillée - Ethanol (pureté ≥99%) - Réactif d'amidon

III.3. Matériel végétal :

Notre étude expérimentale porte sur l'utilisation de deux espèces végétales à savoir : le Daphné Garou (Daphné gnidium L) et : caroube (Ceratonia siliqua) dont les images sont présentées sur la **Figure III.1**.



Figure III.1 : Photos des feuilles de Daphné gnidium L et gousse de caroube utilisés

III.3.1. Récolte de la matière végétale :

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est :

- Les feuilles de Daphné garou : ces dernières ont été récoltées le mois de Janvier dans la région de Ouzera(Wilaya de Médéa). Cette biomasse est notée DGL.
- Gousses de caroube : ces dernières ont été récoltées le moins d'octobre de la région de Hammam Righa (Wilaya de Ain Defla).

III.3.2. Préparation de la matière végétale :

A. Séchage de la matière végétale :

Les feuilles de daphné garou ainsi que les gousses de caroube ont été lavées avec l'eau de robinet ensuite l'eau distillée, puis séchées à l'air libre.Le matériau végétal lavé est étuvé à 40 °C jusqu'à ce que son poids soit constant (**Figure III.2**).Chaque matériaux a été conservé dans un sac en plastique dans un endroit secs jusqu'à utilisation.

Il est à noter que cette étape de séchage, nous a permis d'évaluer le taux d'humidité des matières végétales utilisées.



Figure III.2 Matière végétale séchée

B. Broyage du matériel végétal :

Après séchage, les matières végétales utilisées ont été broyées dans un mortier en porcelaine (**Figure III. 3**).

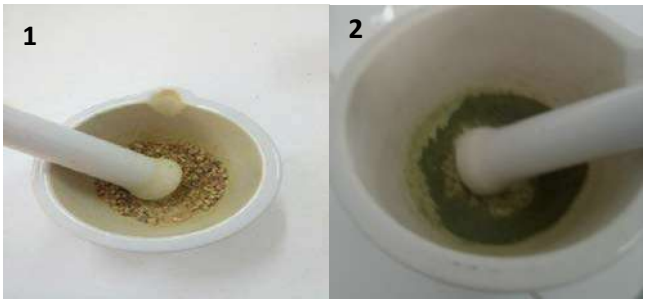


Figure III.3: Broyage de la matière végétale : **1**: Caroube, **2**: DGL

III.4. Caractérisation du matériel végétal :

III.4.1. Détermination de la teneur en eau :

La teneur en eau des biomasses utilisées a été déterminée par la formule suivante **[152]** :

$$teneur\ en\ eau = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0}.100 \qquad \text{(III.1)}$$

Avec : m_0 : masse de la poudre avant l'étuvage (g).

m_1 : masse de la poudre après l'étuvage(g).

Les résultats des mesures du taux d'humidité des deux matières végétales étudiées sont donnés dans le **tableau III.2**.

Tableau III.2: Résultats du taux d'humidité des biomasses étudiées

Matière végétale	DGL	caroube
Teneur en eau (%)	7.63	5.42

Selon ces résultats, nous constatons que les deux matières (feuilles de daphné garou, gousses de caroube) sont faiblement humides. Donc on peut dire que l'étape de séchage qui a été adoptée dans cette étude nous a aidé pour faciliter le broyage et la conservation de ces poudres jusqu'à leur utilisation. Ceci facilitera l'élimination des traces d'eau qui peuvent induire la péremption du matériau pendant sa conservation.

III.4.2. Caractéristiques organoleptiques :

Les deux substances étudiées à l'état de poudre ont été caractérisées par leurs propriétés organoleptiques ; savoir: l'odeur et la couleur de la poudre. Les principaux résultats sont illustrés dans le **tableau III.3**.

Tableau III.3.Caractéristiques organoleptiques de DGL et Caroube

Poudre	**Odeur**	**Couleur**
Daphné garou	Forte	Verte
Caroube	Forte	Marron

III.5. Extraction des polysaccharides:

L'extraction des polysaccharides à partir des deux biomasses choisies est une extraction de type solide-liquide qui repose sur le principe de solubilité des polysaccharides dans les solvants d'extraction. Le choix du solvant dépend de la nature des composés à extraire et de leur solubilité dans le solvant choisi. En plus de la nature du solvant, l'extraction des polysaccharides est influencée également par d'autres paramètres qui sont : pH, température, le rapport pondéral : matière végétal/solvant.
Donc, dans cette étude, nous avons procédé à l'extraction des polysaccharides à partir des deux biomasses par une macération à chaud en utilisant l'éthanol et l'eau distillée comme solvants.

Tableau III.4. **Extraction des composés polysaccharides**

Biomasse	**Daphné garou**		**Caroube**	
Solvant d'extraction	Ethanol	Eau distillée	Ethanol	Eau distillée
Température (°C)	60	40	60	40
Temps (h)	4	2	4	2
Rapport S/L	1/35	1/35	1/35	1/35

III.5.1. Protocole expérimental :

Le protocole expérimental de l'extraction des polysaccharides par une macération à chaud en utilisant différents solvants (eau et éthanol) est résumé comme suit :

- Une masse de biomasse est introduite dans un erlenmeyer ;
- Un volume du solvant d'extraction est ajouté ;
- L'ensemble est placé dans un bain marie à une température bien déterminée (**figure III.4**).

A la fin de l'extraction, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre de type Whitman, et le filtrat obtenu est centrifugé à une vitesse 4000 tr/min pendant 15min (**figure III.5**).



Figure III.4 : Macération à chaud à différentes températures

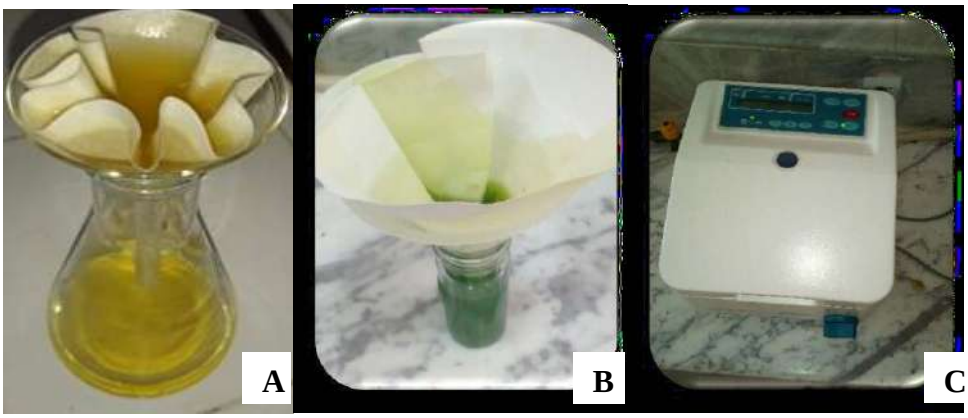


Figure III.5 : étape de filtration (A: extrait caroube , B : extrait DGL), C : étape de centrifugation

III.6. Caractérisation des extraits :

III.6.1. Caractéristiques organoleptiques :

Les caractéristiques organoleptiques des extraits obtenus pour les deux matières végétales (caroube et DGL) sont résumées dans le **tableau III.5.**

Tableau III.5 : Caractéristiques organoleptiques des extraits

	Solvant	Aspect	Odeur	Couleur
DGL	Ethanol	Liquide homogène	Moyenne	Vert foncé
	Eau	Perte de produit		
caroube	Ethanol	Liquide homogène	Moyenne	Jaune
	Eau	Liquide homogène	Moyenne	Jaune foncé

III.6.2. Mesure de pH

Les résultats relatifs aux mesures des pH des différents extraits obtenus sont illustrés dans le **tableau III.6.**

Tableau III.6 : Résultats des pH

DGL	Caroube	
Extrait alcoolique	Extrait alcoolique	Extrait aqueux
6.11	6.21	6.43

Ces résultats montrent que les extraits de DGL et de caroube ont un caractère acide, Cette particularité confère aux extraits une bonne conservation contre la prolifération des microorganismes.

III.6.3. Conductivité électrique :

Les valeurs de la conductivité électrique des différents extraits sont données dans le **tableau III.7.**

Tableau III.7 : Résultats de la conductivité électrique (en µs/cm)

DGL	Caroube	
Extrait alcoolique	Extrait alcoolique	Extrait aqueux
47.4	1	98

Ces résultats nous permettent de dire que tous les extraits obtenus ne sont pas fortement riches en espèces ioniques dissoutes d'une manière comparable.

III.6.4.Indice de réfraction ;

Les valeurs de l'indice de réfraction des différents extraits sont données dans le **tableau III.8**. l'indice de réfraction de l'eau (1.33) et l'indice de réfraction d'éthanol (1.36) sont des référence pour la mesure de l'indice de réfraction des extraits

Tableau III.8 : Résultats de l'indice de réfraction à T=20 °C

DGL	Caroube	
Extrait alcoolique	Extrait alcoolique	Extrait aqueux
1.3630	1.3360	1.3640

III.7. Test des propriétés tensioactives :

- **Test de moussage**

La présence d'agent tensioactif dans les extraits obtenus a été détectée par la méthode de moussage :

- Mettre 4 ml de l'extrait dans un tube à essai
- Agiter avec vortex pendant 3 min
- Laisser au repos 5 min
- Mesurer la hauteur de la mousse par une règle

.

Tableau III.9: Hauteurs de la mousse en (cm)

DGL	Caroube	
Extrait alcoolique	Extrait alcoolique	Extrait aqueux
0	0	0.3

Nous remarquons la formation de la mousse dans les extraits d'eau alors qu'aucune mousse n'a été observée dans les extraits éthanoliques. Ces résultats signifient une faible présence des saponines dans les écorces de caroube.

III.8.Test phytochimique pour les extraits aqueux :

Test d'amidon :

Dans un tube à essais on met 5ml d'extrait aqueux de caroube et on ajoute le réactif d'amidon.(l'apparition d'une coloration bleu violacée = test positif)

Résultat : Aucune coloration n'a été observée, alors le test est supposé négatif, mais il fallait le répéter au moins une deuxième fois, chose qui n'a pas pu être faite .

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail, a été réalisé au niveau du laboratoire CHIMIE 2 du Hall Technologique de l'Université de Médéa. Il avait comme objectif l'extraction des polysaccharides à partir de deux biomasses végétales récoltées au niveau de la wilaya de Médéa (les feuilles de Daphné Garou) et wilaya de Ain Defla (caroube). Malheureusement, à cause des conditions sanitaires dues à la pandémie COVID19, cet objectif n'a pas pu être atteint.

Les espèces végétales ont été récoltées, lavées ensuite broyées et préparée pour l'extraction par solvant en discontinu. Les solvants utilisés sont l'eau et l'éthanol. Les étapes réalisées expérimentalement au labo, sont les suivantes :

- Préparation et caractérisation des biomasses végétales ;
- Extraction des polysaccharides ;
- Caractérisation physicochimique des extraits obtenus ;

Les résultats obtenus d'après l'étude expérimentale montrent que :

- Les extraits ont un caractère moyennement acide à neutre (pH=[6.1-6.43]) ;
- Le test de moussage a confirmé la possibilité d'avoir des molécules tensioactives dans les gousses de caroube.
- Les extraits des deux plantes sont moyennement riches en charges électriques (conductivité électrique = [1-98 μs /cm]).

Comme perspectives, on espère approfondir l'étude quantitative et qualitative de ces extraits dans le but de mieux connaître leurs activités biologiques.

Références bibliographiques

[1] Mohammedi Zohra (2013). Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie . Thèse de Doctorat en Biologie. Université Adou Bekr Belkaid-Tlemcen

[**2] World Health Organisation, (2002).** WHO traditional medicine strategy 2002-2005.

[3] Borris, R.P., Blaskó, G., Cordell, G.A., (1988), Ethnopharmacologic and phytochemical studies of the Thymelaeaceae, J. Ethnopharmacol, 24, 41-91.

[4] Gelais, A. (2014). Étude de la composition chimique et de l'activité biologique de Dirca palustris L., Mémoire, Université du Québec, à chicoutimi.

[5] Ramdani, M., Lograda, T., Chalard, P., & Figueredo, G. (2015). Phytochemistry, Antibacterial activity and Chromosome number of two species of Daphne from Algeria. International Journal of Advances In Pharmacy, Biology And Chemistry, 11.

[6] Potterat, O. (1997). Antioxidants and free radical scavengers of natural origin. Current organic chemistry, 1(4), 415-440.

[7] Quézel P., Santa S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, p.631.

[8] M. S. Khaikin,, N. F. Rakova, **(1968)**, Ultraviolet spectra of some 6, 7- and 7, 8-dihydroxycoumarins, Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii, Vol.8, pp. 1063-1066.

[9] Barka et Benmoussa R(2018) , Evaluation in vivo de l'activité hépatoprotectrice de l'extrait aqueux de Daphne gnidium L. face à une hépatotoxicité induite par le CCl_4. diplôme de Master Académique en Sciences biologiques, Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

[10] Kazi Tani Djazia (2018). Contribution à l'étude chimique et activités antioxydantes de Daphne gnidium L. de la région de Tlemcen. Master En Chimie, Universite Abou-Bekr Belkaid - Tlemcen

[11] LEANDRI Jacques, (1928), Structure particulière d'un rhizome de Daphne, Bulletin de la Société Botanique de France, 4, Tome 75 - Fascicule 2.

[**12] Chase, M.W., and Reveal, J.L. (2009).** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. Bot J Linn Soc 161, 122–127.

[13] Guide illustré de la flore algérienne.pdf
http://www.wilayaalger.dz/Guide%20illustré%20de%20la%20flore%20algérienne%.

[14] Ferrari, J. (2002). Contribution à la connaissance du métabolisme secondaire des Thymelaeaceae et investigation phytochimique de l'une d'elles : Gnidia involucrata Steud. ex A. Rich., Doctorat, Université Lausanne, Lausanne.

[15] El Fennouni, M. (2012). Les plantes reputees abortives dans les pratiques traditionnelles d'avortement au Maroc. Doctorat, université Mohammed V, Rabat.

[16] Borris R P, Blasko P G, Cordell G A. (1998) Ethnopharmacologic and phytochemical studies of the Thymelaeaceae. J. Ethnopharmacol. 24: 41-91.

[17] Bellakhdar J, Claisse R, Fleurentin J, Younos C. (1991) Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoeia. J. Ethnopharmacol. 35: 123-143.

[18] Ziyyat A, Legssyer A, Mekhfi H, Dassouli A, Serhrouchni M, Benjelloun W (1997) Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. J Ethnopharmacol. 58: 45-54.

[19] Bellakhdar J. (1997) La pharmacopée marocaine traditionnelle: Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. France: Ibis Press

[20] Bruneton J. (1987) Eléments de Phytochimie et de Pharmacognosie. Paris: Techniques et Documentation-Lavoisier..

[21] Cardon D. (2003) Le monde des teintures naturelles. Paris: Belin.

[**22] Bellakhdar J.,Claisse R., Fleurentin J., Younos C. (1991).**Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoeia, Journal of Ethnopharmacology, 35,p 123-243.

[23] Catalogue des plantes médicinales-Lajeunia-n° 186).

[24] Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A. & Ziyyat, A. (2002). Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. Ethnopharmacology forum, Int J Diabetes and Metabolism, 10(1), 33-50.

[25] Cottigli F.,LoyG., Garau D., FlorisC.,Casu M., Pompei R., Bonsignore L. (2001). Antimicrobial evaluation of coumarins and flavonoids from the stems of Daphne gnidium L. Phytomedicine, 8 ,p 302-305.

[26] ChaabaneF.,Krifa M., Matera E ., Loussaeif A., (2014). M.Geneviève, D.Franca, K.Ghedira,C. Dumontet, L. C. Ghedira, In vitro antileukaemic activity of extracts from Daphne gnidium leaves against sensitive and multidrug resistant K562/R7 cells, Tumor Biology, 35, p 8991-8998.

[27] Chaabane F., Boubaker J., Loussaif A., Neffati A ., Kilani-Jaziri S ., Ghedira L K . (2012). Chekir-Ghedira, Antioxidant, genotoxic and antigenotoxic activities of Daphne gnidium leaf extracts, Journal of the International Society for Complementary Medicine Research, 12, p 153.

[28] Harizi H.,Chaabane F .,Ghedira K., Chekir-Ghedira L.,(2011). Inhibition of proinflammatory macrophage responses and lymphocyte proliferation in vitro by ethyl acetate leaf extract from Daphne gnidium L, Cellular Immunology, 267, p 94.

[29] Mohammedi Z. et Atik F. (2013). fungitoxic effect of natural extracts on mycelial growth, spore germination and aflatoxin B1 production of Aspergillus flavus. Australian journal of crop science, 7(3):P 293-298.

[30] Vidal V ., Potterat O , S., Louvel O,O.,Hamy O., Mojarrab M ., Sanglier J. J ., Klimkait T ., Hamburger M. (2012) .Library-based discovery and characterization of Daphnanediterpenes as potent and selective HIV inhibitors in Daphne gnidium L, Journal of Natural Products, 75,p 414-419.

[31] Chaabane F.,pinon A.,Simon A .,ghedira K .,et chekir-Ghedira L.(2013).phytochemical potential of daphne gnidium in inhibiting growth of melanoma cells and enhancing melanogenesis of B16-F0 melanoma. Cell biochemistry and function, 31(6): p 460-467.

[32] Rejeb M. N., Laffray D. and Louget P., 1991. «Physiologie du caroubier (Ceratonia siliqua L.)» en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semiarides». Group d'Etude de l'arbre, Paris, France : pp. 417-426.

[33] Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrek A., 2007. « Production des plantes sélectionnées et gréffées du caroubier ». Transfert de technologie en Agriculture. N° 153. IAV Rabat, pp. 1-4.

[34] Ibrahim KONATE (2007) ; Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (Ceratonia siliqua L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées, THESE DE DOCTORAT, UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL .

[35]BOUBLENZA Ibtissem(2012). Contribution à l'étude de multiplication du caroubier :Ceratonia siliqua. DIPLOME DE MAGISTER EN AGRONOMIE. UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCEN

[36] Battle I. et Tous J., 1997. « Carob tree. Ceratonia siliqua L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institue of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Ressources Institue. Rome. Italy. 97 p.

[37] Makris D. P. et P. Kefalas., 2004. « Carob pod as a source of polyphenolie Antioxidants, Food Technol. Biotechnol »., vol. 42, N°2, pp. 105-108.

[38] Gharnit N., 2003. « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (Ceratonia siliqua L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

[39] Biner B., H. Gubbuk, M. Karhan, M. Aksu, M. Pekmezci, (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (Ceratonia siliqua L.) in Turkey. Food Chemistry 100, 1453–1455.

[40] Diamantoglou and Mitrakos K. (1981). Leaf longivity in Mediterranean evergreen sclerophylls. In Components of Productivity of Mediterranean Climate Region. Basic and Appleid Aspects(N.S.Margaris and H.A. Mooney, eds), pp: 17-19. Junk Publishers, The Hague ISBN. 90: 6193-9445.

[41] HADDARAH Amira (2013) L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise , Doctorat Université de Lorraine Et Université Libanaise

[42] Linskens H. and Scholten W., 1980. « The fower of carob ». Pptug. Acta. Bilo. (A) XVI (1-4): pp. 95-102.

[43] Batlle I. and Tous J., 1988. « Lineas de investgatión sobre el algarrobo (Ceratonia siliqua L.) en el IRTA, Cataluna (Espana) ». In: Brito de Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investigaçao de Alfarroba. AIDA, Oeiras: AIDA, 92-104.

[44] Rejeb M. N., 1995. « Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration, in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : pp. 79-85.

[45] Aafi A., 1996. « Note technique sur la caroubier (Ceratonia siliqua L.). Centre Nationale de la recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10p.

[46] Konate I., 2007. « Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (Ceratonia siliqua L.) et des Bactéries endophytes qui lui sont associées ». Université Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat, thèse de doctorat.

[47] Gharnit N., 2003. « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (Ceratonia siliqua L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

[48] GAOUAR Naila épouse BORSALI ((2011), Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes . diplôme de Magister en Agronomie. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID- TLEMCEN

[49] Berrougui G., 2007. « Le caroubier (Ceratonia siliqua L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5 », N° 9.

[50] Lavallée P., 1962. « Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie ». Alger, 47p.

[51] Quézel P..et Santa S (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale.2.850-851

[52] Chellali Naziha(2018), Etude de l'effet de la gomme de caroube brute sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptique du fromage fondu, DIPLOME MASTER. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA -

[53] Hoichman, D., Gromova., L.I., Sela, J. 2007. Synergistic gel formation in aqueous solutions of guar–gellan composition. Pharmaceutical Chemistry Journal 41, 42–45.

[54] Lopes da Silva, J. A., Gonçalves, M. P., Doublier, J. L. & Axelos, M. A. V. 1996. Effect of galactomannans on the viscoelastic behavior of pectin/ calcium networks. Polymer Gels and Networks, 4, 65-83.

[55] Dea, I. C. M., McKinnon, A. A., Rees, D. A. 1972.Tertiary and quaternary structure in aqueous polysaccharide systems which model cell wall cohesion: reversible changes in conformation and association of agarose, carrageenan and galactomannans. J. Mol. Biol., 68, 153-72.

[56] Dea, I.C.M. & Morrison, A.1975. Chemistry and interactions of seed galactomannans. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 31, 241-312.

[57] Bernardo-Gil, M. G., Roque R., Roseiro L.B., Duarte L.C., Gírio, F., Esteves P. 2011. Supercritical extraction of carob kibbles (Ceratonia siliqua L.). J. of Supercritical Fluids 59, 36– 42.

[58] BOUHREM Ilyes (2019), Le caroubier : Valorisation et utilisation industrielle. diplôme de MASTER EN AGRONOMIE -Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem

[59] Goulas V .. Stylos E.. Chatziathansiadou M.V ., Mayromoustade. T.. et Tzakos A.G (2016). Functional compnenet of carob fruit: linking the chemical and biological space international journal of molecular sciences . 17(11).1875

[60] Gillet S..Simon M.. Paquot M.. et Richel A.(2014) Synthèse bibliographique de l'influence du procédé d'extraction et de purification sur les caractéristiques et les propriétés d'une gomme de caroube . Biotechnologie.Agronomie. Société et Environnement.18(1),97

[61] Ayaz F.A.. Torun H.. Ayaz S.. Correia P.J.. Alaiz M.. Sanz C.. ...et strand M.(2007) Determination of chemical composition of anatolian carob pod (Certonia siliqua L): sugars, amino and organic acids,minerals and phenolic compounds. Journal of food quality,30(6),1040-1055

[62] Santos M., Rodrigues A, Teixeira J. A., (2005). Production of dextran and fructose from carob pod extract and cheese whey by Leuconostoc mesenteroides NRRL B512(f), Biochemical Engineering Journal 25, 1–6.

[63] Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Milla´ n, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2008). Composition and structure of carob (Ceratonia siliqua L) germ proteins. Food Chemistry 107, 675–683.

[64] Marakis S., 1996. Carob bean in food and feed: current status and future potentials-A critical appraisal. J Food Sci Technol. 33, 365-383.

[65] Plowright, T. R. (1951). The use of carob flour (Arobon) in a controlled series of infant diarrhoea. J. Pediatr., 39, 16.

[66] Loeb H., Vandenplas Y., Würsch P., Guesry P., (1989). Tannin-rich carob pod for the treatment of acute onset diarrhea. J Pediatr Gastroenterol Nutr 8, 480-485.

[67] Abi Azar R., (2007), Complexassions des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier. Propriétés technologiques des coagulums obtenus, Agroparistech Ecole Doctorale Abies, Thèse de doctorat.

[68] Petit M. D. & Pinilla J. M., (1995). Production and Purification of a Sugar Pods Syrup from Carob Pods Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 28, 145-152.

[69] Roukas T., (1993). Ethanol production from carob pods by Saccharomyces cerevisiae, Food Biotechnology 7,159–176.

[70] Roukas T., (1999). Citric acid production from carob pod by solid-state fermentation, Enzyme and Microbial Technology 24, 54–59.

[71] Corsi L., R. Avallone, F. Cosenza, F. Farina, C. Baraldi, M. Baraldi, (2002). Antiproliferative effects of Ceratonia siliqua L. on mouse hepatocellular carcinoma cell line, Fitoterapia 73 674–684.

[72] Klenow S., M. Glei, B. Haber, R. Owen, Pool-Zobel L., (2008). Carob fibre compounds modulate parameters of cell growth differently in human HT29 colon adenocarcinoma cells than in LT97 colon adenoma cells, Food and Chemical Toxicology 46 1389–1397.

[73] Klenow S., Jahns F., Pool-Zobel L., M. Glei, (2009) Does an extract of carob (Ceratonia siliqua L.) have chemopreventive potential related to oxidative stress and drug metabolism in human colon cells? J. Agriculture and Food Chemistry 57 2999–3004.

[74] Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng, J.M.F. Nogueira, A. Romano, (2011). Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activities of the carob tree (Ceratonia siliqua L.) germ flour extracts, Plant Foods Human Nutrition 66 78–84.

[75] Owen R.W., Haubner R., Hull W.E., Erben G., Spiegelhalder B., Bartsch H., Haber B., (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. Food Chem Toxicol. 41, 1727–1738

[76] Gruendel S., A.L. Garcia, B. Otto, C. Mueller, J. Steiniger, M.O. Weickert, M. Speth, N. Katz, C. Koebnick, (2006). Carob pulp preparation rich in insoluble fiber and polyphenols enhances lipid oxidation and lowers postpandrial acylated ghrelin, British J. Nutrition 136 1533–1538.

[77] Gruendel S., B. Otto, A.L. Garcia, K. Wagner, C. Mueller, M.O. Weickert, W. Heldwein, C. Koebnick, (2007). Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fibre and polyphenols increases plasma glucose and serum insulin responses in combination with a glucose load in humans, British J. Nutrition 98 101–105.

[78] Zunft H.J.F., Luder W., A. Harde, B. Haber, H.J. Graubaum, J. Grunwald, (2001). Carob pulp preparation for treatment of hypercholesterolemia, Advances in Therapy 18, 230–236

[79] Papagiannopoulos M., H.R. Wollseifen, A. Mellenthin, B. Haber and R. Galensa (2004). Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (Ceratonia siliqua L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/ MSn, J. Agric. Food Chem. 52, 3784-3791.

[**80] Guggenbichler J.P., (1983).** Adherence of enterobacteria in infantile diarrhea and its prevention. Infection, 11, 239-242.

[81] Dakia, P. A., Wathelet, B. & Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (Ceratonia siliqua L.) seed germ. Food Chemistry, 102, 1368-1374.

[82] Feillet, P., & Roulland, T. M. (1998). Caroubin: A gluten-like protein isolate from carob bean germ. Cereal Chemistry, 75, 488–492.

[83] Calixto, F.S., Canellas, J., (1982). Components of nutritional interest in carob pods Ceratonia siliqua. Journal of the Science of Food and Agriculture 33, 1319–1323.

[84] Multon J.L., (1984). Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris: Lavoisier.

[**85] Goycoola F.M., Morris E.R. & Gidley M.J., (1995).** Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of “hyperentanglement” in solution. Carbohydr. Polym., 27, 69-71.

[**86] Roukas T., (1996).**Continuous ethanol production from nonsterilized carob pod extract by immobilized Saccharomyces cerevisiae on mineral kissiris using a two-reactor system, Applied Biochemistry and Biotechnology 59, 299–307.

[87] Bosscher, D., Van Caillie-Bertrand, M., & Deelstra, H. (2001). Effect of thickening agents, based on soluble dietary fiber, on the availability of calcium, iron, and zinc from infant formulas. Nutrition, 17(7-8), 614-618.

[88] Filioglou, M. D., & Alexis, M. N. (1987). Use of the carob products in trout nutrition: the effects of growth inhibitors of the carob seed germ meal on digestion and studies on deactivation methods. Proceedings of the Second Panhellenic Symposium of Oceanography and Fisheries 618-624.

[89] Filioglou, M. D., & Alexis, M. N. (1989). Protein digestibility and enzyme activity in the digestive tract or rainbow trout fed diets containing increasing levels of carob seed germ meal. In N.

De Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors, & N. Wilkins (Eds.), Aquaculture. A biotechnology in progress (pp. 839-843). Bredene, Belgium: European Aquaculture Society.

[90] Bate-Smith, E.C., (1973). Hacm analysis of tannins: the concept of relative astringency. Phytochemistry 12, 907–911.

[91] Karkacıer, M., Artık, N., (1995). Determination of physical properties, chemical composition and extraction conditions of carob bean (Ceratonia siliqua L.). Gıda 20 (3), 131–136.

[92] Mehellou Zineb (2016) Caractérisation partielle et activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles issus de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien . Mémoire de magister Université Kasdi Merbah -Ouargla

[93] Benaoun Fatima (2017) Caractérisation Structurale et Potentiel Biologique des Polysaccharides issus de Plantago notata Lagasca (Plantaginaceae) et Urginea noctiflora Batt. et Trab. (Liliaceae) .Thèse de doctorat .Université Kasdi-Merbah (Ouargla)

[94] Zhang, Y.; Wang, F. Carbohydrate drugs: Current status and development prospect. Drug Discov. Ther. 2015, 9, 79–87.

[95] Do Amaral, A.E.; Petkowicz, C.L.O.; Mercê, A.L.R.; Iacomini, M.; Martinez, G.R.; Rocha, M.E.M.; Cadena, S.M.S.C.; Noleto, G.R. Leishmanicidal activity of polysaccharides and their oxovanadium (iv/v) complexes. Eur. J. Med. Chem. 2015, 90, 732–741.

[96] Zong, A.; Cao, H.; Wang, F. Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research. Carbohydr. Polym. 2012, 90, 1395–1410.

[97] Xiao, Z.; Tappen, B.R.; Ly, M.; Zhao, W.; Canova, L.P.; Guan, H.; Linhardt, R.J. Heparin mapping using heparin lyases and the generation of a novel low molecular weight heparin. J. Med. Chem. 2010, 54, 603–610.

[98] Benjamin Petera (2016) Extraction et caractérisations (structurale et physico-chimique) de polysaccharides hydrosolubles issus de cladodes de Cereus triangularis Thèse de doctorat Université d'Antsiranana

[99] Chouana Toufik (2017) Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge. Thèse de doctorat .Université Kasdi-Merbah (Ouargla)

[100] Gatenholm, P.; Tenkanen, M. Industrially Isolated Hemicellulose; ACS Symposium Series: Washington, DC, USA, 2004; pp. 1–2.

[101] Barsett, H.; Ebringerová, A.; Harding, S.; Heinze, T.; Hromádková, Z.; Muzzarelli, C.; Muzzraelli, R.; Paulsen, B.; Elseoud, O. Polysaccharides I: Structure, Characterisation and Use; Springer Science & Business Media: Berlin, Germany, 2005; Volume 186

[102] Abdeslem Rahaoui (1999) Ecophysiologie de rhodellaviolacea (Rhodophyta) Production et propriétés structurales des exopolysaccharides et de l'amidon florideen Thèse de doctorat.Université DES science et technologie de Lille

[103] Mme Hamdaoui Mokhtaria (2018) valorisation biochimique et comportement germinatif de crateagus monoguina Jacq. Du mont de Tessala (Algérie occidentale) Thèse de doctorat. Université de Djillali Liabes de Sidibelabbes

[104] Wijesekara, I.; Pangestuti, R.; Kim, S.-K. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. Carbohydr. Polym. 2011, 84, 14–21

[105] Zhang, J.;Wen, C.; Duan, Y.; Zhang, H.; Ma, H. Advance in cordyceps militaris (linn) link polysaccharides: Isolation, structure, and bioactivities: A review. Int. J. Biol. Macromol. 2019, 132, 906–914

[106] Kamerling, J.P.; Gerwig, G.J. Strategies for the structural analysis of carbohydrates. Compr. Glycosci. 2007, 1–68.

[107] Batlle, I. & Tous, J. (1997). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (carob tree, Ceratonia siliqua L.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy

[108] Robert D., Roland J.C., 1998. Biologie végétale, Volume 1, Organisation cellulaire, Doin, Paris, p 367.

[109] Röder, T., Morgenstern, B., Schelosky, N., Glatter, O., 2001. ″Solutions of cellulose in O, N-Dimethyllacetamide/ Lithium chloride studied by light scattering methods″ Polymer, (42): 6765-6773.cellulose

[110] Atalla, R. H., Brady, J. W., Matthews, J. F., Ding, S.Y., Himmel, M. E., 2008. ″Structures of plant cell wall cellulose. In ″Biomass Recalcitrance: deconstructing the plant cell wall for bioenergy″, Himmel, M. E.″ J. Blackwell Publishing. Oxford. UK.

[111] Fenger, D., 1994. "Fascinated by a chain molecule". Makromolecular Chemie, Macromolecular Symposium, 83: 311-323.

[112] Sugiyama, J., Vuong, R., Chanzy, H., 1991. ″Electron diffraction study on the two crystalline phases occurring in native cellulose from an algal cell wall″. Macromolecules, American Chemical Society, version 1: 4168-4175

[113] Ruff, Y. (2008). Biopolymères dynamiques : Oligo- et polysaccharides . Thèse de doctorat, Strasbourg 1, 308P

[114] Kök M. S., Hill S. E. and Mitchell, J. R. A comparison of the rheological behaviour of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing. Carbohydr. Polym., 1999, 38, 261-265.

[115] McCleary B.V., (1988). Carob and guar galactomannans.Methods Enzymol., 160, 523-527.

[116] Fox, J. E. 1992. Seed Gums. Thickening and gelling agents for food. A. Imeson., Chapman and Hall (pp.153-169). London.

[117] Azero, E.G. & Andrade, C.T. 2002. Material Properties Testing procedures for galactomannan purification. Polymer Testing, 21, 551-556.

[118] Da Silva J.A.L. & Gonçalves M.P. 1990. Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. Food Hydrocolloids, 4, 277-287.

[119] Mao C.F. & Chen J.C. 2006. Interchain association of locust bean gum in sucrose solutions: an interpretation based on thixotropic behaviour. Food Hydrocolloids, 20 (5), 730-739.

[120] Pollard, M. A., Kelly, R., Wahl, C., Fischer, P., Windhab, E., Eder, B. & Amado, R. (2007). Investigation of equilibrium solubility of a carob galactomannan. Food Hydrocolloids, 21, 683-692

[121] Harte and venegas, R , 1010. A model for viscosity reduction in polysaccharides subjected to high-pressure homogenization. Journal of texture studies 41, 49-61.

[122] Délattre Cédric., 2005 . stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par degradation enzymatique de gluconate . thése de doctorat , université de picardie jules verne , valois santerre, 172p.

[123] Nie C, Zhu P, Ma S,Wang M, et Hu Y. (2018). Purification, characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from stem lettuce. Carbohydrate polymers. Vol: 8617(18).

[124] Liu J., Willfo S. and XU C., 2015. A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, vol. 5: 31 – 61

[125] Ouibrahim A, (2015). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatique (Laurus nobilis L, ocimum basilicum L et Rosmarinus officinlis L.) de l'Est Algérien. Thèse de doctorat. Université Badji mokhtar- Annaba.

[126] Chen H. X., Zhang M., QU Z., et Xie B., 2008. Antioxidants activities of different fractions of polysaccharide conjugates from green tea (Camellia sinensis).Food Chemistry, vol. 106 (2): 559-563

[127] Wijesekara, I.; Pangestuti, R.; Kim, S.-K. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. Carbohydr. Polym. 2011, 84, 14–21

[128] Xie, Y.; Zhang, B.; Zhang, Y. Protective e_ects of acanthopanax polysaccharides on cerebral ischemia– reperfusion injury and its mechanisms. Int. J. Biol. Macromol. 2015, 72, 946–950

[129] Chen L et Huang G. (2018). The antiviral activity of polysaccharides and their derivatives.Journal of Biological Macromolecule. Vol: 115. P: 77-8.

[130] Witvrouw, M.; De Clercq, E. Sulfated polysaccharides extracted from sea algae as potential antiviral drugs. Gen. Pharmacol. Vasc. Syst. 1997, 29, 497–511

[131] Loh, S.H.; Park, J.-Y.; Cho, E.H.; Nah, S.-Y.; Kang, Y.-S. Animal lectins: Potential receptors for ginseng polysaccharides. J. Ginseng Res. 2017, 41, 1–9

[132] Chawla, R.; Patil, G. Soluble dietary fiber. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2010, 9, 178–196

[133] Zhu,W.; Xue, X.; Zhang, Z. Structural, physicochemical, antioxidant and antitumor property of an acidic polysaccharide from polygonum multiflorum. Int. J. Biol. Macromol. 2017, 96, 494–500

[134] Howarth, N.C.; Saltzman, E.; Roberts, S.B. Dietary fiber and weight regulation. Nutr. Rev. 2001, 59, 129–139

[135] Antolovich M., Prenzler P., Robards K., Ryan D. (2000).-Sample preparation in the analysis of phenolic compounds in fruits. Analyst, 125: p 989-1009.

[136] A.X. Stone, S. Bing, and L. Yunru, "Honeysuckle and other resources of medicinal, chemical and pharmacological research progress", Chinese Pharmaceutical Journal, vol. 34, pp. 724-727, 1999.

[137] Cheng, H.; Feng, S.; Jia, X.; Li, Q.; Zhou, Y.; Ding, C. Structural characterization and antioxidant activities of polysaccharides extracted from epimedium acuminatum. Carbohydr. Polym. 2013, 92, 63–68

[138] W. Hong, W. Qiang, and W. Shun-chun, "Such as salvia polysaccharide extraction, separation and structure set", Chinese Materia Medica, vol. 31, pp. 1075-1077, 2006.

[139] L. Hong-chang, "Wang body phase study of polysaccharide extraction process", Purple Salvia Taishan Medical College, vol. 28, pp. 251-252, 2007.

[140] Z. Shuai, and C. Yan-shen, "The study of Hericium polysaccharide Dong-based enzymatic extraction", Henan University of Technology, vol. 31, pp. 76-79, 2010.

[141] Al-Harahsheh M. and Kingman S.W. (2004). Microwave-assisted leaching-a review. Hydrometallurgy.,73(3-4) : p 189-203.

[142] Grigonis P.R., Venskutonis B., Sivik M., Sandahl D., et Eskilsson C.S. (2005). Comparison ofdifferent extraction techniques for isolation of antioxidants from sweet grass (Hierochloëodorata), The Journal of Supercritical Fluids, 33 (3): p 223-233.

[143] H. Yansui, L. Wen-wang, and C. Jing, "Such as technology and mathematical simulation chrysanthemum Ultrasonic Extraction", Chinese Journal of Hospital Pharmacy, vol. 30, pp.188-190, 2010

[144] X. Yan-yan, "Extraction methods and processes of plant polysaccharides", Fujian Aquaculture, vol. 3, pp. 33-36, 2006.

[145] Do Nascimento, D.M.; Dias, A.F.; De Araújo Junior, C.P.; De Freitas Rosa, M.; Morais, J.P.S.; De Figueirêdo, M.C.B. A comprehensive approach for obtaining cellulose nanocrystal from

coconut fiber. Part II: Environmental assessment of technological pathways. Ind. Crops Prod. **2016**, 93, 58–65.

[146] Matavire, T.O. Extraction and Modification of Hemicellulose from Wheat Bran to Produce Entrapment Materials for the Controlled Release of Chemicals and Bioactive Substances. Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, March 2018.

[147] Boukroufa, M.; Boutekedjiret, C.; Petigny, L.; Rakotomanomana, N.; Chemat, F. Bio-refinery of orange peels waste: A new concept based on integrated green and solvent free extraction processes using ultrasound and microwave techniques to obtain essential oil, polyphenols and pectin. Ultrason. Sonochem. **2015**, 24, 72–79.

[148] Maheshwari, G.; Sowrirajan, S.; Joseph, B. Extraction and isolation of _-glucan from grain sources-A review. J. Food Sci. **2017**, 82, 1535–1545.

[149] Alves, A.; Caridade, S.G.; Mano, J.F.; Sousa, R.A.; Reis, R.L. Extraction and physico-chemical characterization of a versatile biodegradable polysaccharide obtained from green algae. Carbohydr. Res. **2010**, 345, 2194–2200.

[150] Xu, S.-Y.; Huang, X.; Cheong, K.-L. Recent advances in marine algae polysaccharides: Isolation, structure, and activities. Mar. Drugs **2017**, 15, 388.

[151] Yu, X.; Zhou, C.; Yang, H.; Huang, X.; Ma, H.; Qin, X.; Hu, J. E_ect of ultrasonic treatment on the degradation and inhibition cancer cell lines of polysaccharides from porphyra yezoensis. Carbohydr. Polym. **2015**, 117, 650–656.

[152] Ben Amor B. 2008. Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les Opérations d'extraction de principes actifs; Texturisation par détente instantanée contrôlée DIC. Thèse Doctorat, Université de la rochelle, France