



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire *N série:.....*
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
biologiques
Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

Activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles
d'*Astragalus gombo* Bunge issue de la région d'El Oued

Présentés Par :

Mlle BOUMAZA Messaouda

Mlle BEKAKRA Yousra

Mr BOUAZIZ Yakoub

Mr LAOUAR Abdelkader

Devant le jury composé de:

Président	Mr. CHOUIKH Atef	Pr	Université d'El Oued
Examinatrice	Mme. YOUMBAI Asma	MAA	Université d'El Oued
Promotrice	Mme. MEHELLOU Zineb	MAA	Université d'El Oued

- Année universitaire 2021/2022-



Remerciements

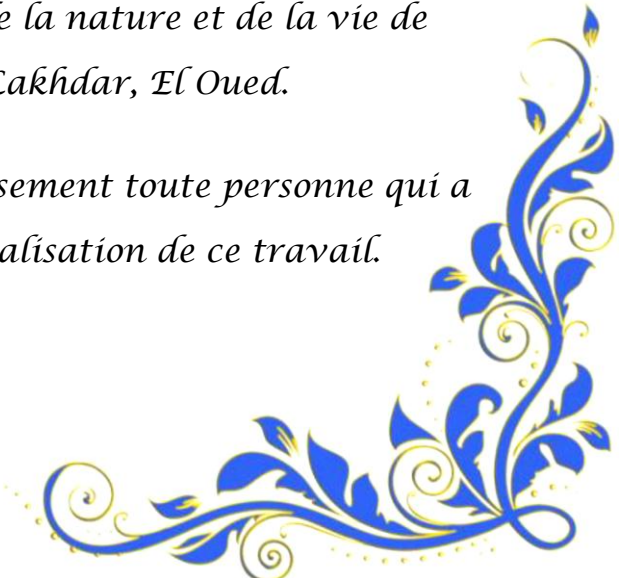
Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

*A l'issue de l'actualisation de cette étude, nous tenons à remercier madame **MEHELLOU Zineb** pour avoir bien voulu de prendre en charge ce travail. En tant que promotrice, ses conseils et son aide, à la fois sur le contenu et sur la rédaction, ont été très précieux. Nous lui adressons également toute notre gratitude pour son soutien moral.*

*Nous remercions également les membres de jury de nous avoir fait l'honneur d'examiner et de juger notre travail. Nous adressons nos profondes gratitude et nos sincères reconnaissances au monsieur le professeur **CHOUIKH Atef** le président de jury, et à madame **YOUMBAI Asma**, l'examinatrice de jury, maître de conférence classe B, de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued.*

On adresse nos sincères remerciements à tout l'ensemble des membres du laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued.

En dernier lieu, nous remercions gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.





Dédicace

A nos chers parents

A nos belles familles

A tous nos amis

RÉSUMÉS

Résumé

Le présent travail est porté sur l'étude des polysaccharides hydrosoluble extrait des graines et des feuilles de la plante spontanée à caractère médicinal *Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae), récoltée dans la région d'El Oued. L'étude est débutée par une extraction des polysaccharides hydrosolubles suivie par l'étude de la composition en oses neutres. En ce qui concerne l'évaluation des activités biologiques, l'activité antioxydante est évaluée à l'aide de la méthode de réduction de radicaux libre DPPH tandis que l'activité anti-inflammatoire est mesurée par le test d'inhibition de la dénaturation thermique des protéines. L'étude note des rendements massiques des grains (PHG) par 7.63% et des feuilles (PHF) par 8.86%. En outre, la teneur en oses neutre des extraits des polysaccharides hydrosolubles isolés PHG et PHF est 56.85% et 62.24%, respectivement. Le pouvoir antioxydant des fractions obtenues PHG et PHF indiquent des concentrations inhibitrices à 50% (IC₅₀), soit 0.072mg/ml et 0.058mg/ml, respectivement. Par addition, l'effet anti-inflammatoire de PHG signale une concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) de 1.34mg/ml. Les effets antioxydant et anti-inflammatoire observés sont faibles par rapport aux références, dont l'acide ascorbique et le diclofénac de sodium. L'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle peut être justifiée par des autres métabolites secondaires ou par des polysaccharides de nature alcalisolubles, ce qui fait l'objet de recherches complémentaires.

Mots clés: *Astragalus gombo* Bunge, Polysaccharides hydrosolubles, Antioxydante, Anti-inflammatoire.

Abstract

The present work is focused on the study of water-soluble polysaccharides extracted from the seeds and leaves of the spontaneous medicinal plant *Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae), harvested in the region of El Oued. The study begins with an extraction of the water-soluble polysaccharides followed by the study of the composition of neutral sugars. With regard to the evaluation of the biological activities, the antioxidant activity is evaluated using the method of reduction of DPPH free radicals while the anti-inflammatory activity is measured by the protein thermal denaturation inhibition test. The study notes mass yields of grains (PHG) by 7.63% and leaves (PHF) by 8.86%. Furthermore, the neutral sugars content of the extracts of the isolated water-soluble polysaccharides PHG and PHF is 56.85% and 62.24%, respectively. The antioxidant power of the obtained fractions PHG and PHF indicate 50% inhibitory concentrations (IC₅₀), ie 0.072 mg/ml and 0.058 mg/ml, respectively. By addition, the anti-inflammatory effect of PHG reports a 50% inhibitory concentration (IC₅₀) of 1.34mg/ml. The antioxidant and anti-inflammatory effects observed are weak compared to references, including ascorbic acid and diclofenac sodium. The use of this plant in traditional medicine may be justified by other secondary metabolites or by alkali-soluble polysaccharides, which is the subject of further research.

Keywords: *Astragalus gombo* Bunge, Water-soluble polysaccharides, Antioxidant, Anti-inflammatory.

ملخص

يركز العمل الحالي على دراسة متعدد السكريات القابل للذوبان في الماء والمستخرج من بذور وأوراق النبات الطبي العفوي (*Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae) المحصود في منطقة الواد. تبدأ الدراسة باستخراج السكريات القابلة للذوبان في الماء ثم دراسة التركيب في السكريات المحايدة. وفيما يتعلق بتقييم الأنشطة البيولوجية، يتم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة ارجاع الجذور الحرة DPPH في حين أن تقييم النشاط المضاد للالتهاب يتم عن طريق اختبار تثبيط التفكك الحراري للبروتينات. أشارت الدراسة إلى ان المردود الكتلي للبذور (PHG) بنسبة 7.63% وللأوراق (PHF) بنسبة 8.86%. علاوة على ذلك ، فإن محتوى السكريات المحايدة لمستخلصات متعدد السكريات القابل للذوبان في الماء PHG و PHF هو 56.85% و 62.24% على التوالي. يشير النشاط مضادات الأكسدة التي تم الحصول عليها PHG و PHF إلى تركيزات مثبطة بنسبة 50% (IC50)، أي 0.072 مجم / مل و 0.058 مجم / مل على التوالي. بالإضافة إلى ذلك ، فإن التأثير المضاد للالتهابات لـ PHG يشير إلى وجود تركيز مثبط بنسبة 50% (IC50) يبلغ 1.34 مجم / مل. تعد تأثيرات مضادات الأكسدة والمضادة للالتهابات التي لوحظت ضعيفة مقارنة بالمراجع، بما في ذلك حمض الأسكوربيك وديكلوفيناك الصوديوم. قد يكون استخدام هذا النبات في الطب التقليدي مبررًا بواسطة مستقبلات ثانوية أخرى أو بواسطة متعدد السكريات القلوي القابل للذوبان، وهو موضوع مزيد من البحث.

الكلمات المفتاحية: *Astragalus gombo* Bunge ، السكريات القابلة للذوبان في الماء، مضادات الأكسدة، مضادات الالتهابات.

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Structure de cellobiose unité de cellulose	06
2	Structure de l'hémicellulose	07
3	Structure de pectine	08
4	Structure de l'amylose et de l'amylopectine	09
5	Structure l'inuline	09
6	Structure générale des galactomannanes	10
7	<i>Astragalus gombo</i> à Debila Wilaya d'El Oued	15
8	Protocole d'extraction des polysaccharides hydrosolubles à partir des feuilles et des grains d' <i>Astragalus gombo</i>	18
9	Principe du test DPPH	19
10	Rendements massiques d'extraction hydrosolubles des polysaccharides d' <i>A. gombo</i>	23
11	Teneur en oses neutres des extraits polysaccharidiques PHG et PHF	25
12	Concentrations inhibitrices à 50 % pour la réduction du radical DPPH	26
13	Concentrations inhibitrices à 50 % de l'effet antiinflammatoire contre la dénaturation des protéines	27
Figures des annexes		
14	Courbe d'étalonnage de dosage des oses neutres	
15	Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique	
16	Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait brut PHF d' <i>A. gombo</i>	
17	Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait brut PHG d' <i>A. gombo</i>	
18	Pourcentages d'inhibition contre la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de diclofénac de sodium	

19	Pourcentages d'inhibition contre la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de PHG
20	Etape de prétraitement
21	Etape de macération
22	Etape de précipitation

Listes les annexes

N°	titre
Annexe 01	Les différentes courbe d'étalonnage au cours de l'étude sont présentées
Annexe 02	Les photos présentent les étapes d'extraction hydrosolubles des grains et des feuilles d' <i>Astragalus gombo</i>
Annexe 03	Les type des appareils utilisés au cours de l'expérimentation sont illustrés

Liste des abréviations

rpm	Rotation par minute
G	Gramme
ml	Millilitre
UV-Vis	Spectrophotométrie ultraviolette visible
μL	Microlitre
ERO	espèces réactives de l'oxygène
<i>A. gombo</i>	<i>Astragalus gombo</i>
PHG	Polysaccharides Hydrosolubles des Grains d' <i>A. gombo</i>
PHF	Polysaccharides Hydrosolubles des Feuilles d' <i>A. gombo</i>
g/mol	Gramme par Mole
IC50	Concentration Inhibitrice à 50 %
DPPH	1,1' Diphenyl-2-Picryl Hydrazyl
PBS	solution saline tampon phosphate
A. Asc	Acide Ascorbique

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicace	
Résumés	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
Introduction	
Chapitre I. Synthèse bibliographique	
Aperçu sur les polysaccharides et leurs activités biologiques	
I.1. Généralités sur les polysaccharides	05
I.1.1. Polysaccharides végétaux	05
I.1.1.1. Polysaccharides structuraux	05
I.1.1.1.1. Cellulose	05
I.1.1.1.2. Hémicelluloses	06
I.1.1.1.3. Pectines	07
I.1.1.2. Polysaccharide de réserve	08
I.1.1.2.1. Amidon	08
I.1.1.2.2. Inuline	09
I.1.1.2.3. Galactomannanes	10
I.1.1.3. Gommés et Mucilages	11
I.2. Activités biologiques des polysaccharides	11
I.2.1. Activité Antioxydante	11
I.2.2. Activité Anti-inflammatoire	12
Chapitre II. Matériel et méthodes	
II.1. Principe d'étude	14

II.2. Matériel d'étude	14
II.2.1. Choix de l'espèce végétale	14
II.2.2. Description botanique d' <i>Astragalus gombo</i> Bunge	15
II.2.3. Position systématique	16
II.2.4. Récolte et parties étudiées	16
II.3. Méthodes d'étude	16
II.3.1. Technique de séchage et de broyage	16
II.3.2. Extraction hydrosolubles des polysaccharides	16
II.3.2.1. Calcul du rendement	17
II.3.3. Dosage en oses neutres des extraits bruts de polysaccharides	17
II.3.3.3.1. Principe	17
II.3.3.3.2. Mode opératoire	17
II.3.4. Activités biologiques	19
I.3.4.1. Activité Anti-oxydante par le teste du piégeage du radical libre DPPH	19
I.3.4.1.1. Principe	19
I.3.4.1.2. Mode opératoire	19
I.3.4.1.3. Détermination de concentration inhibitrice à 50% (IC50)	20
I.3.4.2. Activité Anti-inflammatoire	20
I.3.4.2.1. Principe	20
I.3.4.2.2. Mode opératoire	20
II.4. Analyse statistique	21
Chapitre III. Résultats et discussion	
III.1. Rendement d'extraction des polysaccharides	23
III.2. Dosage en oses neutres des extraits brute de polysaccharide	24
III.3. Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique	25
III.3.1. Activité antioxydante au test DPPH	25

III.3.2. Activité anti-inflammatoire	27
Conclusion et perspectives	30
Références bibliographiques	33
Annexes	

INTRODUCTION

La recherche sur la pratique traditionnelle des plantes médicinales a attiré une attention considérable au sein de la société scientifique (MECHAALA *et al.*, 2021). À l'échelle mondiale, les plantes médicinales traditionnelles ont joué un rôle vital dans les systèmes de santé et sont utilisées pour traiter diverses affections aiguës et chroniques sans effet toxique ou avec un minimum d'effet toxique. Les plantes médicinales sont souvent utilisées comme remède naturel pour soigner divers problèmes de santé, notamment la tuberculose, le cancer, le diabète sucré, les maladies cardiaques, la cicatrisation des plaies, l'asthme, la pharyngite, l'hypertension, etc. (PRASATHKUMAR *et al.*, 2021). Diverses herbes et plantes sont bien connues pour leurs propriétés curatives et thérapeutiques (UR REHMAN *et al.*, 2021).

Le genre *Astragalus* est l'un des plus grands genres des Fabaceae et est largement distribué dans les régions tempérées et les régions arides comme arbustes annuels et vivaces et sous-arbrisseaux. Il est estimé que le genre *Astragalus* contient plus de 3000 espèces (Qader *et al.*, 2021), et représenté en Algérie par environ 40 espèces, y compris *Astragalus gombo* Coss et Dur. Cette plante vivace endémique se développe dans les pâturages arides et désertiques de l'Algérie (QUEZEL et SANTA, 1963). Elle est utilisée traditionnellement dans le traitement de plusieurs maladies dont la douleur, la fièvre, et les blessures (BOUAL *et al.*, 2014).

Les polysaccharides en tant que macromolécules biologiquement essentielles existent largement dans les plantes, les animaux et les micro-organismes (CUI *et al.*, 2021), ont attiré une attention considérable en raison de leur utilisation répandue dans des domaines industriels tels que les produits alimentaires et pharmaceutiques (SONG *et al.*, 2019; MIRZADEH *et al.*, 2019). Ils représentent les candidats les plus attractifs pour les applications biomédicales à cause de leurs propriétés physicochimiques exceptionnelles, de leur biocompatibilité, de leur biodégradabilité et de leur non-toxicité (SALAMA *et al.*, 2020).

L'objectif de la présente étude est d'identifier des polysaccharides issus d'*Astragalus gombo* Coss et Dur. et de fournir des nouvelles connaissances au sujet de leurs activités biologiques (antioxydant et anti-inflammatoire). Ainsi, il est visé une contribution à la valorisation des plantes spontanées à caractère médicinal du Sahara septentrional Est algérien et une justification de leurs utilisations en médecine traditionnelle.

Le présent travail est structuré en trois chapitres. En effet, le premier chapitre traite un aperçu sur les polysaccharides végétaux et des études antérieures sur leurs activités biologiques. Le second chapitre porte essentiellement sur l'ensemble du matériel et des méthodes dont les

techniques expérimentales d'extraction des polysaccharides hydrosolubles à partir des grains et des feuilles d'*Astragalus gombo*, la détermination de leur composition biochimique en oses neutres, et les tests réalisés pour l'évaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire. Le troisième chapitre présente les principaux résultats obtenus suivis d'une discussion. Enfin, une conclusion générale accompagnée par des perspectives soutenues achève ce travail.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Ce chapitre traite des généralités sur les polysaccharides, en particulier les polysaccharides végétaux et leurs activités biologiques.

I.1. Généralités sur les polysaccharides

Les polysaccharides sont des polymères macromoléculaires naturels qui sont biosynthétisés dans les plantes, les animaux et les micro-organismes (BACAKOVA, 2014). Ils sont les polymères macromoléculaires les plus abondants d'origine naturelle issus de sources renouvelables telles que les algues, les plantes et les micro-organismes comme les champignons et les bactéries (MOHAMMED *et al.*, 2021).

Les polysaccharides peuvent être classés en deux classes principales, appelées homopolysaccharides et hétéro-polysaccharides. Le premier est constitué de structures composées d'un type de monosaccharide, à savoir la cellulose, l'amidon et le glycogène. En revanche, les hétéro-polysaccharides ont des unités répétitives de deux ou plusieurs types des oses aminés comme l'acide hyaluronique, montrant différentes propriétés de la première classe (SEIDI *et al.*, 2022).

I.1.1. Polysaccharides végétaux

Les polysaccharides végétaux sont divisés en polysaccharides de réserve (amidon, caroube), en polysaccharides de structure (cellulose, hémicelluloses et pectines), en polysaccharides exsudats (gomme arabique) et enfin en mucilages (SOUKOULIS *et al.*, 2018).

I.1.1.1. Polysaccharides structuraux

Il est indiqué la cellulose, les hémicelluloses et les pectines.

I.1.1.1.1. Cellulose

La cellulose est le polysaccharide le plus abondant dans le monde (DINORO *et al.*, 2019). Elle peut être trouvée dans les biomatériaux tels que les arbres, les plantes, les fruits, légumes et bio-déchets (ZAINAL *et al.*, 2021).

La cellulose est une substance non ramifiée et compliquée en raison de l'association de différentes chaînes de haut poids moléculaire, homo-biopolymère avec répétition des unités D-glucose, reliées entre elles par des liaisons glycosidiques β (1 \rightarrow 4). Une extrémité de la chaîne

cellobiose que, à trois groupes hydroxyle dans chaque résidu de glucose avec un degré de polymérisation basé sur des unités de glucose allant de 1 000 à 15 000 (SEDDIQI *et al.*, 2021).

Ils ont des avantages naturels, biocompatibilité, de biodégradabilité, de renouvellement, de bonne résistance mécanique. a des propriétés insipides, inodores et insolubles dans l'eau et la plupart des solvants organiques (ZAINAL *et al.*, 2021).

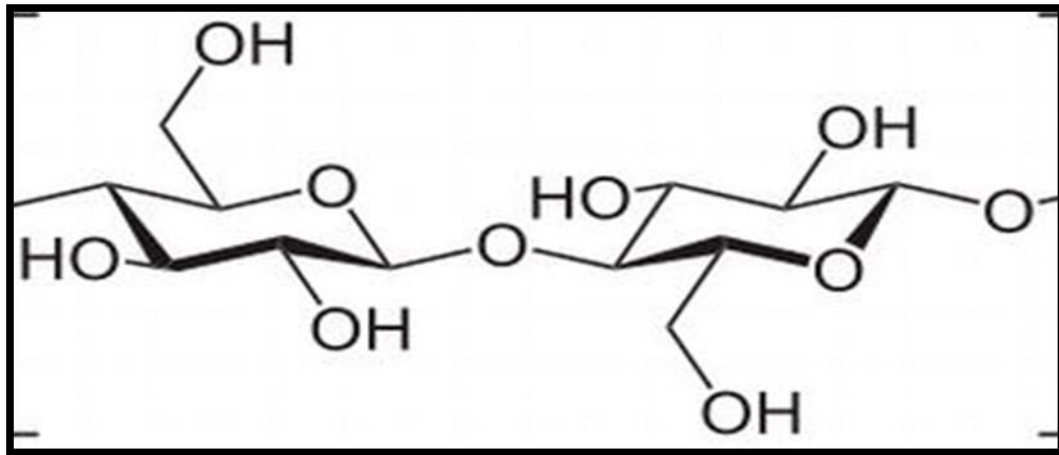


Figure01: Structure de cellobiose unité de cellulose (KITIR *et al.*, 2018)

I.1.1.1.2. Hémicelluloses

Les hémicelluloses, représentant en moyenne jusqu'à 50% de la biomasse des plantes vivaces (BENAOUN *et al.*, 2017). Ils sont hautement ramifiées, naturellement amorphes avec un degré de polymérisation faible, ce qui facilite leur utilisation dans les matériaux polymériques, les aliments, l'énergie et la médecine. les plus connues des hémicelluloses sont les arabinoxyanes et les β -glucanes (ARZAMI *et al.*, 2022).

Les hémicelluloses ont comme des principaux composants la ligno-cellulose et le xylane (YE *et al.*, 2021). Ce sont des polysaccharides hétérogènes comprenant à la fois des molécules linéaires et ramifiées qui sont principalement constituées d'unités pentose (xylose et arabinose) et hexose (glucose, galactose, mannose, rhamnose, acides glucuronique et galactouronique), ainsi que par le type et la répartition des liaisons glycosidiques (BENAOUN *et al.*, 2017).

La fonction principale des hémicelluloses est d'agir comme agents de remplissage pour les espaces entre les celluloses et les lignines (ARZAMI *et al.*, 2022).

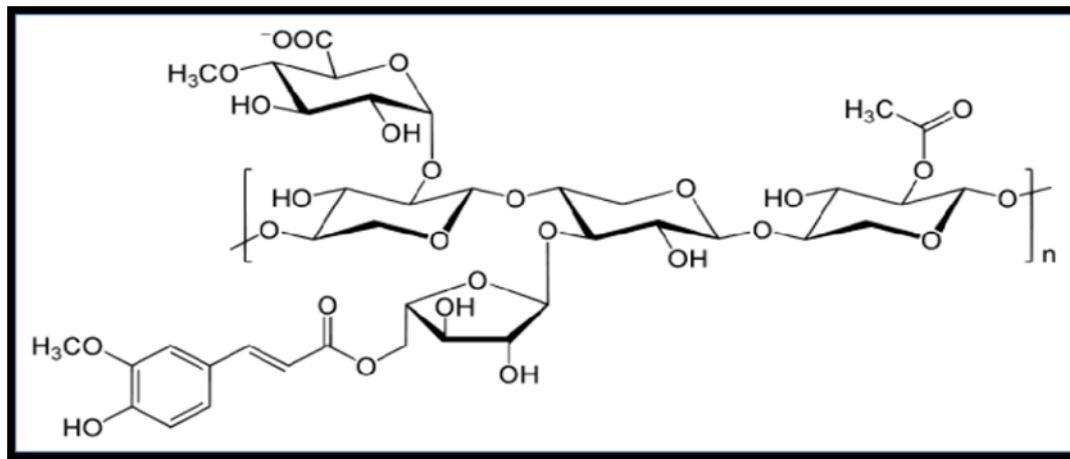


Figure 02 : Structure de l'un hémicellulose (HU *et al.*, 2020).

I.1.1.1.3. Pectines

Les pectines sont une fibre alimentaire qui s'accumule dans les parois cellulaires primaires et les tissus intercellulaires des plantes terrestres (BLANCO *et al.*, 2021). C'est un biopolymère naturel dérivé de diverses sources végétales (MOSLEMI *et al.*, 2021).

Les pectines sont une famille de polysaccharides complexes contenant de l'acide α -D-galactosyluronique. Les pectines sont des hétéro-polysaccharides acides hétérogènes et complexes avec une masse moléculaire de généralement 50 000 à 150 000 g/mol. Il contient un squelette linéaire d'au moins 65% de résidus acide galacturonique (GalA) (BLANCO *et al.*, 2021) lié en β (1 \rightarrow 4)_n, (BACAKOVA *et al.*, 2014), qui peut être libre ou méthyl-estérifié au niveau des groupes carboxyle présents en C-6. La macromolécule de pectine contient des fragments de régions linéaires et ramifiées de polysaccharides tels que l'homogalacturonan, le rhamnogalacturonan, le xylogalacturonan et l'apiogalacturonan (BLANCO *et al.*, 2021).

Les pectines sont résistantes aux enzymes digestives. Cependant, ils peuvent être facilement dégradés par le microbiote intestinal. Un mécanisme par lequel les pectines sont considérés comme agents bénéfiques en termes de stimulation de la croissance et de la diversité des communautés de microbiote, par amélioration de l'intégrité intestinale (SUN *et al.*, 2022).

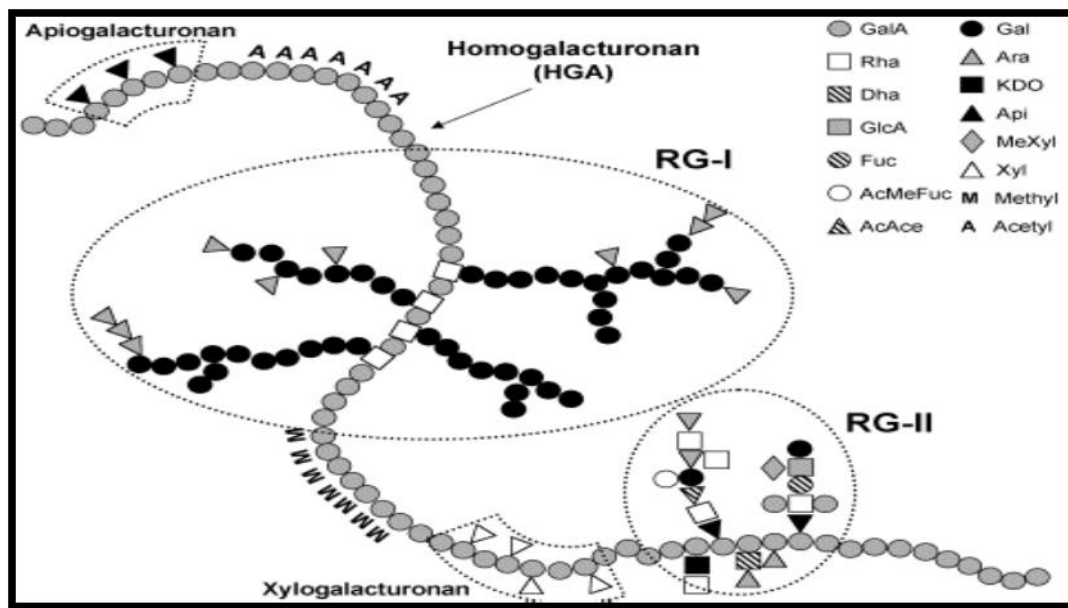


Figure03 : Structure des pectines (PEREZ *et al.*, 2003)

I.1.1.2. Polysaccharide de réserve

Il est noté l'amidon, les inulines et les galactomannanes.

I.1.1.2.1. Amidon

L'amidon est un polymère glucidique complexe produit par les plantes et surtout par les cultures en quantités énormes (APRIYANTO *et al.*, 2022). C'est une importante réserve énergétique des plantes vertes, où il est trouvé couramment dans les graines, les tubercules, les racines, les fruits, les tiges et les feuilles. La plupart des amidons sont composés de deux polysaccharides majeurs, soit l'amylose, D-glucopyranose lié en α (1 \rightarrow 4) avec quelques ramifications des liaisons α (1 \rightarrow 6), et l'amylopectine, une polysaccharide ramifié avec des chaînes linéaires liées en α (1 \rightarrow 4) reliés par des liaisons de ramification α (1 \rightarrow 6) (CHI *et al.*, 2021).

L'amidon est essentiel pour les êtres humains et les animaux en tant que source de nutrition et d'énergie. De nos jours, l'amidon est également utilisé dans les secteurs industriels non alimentaires à diverses fins (APRIYANTO *et al.*, 2022). En fonction de la source botanique, l'amidon présente des caractéristiques spécifiques de gélification comme températures de cuisson, viscosité, clarté de la pâte et capacité de gélification (DAVIDOVICH *et al.*, 2019).

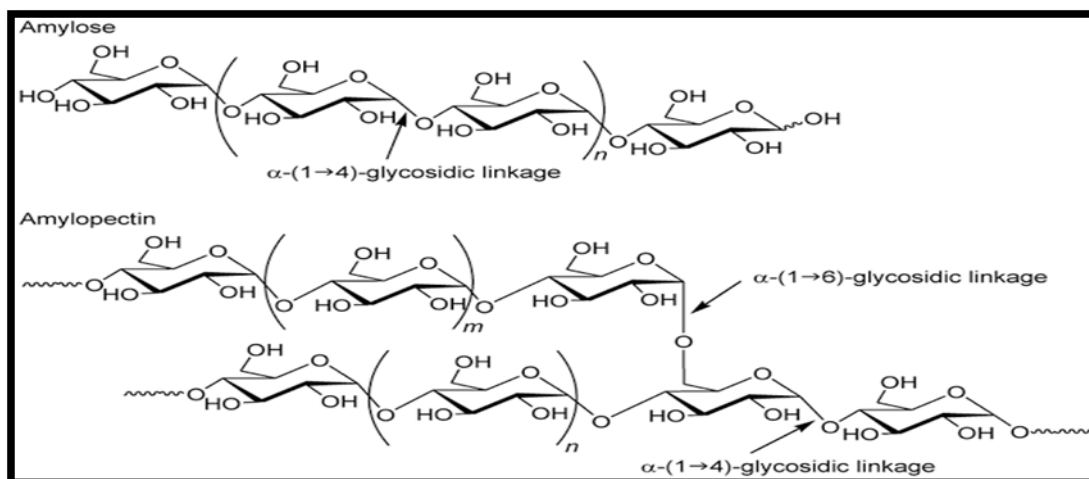


Figure 04 : Structures de l'amylose et de l'amylopectine (DUFRESNE *et al.*, 2015)

I.1.1.2.2. Inuline

L'inuline, un polymère de fructose naturel lié par des liaisons β 2 \rightarrow 1 existe dans de nombreuses plantes, dont le blé, l'oignon, la banane, l'ail et la chicorée. L'inuline est largement utilisée comme ingrédient alimentaire industriel en raison de ses caractéristiques fonctionnelles uniques ainsi que ses avantages pour la santé (SUN *et al.*, 2022 GIRI *et al.*, 2021). Des études nombreuses montrent que l'inuline pourrait être bénéfique pour les individus avec le diabète de type 2 en favorisant la croissance de la microflore intestinale (SUN *et al.*, 2022).

L'inuline peut être trouvée en abondance dans la nature, cette forme de glucide (fructanes) est utilisée par les plantes comme stockage d'énergie et éventuellement pour d'autres usages. L'homme utilise l'inuline comme fibre alimentaire et prébiotique pour améliorer la santé de son système digestif ou pour améliorer les propriétés physicochimiques et sensorielles des aliments (PRAMANDA *et al.*, 2022).

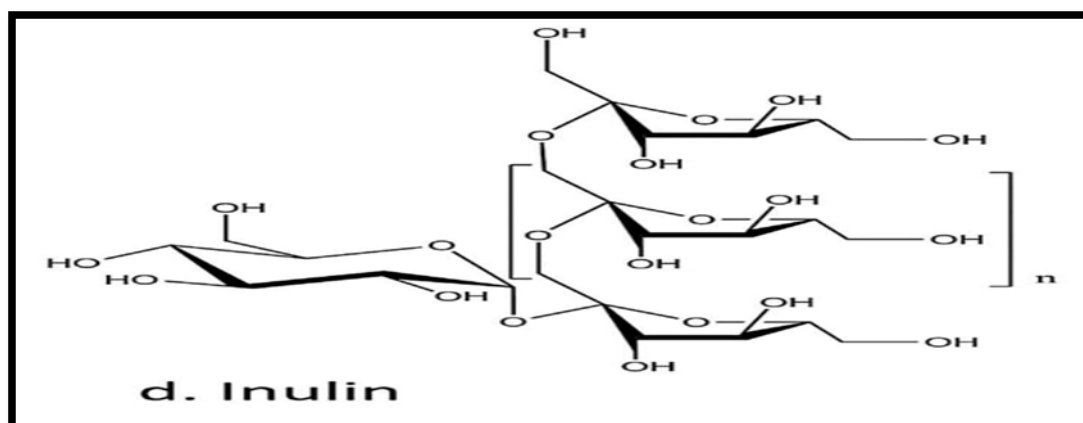


Figure 05 : Structure l'inuline (MENISINK *et al.*, 2015)

I.1.1.2.3. Galactomannanes

Les galactomannanes sont des polysaccharides linéaires non ioniques hétérogènes avec une caractéristique structurale générale qui consiste en un polymère linéaire d'unités D-mannopyranose liées en β (1 \rightarrow 4) (M), qui sont remplacés de manière variable par des unités simples insérées D-galactose (G) liés à α (1 \rightarrow 6). Les galactomannanes peuvent être dérivés de l'endosperme de graines de plantes et synthétisé à partir de micro-organismes, principalement les champignons, bien que les produits de ces derniers soient encore d'une applicabilité limitée. Les galactomannanes dérivés de l'endosperme des graines sont présents dans certaines espèces de légumineuses (Leguminosae) comme polysaccharides de réserve pour remplacer l'amidon. Les galactomannanes ont déjà été identifiés dans environ 70 espèces de légumineuses (SANTOS *et al.*, 2021 ; YADAV *et al.*, 2020), avec un rapport mannose/galactose variable, généralement compris entre 1,1 à 5,0.

Les fonctionnalités des galactomannanes sont fortement dépend du rapport mannose: galactose. La distribution des unités galactose le long de la chaîne principale affecte fortement les propriétés de galactomannanes. La solubilité dans l'eau des galactomannanes progressivement augmente avec la teneur en galactose et habituellement 10 % de substitution de galactose est nécessaire pour la solubilité dans l'eau. Cependant, plusieurs autres espèces sont décrites comme source des galactomannanes. En raison de leur biocompatibilité, leur propriété non toxiques, leur biodégradabilité, ils trouvent des applications dans les industries alimentaire, cosmétique, et pharmaceutique. Dans les produits aqueux, ils ont comme rôle de viscosifiants épaississants, et également d'excellents raidisseurs et stabilisants d'émulsions (YADAV *et al.*, 2020).

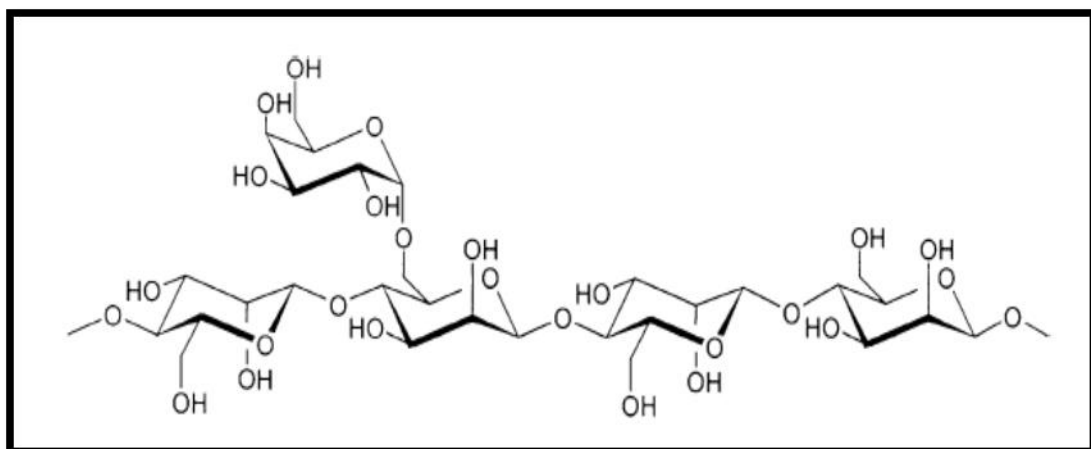


Figure 06 : Structure générale des galactomannanes (EBRINGEROVA *et al.*, 2005).

I.1.1.3. Gommages et Mucilages

Les gommages sont des biomolécules glucidiques qui ont le potentiel de lier l'eau et de former des gels. Les gommages sont régulièrement associées à des protéines et des minéraux dans leur construction. Les gommages ont plusieurs formes, telles que les gommages de graines, les gommages d'exsudat, etc. Les gommages végétales sont l'une des gommages les plus importantes en raison de leur biodisponibilité (AMIRI *et al.*, 2021).

Les mucilages sont constitués d'hydrates de carbone complexes de composition diverse. Elles présentent une capacité d'absorption d'eau élevée, ce qui indique qu'elles possèdent les propriétés nécessaires pour une utilisation industrielle comme source alternative d'hydrocolloïde. Les mucilages se présentent avec une grande diversité de nature et peuvent être d'origine microbienne, animale ou végétale. La composition du mucilage dépend de son origine et des types de sucres qui le composent, car les polysaccharides peuvent avoir différentes propriétés et différentes fonctions (DE OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Les mucilages sont des produits physiologiques obtenus à partir de la paroi cellulaire des différentes parties de la plante, y compris les graines, les feuilles, les tiges, les écorces et les racines. Le procédé d'obtention des polysaccharides mucilagineux peut être avec de l'eau ou diluer par des solutions acides ou alcalines en raison de leurs propriétés hydrophiles (OLAWUYI *et al.*, 2021).

I.2. Activités biologiques des polysaccharides

Depuis le dernier siècle, les polysaccharides ont trouvé leur place dans les domaines biomédicaux, en raison de nombreuses propriétés de polysaccharides comme la biodégradabilité, la biocompatibilité, la non-immunogénicité, la solubilité et la stabilité. Ils sont considérés comme des candidats potentiels dans de nombreuses applications biomédicales (MOHAMMED *et al.*, 2021). Les polysaccharides sont des macromolécules biologiques importantes, qui se trouvent dans les plantes, les animaux et les micro-organismes (NIE *et al.*, 2018).

I.2.1. Activité Antioxydante

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) peuvent endommager le corps humain par une modification des différentes macromolécules telles que les lipides membranaires, les protéines et l'ADN (MOHAMMED *et al.*, 2021). Ils provoquent la peroxydation et produisent

des peroxydes qui détruire la structure de la membrane cellulaire et des organites en altérant leur fonction. Il faut donc étudier l'antioxydation pour surmonter les dommages causés par la suroxydation (SIMAYI *et al.*, 2021).

Un polysaccharide hydrosoluble de poids moléculaire moyen de $1,92 \times 10^5$ Da est isolé à partir du fruit d'*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, contenant le mannose, le galactose, l'arabinose, le xylose, le fructose et le rhamnose. des essais *in vitro* révélé que ce polysaccharide possède une activité antioxydante contre les radicaux de DPPH, d'hydroxyle et des anions superoxydes (WANG *et al.*, 2018).

I.2.2. Activité Anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse défensive de l'organisme aux dommages sous l'action de facteurs inflammatoires. Cette réponse est une série de processus pathologiques complexes, se manifestant principalement dans trois modifications des lésions tissulaires, de la réponse vasculaire et de la prolifération cellulaire. La stratégie thérapeutique traditionnelle de l'inflammation implique principalement des anti-inflammatoires stéroïdiens et non stéroïdiens (SIMAYI *et al.*, 2021).

Les polysaccharides extraites de sources naturelles ont suscité une grande attention ces dernières années en raison à leur innocuité, leur accessibilité et leurs puissantes activités anti-inflammatoires (HOU *et al.*, 2020). Certains polysaccharides ont un effet inhibiteur sur les médiateurs liés à l'inflammation tels que les cytokines (IL-1b, IL-6, TNF-a) et le NO (oxyde nitrique). Ils peuvent également diminuer l'infiltration des cellules inflammatoires. Les polysaccharides sulfatés dérivés d'algues présentent leurs propriétés antiinflammatoires en interférant avec la migration des leucocytes aux sites d'inflammation (MOHAMMED *et al.*, 2021).

CHPITRE II

Matériel et méthodes

Dans le présent chapitre, il est traité le principe adopté, le matériel utilisé, les méthodes d'étude des extraits bruts des polysaccharides hydrosolubles, à savoir leur extraction, et leurs activités *in vitro* biologiques dont l'activité anti-inflammatoire et l'activité anti-oxydante.

II.1. Principe d'étude

Les substances naturelles obtenues à partir de plantes médicinales et leurs extraits sont souvent utilisées comme remède naturel pour soigner divers problèmes de santé, notamment la tuberculose, le cancer, le diabète sucré, les maladies cardiaques, la cicatrisation des plaies, l'asthme, la pharyngite et l'hypertension (PRASATHKUMAR *et al.*, 2021; UR REHMAN *et al.*, 2021). La recherche au 21^e siècle accorde plus d'attention aux plantes médicinales pour la conception de nouveaux médicaments comme le criblage pharmacologique du composé bioactif (SINGH *et al.*, 2021).

Les polysaccharides sont des polymères naturels abondants (ZHOU *et al.*, 2021), et sont considérés comme des substances efficaces à faible toxicité. Beaucoup de chercheurs indiquent que les polysaccharides ont des activités bioactives telles qu'antibactérienne, anti-inflammatoire, anti-oxydante, anti-tumorale et anti-hyper-glycémique (YANG *et al.*, 2018).

Le présent travail s'oriente sur l'étude des polysaccharides hydrosolubles potentiellement actifs dans la plante spontanée médicinale *Astragalus gombo* Bunge de la région d'El Oued et l'évaluation *in vitro* de leurs activités anti-inflammatoire et antioxydante.

II.2. Matériel d'étude

Le matériel d'étude est constitué de matériel végétal, des produits chimiques et des appareils utilisés au cours de l'expérimentation. Le matériel végétal est composé des grains et des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge, récoltés dans la wilaya d'El-Oued et séchés à l'ombre avant d'être broyés.

II.2.1. Choix de l'espèce végétale

Le genre *Astragalus* est le genre le plus important chez les plantes à fleurs et également chez la famille des Fabacées (CHAOUANA *et al.*, 2017). De plus, le genre *Astragalus* contient de nombreux molécules actifs, tels que des flavonoïdes, des polysaccharides et des triterpènes (SAOUDI, 2018).

Pour la présente étude le choix est porté sur plante spontanée à caractère médicinal du Sahara septentrional Est algérien issue de la région d'El Oued. Il s'agit d'*Astragalus gombo* Bunge qui est utilisée par la population autochtone dans le traitement de nombreuses maladies, notamment dans le traitement de l'insuffisance rénale et le traitement de la jaunisse.

II.2.2. Description botanique d'*Astragalus gombo* Bunge

Astragalus gombo Bunge . est une plante vigoureuse et basse à port chamaephytique dont les bourgeons se situent près du sol, de 10 à 50 cm de haut, aux tiges dressées, tomenteuses (cotonneuses) recouvertes de poils épais blancs. Elles sont de couleur claire, pourvues de très longues feuilles aux nombreuses petites folioles. Les pétioles, deviennent coriaces et piquants à l'extrémité en perdant leurs folioles (OZANDA, 2004). Les fleurs papilionacées de 25 mm sont jaunes, regroupées en grappes compactes axillaires, sessiles (dépourvues de pédoncules) ou presque, insérées à l'aisselle des feuilles terminales. Comme pour toutes les espèces d'Astragale, la caractérisation du fruit est déterminante. La gousse est divisée complètement en deux loges par une cloison longitudinale, à paroi épaisse, ligneuse, renflée, très dure, et couverte d'un duvet soyeux dépassant 1 cm de diamètre. Elle a une forme saillante ornée de nervures superficielles, terminée en bec robuste (QUEZEL et SANTA, 1962; OZANDA, 2004).



Figure 07: *Astragalus gombo* Bunge à Debila Wilaya d'El Oued (Algérie)

II.2.3. Position systématique

Selon QUEZEL et SANTA (1962) et OZENDA (1977), la position systématique d'*Astragalus gombo* est la suivante:

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphyta
Sous embranchement	Embryophyta
Classe	Dicotyledonea
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Astragalus</i>
Espèce	<i>Astragalus gombo</i> Bunge.

II.2.4. Récolte et parties étudiées

Pour la présente étude, *Astragalus gombo* Bunge est récoltée le 27 Mars 2022 au niveau de Debila Wilaya d'El Oued (Algérie), dans un point caractérisé par les coordonnées géographiques de latitude 33° 30' 59.2" Nord, et de longitude 6° 57' 21.6" Est. Après la récupération de la plante, ses différentes parties sont séparés où les grains et les feuilles sont les parties retenues dans ce travail pour l'extraction et l'étude de leurs polysaccharides.

II.3. Méthodes d'étude

Dans cette partie, il est développé la méthode d'extraction, et les tests biologiques réalisés avec les polysaccharides isolés.

II.3.1. Technique de séchage et de broyage

Les échantillons sont lavés à l'eau courante, puis séchés à l'ombre sous ventilation à l'abri de la lumière et à température ambiante. Après séchage les feuilles et les grains sont broyées pour obtenir une poudre fine, qui a servi pour la préparation des extraits (DIALLO *et al.*, 2004).

II.3.2. Extraction hydrosolubles des polysaccharides

Les feuilles prétraitées par de l'éthanol 75% durant 5 heures, à température ambiante et sous agitation (BOUAL *et al.*, 2011). Les grains sont dégraissés par l'éther de pétrole pendant

12h. Les échantillons prétraités sont mélangés avec d'eau distillée dans un b cher (LI *et al.*, 2016). Le b cher est placé dans un bain-marie à 95 C pendant 2h deux fois (YANG *et al.*, 2019)Après une centrifugation à 3500 rpm pendant 10 min (XIA *et al.*, 2019) Les surnageants des deux extractions sont réunis, et précipités à l'aide de quatre volumes de éthanol à 4 C pendant la nuit (YANG *et al.*, 2019; KAKAR *et al.*, 2020). Après centrifugation à 3500 rpm pendant 10 min, les culots sont lavés par l'acétone, puis séchés à température ambiante (TABARSA *et al.*, 2018).

II.3.2.1. Calcul du rendement

Le rendement de l'extraction des polysaccharides bruts est calculé selon (MA *et al.*, 2020) par la formule suivante:

$$\text{Rendement (\%)} = \text{Poids de polysaccharide brut (g)} / \text{Poids de la matière première (g)} \times 100\%$$

II.3.3. Dosage en oses neutres des extraits bruts de polysaccharides

La teneur des oses neutres est dos e par la méthode de MONSIGNY *et al.*, (1988).

II.3.3.1. Principe

En milieu acide concentré, les glucides se transforment en dérivés furfuauux, qui en se complexant avec le résorcinol, donnent des composés de couleur orange. L'absorbance est lue à la longueur d'onde 490 nm, au spectrophotomètre UV visible (DUBOIS *et al.*, 1956; MONSIGNY *et al.*, 1988).

II.3.3.2. Mode opératoire

Dans des tubes en verres, 200  L de solutions à doser sont mélangés avec 200  L der sorcinol et 1ml d'acide sulfurique (98%). Ensuite, les tubes sont placés durant 30 min dans un bain marie à 90 C, puis placés dans un bain de glace et à l'abri de la lumière durant 30 min. La lecture est effectuée à la longueur d'onde 490 nm, au spectrophotomètre UV visible 490nm (MONSIGNY *et al.*, 1988).

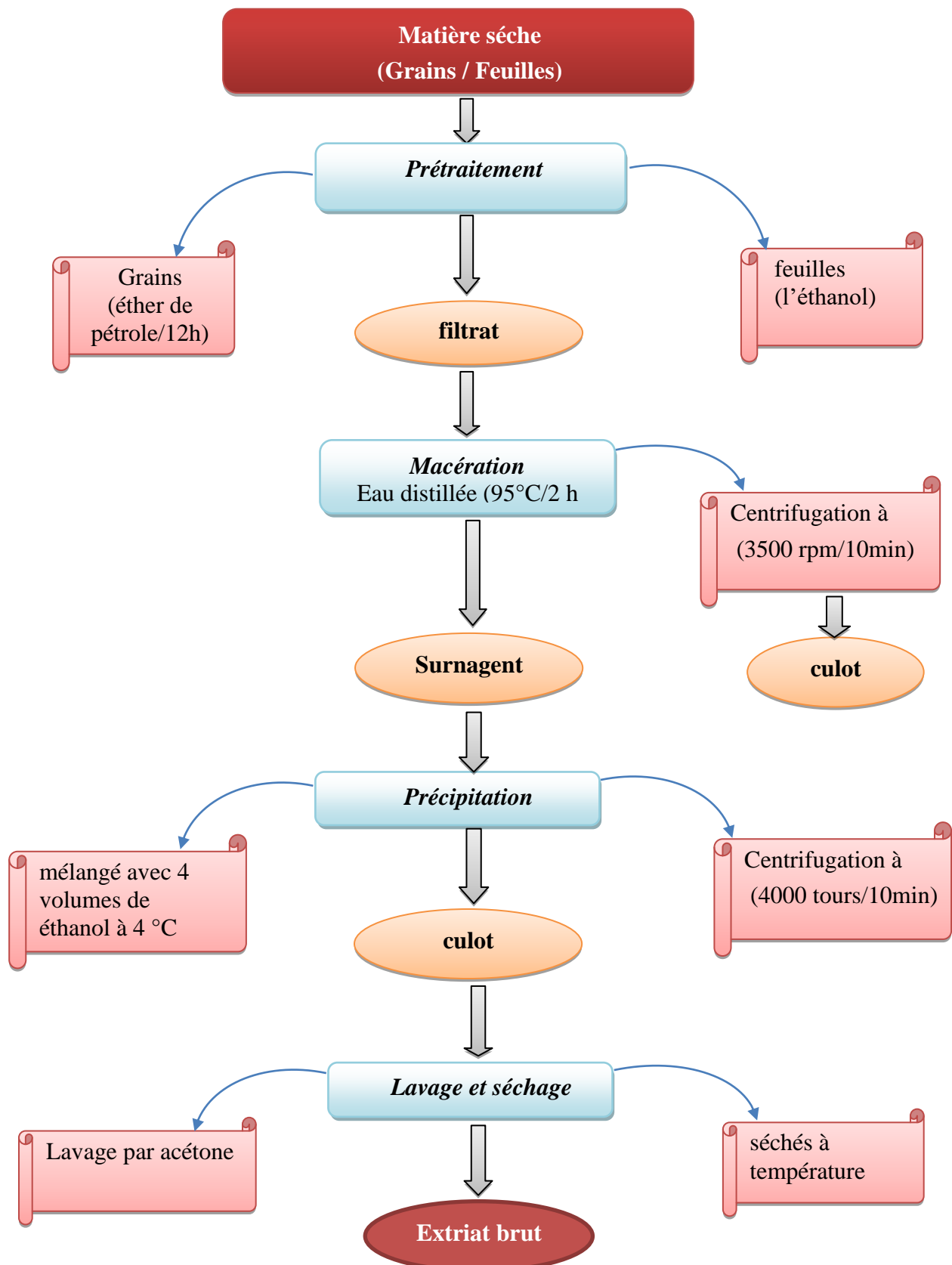


Figure 08: Protocole d'extraction des polysaccharides hydrosolubles à partir de la de la poudre des feuilles et des grains *Astragalus gombo* Bunge (BOUAL *et al.*, 2011; LI *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2019; XIA *et al.*, 2019; TABARSA *et al.*, 2018).

II.3.4. Activités biologiques

L'évaluation des effets anti-inflammatoire et antioxydant par l'extrait polysaccharidique d'*Astragalus gombo* est effectuée à partir des tests *in vitro*.

II.3.4.1. Activité antioxydante par le teste du piégeage du radical libre DPPH

II.3.4.1.1. Principe

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH[•]) possède un électron non apparié sur un atome d'azote du pont N-N. En présence des piègeurs de radicaux libre, le radical DPPH de couleur violette se réduit en 2.2 diphenyl 1 picryl hydrazine de couleur jaune mesurable à 517nm (BENTABET *et al.*, 2014; MATTAOUI *et al.*, 2006), où le degré de changement de la couleur est proportionnel à la concentration et à la puissance des antioxydants. Pareillement, cette réaction s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules testées (MISHRA *et al.*, 2012).

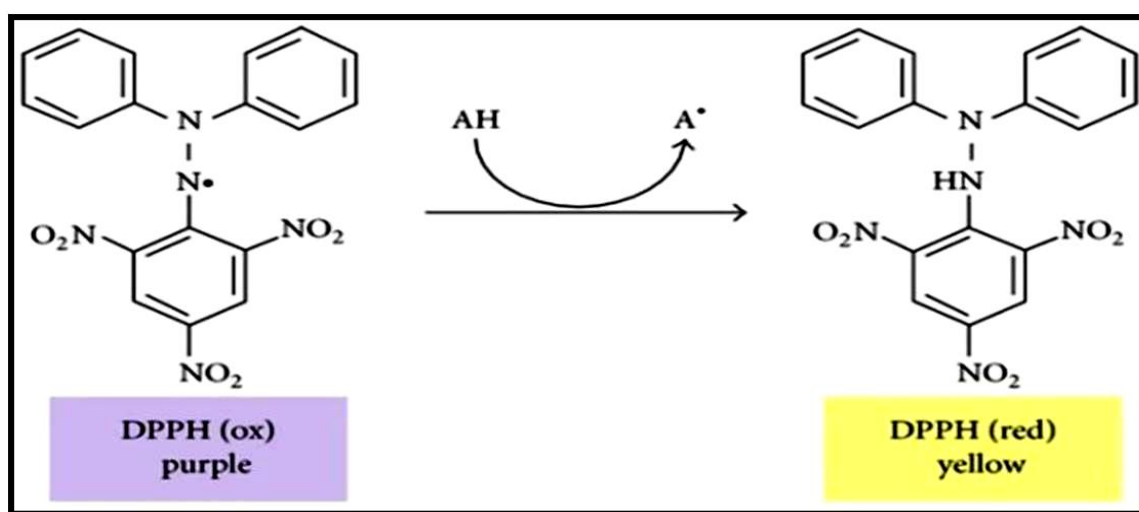


Figure 09: Principe du test DPPH (TEIXEIRA *et al.*, 2013)

II.3.4.1.2. Mode opératoire

L'activité anti-oxydante des extraits polysaccharidiques est mesurée par la méthode de réduction du radical DPPH comme décrit par (BRAND-WILLIAMS *et al.* 1995). Cinq cent (500) µl de l'extrait avec différents concentrations et 2 ml de solution de DPPH sont mélangés et agités. Ensuite, le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 minutes. Un spectrophotomètre UV-Vis est utilisé pour mesurer l'absorbance à 517 nm avec 1ml de l'eau ajoutée à 1 ml de

DPPH comme blanc (control négatif) et l'acide ascorbique comme control positif (HU *et al.*, 2013).

L'effet de piégeage des radicaux DPPH est calculé selon l'équation suivante:

$$\text{Effet de piégeage du radical DPPH (\%)} = (A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc} \times 100$$

- A blanc : absorbance de control négatif
- A échantillon : absorbance d'échantillon (GHLISSI *et al.*, 2019)

II.3.4.1.3. Détermination de concentration inhibitrice à 50% (IC50)

La concentration inhibitrice à 50% est définie comme étant la concentration d'antioxydant nécessaire pour diminuer la concentration du radical libre à 50 %. Les valeurs d'IC50 sont déterminées à partir d'une courbe graphique de l'absorbance de DPPH en fonction de la concentration de l'extrait ou de l'acide ascorbique (CHEURFA, 2015).

I.3.4.2.- Activité Anti-Inflammatoire

L'effet anti-inflammatoire est évalué par le test d'inhibition contre la dénaturation des protéines.

I.3.4.2.1. Principe

Le principe de cette technique est basé sur la capacité d'extrait à empêcher la dénaturation thermique de protéine (CHANDRA *et al.*, 2012).

I.3.4.2.2. Mode opératoire

Deux cent (200) µl d'albumine d'œuf (provenant d'un œuf de poule frais), 2,8 ml de solution saline tampon phosphate (PBS, pH 6,4) et 2 ml de concentrations variables de l'extrait de sorte que les concentrations finales deviennent 0,5, 1, 1,5, 2 et 3 mg/ml sont mélangés. Ensuite, les mélanges sont incubés à 37°C au bain-marie pendant 15 min, puis chauffés à 70°C pendant 5 min. Après refroidissement, leur absorbance est mesurée à 660 nm où la solution PBS est utilisé comme blanc (KENDUR *et al.*, 2017). Le diclofénac de sodium avec différentes concentrations est utilisé comme control positif et traité de manière similaire pour la détermination de l'absorbance (SANGITA *et al.*, 2012).

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines est calculé en utilisant la formule suivante:

$$\text{Inhibition\%} = 100 \times (\text{Ac} - \text{As}) / \text{Ac}$$

- Ac : l'absorbance de control
- As : l'absorbance d'échantillon (CHANDRA *et al.*, 2012).

Chaque valeur représente la moyenne de trois expériences indépendantes. La concentration d'extrait / control pour une inhibition de 50% (IC50) est déterminée en traçant le pourcentage d'inhibition par rapport à la concentration (TUKAPPA *et al.*, 2015).

II.4. Analyse statistique

Les résultats sont présentés par la suite bureautique Excel de Microsoft. L'analyse statistique des données est réalisée par XLSTAT (Version 2016.02.28451). Les résultats sont représentés sous forme des moyennes \pm écart-types ($M \pm SEM$). Le test d'ANOVA suivi par Tukey (HSD) est effectué pour indiquer les différences statistiquement significatives. Les niveaux de signification sont considérées comme significatives (*) si $P \leq 0.05$, hautement significative (**) si $P \leq 0.01$, et très hautement significative (***) si $P \leq 0.001$.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, il est indiqué les différents résultats obtenus lors de l'extraction et de la caractérisation des polysaccharides hydrosolubles obtenus des graines (PHG) et des feuilles (PHF) d'*Astragalus gombo* Bunge, et leurs activités biologiques.

III.1. Rendement d'extraction des polysaccharides

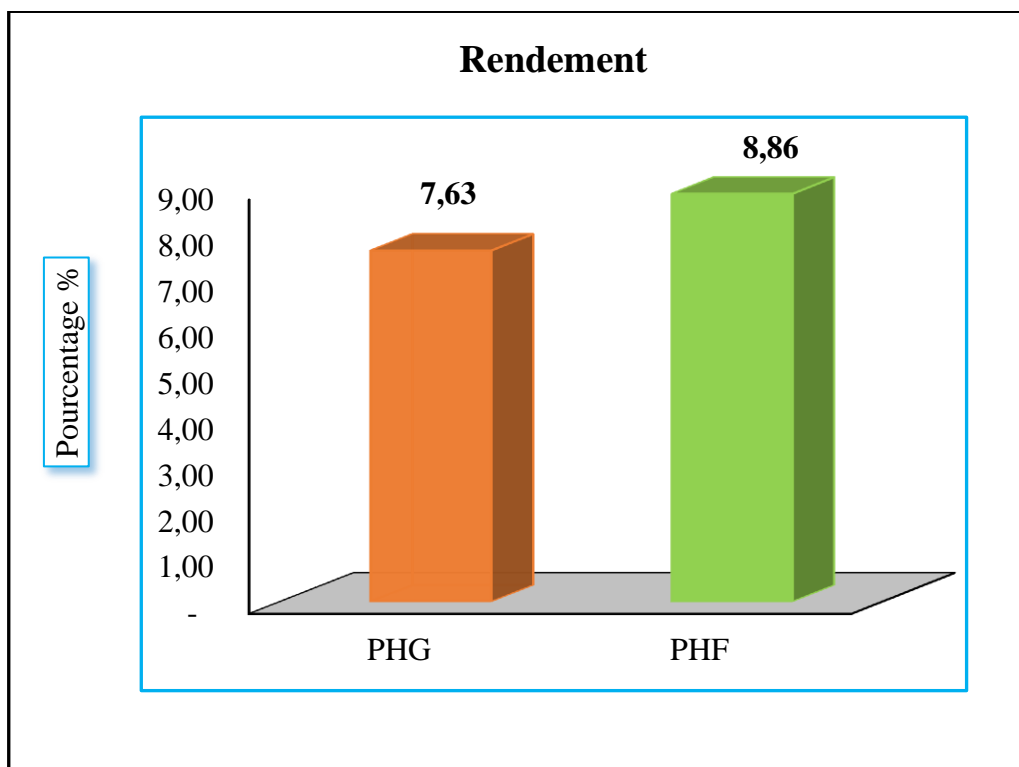


Figure 10 : Rendements massiques d'extraction hydrosoluble des polysaccharides d'*A. gombo*

Le rendement massique de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des grains d'*Astragalus gombo*, nommé PHG, par rapport à la matière sèche est de 7.63%. Ce rendement était supérieur à ceux décrits pour les autres espèces de l'Astragale comme *A. cicer*, soit 5.9 % (OLENNIKOV *et al.*, 2010), *A. lehmannianus*, soit 4.8 % (MESTECHKINA *et al.*, 2000), *A. armatus*, soit 4.2 % (BOUAL *et al.*, 2015). Par contre, il est inférieur de celui obtenu par MEHELLOU (2015), soit 12.77% d'un extrait PHG d'*A. gombo*. Il est proche de celui obtenu par CHAUANA *et al.*, (2017), soit de 6.8 % de polysaccharides hydrosolubles d'*A. gombo* Bunge.

Le rendement de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Astragalus gombo*, nommé PHF, par rapport à la matière sèche est de 8.86%. Ces résultats semblent supérieurs de ceux rapportés par BOUAL *et al.*, (2015), dont un rendement d'extraction des PHF de *Zizyphus lotus*, obtenus par macération dans l'eau distillé à 60°C, soit de l'ordre de

3.7%. En revanche, ces résultats semblent inférieurs de ceux rapportés par KHALID *et al.*, (2008), dont un rendement d'extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Piper sarmentosum* de l'ordre de 9.83%.

Les différences de rendements peuvent être expliquées par l'état physiologique des plantes, sachant que les polysaccharides sont des métabolites primaires donc ils sont utilisés comme des précurseurs d'autres métabolites secondaires et comme source d'énergie. Ils peuvent être expliqués également par la saison et la période de la récolte, ou par les différences des conditions expérimentales au laboratoire tel que le type d'extraction (décoction, infusion ou par macération...), et le degré de pureté et le volume d'alcool utilisé dans la précipitation (EBRINGEROVA *et al.*, 2003).

En général, différentes méthodes d'extraction influencent significativement les rendements, les propriétés physicochimiques caractéristiques et bioactivités des polysaccharides extraits de ressources naturelles. Pour extraire les polysaccharides d'origine végétale, l'extraction traditionnelle à l'eau chaude est couramment utilisée (Wu *et al.*, 2019).

L'extraction par l'eau chaude présente l'avantage d'augmenter le rendement d'extraction, de minimiser l'altération de structure des polysaccharides, et de préserver au maximum ces activités biologiques (BOUAL *et al.*, 2017).

III.2. Dosage en oses neutres des extraits brute de polysaccharide

La composition de l'extrait polysaccharidique hydrosoluble des grains d'*A. gombo* est montrée dans la figure 11. Les teneurs en oses neutres pour les extraits PHG et PHF sont 56.86% et 62.24%, respectivement. La teneur en oses neutres dans les extraits issus des grains d'*A. gombo* est plus élevée que celui obtenue par MEHELLOU (2015), soit un taux de 44.17% dans les grains d'*A. gombo* Bunge. La teneur en oses neutres dans les extraits issus des feuilles d'*A. gombo* est plus élevée que celui obtenue par BOUAL *et al.*, (2011), soit 15.50 pour les feuilles *Asphodelus tenuifolius*.

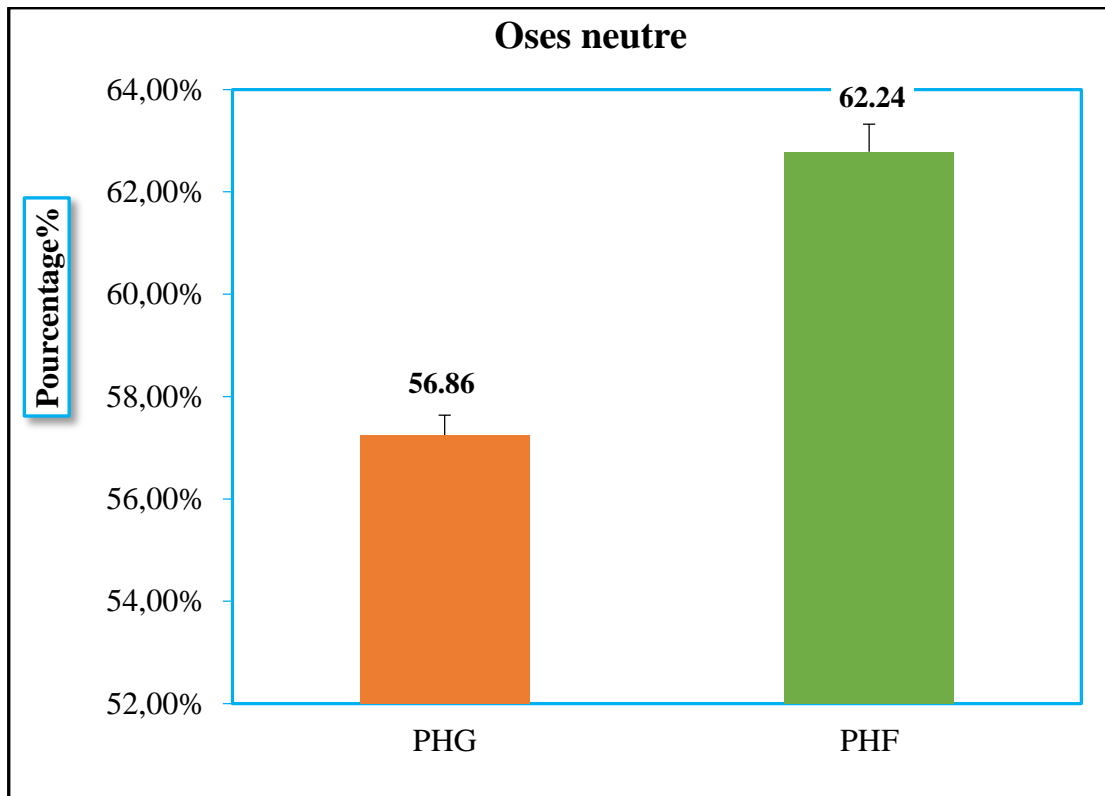


Figure 11 : Teneur en oses neutres des extraits polysaccharidiques PHG et PHF

III.3. Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique

Les potentialités biologiques de PHG et PHF d'*A. gombo* sont évaluées par l'activité antioxydante et par l'activité anti-inflammatoire.

III.3.1. Activité antioxydante au test DPPH

Le radical DPPH est l'un des composés les plus utilisés pour l'évaluation directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité sous forme radicalaire et de la simplicité de l'analyse (BOZIN *et al.*, 2008). Les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage d'inhibition de 50 % du radical libre DPPH, par rapport à la molécule de référence, soit acide ascorbique.

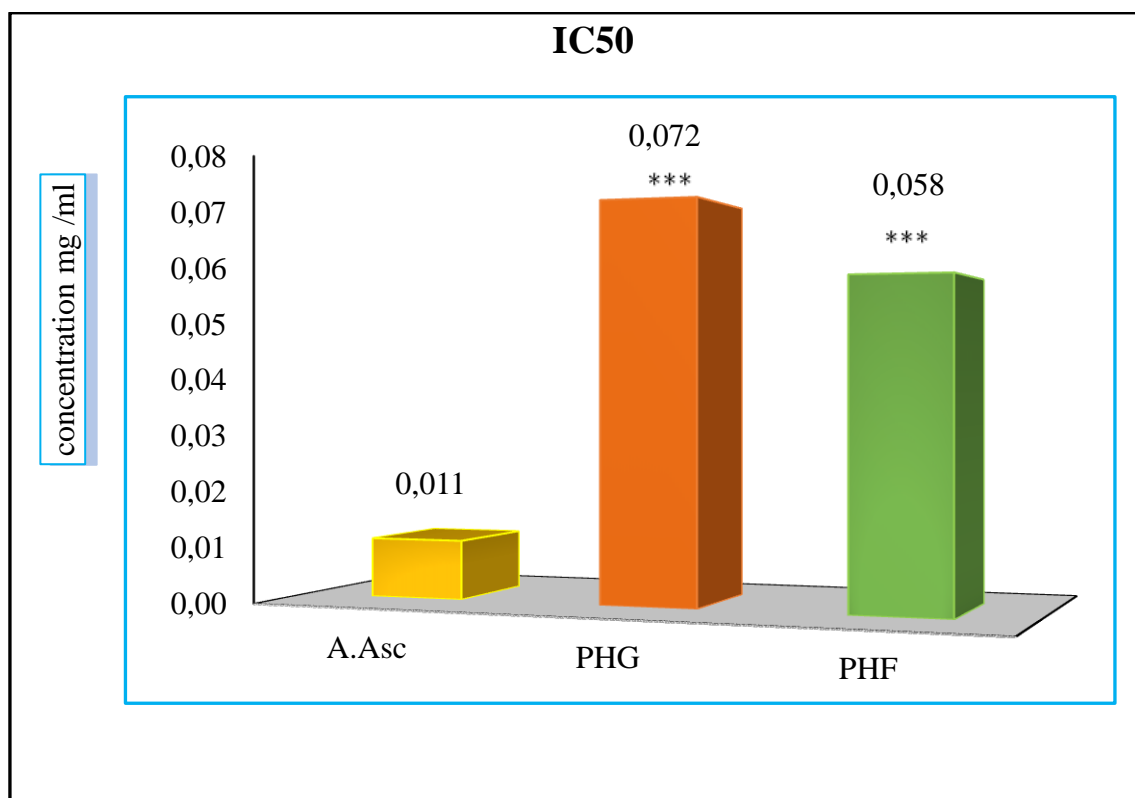


Figure 12 : Concentrations inhibitrices à 50 % pour la réduction du radical DPPH

Les résultats obtenus, par le test de réduction du radical DPPH, signalent que les concentrations inhibitrices à 50% (IC₅₀) de PHG et de PHF, soit 0.072mg/ml et 0.058mg/ml respectivement sont inférieures de manière très hautement significative par rapport à celle de l'acide ascorbique, soit 0.011mg/ml. La concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) est définie comme étant la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire ou inhiber 50 % du radical DPPH en solution, dont plus la valeur de IC₅₀ est petite, plus l'activité antioxydante de l'extrait testé est élevé (POKORNY *et al.*, 2001).

Il est proposé que le mécanisme antioxydant possible des polysaccharides, puisse impliquer le don d'hydrogène afin de briser la chaîne des réactions. La capacité de piégeage des radicaux libres résultant de l'abstraction de l'hydrogène anomérique des unités monosaccharidiques internes de polysaccharides (HAN *et al.*, 2015).

Les radicaux libres sont des substances qui ont des électrons non appariés dans leur structure et se produisent largement dans la nature. En raison de leur instabilité, les radicaux libres peuvent causer des problèmes de santé nocifs induisant des dommages aux cellules et altérant l'ADN, les protéines et les membranes lipidiques, ce qui peut entraîner plusieurs maladies telles que le cancer, l'athérosclérose et le vieillissement (HAN *et al.*, 2016).

La structure des polysaccharides est l'origine de leur activité biologique. De nombreux facteurs affecter l'activité biologique des polysaccharides, y compris le poids moléculaire, la teneur en groupes acides, la composition en monosaccharides et la structure de la chaîne principale (ZENG *et al.*, 2015). Les polysaccharides peuvent éliminer les radicaux libres *in vitro* et agissent comme des antioxydants pour protéger les organismes vivants de dommages oxydatifs (WANG *et al.*, 2018). De plus, les propriétés des polysaccharides naturels tels que la solubilité dans l'eau, la conformation, la polarité et les liaisons hydrogène intramoléculeaires sont découvert comme étant lié à son activité antioxydante (YARLEY *et al.*, 2021).

III.3.1. Activité anti-inflammatoire

Les polysaccharides, se trouvent à possèdent des activités de régulation immunitaire, qui représentent une nouvelle approche thérapeutique pour l'anti-inflammation comme immunothérapie (HOU *et al.*, 2020). L'activité anti-inflammatoire de PHG d'*A. gombo* est déterminée en utilisant le test d'inhibition de la dénaturation de l'albumine.

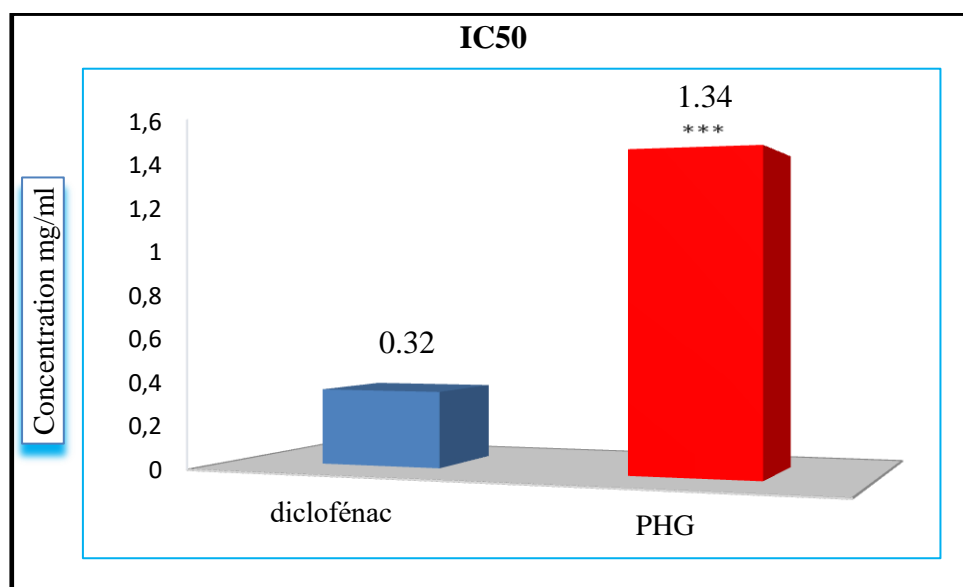


Figure 13 : Concentrations inhibitrices à 50 % de l'effet antiinflammatoire contre la dénaturation des protéines

Les résultats obtenus notent que la concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) du PHG, soit 1.34mg/ml est faible par rapport à celle de diclofénac de sodium, soit 0.32mg/ml. Le mécanisme exact de l'inhibition de la dénaturation des protéines n'est pas encore très bien connu. Pour la voie biologique globale, l'analyse de BSA réalisée par RMN a montré que ce dernier contient

deux sites actifs formés par les acides aminés thréonine, lysine et tyrosine auxquels les molécules bioactives peuvent se lier (ABBOU *et al.*, 2019).

Le mécanisme possible de la dénaturation consiste de l'altération des liaisons électrostatiques, telles que les liaisons hydrogènes, hydrophobes et disulfures qui maintien la structure tridimensionnelle des protéines (MIZUSHIMA *et al.*, 1968).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'un des principes actifs des plantes médicinales de point de vue structurel et fonctionnel, soit les polysaccharides. Après une extraction par macération à chaud avec de l'eau distillée des polysaccharides hydrosolubles issus des grains et des feuilles de la plante spontanée *Astragalus gombo* de la famille des Fabaceae, il est noté les rendements d'extraction obtenus par rapport à la matière sèche sont 7.63% et 8.86% issus des grains (PHG) et des feuilles (PHF), respectivement. L'étude montre que la composition en oses neutres de PHG et PHF est 56.85% et 62.24%, respectivement.

L'évaluation de l'activité anti-oxydante de l'extrait polysaccharidique par la méthode de piégeage de radical libre DPPH, montre que les extraits polysaccharidiques isolés présentent un pouvoir antioxydant avec un pourcentage d'inhibition à 50% relativement faible par rapport à l'acide ascorbique (0.011mg/ml) de manière très hautement significative, soit 0.072mg/ml pour PHG et 0.058mg/ml pour PHF.

L'étude de l'activité anti-inflammatoire *in vitro* des polysaccharides hydrosolubles des grains d'*Astragalus gombo* prouve une activité de protection des protéines contre la dénaturation thermique avec une concentration d'inhibition à 50% de 1.34mg/ml inférieure à celle de diclofénac de sodium, soit 0.32mg/ml.

Les effets antioxydant et anti-inflammatoire observés sont faibles par rapport aux références, à savoir l'acide ascorbique et le diclofénac de sodium. L'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle peut être justifiée par des métabolites secondaires ou par des polysaccharides de nature alcalisolubles. Les polysaccharides hydrosolubles peut avoir un effet plus notable *in vivo* ce qui fait l'un des objectifs des études complémentaires.

Perspectives

Pour l'obtention d'un rendement plus élevé d'extraction des polysaccharides, il est nécessaire d'optimiser les conditions d'extraction (température, temps et le nombre d'extraction, type et pourcentage d'alcool- ajouté au cours de la précipitation des polysaccharides). De plus, une utilisation des techniques de purification des polysaccharides est indispensable pour l'étude de leurs propriétés biologiques diverses. De même, l'analyse par chromatographie échangeuse d'anions, de haute performance (HPAEC) est essentiel pour déterminer la composition en oses constitutifs des polysaccharides hydrosolubles obtenus.

Il est souhaitable d'utiliser des autres méthodes et/ou tests *in vitro* et *in vivo* pour une meilleure évaluation des potentiels antioxydants et anti-inflammatoire de s fractions PHG et PHF d'*A. gombo*. Malgré les recherches avancées sur les polysaccharides, les études restent encore très peu en comparant leurs grands nombres. Il sera intéressant donc d'identifier et de caractériser de nouvel activités biologiques des polysaccharides surtout celles d'origines botanique, afin d'augmenter l'utilisation des remèdes naturelles dans les domaines médicaux et alimentaires. Pour une meilleure évaluation des potentialités biologiques des polysaccharides, il est souhaitable d'exploiter et d'élargir les différentes recherches investigatrices.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abbou, A., Kadri, N., Debbache, N., Dairi, S., Remini, H., Dahmoune, F., Madani, K.(2019). Effect of precipitation solvent on some biological activities of polysaccharides from *Pinus halepensis* Mill. seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141,663–670. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.266
2. Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Ursu, A. V., Des brières, J., Le Cerf, D., Pierre, G.(2019). Structural features and rheological behavior of a water-soluble polysaccharide extracted from the seeds of *Plantago ciliata* Desf. *International Journal of Biological Macromolecules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.106
3. Amiri, M. S., Mohammad zadeh, V., Yazdi, M. E. T., Barani, M., Rahdar, A., &Kyzas, G. Z. (2021). Plant-based gums and mucilages applications in pharmacology and nano medicine: A review. *Molecules*, 26(6), 1770.
4. Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer–structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 111223.
5. Arzami, A. N., Ho, T. M., & Mikkonen, K. S. (2022). Valorization of cereal by-product hemicelluloses: Fractionation and purity considerations. *Food Research International*, 151, 110818.
6. Bacakova, L., Novotná, K., &Parizek, M. (2014). Polysaccharides as cell carriers for tissue engineering: the use of cellulose in vascular wall reconstruction. *Physiological Research*, 63, S29.
7. Benaoun, F. (2017). *Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de Plantago notata Lagasca (Plantaginaceae) et Urginea noctiflora Batt. Trab (Liliaceae)* (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne(2017-2020)).
8. Bentabet, N., Boucherit-Otmani, Z., &Bouchéri, K. (2014). Composition chimiques et activité antioxydante d'extrait organique des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Bechar en Algérie. *Phytothérapie*, 12(6):364-371.
9. Blanco-Pérez, F., Steigerwald, H., Schülke, S., Vieths, S., Toda, M., &Scheurer, S. (2021). The dietary fiber pectin: Health benefits and potential for the treatment of allergies by modulation of gut microbiota. *Current allergy and asthma reports*, 21(10), 1-19.
10. Boual Z.,Kemassi A, &Didi, O (2011). Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* Cavan (Liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l'hydrolyse des polysaccharides. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 1(2).
11. Boual, Z., Kemassi, A., Oudjana, A. H., Michaud, P., & Didi, O. H. M. (2013). Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Malva parviflora* L.(Malvaceae): activité prébiotique. *Lebanese Science Journal*, 14(2), 41-51.

12. Boual, Z., Pierre, G., Delattre, C., Benaoun, F., Petit, E., Gardarin, C., Michaud, P., & El Hadj, M.D.O. (2015). Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* a source of bioactive galactomannan. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5 (1), 10-18.
13. Chandra S ., Chatterjee P., Dey P et Bhattacharya S.2012- Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein p 178-180.
14. Chi, C., Li, X., Huang, S., Chen, L., Zhang, Y., Li, L., & Miao, S. (2021). Basic principles in starch multi-scale structuration to mitigate digestibility: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 154-168
15. Chouana, T. (2017). *Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge* (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne(2017-2020)).
16. Chouana, T., Pierre, G., Vial, C., Gardarin, C., Wadouachi, A., Cailleu, D., ... & Delattre, C. (2017). Structural characterization and rheological properties of a galactomannan from *Astragalus gombo Bunge* seeds harvested in Algerian Sahara. *Carbohydrate polymers*, 175, 387-394.
17. Cui, R., & Zhu, F. (2021). Ultrasound modified polysaccharides: A review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 491-508.
18. Davidovich-Pinhas, M. (2019). Oil structuring using polysaccharides. *Current Opinion in Food Science*, 27, 29-35.
19. De Oliveira Filho, J. G., Lira, M. M., de Sousa, T. L., Campos, S. B., Lemes, A. C., & Egea, M. B. (2021). Plant-based mucilage with healing and anti-inflammatory actions for topical application: A review. *Food Hydrocolloids for Health*, 1, 100012.
20. Diallo, D., Sanogo, R., Yasambou, H., Traoré, A., Coulibaly, K., & Maïga, A. (2004). Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam.(Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1073-1080.
21. Dinoro, J., Maher, M., Talebian, S., Jarfarkhani, M., Mehrali, M., Orive, G., Dolatshahi-Pirouz, A. (2019). Sulfated polysaccharide-based scaffolds for orthopaedic tissue engineering. *Biomaterials*, 214, 119214. doi:10.1016/j.biomaterials.2019.05.025
22. Dobignard A., Chatelain C., (2010-2013). Index synonymique et bibliographique de la flore. Conservatoire and Jardin Botaniques, Genève.
23. Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. D., Rebers P. A and SMITH F.,1956- Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal.Chern.*, vol. 28: 350-356.

24. Dufresne, A., (2015). In Ramawat, K. G. etMérillon, J-M. Polysaccharides Bioactivity and Biotechnology. 420
25. Ebringerova A., Kardosova A., Hromadkova Z. et Hribalova V., 2003- Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, vol. 74: 52–61.
26. Ebringerová, A. (2005). Structural diversity and application potential of hemicelluloses. *Macromolecular Symposia*, 232,1-12.
27. Ghilissi, Z., Kallel, R., Krichen, F., Hakim, A., Zeghal, K., Boudawara, T., Sahnoun, Z. (2019). Polysaccharide from *Pimpinella anisum* seeds: Structural characterization, anti-inflammatory and laser burn wound healing in mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.201
28. Giri, S., Dutta, P., &Giri, T. K. (2021). Inulin-based carriers for colon drug targeting. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 64, 102595
29. Guo, Y., Chen, X., & Gong, P. (2021). Classification, structure and mechanism of antiviral polysaccharides derived from edible and medicinal fungus. *International journal of biological macromolecules*, 183, 1753-1773.
30. Han X., Shen S., Liu T., Dua X., Cao X., FENG H. and ZENG X., 2015- Characterization and antioxidant activities of the polysaccharides from *Radix Cyathulae officinalis* Kuan. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 72: 544-552.
31. Han, N., Wang, L., Song, Z., Lin, J., Ye, C., Liu, Z., & Yin, J. (2016). Optimization and antioxidant activity of polysaccharides from *Plantago depressa*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 644–654. doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.09.028
32. Hou, C., Chen, L., Yang, L., &Ji, X. (2020). An insight into anti-inflammatory effects of natural polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 248-255.
33. Hu, L., Fang, X., Du, M., Luo, F., &Guo, S. (2020). Hemicellulose-Based Polymers Processing and Application. *American Journal of Plant Sciences*, 11(12), 2066-2079.
34. James L.F., Hartely W.J., Williams M.C., Van Kampen K.R., (1980). Field and experimental studies in cattle and sheep poisoned by nitrobearing Astragalus or their toxins. *Am J Vet Res*, 41: 377- 382.
35. Kendur, U., Chimmalagi, G. H., Patil, S. M., Gudasi, K. B., Frampton, C. S., Mangannavar, C. V., & Muchchandi, I. S. (2018). Mononuclear late first row transition metal complexes of ONO donor hydrazone ligand: Synthesis, characterization, crystallographic insight, in vivo

36. Kitir, N., Yildirim, E., Şahin, Ü., Turan, M., Ekinci, M., Ors, S., & Ünlü, H. (2018). Peat use in horticulture. In *Peat* (pp. 75-90). London, UK: Intech Open.
37. Li, H. Y., Yi, Y. L., Guo, S., Zhang, F., Yan, H., Zhan, Z. L., ...& Duan, J. A. (2022). Isolation, structural characterization and bioactivities of polysaccharides from *Laminaria japonica*: A review. *Food Chemistry*, 370, 131010
38. Li, X., & Wang, L. (2016). Effect of extraction method on structure and antioxidant activity of *Hohenbuehelia serotina* polysaccharides. *International journal of biological macromolecules*, 83, 270-276.
39. Ma, J. S., Liu, H., Han, C. R., Zeng, S. J., Xu, X. J., Lu, D. J., & He, H. J. (2020). Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharide from *Pouteria campechiana* seed. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115409.
40. Maataoui, B.S., Hunyeyr A., & Hilali, S. (2006). Activités antiradicalaires d'extraits de jus de fruits du Figuier de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica*). *Lebanese Science Journal*, 7(1):3-8.
41. Mehellou Z, Boual Z, Addoun N, Chakou F Z, Michaud ph et ould el hadj m D. (2018). Activité antidiabétique des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'oudneya africana r. Br. Récoltée au Sahara septentrional est algérien. Depot institutionnel de l'Université Kasdi Merbah Ouargla UKMO.
42. Mehellou Z., 2015- Caractérisation partielle et activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles issus de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien. Thèse de Magister, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, 170p.
43. Mestechkina, N.M., Anulov, O.V., Smirnova, N.I., & Shcherbukhin, V.D. (2000). Composition and structure of a galactomannan macromolecule from seeds of *Astragalus lehmannianus bunge*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 36 (5), 502-506.
44. Mirzadeh, M., Arianejad, M. R., & Khedmat, L. (2019). *Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: A review. Carbohydrate Polymers*, 229, 115421. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115421
45. Mirzadeh, M., Arianejad, M. R., & Khedmat, L. (2020). Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: A review. *Carbohydrate polymers*, 229, 115421.
46. Mishra, K., Ojha, H., & Chaudhury, N. K. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(4): 1036-1043.

47. Mizushima Y and Kobayashi M .1968-Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with same biologically active proteins. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol.20:169-173.
48. Mohammed, A. S. A., Naveed, M., &Jost, N. (2021). Polysaccharides; classification, chemical properties, and future perspective applications in fields of pharmacology and biological medicine (a review of current applications and upcoming potentialities). *Journal of Polymers and the Environment*, 29(8), 2359-2371.
49. Monsigny M., Petit C., et Roche A.C., 1988- Colorimetric determination of neutral sugars by a resorcinol sulfuric acids micromethod. *Analytical biochemistry*, vol.175: 525-530.
50. Moslemi, M. (2021). Reviewing the recent advances in application of pectin for technical and health promotion purposes: From laboratory to market. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117324.
51. Nie C., Zhu P., Ma S., Wang M., Hu Y. (2018)- Purification, characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from stem lettuce. *Carbohydrate polymers*,(18), 8617 p.
52. Olawuyi, I. F., Kim, S. R., & Lee, W. Y. (2021). Application of plant mucilage polysaccharides and their techno-functional properties' modification for fresh produce preservation. *Carbohydrate Polymers*, 272, 118371.
53. Olennikov, D.N., &Rokhin, A.V. (2010). Fabaceae polysaccharides. III. Galactomannan from *Astragalus cicerseeds*. *Chemistry of Natural Compounds*, 46 (2), 165-168.
54. Ozenda P (2004) . Flore de Sahara ,2Ed centre nationale de la recherche scientifique,
55. Ozenda P., 2004.- Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 622 pages.
56. Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris,409 p.
57. Pérez, S., Rodríguez-Carvajal, M. A., &Doco, T. (2003). A complex plant cell wall polysaccharide: rhamnogalacturonan II. A structure in quest of a function. *Biochimie*, 85(1), 109-121.
58. Podlech D., 1986. Taxonomic and phytogeographical problems in *Astragalus* of the Old World and South West Asia. *Proc Roy Soc*, 89: 37-43.
59. Pokorny J., Yanishlieva N and Gordon M .2001-Antioxydants in food, Practical applications. Woolhead Publishing Limited. ISBN: 185573-463X.
60. Pramanda, I. T., Anjani, D., &Heriawan, G. (2022). Inulin-producing Genes in Gembili (*Dioscorea esculenta*) and Future Applications for Food Industries in Indonesia. *Indonesian Journal of Life Sciences/ ISSN: 2656-0682 (online)*, 4(1), 129-154.

61. Prasathkumar, M., Anisha, S., Dhriya, C., Becky, R., & Sadhasivam, S. (2021). Therapeutic and pharmacological efficacy of selective Indian medicinal plants—a review. *Phytomedicine Plus*, 1(2), 100029.
62. Qader, M., Xu, J., Yang, Y., Wu, X., Liu, Y., & Cao, S. (2021). Chemistry Behind the Immunomodulatory Activity of *Astragalus membranaceus*. *Chinese Medicine and Culture*, 4(4), 201-210.
63. Quezel P. et Santa S., (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS Paris. Vol. 1 et 2, 1170 p.
64. Salama, A., Shukry, N., & Guarino, V. (2020). Polysaccharide-based hybrid materials for molecular release applications. In *Nano structured Biomaterials for Regenerative Medicine* (pp. 165-201). Woodhead Publishing.
65. Sanderson M.J., Wojciechowski M.F., 1996. Diversification rates in a temperate legume clade: Are there so many species of *Astragalus* Fabaceae Amer J Bot, 83: 1488- 1502.
66. Santos, M. B., & Garcia-Rojas, E. E. (2021). Recent advances in the encapsulation of bioactive ingredients using galactomannans-based as delivery systems. *Food Hydrocolloids*, 118, 106815.
67. Scherson R.A., Vidal R., Sanderson M.J., 2008. Phylogeny, biogeography and rates of diversification of New World *Astragalus* (Leguminosae) with an emphasis on South American radiations. *Am J Bot*, 95: 1030-1039
68. Sebaaly C, Kassem S, Grishina E, Kanaan H, Sweidan A, Chmit M. S, ET Kanaan H.S.(2014). Anticoagulant and antibacterial activities of polysaccharides of red algae *Corallina* collected from Lebanese coast. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol: 4(4). P: 30-37.
69. Seddiqi, H., Oliaei, E., Honarkar, H., Jin, J., Geonzon, L. C., Bacabac, R. G., & Klein-Nulend, J. (2021). Cellulose and its derivatives: Towards biomedical applications. *Cellulose*, 28(4), 1893-1931.
70. Seidi, F., Yazdi, M. K., Jouyandeh, M., Habibzadeh, S., Munir, M. T., Vahabi, H., ... & Saeb, M. R. (2022). Crystalline polysaccharides: A review. *Carbohydrate Polymers*, 275, 118624.
71. Simayi, Z., Rozi, P., Yang, X., Ababaikeri, G., Maimaituoheti, W., Bao, X., ... & Yadikar, N. (2021). Isolation, structural characterization, biological activity, and application of *Glycyrrhiza* polysaccharides: Systematic review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 387-398.
72. Singh, H., & Bharadvaja, N. (2021). Treasuring the computational approach in medicinal plant research. *Progress in biophysics and molecular biology*, 164, 19-32.

73. Song, Q., Jiang, L., Yang, X., Huang, L., Yu, Y., Yu, Q., ...Xie, J. (2019). Physicochemical and functional properties of a water-soluble polysaccharide extracted from Mung bean (*Vigna radiate* L.) and its antioxidant activity. *International Journal of Biological*, 138, 874-880, *Macromolecules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.07.167
74. Soukoulis C., Gaiani C., Hoffmann, L. 2018- Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, vol22: 28–42.
75. Sun, Y., Ho, C. T., Zhang, Y., Hong, M., & Zhang, X. (2022). Plant polysaccharides utilized by gut microbiota: New players in ameliorating cognitive impairment. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*.
76. Tabarsa M., You, S., Dabaghian E. H and SURAYOT U., 2018 –Water soluble polysaccharides from *Ulvain testinalis* : Molecular properties, structural elucidation and immunomodulatory activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, vol 26:599–608.
77. Tukappa NK, A., londonkar, R. L., Kumar CB, S., & Nayaka, H. B. (2015). Evaluation of in vitro and in vivo anti-inflammatory and toxicity studies of methanolic extract of *Rumexvesicarius* Linn. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 15(2), 113–121. doi:10.1007/s13596-015-0180-z
78. Ur Rehman, F., Kalsoom, M., Adnan, M., Fazeli-Nasab, B., Naz, N., Ilahi, H., ...&Toor, M. D. (2021). Importance of Medicinal Plants in Human and Plant Pathology: A Review. *Int. J. Pharm. Biomed. Res*, 8, 1-11
79. Wang K, Li M, Wen X, Chen X, He Z, Ni Y. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) polysaccharides based on response surface methodology and antioxidant activity. *Int J Biol Macromol* .Vol:114. P: 1056-1063.
80. Wang ZM, Li L, Xiao Kj et Wu JY, (2009). Homogeneous sulfation of bagasse cellulose inan ionic liquid and anticoagulation activity. *Bioresource Technology*.Vol: 100(4), P: 1687-1690.
81. Wang, J. M., Sun, X. Y., & Ouyang, J. M. (2018). Structural characterization, antioxidant activity, and biomedical application of astragalus polysaccharide degradation products. *International Journal of Polymer Science*, 2018.
82. Watrous K.M, Cane J.H (2011) . Breeding biology of the thread stalk milkvetch, *Astragalus filipes* (Fabaceae), with a review of the genus. *American Midland Naturalist*; 165(2):225–240.

83. Wu, D. T., Liu, W., Han, Q. H., Wang, P., Xiang, X. R., Ding, Y., & Qin, W. (2019). Extraction optimization, structural characterization, and antioxidant activities of polysaccharides from Cassia Seed (*Cassia obtusifolia*). *Molecules*, *24*(15), 2817.
84. Xiaohui QI, Wenjun MAO, Yin Chen, YANLI CHEN, CHUNQI ZHAO, NA LI ET Wang C. (2013). Chemical characteristics and anticoagulant activities of two sulfated polysaccharides from *Enteromorpha alinza* (Chlorophyta). *Journal of Ocean University of China*. Vol:12(1).P:175-182.
85. Yadav, H., & Maiti, S. (2020). Research progress in galactomannan-based nanomaterials: Synthesis and application. *International Journal of Biological Macromolecules*, *163*, 2113-2126.
86. Yang X Zhai X., Zhu C., Zhang Y., Sun J and ALIM A., 2018 –Chemical characteristics, antioxidant capacities and hepato protection of polysaccharides from pomegranate peel. *Carbohydrate Polymers*. vol 202 :461-469.
87. Yang, B., Wu, Q., Luo, Y., Yang, Q., Wei, X., & Kan, J. (2019). High-pressure ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Hovenia dulcis*: Extraction, structure, antioxidant activity and hypoglycemic. *International Journal of Biological Macromolecules*, *137*, 676-687.
88. Yarley, O. P. N., Kojo, A. B., Zhou, C., Yu, X., Gideon, A., Kwadwo, H. H., & Richard, O. (2021). Reviews on mechanisms of in vitro antioxidant, antibacterial and anticancer activities of water-soluble plant polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, *183*, 2262-2271.
89. Yazdanshenas, H., Jafari, M., Azarnivand, H., & Arzani, H. (2014). Determination of the Tragacanth gum production potential of white *Astragalus* (*Astragalus gossypinu*) in western rangeland of Isfahan province. In *Anthropogenic Changes of Environment and Landscape in Arid and Semi-Arid Regions*, Conference.
90. Ye, L., Han, Y., Wang, X., Lu, X., Qi, X., & Yu, H. (2021). Recent progress in furfural production from hemicellulose and its derivatives: Conversion mechanism, catalytic system, solvent selection. *Molecular Catalysis*, *515*, 111899.
91. Zainal, S. H., Mohd, N. H., Suhaili, N., Anuar, F. H., Lazim, A. M., & Othaman, R. (2021). Preparation of cellulose-based hydrogel: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, *10*, 935-952.
92. Zarre S. and N. Azani. 2013. Perspectives in taxonomy and phylogeny of the genus *Astragalus*: a review. *Proceedings. Biological Sciences* 3: 1–6.

93. Zhou, Y., Petrova, S. P., & Edgar, K. J. (2021). Chemical synthesis of polysaccharide–protein and polysaccharide–peptide conjugates: A review. *Carbohydrate Polymers*, 274, 118662.

ANNEXES

Annexe 01

Les différentes courbes d'étalonnage au cours de l'étude sont présentées par la suite.

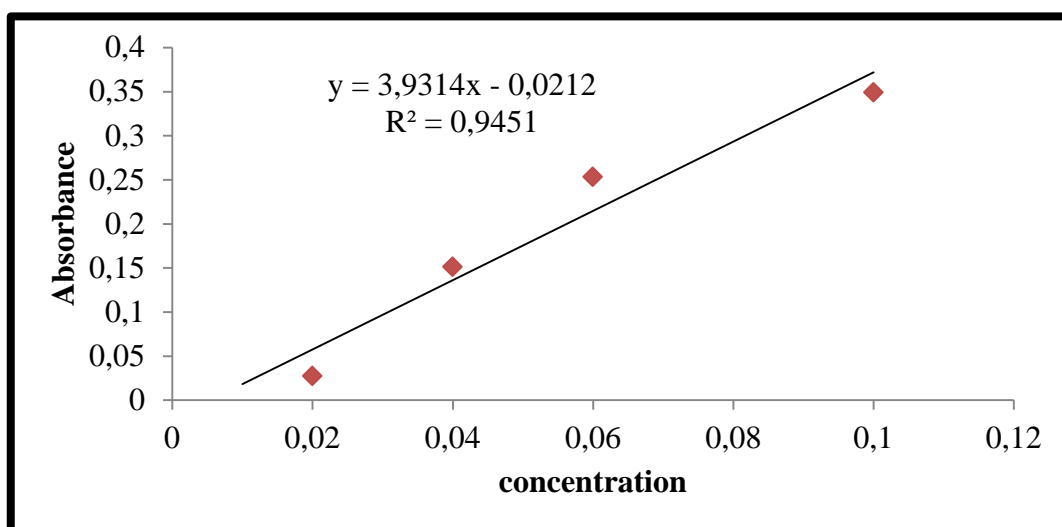


Figure 14.- Courbe d'étalonnage de dosage des oses neutres

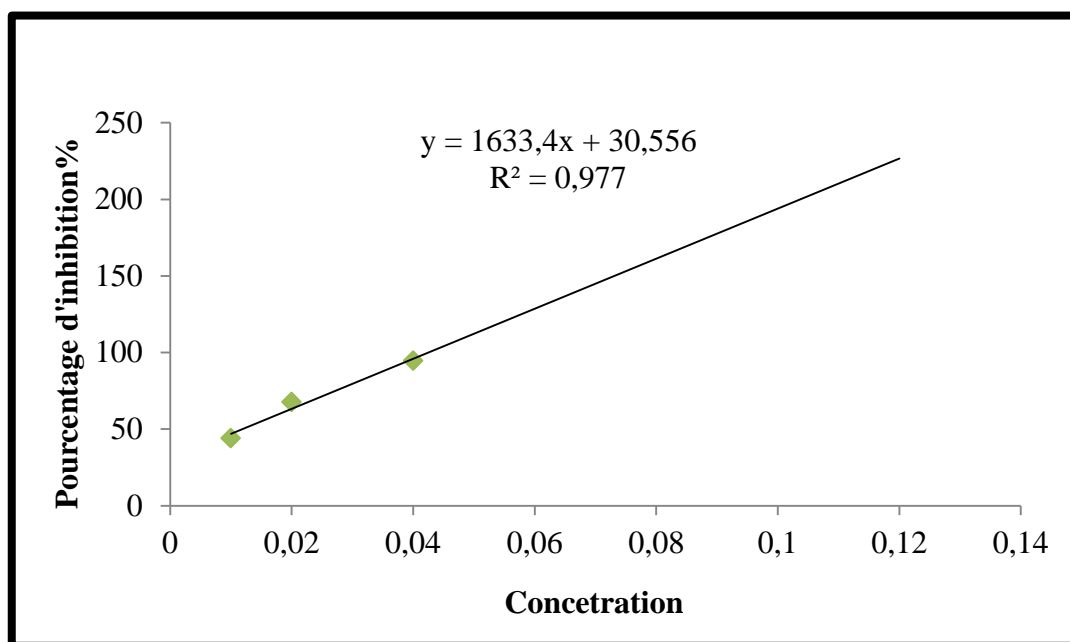


Figure 15.- Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'acide ascorbique

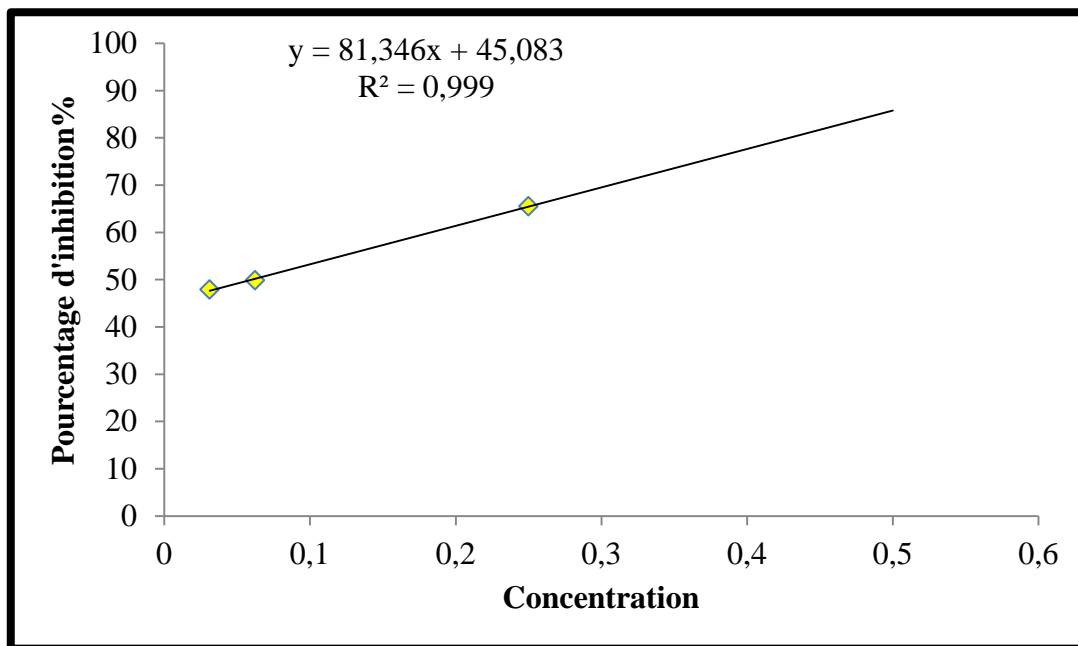


Figure 16.-Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait brut PHF d'*A. gombo*

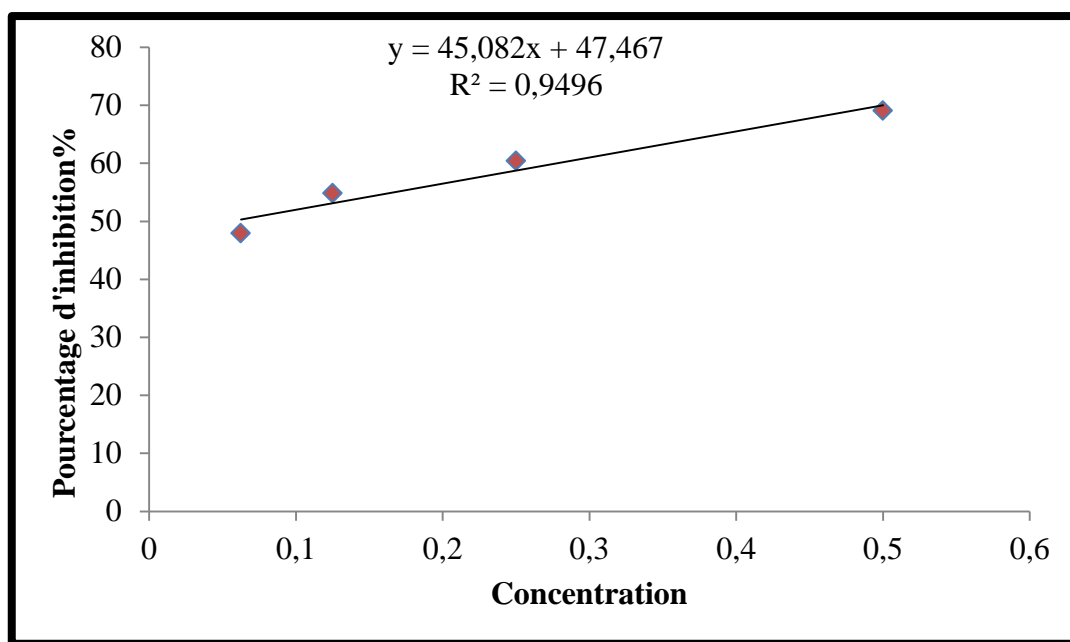


Figure 17.-Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration de l'extrait brut PHG d'*A. gombo*

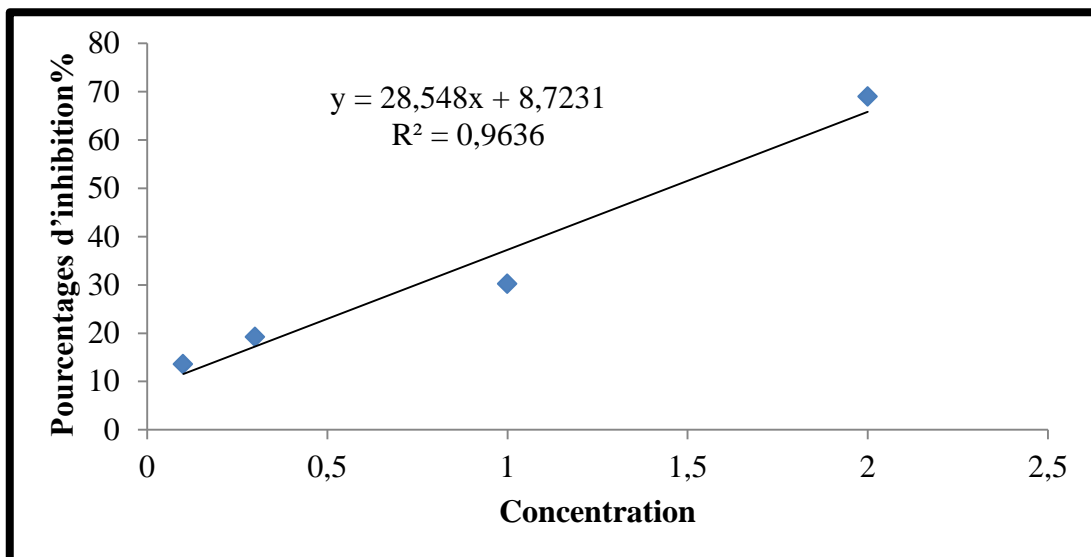


Figure 18.- Pourcentages d'inhibition contre la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de diclofénac de sodium

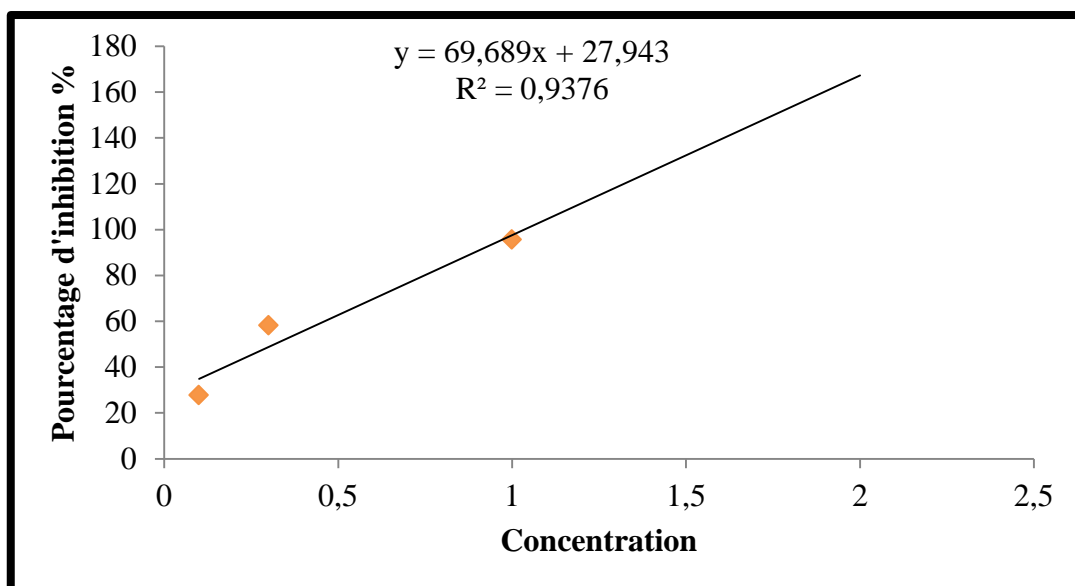


Figure 19.- Pourcentages d'inhibition contre la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de PHG

Annexe 02

Les photos ci-dessous présentent les étapes d'extraction de polysaccharides hydrosolubles des graines et des feuilles d'*Astragalus gombo*.



Figure 20.- Etape de prétraitement



Figure 21.- Etape de macération



Figure 22.- Etape de précipitation

Annexe 03

Les types des appareils utilisés au cours de l'expérimentation sont illustrés ci-dessous.



Bain marie



Etuve



Spectrophotomètre



Centrifugeuse



Balance de précision