

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Science Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Par :

Hiba Fatima

Laghmari Yamina

Thème

**Revue bibliographique sur les polysaccharides extraits des plantes médicinales :
Propriétés physico-chimiques et activités biologiques**

Soutenu publiquement, le 13/06/2023, devant le jury composé de :

Mme. ADDOUN Noura	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Présidente
Mlle. SEDDIKI Malika	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Directrice de mémoire
M. BENKHERARA Salah	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Examineur

Année universitaire : 2022/ 2023

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier mon directrice de mémoire Melle SEDDIKI Malika, Maitre Assistant A, département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre, qui n'a ménagé ni temps ni efforts pour mes encadrer. Merci pour toute son aide, son suivi permanent et ses précieux conseils.

Mes sincères remerciements vont aussi aux membres de jury M. BENKHERARA Salah Maitre de conférences A, département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre, Université Ghardaia (Examineur) et Mme. ADDOUN Noura Maitre de conférences B, département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaia (Présidente) qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce modeste travail.

Je remercie toutes les personnes qui ont pu m'aider, d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, à finaliser ce travail...



Dédicace

Loué soit Dieu, avec la grâce duquel de bonnes actions sont accomplies. Merci beaucoup, bonnes et bénies, comme il convient à sa majesté et à sa grande autorité, et comme il convient à la grandeur de sa grâce sur nous. Loué soit Dieu, qui nous a guidés sur le chemin de la connaissance et de la connaissance, et nous a permis de réaliser cette étude que je lui dédie.

A mon ange de la vie... A qui la langue aspire à s'exprimer, et dont l'œil désire se prélasser dans la solitude, A qui les sentiments sont humiliés par son souvenir, et mon foie tremble chaque fois que je suis loin d'elle, A qui le cœur aspire à l'embrasser, et dont les fesses aspirent à entendre ses prières.

Ma chère mère

A celui qui m'a appris l'alphabet de la vie, à celui qui s'est battu pour que je me repose et m'a fourni les raisons du succès, à celui que j'espère travailler pour être le fruit de bons efforts, de constance et de sacrifices

pour sa vie

Cher père

À ceux qui sont mon soutien dans la vie, mes chers frères Mohamed Abdel basset, Youcef, soeurs Ahlam, Manal et amis Saliha, Mabrouka, Shaima, Souhila, Fatna, Safa et Fatima

A tous ceux qui ont contribué à ce travail, de près ou de loin

Yamina





Dédicace

Loué soit Dieu, avec la grâce duquel de bonnes actions sont accomplies. Merci beaucoup, bonnes et bénies, comme il convient à sa majesté et à sa grande autorité, et comme il convient à la grandeur de sa grâce sur nous.

Loué soit Dieu, qui nous a guidés sur le chemin de la connaissance et de la connaissance, et nous a permis de réaliser cette étude que je lui dédie.

A mon ange de la vie... A qui la langue aspire à s'exprimer, et dont l'oeil désire se prélasser dans la solitude, A qui les sentiments sont humiliés par son souvenir, et mon foie tremble chaque fois que je suis loin d'elle, A qui le cœur aspire à l'embrasser, et dont les fesses aspirent à entendre ses prières.

Ma chère mère

A celui qui m'a appris l'alphabet de la vie, à celui qui s'est battu pour que je me repose et m'a fourni les raisons du succès, à celui que j'espère travailler pour être le fruit de bons efforts, de constance et de sacrifices pour sa vie

Cher père

À ceux qui sont mon soutien dans la vie, mes chers frères, soeurs et amis

A tous ceux qui ont contribué à ce travail, de près ou de loin

Fatima



Résumé

Ce travail est une Revue bibliographique, qui billette la caractérisation structurale et les propriétés physico-chimiques et biologiques des polysaccharides extraits des plantes médicinales des zones arides. Dans le premier chapitre, nous avons discuté sur les polysaccharides et leur classification selon leur origine, on a distingué les polysaccharides des animaux, des micro-organismes et des végétaux. Dans le deuxième chapitre de ce travail, on mit en évidence les polysaccharides végétaux, où la majeure partie des polysaccharides de la cellule végétale sont soit l'amidon, qui constitue le matériau de stockage de la cellule, soit ceux, de la cellulose, les hémicelluloses et les pectines, qui constituent les composants structuraux de paroi cellulaire. Il existe aussi des gommages qui sont sécrétées par des organes définis de plante en réponse à des stimuli particuliers tels que des blessures. Ces polysaccharides végétaux représentant un groupe diversifié des glucides avec une structure complexe et des activités biologiques intéressantes. Quant au troisième chapitre, qui est la partie la plus importante dans ce travail, il comprenait les polysaccharides issus plantes médicinales des zones arides, leur composition biochimique et leurs activités biologiques. On a signalé 14 genres avec ces espèces caractéristiques, qui sont : *Acacia*, *Plantago*, *Astragalus*, *Retama*, *Cassia*, *Melilotus*, *Trigonella*, *Malva*, *Medicago*, *Nitraria*, *Opuntia*, *Phoenix*, *Zizyphus*, *Argania*. Ces polysaccharides ont montré de nombreuses activités biologiques comme : l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, prébiotique et anticancéreuse.

Mots clés : caractérisation structurale, polysaccharides, plantes médicinales, antioxydante, anti-inflammatoire.

Abstract

This work is a bibliographic synthesis, which deals with structural characterization and the physico-chemical and biological properties of polysaccharides extracted from medicinal plants in arid areas. In the first chapter, we discussed on polysaccharides and their classification according to their origin, we distinguished the polysaccharides of animals, microorganisms and plants. In the second chapter of this work, plant polysaccharides are highlighted, where most of the polysaccharides of the vegetable cell are either starch, which constitute the storage material of the cell, or those, cellulose, Hemicelluloses and pectins, which constitute the structural components of cell wall. There are also gums that are secreted by defined plant organs in response to special stimuli such as injuries. These plant polysaccharides representing a diversified group of carbohydrates with a complex structure and interesting biological activities. As for the third chapter, which is the most important part in this work, it included polysaccharides from medicinal plants in arid areas, their biochemical composition and their biological activities. We reported 14 genres with these characteristic species, which are: *Acacia*, *Plantago*, *Astragalus*, *Retama*, *Cassia*, *Melilotus*, *Trigonella*, *Malva*, *Medicago*, *Nitraria*, *Opuntia*, *Phoenix*, *Zizyphus*, *Argania*. These polysaccharides have shown many biological activities such as: antioxidant, anti-inflammatory, prebiotic and anti-cancer activity.

Keywords: structural characterization, polysaccharides, medicinal plants, arid areas, antioxidant, anti-inflammatory.

الملخص

هذا العمل هو توليفة بلبايوجرافية، يتناول الوصف الذيكلي والخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للسكريات المستخرجة من النباتات الطبية في المناطق القاحلة. في الفصل الأول، قدمنا شرح حول السكريات وتصنيفها وفقاً لأصلها، قمنا بتمييز السكريات من أصل الحيواني ومن الكائنات الحية الدقيقة والنباتات. في الفصل الثاني من هذا العمل، يتم تسليط الضوء على عديد السكريات النباتية، حيث تكون معظم عديد السكريات من الخلية النباتية إما نشاء، والتي تشكل مادة تخزين الخلية، أو السليلوز، والبيكتين، والتي تشكل المكونات الذيكلية للخلية جدار الخلية. هناك أيضاً اللثة او الصمغ تفرزها أعضاء النباتات المحددة استجابةً للمنبهات الخاصة مثل الإصابات. هذه السكريات النباتية التي تمثل لموعة متنوعة من الكربوهيدرات مع بنية معقدة وأنشطة بيولوجية مثيرة للاهتمام. أما بالنسبة للفصل الثالث، وهو الجزء الأكثر أهمية في هذا العمل، فقد شمل السكريات من النباتات الطبية في المناطق القاحلة، وتكوينها الكيميائي الحيوي وأنشطتها البيولوجية. أبلغنا 14 نوعاً مع هذه الأنواع المميزة، وهي: أكاسيا، بلنغو، أستراجالوس، ريتاما، كاسيا، ميليلوتوس، تريغونيلا، مالفا، ميدياجاجو، النيتريا، أوبونتيا، فينيكس، زيزيفوس، أرغانيا. أظهرت هذه السكريات العديد من الأنشطة البيولوجية مثل: مضادات الأكسدة، مضادة للالتهابات، ومضادة للسرطان.

الكلمات المفتاحية: السكريات، المناطق القاحلة، النباتات الطبية، الهيكل البنوي، مضادات الأكسدة، مضادة للالتهابات.

Liste de figures

Figure 01	structure chimique de la chitine et du chitosan copolymère du sucre N-acétylé et le sucre aminé. La chitine se produit principalement sous forme de « x » ou de N-acétylé. Le chitosan se produit sous forme Amin.	08
Figure 02	: structure de la cellule fongique Wall qui comprend alpha/beta glucane celui combiné avec la chitine et le chitosane à partir de la paroi cellulaire fauniqu.	09
Figure 03	Structure de xanthan.	10
Figure 04	Structure chimique de dextran.	11
Figure 05	représentation schématique de l'unité de répétition chimique. (A, B, C et D) sont β -D-glucose, β -D glucuronate, β -D-glucose et α -L-rhamnose respectivement.	12
Figure 06	Structure de Glycogène	14
Figure 07	Structure de Glycosaminoglycanes	15
Figure 08	Structure de la molécule d'agar et les sites de clivage par dégradations acides et enzymatiques	16
Figure 10	Structure de Carraghénanes	18
Figure 09	Types de blocs d'alginate : G acide glucuronique, M d'acide mannuronique	19
Figure 11	Structure de différent type de Carraghénanes	19
Figure 12	Structure des molécules d'amylose	23
Figure 13	Structure d'amylopectines	24
Figure 14	Structure de Fructane	25
Figure 15	Structure d'Inuline	26
Figure 16	Structure de lévane	26
Figure 17	(A). Structure de Cellulose, (B). Structure de Cellulose microfibrilles	28
Figure 18	Structure d'Hémicelluloses	30
Figure 19	Structure de Xyloglucanes	31
Figure 20	Structure de Xylane	32
Figure 21	Structure de mannane	34
Figure 22	Structure de Galactomanane	35
Figure 23	Structure de Glucomannane	36
Figure 24	Structure de Galactoglucomannane	37

Figure 25	Structure d'Arabinogalactane	38
Figure 26	Structure de Glucuronoxylane	40
Figure 27	Structure d'Arabinoxylane	41
Figure 28	Structure de Arabinane	43
Figure 29	Structure de l'Arabinogalactanes	44
Figure 30	Structure de l'Arabinogalactanes II	44
Figure 31	Structure de Pectines	45
Figure 32	Structure de Homogalacturonanes	46
Figure 33	Structure de Rhamnogalacturonan I...	47
Figure 34	Structure de Rhamnogalacturonan II	48

Liste de tableaux

Tableau 01	Types des polysaccharides et les activités biologiques de quelques espèces d' <i>Acacias</i>	54
Tableau 02	Les polysaccharides de certaine espèce <i>Plantago</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	59
Tableau 03	Les polysaccharides de certaine espèce de <i>Retama</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	62
Tableau 04	Les polysaccharides de certaine espèce d' <i>Astragalus</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	66
Tableau 05	Les polysaccharides de certaine espèce <i>Cassia</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	70
Tableau 06	Les polysaccharides de certaine espèce <i>Melilotus</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	72
Tableau 07	: Les polysaccharides de plante <i>Trigonella</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	72
Tableau 08	: Les polysaccharides de certaine espèce de plante <i>Malva</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	76
Tableau 09	Les polysaccharides de certaine espèce de plante <i>Medicago</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	77
Tableau 10	Les polysaccharides de certaine espèce de plante <i>Nitraria</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques...	80
Tableau 11	Les polysaccharides de certaine espèce de plante <i>Opuntia</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	82
Tableau 12	: Les polysaccharides de certaine espèce de plante <i>Phoenix</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	83
Tableau 13	: Les polysaccharides de certaines espèces de plante <i>Zizyphus</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimique	84
Tableau 14	Les polysaccharides de plante <i>Argania</i> , activité biologique, propriétés physiques et chimiques	85

Liste des abréviations

Xylp : Xylopyranosyle

Galp : Galactopyranosyle

Araf : Arabinofuranosyle

Xyl : Xylose

Gal: Galactose

Ara : Arabinose

Rha : Rhamnose

GluA : acide glucuronique

GalA : acide galactoronique

Man : Mannose

Glu : Glucose

RG-II : Rhamnogalacturonanes II

Table de matière

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

01

CHAPITRE I : Généralités sur les polysaccharides

I.1. Structure de base

04

I.2. Fonctions

05

I.3. Classifications

05

I.3.1. Selon leur rôle biologique

06

I.3.2. Selon leur composition chimique

06

I.3.3. Selon leur structure.

06

I.3.4. Selon leur source

06

I.3.4.1. Polysaccharides des champignons

07

I.3.4.2. Polysaccharides bactériens

09

I.3.4.3. Polysaccharides animaux

13

I.3.4.4. Polysaccharides des algues

15

CHAPITRE II : Polysaccharides des végétaux

II.1. Polysaccharides homogènes

22

II.1.1. Amidon

22

II.1.2. Fructanes

24

II.1.3. Cellulose

27

II.2. Polysaccharides hétérogènes

29

II.2.1. Hémicellulose

29

II.2.2. Pectines

42

II.2.3. les gommés et mucilages

49

CHAPITRE III : Etude des polysaccharides issus des plantes médicinales

III.1. Etude de quelques polysaccharides issus des plantes médicinales	51
III.1.1. Polysaccharides d' <i>Acacia</i> (gomme arabique)	51
III.1.1.1. <i>Acacia senegal</i>	51
III.1.1.2. <i>Acacia seyal</i>	51
III.1.1.3. <i>Acacia Tortilis ssp. Raddiana</i>	52
III.1.1.4. <i>Acacia Glomerosa</i>	52
III.1.1.5. <i>Acacia macracantha</i>	53
III.1.1.6. <i>Acacia mearnsii de Wild</i>	53
III.2. Polysaccharides de <i>Plantago</i>	54
III.2.1. <i>Plantago notata</i>	54
III.2.2. <i>Plantago major</i>	55
III.2.3. <i>Plantago asiatica</i>	56
III.2.4. <i>Plantago ciliata</i>	57
III.2.5. <i>Plantago depressa Willd</i>	57
III.2.6. <i>Plantago ovata Forssk</i>	58
III.2.7. <i>Plantago lanceolata L.</i>	58
III.2.8. <i>Plantago media L.</i>	58
III.3. polysaccharides <i>Retama</i>	61
III.3.1. <i>Retama raetam</i>	61
III.3.2. <i>Retama monosperma</i>	61
III.4. polysaccharides d' <i>Astragalus</i>	63
III.4. 1. <i>Astragalus membranaceus</i>	63
III.4.2. <i>Astragalus Radix</i>	63
III.4.3. <i>Astragalus mongholicus Bge</i>	63
III.4.4. <i>Astragalus armatus</i>	64
III.4.5. <i>Astragalus gombo</i>	64
III.4.6. <i>Astragalus senegalensis Pers</i>	65
III.5. polysaccharides de <i>Cassia</i>	67
III.5.1. <i>Cassia angustolia</i>	67
III.5.2. <i>Cassia tora</i>	67
III.5.3. <i>Cassia obtusifolia</i>	68
III.5.4. <i>Cassia fistula</i>	68
III.5.5. <i>Cassia uniflora</i>	69
III.5.6. <i>Cassia multijuga</i>	69

III.6. Polysaccharides de <i>Melilotus</i>	71
III.6.1. <i>Melilotus indica</i>	71
III.6.2. <i>Melilotus alba</i>	71
III.7. Polysaccharides de <i>Trigonella</i>	72
III.8. polysaccharides de <i>malva</i>	73
III.8.1. <i>Malva sylvestris</i>	73
III.8.2. <i>Malva mohileviensis</i>	73
III.8.3. <i>Malva verticillata</i>	74
III.8.4. <i>Malva aegyptiaca</i>	74
III.8.5. <i>Malva parviflora</i>	75
III.8.6. <i>Malva mavritana</i>	75
III.9. Polysaccharides de <i>Medicago</i>	76
III.9.1. <i>Medicago Sativa L.</i>	76
III.9.2. <i>Medicago arborea</i>	77
III.10. Polysaccharides de <i>Nitraria</i>	78
III.10.1. <i>Nitraria retusa</i>	78
III.10.2.. <i>Nitraria tangutorum</i> Bobr	79
III.10.3. <i>Nitraria sibirica</i>	80
III.11. polysaccharides d'<i>Opuntia</i>	80
III.11.1. polysaccharides d' <i>Opuntia</i>	81
III.11.2. <i>Opuntia</i> spp.	81
III.11.3. <i>Opuntia ficus indica</i>	81
III.11.3.1. Cladodes.	82
III.11.4. <i>Opuntia ficus-indica</i> prickly	82
III.11.4.1. fruits de poire	83
III.12. polysaccharide de <i>phoenix</i>.	83
III.12.1. <i>Phoenix dactylifera L.</i>	84
III.13. .polysaccharide de <i>Zizyphus</i>	84
III.13.1.. <i>Zizyphus Jujuba</i> cv. <i>Jinsixiaozao</i>	84
III.13.2. <i>Ziziphus mauritiana</i>	85
III.14. Polysaccharide de <i>Arganai</i>	85
III.14.1. <i>Argania spinosa</i>	85
Conclusion	87
Références Bibliographiques	91

INTRODUCTION



Introduction

La flore indigène représente une médecine botanique précieuse pour les habitants des pays en développement (**Jean et Jiri, 1983 ; Ould El Hadj *et al.*, 2003**). À ce jour, plus de 80 000 espèces aux propriétés médicinales ont été identifiées dans le monde. Ce groupe de plantes ont été analysées phyto-chimiquement pour identifier les ingrédients actifs et les agents texturants tels que le mucus, la gomme, la pectine et l'hémicellulose (**Shimokawa *et al.*, 2015**).

Les différents organes de la plante, c'est-à-dire les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce de tige, l'écorce de racine, les bulbes, les rhizomes et les tubercules, sont utilisés pour développer des centaines d'infusions, tremper, décocter, cuire à la vapeur, mâcher, écraser, pulvériser, ramollir, râper, rôtir et moude. Utilisé pour traiter le diabète, le cancer, les ulcères ou les calculs rénaux (**Benaoun, 2017; Addoun, 2021**).

Les plantes médicinales sont espèces botaniques utilisés pour très longtemps en phytothérapie et médecine traditionnelle pour traiter les maladies courantes et plus graves. Leurs actions proviennent de leurs composés chimiques : des métabolites primaires et secondaires, et sans doute de la synergie entre les différents composés présents (**Reguieg, 2011**).

Les polysaccharides sont des biomolécules les plus abondantes sur la terre, que l'on trouve dans les plantes, les animaux, les micro-organismes (**Sarraff *et al.*, 2021**). Ce sont des macromolécules constituées des enchainement des unités monosaccharidiques liée par liaison osidiques avec de structure linéaire ou ramifiée. Ils jouent des rôles importants dans la mise en réserve de l'énergie et dans le maintien de l'intégrité structurale des organes et l'utilisation comme des remèdes naturels et en alimentation (**Quentin *et al.*, 2011**).

Les polysaccharides végétaux sont des biopolymères de haut poids moléculaire provenant principalement des plantes et d'algues. Ils ont des activités biologiques diverses tell que les activité antioxydantes, anti-inflammatoires, antidiabétiques, antivirales, anti-complément (**Boual *et al.*, 2015**). Ils jouent un rôle dans la protection mécanique et ayants des rôles énergétiques, mais sont également impliqués dans de nombreux les processus, y compris la communication entre cellules, l'infection de bactéries ou de virus. Ces biomolécules sont utilisées depuis des décennies dans la médecine traditionnelle et leur utilisation augmente dans diverses industries (**Sarraff *et al.*, 2021**).

Dans la présente étude bibliographique porte sur la caractérisation structurale, et étude des propriétés physico-chimiques et biologiques des polysaccharides extraits des plantes des zones arides, nous mettons en avant l'importance des polysaccharides extraits des plantes

Introduction

médicinales. Ce travail est une synthèse bibliographique. Il est structuré en trois chapitres comme suit :

Le premier chapitre consiste en revue générale sur les polysaccharides.

Le deuxième chapitre portera sur les polysaccharides végétaux et leurs classifications.

Et en fin dans le troisième chapitre l'étude de la composition biochimique et les activités biologiques des polysaccharides extraits des plantes médicinales.

Chapitre I.

Généralités sur les

polysaccharides



I. Généralités sur les polysaccharides

Les polysaccharides sont des polymères glucidiques à longues chaînes linéaires ou ramifiées, constituées des unités monosaccharidiques reliés par des liaisons glycosidiques (**Hau xie et al., 2016**). Ces biomolécules sont parmi les composés les plus abondantes sur la terre qui se trouve dans les plants, les animaux, les micro-organismes et les algues (**Sarrafe et al., 2020**). Ils contiennent d'une dizaine à plusieurs milliers d'unités des sucres. La manière qui ils associés et leurs propriétés individuelles sont déterminent leur rôles (**FAO, 1980**). Généralement, les polysaccharides sont également appelés les glycanes (**Venugopal, 2011**). Les polysaccharides possèdent de nombreuses propriétés différentes liées à leur fonction. Ils servent de sources d'énergie et forment les tissus de soutien de plantes et d'animaux (**Navard, 2012**). Ils sont approuvés pour utilisation comme additifs alimentaires, mêmes si utilisés à une très faible concentration, et peuvent avoir impact sur les propriétés texturales des produits alimentaires (**Yong et al., 2020**). Ils ont des effets thérapeutiques observés dans différents types des maladies (**Boual et al., 2015**). Les polysaccharides sont facilement disponibles, non-toxiques, biodégradables et biocompatibles (**Prajapati et al., 2014**) et présentent des propriétés rhéologiques remarquables comme épaississant, stabilisant, gélifiant et émulsifiant (**Yong et al., 2020**).

Les polysaccharides sont hydrosolubles présentant une large gamme de solubilité et certains sont insolubles dans l'eau, par exemple les celluloses ne sont solubles que dans l'eau chaude, et certains polysaccharides se dissolvent facilement dans l'eau froide comme le pullulante et la gomme arabique (**Zhenbo, 2017**). La charge des polymères exerce aussi une influence sur le pH ou de la présence de sels. Par exemple l'alginate précipite lorsque les groupements carboxyles sont protonés. Dans le milieu aqueux, la viscosité des polysaccharides change selon leur taille et structure des molécules (**Bauner et al., 2010**).

I.1. Structure de base

La formule générale des polysaccharides $C_x (H_2O)_y$ (**Venugopl, 2011**), constituée des unités monosaccharidiques, ils sont liés par des liaisons glycosidiques (**Navard, 2012**), soit des résidus de sucres qui sont liés entre eux de manière glycosidique ou liés de manière covalente à d'autres structures comme les peptides, les acides aminés et les lipides. Lorsque les monomères sucres successifs sont liés axialement (liaison α -glycoside). C'est une conformation hélicoïdale, comme la fraction amylose ou contrairement la liaison équatoriale (liaison β - glycoside) des monomères de sucre successifs produit une liaison presque droite (**Mathur, 2012**) et la conformation de ce type de polymère est principalement déterminée par la conformation de la

liaison osidique soit la configuration α ou β qui le cycle des sucres peut être à six chaînes (pyranose) ou cinq chaînes (furanose) (Wiley *et al.*, 2011).

L'absence d'unité de répétition dans certains polysaccharides comme la présence de groupes non glucidiques (sulfate, acétate, succinates, etc.) augmentent considérablement cette complexité (Saeidy *et al.*, 2021). Certains dérivés monosaccharidiques incluent les sucres aminés (D-glucosamine) dérivés (acide N-acétylneuraminique) et acides sucriques simples (glucuroniques et acides iduroniques) (Mohammed *et al.*, 2021) qui se trouve par exemple dans les molécules glycoconjugués sont des molécules qui contiennent un ou plusieurs groupes glucidiques liés de manière covalente à un peptide, protéine, un lipide ou une autre molécule biologique ou non biologique le groupe glucidique peut être aussi petit qu'un seul monosaccharide ou gros comme les glycoprotéines (Varki *et al.*, 1999).

I.2. Fonctions

Les polysaccharides possèdent diverses fonctions qu'ils peuvent agir comme des substances squelettiques dans les parois cellulaires des plantes et des algues et fournissent des réserves énergétiques aux plantes (amidon) et aux microorganismes et aux animaux.

- Peuvent fonctionner comme des substances protectrices comme les polysaccharides extracellulaires bactériens contre la dessiccation et la prédation par Protozoaires (Whitfield *et al.* 1998) ou substances d'encapsulation chez les micro-organismes et dans les plantes sous forme de gommages d'exsudat scellant les sites de blessure.
- Utilisée comme agents épaississants dans les fluides articulaires des animaux et en protégeant les tissus de la dessiccation (Aspinall, 1970).
- Produits alimentaires, cosmétiques, papier et textile (Rees, 1965).
- Le stockage d'énergie (amidon, Glycogène, galactomannanes, glucomannanes, Xyloglucane...).
- Le maintien protection de l'eau et des tissus (acide hyaluronique, pectines, arabinoxylane, gomme arabique...).
- La résistance mécanique (cellulose, Hémicelluloses, ...).
- Communication cellulaire (héparine, chondroïtine sulfate ...) (Saeidy *et al.*, 2021).

I.3. Classifications

La classification des polysaccharides est fréquemment basée sur leur source, mais à mesure que la connaissance de leurs structures s'accumule, ils sont de plus en plus classés sur la base de leur structure chimiques (Robyrt, 1935).

I.3.1. Selon leur rôle biologique

Les polysaccharides sont classés en trois catégories selon leurs fonctions ou les rôles biologiques qu'ils exercent :

- ✓ Les polysaccharides de réserve, comme (Amidon, fructanes).
- ✓ Les polysaccharides de structure, comme (cellulose, hémicellulose).
- ✓ Exsudats et mucilages, comme (les gommages).

I.3.2. Selon leur composition chimique

Les polysaccharides sont largement divisibles en deux grandes classes ioniques et neutres. L'amidon et la cellulose sont typiques du groupe neutre. Les groupes ioniques naturels des polysaccharides sont les groupes des acides uronique, sulfurique et phosphorique. Les polysaccharides neutres et ioniques sont des molécules amphiphiles (amphipathiques) **(Reginald, 1998)**.

I.3.3. Selon leur structure

Les molécules de polysaccharide peuvent être constituées soit du même monosaccharide appelé homopolysaccharide soit de différents monosaccharides/dérivés de monosaccharide appelé hétéro polysaccharide **(Qingbin et al., 2018)**.

les homopolysaccharides (Homoglycanes) pourrait être hétéro lié avec des liaisons α (1-4) et β (1-4) alternées ou hétéro lié avec des liaisons α -(1-6) et α (1-3) alternées ou il pourrait avoir une séquence répétée de deux liaisons α (1-4) liaisons et une liaison α -(1-6) **(Robyrt, 1935)** ils peuvent être subdivisés en types à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée donc les homoglycanes ne contenant que des résidus d'acide uronique appartiennent à un quatrième groupe, les glycuronanes (polyuronideos) **(Florkin et al., 1963)**.

Les hétéropolysaccharides (hétéroglycanes) peuvent avoir de différents types de liaisons **(Robyrt., 1935)** et des unités monosaccharidiques différentes.

Les hétéroglycanes qui contiennent également des résidus d'acide uronique forment un troisième groupe contenant de l'acide uronique et des résidus de sucres aminés sont appelés les mucopolysaccharides **(Florkin et al., 1963)**

I.3.4. Selon leur source

La paroi cellulaire est une matrice extracellulaire spécialisée qui entoure chaque cellule de plante, d'algue, de champignon et de bactérie **(Inamuddin et al., 2021)** et la membrane des cellules animale. Il donne des caractéristiques distinctives aux cellules

(Inamuddin *et al.*, 2021).

I. 3.4.1. Polysaccharides des champignons

La paroi cellulaire constituée de chitine et glucane liée avec autre polysaccharides ou des protéines.

I. 3.4.1.1. Chitine et chitosane

La chitine est un des biopolymères les plus abondants dans la nature bien qu'une faible fraction de cette production soit réellement exploitable économiquement la chitine extrait commercialement de carapace de crustacé par une série de traitement acido-basique (Crini et Badot, 2007). Et le chitosane est polysaccharide obtenu par désacétylation de la chitine qui constituant majeur de l'exosquelette des crustacés animaux aquatiques (Mattcheus et Goosen, 1997).

I. 3.4.1.1.1. Source

La chitine est présente dans la plupart des invertébrés marins et représente 14 à 27 % du poids sec de la crevette et 13 à 15 % de celui du crabe, le zooplancton, les invertébrés terrestres et chez certains organismes unicellulaires tels que les algues, les protozoaires et champignons inférieurs tels que *Aspergillus Niger*, *Penicillium notatum* ou *Mucor rouxi* (Bornet et Teissedre, 2005).

Le chitosane est une ressource qui se régénéré naturellement par exemple carapaces de crevettes qui peuvent être encore améliorées par la culture artificielle est le principal déchet sous-produit de l'industrie de transformation des coquillages (Mattcheus et Goosen, 1997).

I. 3.4.1.1.2. Structure de base

La chitine est considérée comme la deuxième ressource organique la plus abondante de la terre après la cellulose, homopolymère constitué d'enchaînement de monomères N-acétyl- β -D-glucosamine reliés par une liaison glycosidique (1-4) (Desbières, 2002) ou 2-acétamido-2-désoxy- β -D-glucopyranose, bien que certains des résidus de glucopyranose soient sous la forme désacétylée de 2-amino-2-désoxy- β -D- glucopyranose (Hudson *et al.*, 1998) lorsque la chitine est désacétylée à plus de 50% de la forme d'amine libre elle est appelée chitosane. La bio polymérisation de la chitine se fait par le monomère activé N- acétyl uridine diphosphate glucosamine par les enzymes de synthèse (Hudson *et al.*, 2002).

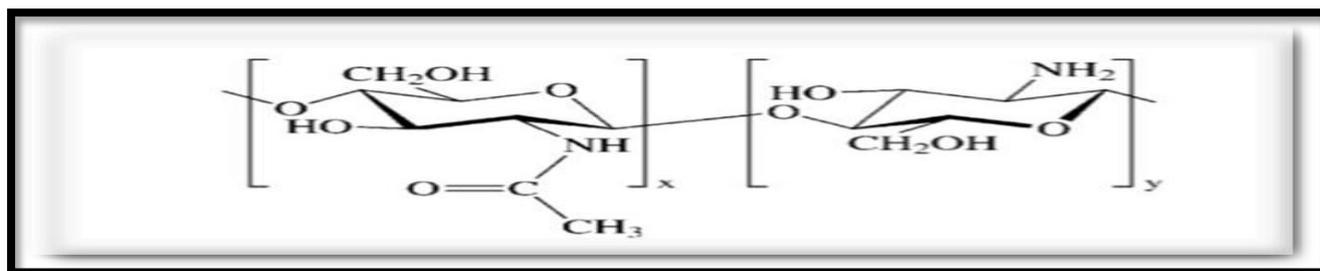


Figure 1 : structure chimique de la chitine et du chitosan copolymère du sucre N-acétyle et le sucre aminé. La chitine se produit principalement sous forme de « x » ou de N-acétyle. Le chitosan se produit sous forme Amin. (Hudson *et al.*, 2002).

I. 3.4.1.1.3. Fonctions

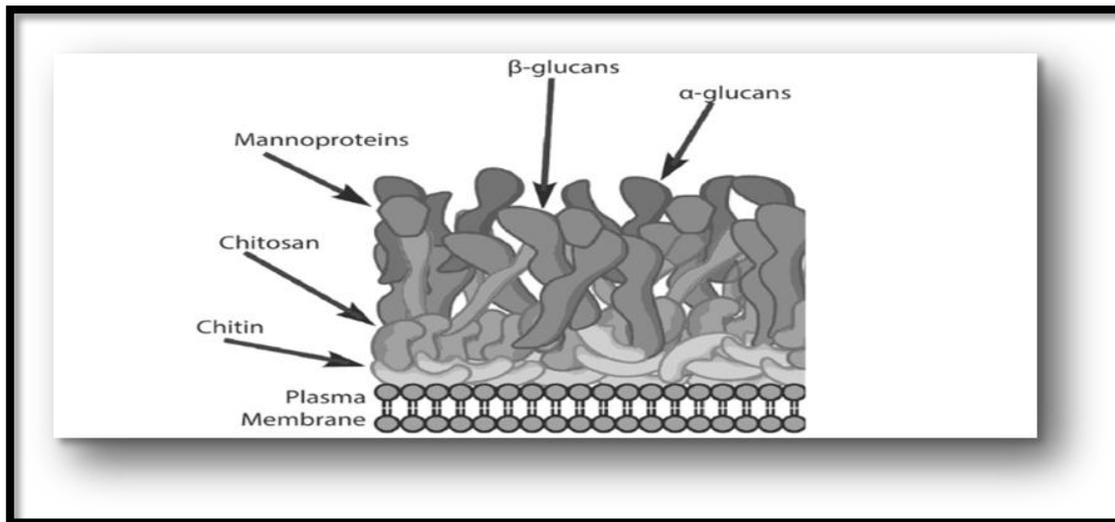
La chitine et du chitosan sont presque toujours associés à des protéines qui fonctionnent comme la matrice dans l'exosquelette des insectes (Martin *et al.*, 1995)

I. 3.4.1.2. Glycan

Les glycanes sont constituant polysaccharidiques majeur de la paroi de nombreux champignons ce composant est libéré et circule dans le sang des patients atteints d'infections fongiques invasives à *Condida spp* et *Aspergillus spp* (Sendide, 2021). Ils se trouvent dans les phylums fongiques mais sont absents chez les microsporidies (Inamuddin *et al.*, 2021).

I. 3.4.1.2.1. Structure de base

Les glucanes sont composés de plusieurs unités de glucose. Ils sont de deux types différents α -glucane et β -glucane, α -glucane a une structure soluble dans l'eau alors que les β -glucanes sont insolubles dans l'eau, les β -glycans sont de loin les polysaccharides les plus abondants dans la nature puisque, ils comprennent la cellulose une liaison β -(1-4) glucane (Latgé et Boucias, 1990).



Figur02 : structure de la cellule fongique Wall qui comprend alpha/beta glucane celui combiné avec la chitine et le chitosane à partir de la paroi cellulaire faunique (**Inamuddin et al., 2021**).

I. 3.4.2. Polysaccharides bactériens

I. 3.4.2.1. Xanthan

Les gommages de xanthane est un polysaccharide extracellulaire sécrété le micro-organisme *Xanthomonas campestris*, il est fabriqué commercialement par un procédé de fermentation. La gomme de xanthane est soluble dans l'eau froide (**Graham, 2021**)

I. 3.4.2.1.1. Source

Les gommages xanthane sont produite par des bactéries à Gram négatif du genre *Xanthomonas*, qui présentent de nombreuses souches différentes, comme par exemple *X. arboricola*, *X. axonopodis*, *X. campestris*, *X. citri*, *X. fragaria*, *X. gummisudans*, *X. juglandis* *X. phaseoli*, *X. vasculorum*.et *X. campestris* (**petri, 2015**).

I.3.4.2.1.2. Structure de base

Les gommages de xanthane est un hétéropolysaccharide dont la structure primaire est composée de penta saccharide formé par deux unités de glucose, deux unités de mannose et une unité glucuronique acide (**Garcia-Ochoa et al., 2000**). Sa chaîne principale contient du D-glucose β (1-4) (**Sutherland, 1994**) et les chaînes latérales du tri-saccharide contiennent une unité d'acide D-glucuronique entre deux D-mannose unités liées de chaque autre résidu de glucose dans la chaîne principale (**Garcia-Ochoa et al., 2000**).

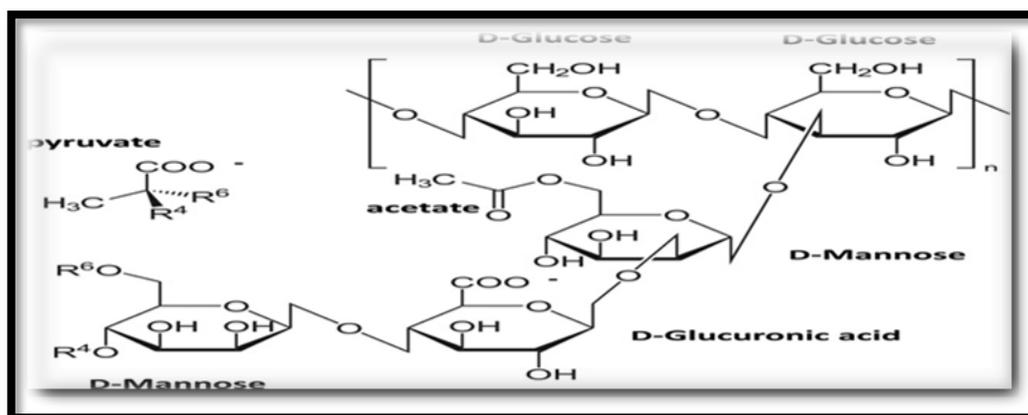


Figure 03 : structure de xanthan (Garcia-Ochoa *et al.*, 2000).

I. 3.4.2.1.3. Fonctions

- Le xanthan est hydrocolloïde le plus utilisé dans l'industrie alimentaire, notamment dans la préparation de vinaigrettes, de crèmes, de sauces, de sirops, de desserts, de boissons et d'aliments préparés et congelés.
- Il est également utilisé dans les lotions, les crèmes, les sirops contre la toux et le dentifrice dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique.
- Il est utilisé dans les huiles, les fluides hydrauliques, les pesticides, les fourrages, les produits de nettoyage, les teintures et les bains métalliques. Beaucoup des applications de la gomme de xanthane sont une conséquence de son comportement rhéologique (Dolz *et al.*, 2009).

I. 3.4.2.2. Dextran

Le terme dextran sera utilisé pour décrire les préparations de D-glucanes qui contiennent un nombre important de résidus de α -D-glucopyranosyl (1-6) lié un grand nombre de bactéries synthétisent les dextrans exo-cellulairement lorsqu'elles sont cultivées sur des milieux contenant du saccharose (Sidebotham, 1974).

3.4.2.2.1. Source

La souche UICT/L18 *Leuconostoc mesenteroides* synthétisait un dextran ramifié avec des liaisons α -(1-4) ont déclaré que la souche *Leuconostoc mesenteroides* KIBGE-IB22 produisait un dextran ramifié avec des liaisons α -(1-3) et β -(2-6). Cependant, la plupart des dextrans synthétisés par (*Leuconostoc*, *Lactobacillus* et *Weissella*) ont uniquement des liaisons α -(1-6) et α -(1-3) avec des pourcentages compris entre 52% et 97% et 3% et 48%, respectivement (Montes, 2021).

I. 3.4.2.2.2. Structure de base

Le dextran est un nom collectif pour les polymères composés d'unités de D-glucose liées aux liaisons α -(1-6) et à diverses quantités de branches latérales liées aux chaînes principales par α -(1-2), α -(1-3) ou α -(1-4) les enzymes qui synthétisent ces glucanes à partir du saccharose sont appelés dextransucrase (glycosyltransférase et de glucansucrases produites par diverses espèces) (Khalilovo *et al.*, 2005).

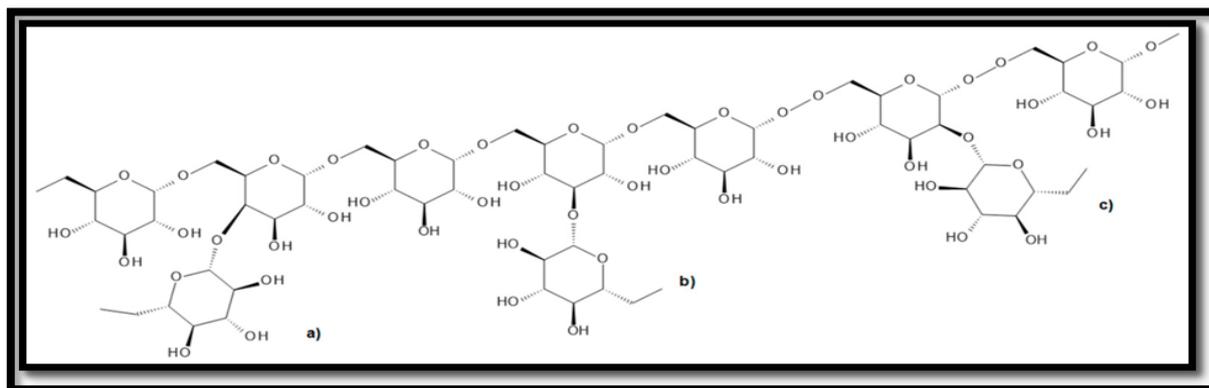


Figure 04 : structure chimique de dextran (Montes, 2021).

I. 3.4.2.2.3. Fonction

Le dextran présente :

- L'effet anti thrombotique.
- Particularité d'améliorer le flux sanguin et la viscosité du sang et de l'inhibition de l'agrégation des érythrocytes. Hypersensibilité.
- Utilisé comme ingrédient pour cosmétiques et dans les produits de boulangerie en raison de ses propriétés hydratantes supérieures.
- La présence de dextrans dans les solutions aqueuses contribue à conférer un environnement physiologique favorable en raison de la pression osmotique colloïdale.
- L'utilisation de dextran est un avantage dans la préservation des organes viables et comme ingrédient pour les formules ophtalmiques telles que les larmes artificielles et les gouttes ophtalmiques (Heinz *et al.*, 2006).

I. 3.4.2.3. Gellane

Le gellane est un polysaccharide bactérien extracellulaire anionique découvert en 1978. Les groupes acyles présents dans le polymère natif sont éliminés par hydrolyse alcaline dans la

production commerciale normale (Morris *et al.*, 2012) très visqueux, même à des concentrations aussi faibles que 0.04 %, et forment des gels rigides et cassants (Chandrasekaran *et al.*, 1988).

I. 3.4.2.3.1. Source

La gomme gellan est un polysaccharide extracellulaire sécrété par le micro-organisme *Sphingomonas* et *Auromonas elodea*, il est fabriqué commercialement par un procédé de fermentation (Sworn *et al.*, 2021).

I. 3.4.2.3.2. Structure de base

Le gellane est un hétéropolysaccharide linéaire, extracellulaire et anionique (Morris *et al.*, 2012) et produit par une bactérie. Ces sucres sont porteurs de quelques groupements glycérate et acétate ce qui donne la séquence répétée de tétra saccharides chargés] $\rightarrow 3) \beta$ -D-glucopyranosyl-(1-4)- β -D-glucopyranosyl-(1-4)- β -D-glucopyranosyl-(1-4)- α -L-rhamnopyranosyl (1)n (Morris *et al.*, 2012).

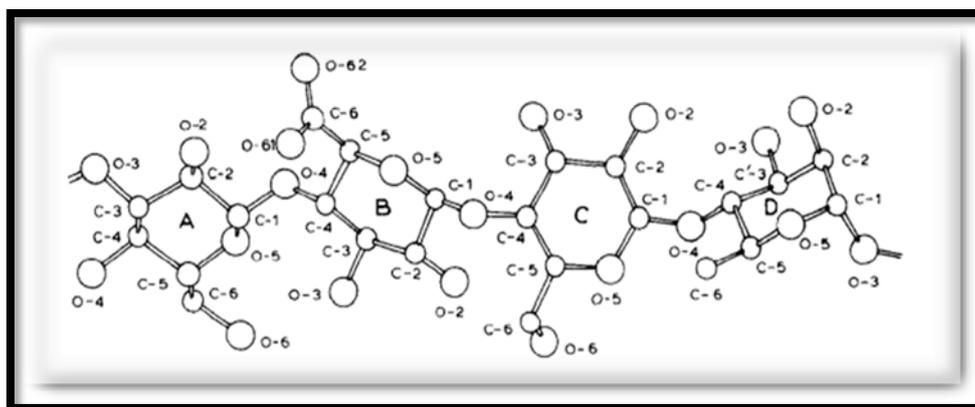


Figure 05 : représentation schématique de l'unité de répétition chimique. (A, B, C et D) sont β -D-glucose, β -D-glucuronate, β -D-glucose et α -L-rhamnopyranose respectivement (Chandrasekaran *et al.*, 1988).

I. 3.4.2.3.3. Fonctions

- Le gellane utilisé à l'industrie alimentaire et peut aussi être utilisé en remplacement de l'agar comme agent gélifiant des milieux de culture microbologique (Monto et Ballerini, 1992).
- Application de la gomme dans la technologie pharmaceutique.

I. 3.4.3. Polysaccharides animaux

I. 3.4.3.1. Glycogène

Le glycogène trouvé dans les cellules hépatiques (**Drochmans, 1960**) est un polymère ramifié de glucose qui sert de stocker d'unités de glucose. Les deux plus grands dépôts chez les mammifères sont dans le foie et le muscle squelettique, mais son abondance et son utilisation sont soumises à des contrôles élaborés impliquant principalement une phosphorylation covalente. Les réserves de glycogène des muscles et du foie sont importantes pour le métabolisme du glucose du corps entier, et leur réapprovisionnement est lié hormonalement à l'état nutritionnel (**Roach, 2002**).

I. 3.4.3.1.1. Source

Le glycogène trouve dans les poissons, les insectes, les bactéries, les champignons, les protozoaires et les levures chez les mammifères, il est présent dans tous les tissus mais particulièrement répandu dans le foie et les muscles squelettiques et dans les muscles des coquillages il est synthétisé les algues bleu-vert qui sont des bactéries photo-synthétisante ou synthétisé par un certain nombre de bactéries non photosynthétiques telles que *Escherichia coli* et *Neisse ria perflava* (**Robyrt, 1935**).

I. 3.4.3.1.2. Structure de base

Le glycogène est un polymère ramifié de glucose. dans la chaîne linéaire, les résidus de glucose sont reliés par des liaisons α -(1-4)-glycosidiques, tandis que les α -(1,6) est une des liaisons glycosidiques créent les points de jonction (**Adeva et al., 2016**). Les branches se produisant toutes les 12-14 unités résultant de la ramification et sont réparties uniformément, ce qui donne une structure asphérique avec des extrémités de chaîne non réductrices expirées cette organisation unique permet aux cellules de stocker jusqu'à 55000 unités de glucose(**Hiraththagala et al., 2015**).

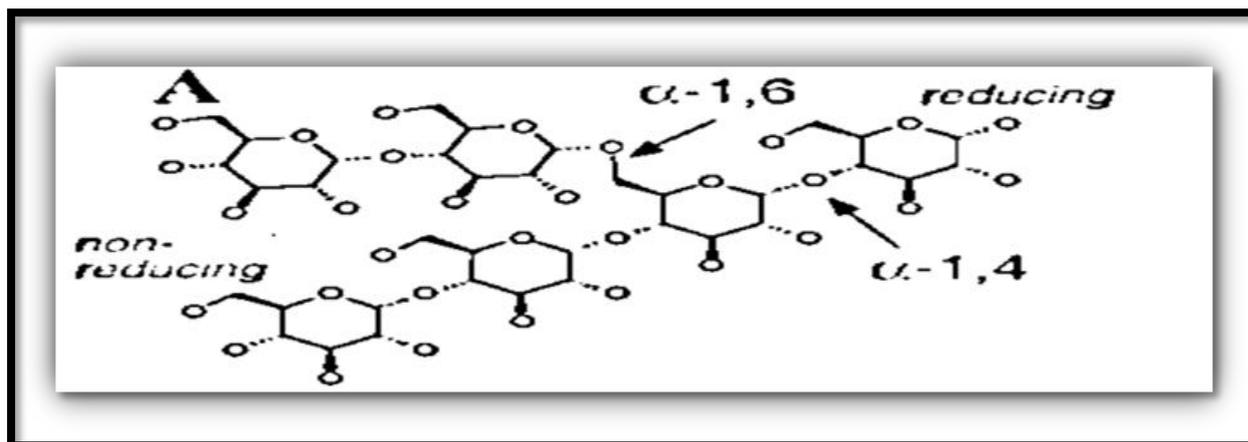


Figure 06 : structure de Glycogène (Roach, 2002).

I. 3.4.3.1.3. Fonctions

Le rôle de glycogène être un carburant glycolytique qui fournit de l'énergie (Hers, 1976) Il est utilisé comme porteur de nanoparticules dans les théranostiques du cancer (Gálisová *et al.*, 2020) et principale réserve de glucose (Roach, 2002).

I. 3.4.3.2. Glycosaminoglycanes

Les glycosaminoglycanes, une composante majeure des molécules de matrice extracellulaire dans les tissus animaux (Yamada, 2011), sont des glucides complexes importants qui participent à de nombreux processus biologiques par la réglementation de leurs différents partenaires (Gandhi *et al.*, 2008).

I. 3.4.3.2.1. Source

Les glycosaminoglycanes sont présents dans de nombreux tissus et fluides conjonctifs vertébrés tels que peau, os, cartilage, parois artérielles, cordon ombilical, humeur vitreuse cornée et fluides synoviaux et dans les membranes cellulaires et dans le cortex cérébral cerveau. Dans certains cas se produisent dans les cellules mastocytes (héparine) et dans les granulocytes et les plaquettes. Ils ont été détectés dans les noyaux cellulaires et chez des invertébrés. Il est admis que la quantité relative la taille moléculaire le modèle de distribution des glycosaminoglycanes dans un tissu ou un fluide spécifique (Chakrabarti et Park, 1980).

I. 3.4.3.2.2. Structure de base

Les glycosaminoglycane sont polysaccharides acides linéaires fortement chargés couramment trouvés liés aux protéines de base des glycoconjugués appelés protéoglycane. Plusieurs grandes classes de glycosaminoglycane y compris l'héparansulfate, héparine, sulfate (de chondroïtine, sulfate) de dermatane (Linhardt, 2004) Composé par unités disaccharides à répétition, les groupes sulfatés

Peuvent être colonne vertébrale glucidique et donc contribuer aux propriétés polyanioniques de la molécule dans les tissus (Magnus, 1984).

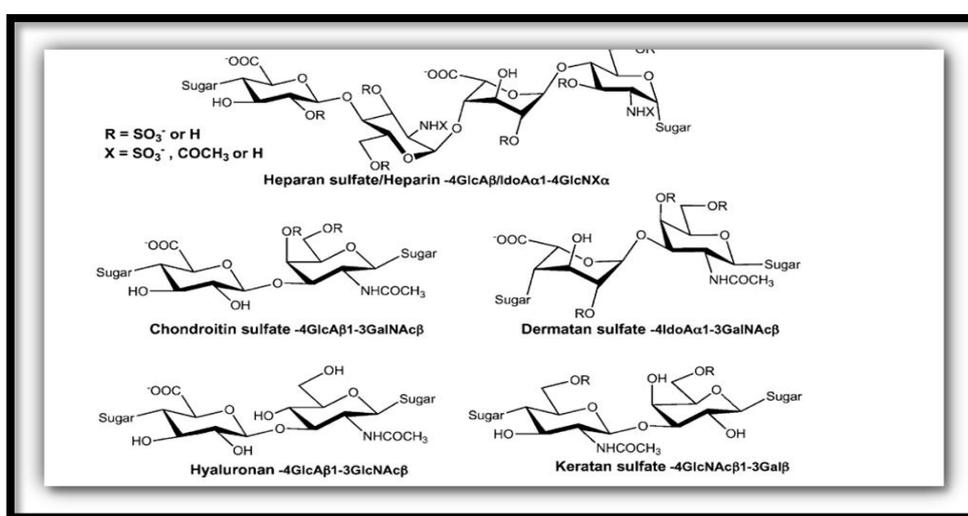


Figure07 : Structure de Glycosaminoglycane (Linhardt, 2004).

I. 3.4.3.2.3. Fonctions

Les approches pharmaceutiques comprennent l'utilisation d'héparines et de glycosaminoglycane modifiés chimiquement avec des structures définies.

L'utilisation des glycosaminoglycane comme vecteurs d'administration spécifiques dans le ciblage des toxines et des chimiothérapies (Yip *et al.*, 2006).

Le glycosaminoglycane possède un rôle dans la communication cellulaire important dans la physiologie et la physiopathologie des organismes multicellulaires (Yamada, 2011).

I. 3.4.4. Polysaccharides des algues

Les algues (rouges, brunes ou vertes) sont constituées des polysaccharides, leur forte teneur en polysaccharides pariétaux contribue à leur richesse en fibres alimentaires (35-40% du poids sec des algues) (Lahaye et Kaeffer, 1997).

I. 3.4.4.1. Agar

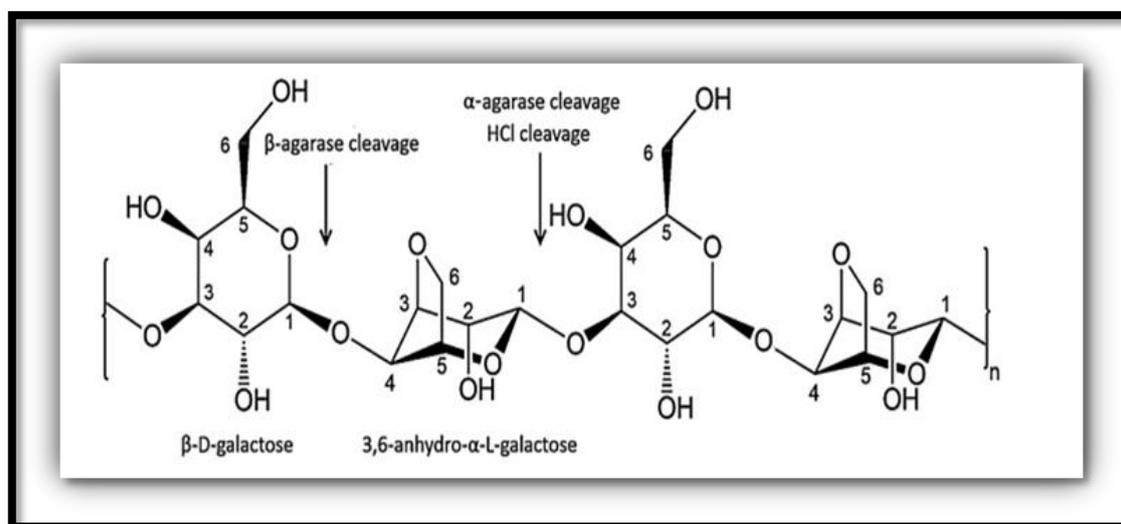
L'agar le complexe polysaccharidique extrait des *agarophytes* de la *Rhodophycées* est d'importance économique en raison de sa capacité à former un gel à de faibles concentrations lorsque peut être utilisé comme support solide généralement inerte dans des milieux bactériologiques (**Duckworth et Yaphe, 1970**).

I. 3.4.4.1.1. Source

L'agar extrait de certaines algues rouges (*Rhodophycac*) apparait surtout aux genres *Gelidium* et *Gracilaria* (**Gazengel et Orecchioni, 2013**).

I. 3.4.4.1.2. Structure de base

L'agar est défini structure unitaire n'ayant que des groupes de semi-esters sulfatés liés à quelques groupes hydroxyles des galactoses, était formé par un mélange d'au moins deux polysaccharides qu'il a nommé agarose et agaropectin (**Armésin et al., 2009**) l'agarose présente une composition $[C_{12}H_{14}O_5(OH)_4]_n$ tandis que l'agaropectine est un polysaccharide plus compliqué avec des résidus d'acide sulfurique et uronique (**Araki,1956**).



Figur08 : structure de la molécule d'agar et les sites de clivage par dégradations acides et enzymatiques (**Chen et al., 2021**).

I. 3.4.4.1.3. Fonctions

Les principales utilisations de l'agar sont liées à la formation de gels thermoréversibles à de faibles concentrations dans l'eau. Il présente également de nombreuses activités biologiques

bénéfiques y compris les anticoagulants, antiviraux, antioxydants, anticancéreux et immunomodulateurs.

Les applications les plus récentes de l'agar dans les domaines pharmaceutique, médical technique et autres sont d'un grand intérêt et font l'objet d'études actuelles (**Gioeleet al., 2017**).

L'agar peut fournir une source de carbone pour la croissance microbienne toutefois nous présentons des preuves suggérant que le champignon *Aspergillus nidulans* utilise l'agar comme source de carbone (**Paytonet al., 1976**).

I. 3.4.4.2. Alginat

Les alginates sont des polymères et des polyélectrolytes qui sont considérées comme biocompatibles non toxiques non immunogènes et biodégradables. Il peut être qualifié d'anionique. Les caractéristiques microstructurales de l'alginate sont des copolymères binaires non ramifiés biocompatibles qui ont été largement utilisés comme type de biomatériaux souhaités dans de nombreux domaines tels que l'immo cellulaire (**Yang et al., 2011**).

I. 3.4.4.2.1. Source

Les alginates sont des polymères polysaccharidiques naturels isolé d'algues brunes (*Phaeophyceae*). L'algue est extraite avec une solution alcaline diluée qui solubilise l'acide alginique présent. L'acide alginique libre est obtenu par traitement de la masse épaisse et visqueuse résultante avec du minéral (**Hjorthet al., 2000**) il ya plusieurs sources microbiennes d'alginate ont également été découvertes à l'origine deux espèces de bactéries *Azotobacter vinelandii* et le pathogène opportuniste *Pseudomonasaeruginosa* (**Gacesa ,1987**).

I. 3.4.4.2.2. Structure de base

Les alginates sont considéré comme une famille de co-polymères, puisque la fraction et la séquence des deux monomères acide α -L-glucuronique (G) et β -D-acide mannuronique (M) varient sur une large gamme. Le fait que G et M sont des épimères C5 qui entraîne un basculement de la conformation de la chaise monomère et donnant lieu aux quatre liaisons glycosidiques possibles (**Draget et al., 1997**).

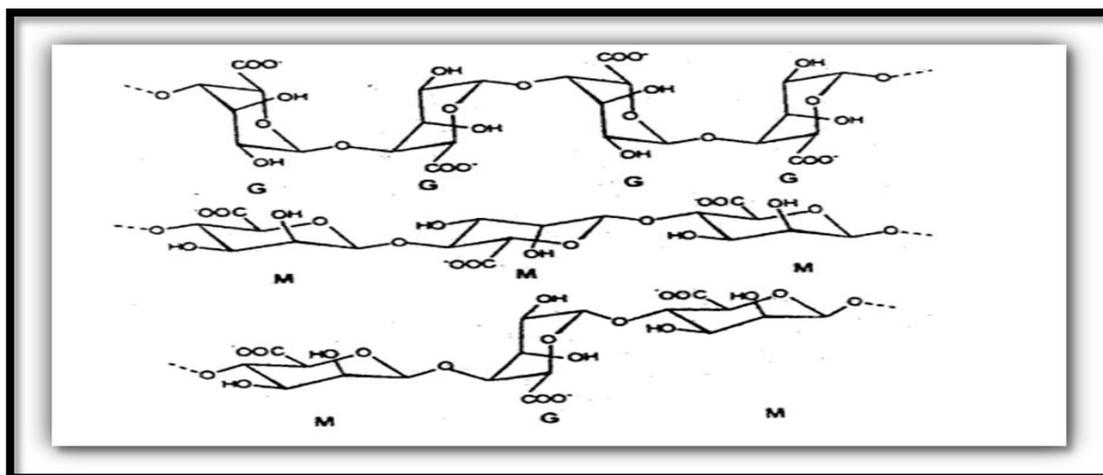


Figure09 : Types de blocs d'alginate : G acide glucuronique, M d'acide mannuronique (Hjorthet *al.*, 2002).

I. 3.4.4.2.3. Fonctions

L'alginate est utilisé pour de nombreuses applications biomédicales applications dans la cicatrisation des plaies l'administration de bioactifs agents tels que les petits médicaments chimiques et les protéines et transplantation cellulaire. Les pansements d'alginate maintiennent un microenvironnement physiologiquement humide, minimiser l'infection bactérienne au site de la plaie et faciliter la plaie guérison. La transplantation cellulaire en ingénierie tissulaire (des remplacements d'organes aux patients qui souffrent de la perte ou de la défaillance d'un organe ou d'un tissu dans cette approche les hydrogels) (Kuenet *al.*, 2012).

I. 3.4.4.3. Carraghénanes

Les carraghénanes représentent un groupe de galactanes sulfatés de haut poids moléculaire trouvés dans les parois cellulaires des algues rouges. La diversité structurale de ces polysaccharides donne lieu à un large éventail de propriétés rhéologiques bénéfiques dans diverses applications alimentaires et non alimentaires (Tuvikene, 2020).

I. 3.4.4.3.1. Source

Les carraghénanes sont extraits de la paroi de certaines algues rouges. Les polysaccharides d'origine marine présentent des propriétés la grande diversité structurale de ces polysaccharides (Hebert, 2012).

I. 3.4.4.3.2. Structure de base

Les carraghénanes sont des hétéropolymères des hydrocolloïdes constitués d'unités polysaccharidiques linéaires sulfatées. Les unités dominantes des carraghénanes sont le galactose et l'anhydrogalactose. La chaîne polysaccharidique se compose principalement des esters des sulfates de potassium, de sodium, de magnésium, de calcium et d'ammonium du galactose et du 3-6- copolymères d'anhydrogalactose. Ces hexoses sont reliés alternativement par des liaisons α - (1-3) et β -(1-4) (Trius et Sebranek, 1996) Les trois espèces les plus utilisées sont les carraghénane-kappa, -iota et-lambda. Les carraghénane-kappa et -iota sont gélifiants, alors que le carraghénane lambda est seulement épaississant (Campo et al., 2009).

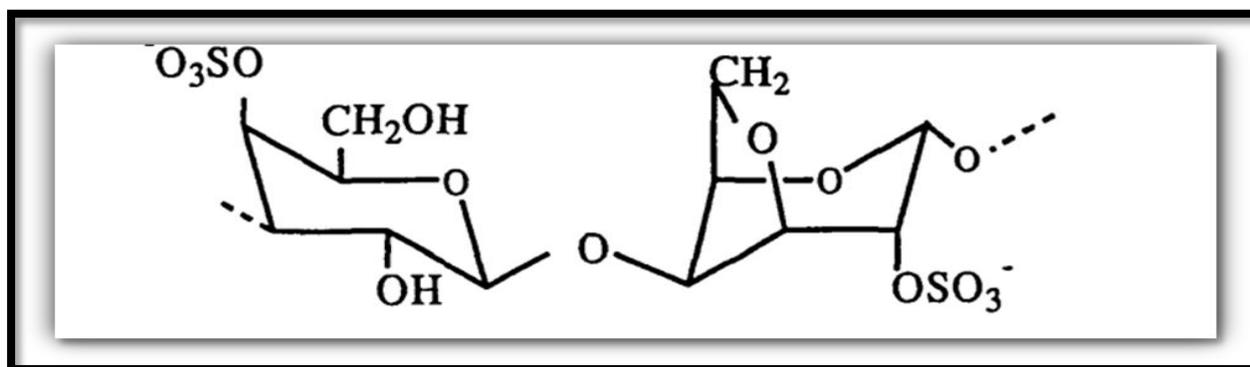


Figure 10 : structure de carraghénanes (Trius et al., 2009).

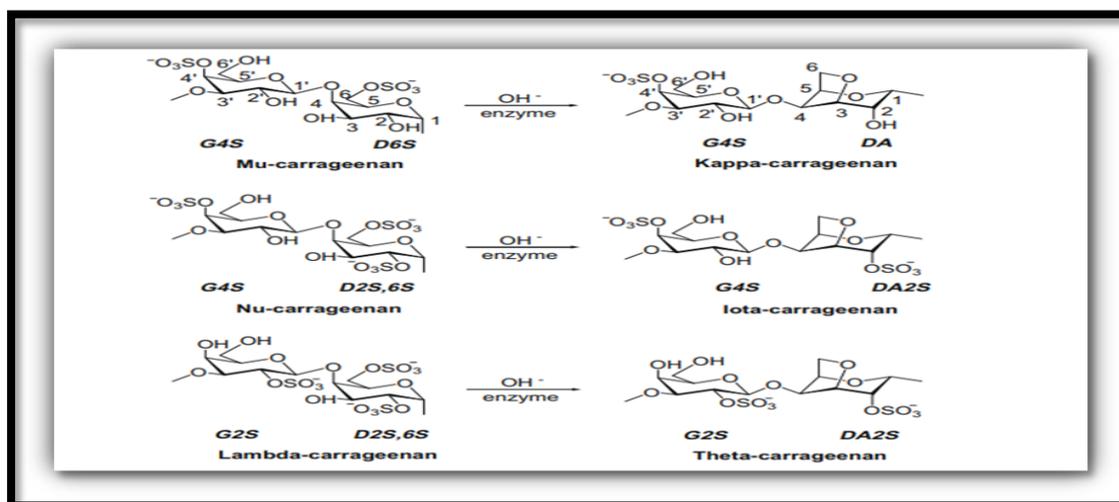


Figure 11 : Structure de différent type de carraghénanes (Trius et al., 2009).

I. 3.4.4.3.3. Fonctions

Les carraghénanes sont utilisés dans une variété d'applications commerciales en tant qu'agents gélifiants, épaississants et stabilisants, en particulier dans les produits alimentaires et les sauces, ils sont aussi utilisés dans la médecine expérimentale, les formulations pharmaceutiques, les cosmétiques et les applications industrielles (**Necas et Bartosikova, 2013**).

Chapitre II.
Polysaccharides des
végétaux



II. Polysaccharides végétaux

Les polysaccharides végétaux sont des biopolymères de haut poids moléculaire. Les molécules sont principalement dérivées de plantes et d'algues, qui sont des chaînes constituées d'unités mono-saccharidiques reliées entre elles par des liaisons glycosidiques. Ces chaînes peuvent être linéaires (cellulose) ou ramifiées (gomme arabique) (**Akroun et Tellab, 2020**)

La glyco-connaissance des polysaccharides végétaux est actuellement encore en construction, mais les données collectées et disponibles permettent de mieux comprendre la relation entre la structure du polysaccharide et ses propriétés rhéologiques et biologiques (**Saeidy et al., 2021**).

Les polysaccharides végétaux sont divisés selon leur fonction biologique qu'ils jouent, en trois catégories

- Les polysaccharides de réserve, comme Amidon, fructanes
- Les polysaccharides des structures, comme cellulose, hémicellulose.
- Exsudats et mucilages, comme les gommages.

Ils sont divisés selon leur structure de base en polysaccharides homogènes et les polysaccharides hétérogènes. (**Merghem, 2009**).

II.1. Polysaccharides homogènes

Les glucanes (amidon, cellulose, fibres alimentaires) et les fructanes (inuline) sont les principaux représentants des polysaccharides homogènes, qui comprennent également le xylane, l'arabinane et le galactane dans les hémicelluloses (**Kessous, 1987 ; Merghem, 2009**).

II. 1.1. Amidon

L'amidon est la principale réserve glucidique des végétaux et l'aliment glucidique le plus important pour l'homme. Il peut présenter jusqu'à 30 ou 60% du poids sec d'un tissu végétal. (**Serge, 2000; Kouadriboudjeltia, 2006 ; Roger, 2007**).

II. 1.1.1. Source

On le trouve l'amidon dans tous les organes végétaux, essentiellement dans les fruits (céréales 40 à 90 % châtaigne, bananes), dans les graines de légumineuses 30-70% et également dans les organes souterraines (tubercules, rhizomes). La production mondiale est de l'ordre de 15 millions de tonnes, les 2/3 provenant du maïs et de la pomme de terre (**Merghem, 2009**).

II. 1.1.2. Structure de base

L'amidon est un glucosane dissociable en 2 éléments : amylose (15-30%) et amylopectine (70% à 85%) (**Blanshard, 1987; Kouadriboudjeltia, 2006**).

II. 1.1.2.1. Amylose

L'amylose est une molécule non ramifiée. Sa structure est essentiellement linéaire, et constituée d'unités de D-glucose liées en α -(1-4), l'amylose est peu soluble dans l'eau

(Kessous, 1987).

L'amylose qui est responsable de la coloration bleue que prend l'empois d'amidon en présence d'iode, sa configuration est hélicoïdale (6 glucoses par tour) (Sicard, 2002).

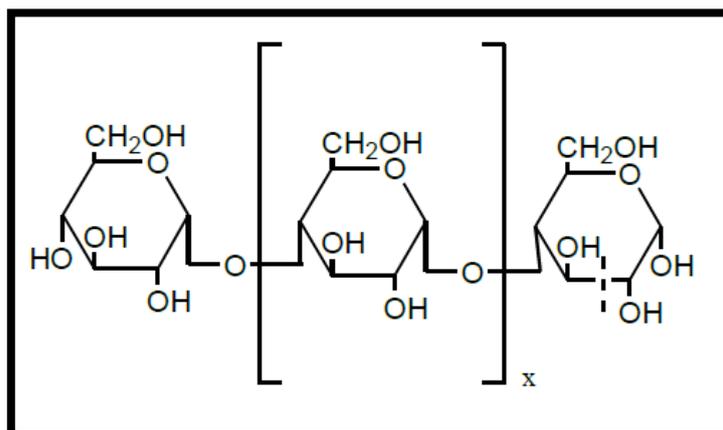


Figure 12 : Structure des molécules d'amylose (Serge, 2007).

II 1.1.2.2. Amylopectine

Les amylopectines sont des molécules beaucoup plus grosses que les amyloses. Ils peuvent être considéré comme constitués de plusieurs chaînes d'amylose. Ils sont constitués des chaînes de quelques dizaines d'unités de glucose, liées en α -(1-4) et sont reliés entre eux par des ponts (1-6).

Les amylopectines sont des molécules ramifiées ; Si la molécule contient 10 000 résidus de glucose, il y aurait 500 liaisons ramifiées par molécule. Cela donnerait une structure complexe « en arbre » ou « en buisson » (Merghem, 2009 ; Robyrt, 1935).

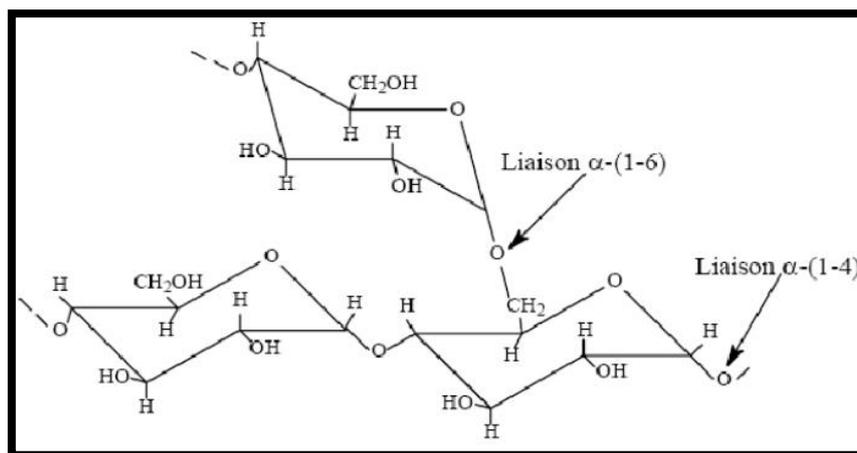


Figure13 : structure de amylopectines (Blanshard, 1987; Abdoulaye, 2008).

II. 1.1.3. Fonctions et applications

L'amidon est utilisé dans l'industrie agroalimentaire car il présente de nombreuses fonctionnalités comme épaississant, gélifiant et fixateur d'eau. Ces atouts justifient une large utilisation de l'amidon dans le secteur des plats préparés, sauces, soupes, alimentation infantile, pâtisserie, confitures...etc. Transformé en glucose par hydrolyse, l'amidon devient édulcorant, anticristallisant, colorant, acidifiant. Les sirops de glucose entrent notamment dans la composition des boissons sucrées, des confiseries et des produits laitiers ou ils contribuent à la texture, la couleur et l'arôme de l'aliment (Sindic *et al.*, 2009).

L'amidon est utilisé aussi en pharmacie comme excipient et dragéifiant. Les sirops de glucose issu d'amidon est employé comme substrat de fermentation pour fabriquer des antibiotiques et des vaccins (Sindic *et al.*, 2009).

II. 1.2 Fructanes

Les fructanes représentent les principales réserves glucidiques dans les espèces de plantes fleuries (Bauer *et al.*, 2010).

II. 1.2.1. Sources

Les fructanes sont des polymères de réserve, ils se trouvent dans les légumes, les fruits, les grains (poireau, l'oignon, l'ail, les asperges, l'avoine, le blé, l'orge) et de la chicorée, du dahlia et du topinambour (; Piotr, 2003 ;Bauer *et al.*, 2010).

II. 1.2.2. Structure de base

Ce sont des polymères du fructose liés en β -(1-2) ou β -(2-6) avec un glucose terminal. Les produit d'hydrolyse, appelés fructo-oligosaccharides, sont connus pour leurs propriétés prébiotiques (Bauer *et al.*, 2010).

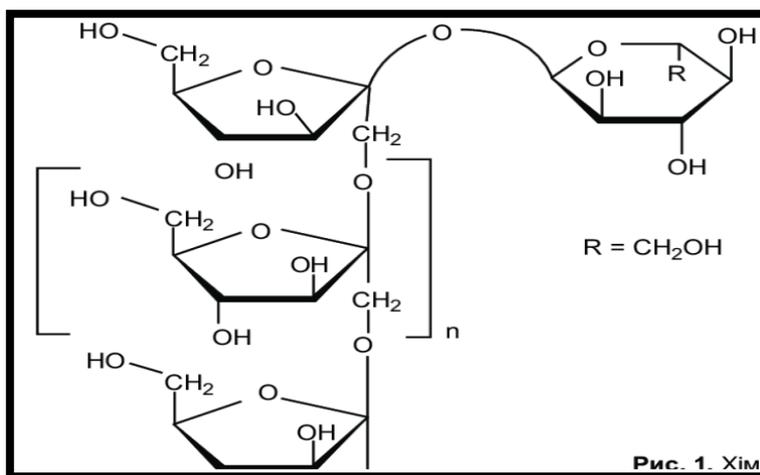


Figure14 : structure de fructane (Sabat et Ruslana, 2016).

Selon les liaisons glycosidiques qui relient les résidus fructofuranosyl entre eux, les fructanes sont divisés en quatre grandes classes.

II. 1.2.2.1. Fructanes de type inuline

L'inuline est un polymère linéaire qui contient des résidus de fructose soluble dans l'eau. Il s'accumule dans la vacuole des cellules de certaines plantes (Roger., 2007).

L'inuline se trouve essentiellement dans les organes souterrains ; chicorée (*Cichorium*) et le pissenlit (*Taraxacum*). D'autres fructosanes exercent également une activité diurétique, on les rencontre dans le bulbe d'oignon (*Alliumcepa*), la racine d'asperges (*Asparagus*) ou le rhizome de chiendent (*Agropirum*) (Merghem, 2009).

L'inuline se lie par des liaisons O-glycosidiques en β -(2-1), souvent avec une molécule de glucose à l'extrémité de chacune de chaînes de fructose, attaché par une liaison α -(1,2). Le degré de polymérisation de l'inuline varie entre 2 et 70 unités de fructose en fonction des conditions climatiques (Waterhouse et Chatterton, 1993).

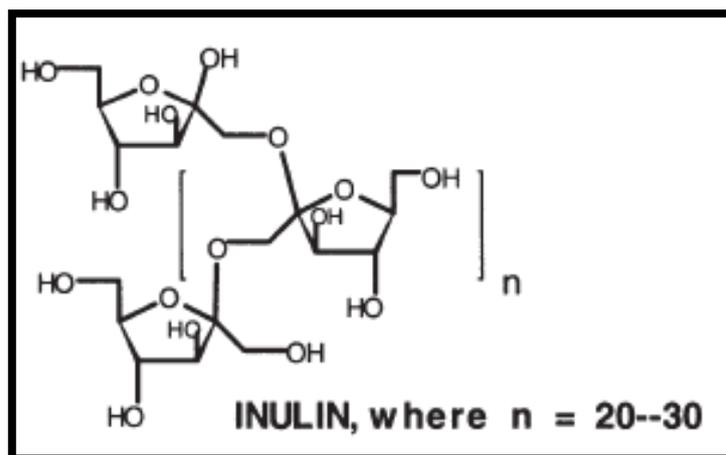


Figure 15 : structure d'inuline (Robyrt, 1935)

II. 1.2.2.2. Fructanes de type lévane

Les lévane sont trouvés principalement chez les monocotylédones (Vijn et Smeeke, 1999). Sa chaîne principale est composée de cycles fructofuranosyl à cinq membres répétés reliés par des liaisons β -(2-6). La chaîne principale est ramifiée par la liaison β -(2-1) des cycles fructofuranosyl (Park et Khan, 2009).

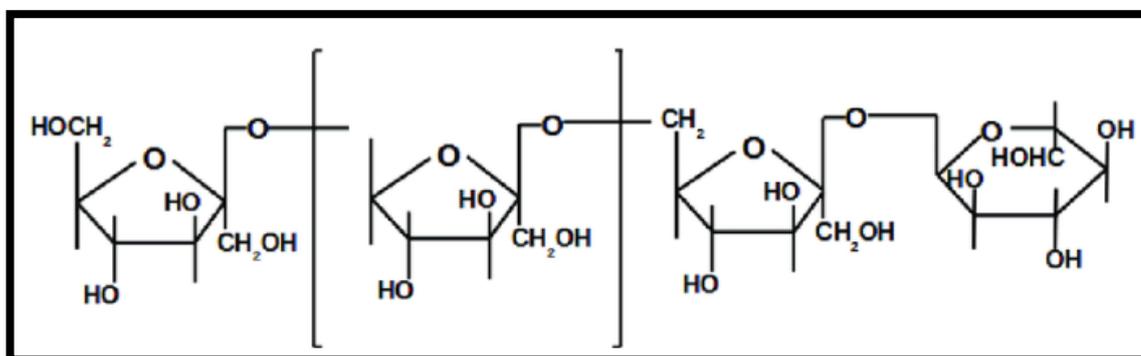


Figure 16 : structure de lévane (Tomulescu *et al.*, 2016)

II. 1.2.2.3. Fructanes de type néoséries

Les chaînes de résidus fructosyles du néosérie sont liées au résidu glucosyle de la molécule de saccharose. Il existe deux sortes de fructanes de type néoséries, des fructanes de type néosérie inuline possédant des liaisons β (2-1) et des fructanes de type néosérie lévane possédant des liaisons de type β (2-6). (Ortiz Basurto, 2008).

II. 1.2.2.4. Fructanes de type graminanes

Les graminanes sont des polymères mixtes et ramifiés à structure plus ou moins complexe (**Ortiz Basurto, 2008**). Ils se retrouvent plus spécifiquement chez les graminées, blé et l'orge (**Yoshida *et al.*, 2005**).

Les Graminanes sont des polymères qui possèdent à la fois des liaisons β -(1-2) et β -(6-2) fructosyl-fructose dans des proportions significatives (**Mingruo, 2009**).

II. 1.2.3. Fonction et application

Les fructanes favorisent le développement de la flore intestinale, ils sont reconnus actuellement comme étant des prébiotiques. Il semble que leur introduction régulière dans l'alimentation prévienne de l'apparition du cancer du côlon.

Selon une équipe de l'Université de Guadalajara au Mexique, il est capable de traverser l'estomac sans être détruit par les sucs digestifs de l'homme. Cette propriété pourrait être intéressante pour aider au traitement de certaines maladies comme le syndrome du côlon irritable ou le cancer du côlon (**Joanne et Slavin, 2000**).

II. 1.3 Cellulose

La cellulose est la molécule organique la plus abondante sur la terre. Il est un composant structurel important de la paroi cellulaire primaire des plantes vertes, de nombreuses formes d'algues et des oomycètes. Elle représente la molécule biologique la plus abondante sur notre planète (**Merghem, 2009**).

La cellulose est le constituant essentiel du bois, il a la propriété physico-chimique caractéristique d'avoir un fort pouvoir de sorption ce qui en fait un adsorbant adapté sous les deux formes : naturelle comme après modification. (**Jarrige *et al.*, 1995; Merghem, 2009 ; Heinze, 2015**).

II. 1.3.1. Source

La cellulose apparaît dans une capsule de coton sous une forme très pure : la fibre de coton contient 95% de cellulose, le reste étant constitué de protéines, de cires et de pectines. Il s'agit également d'un grand composé (80%) de lin : donne des fibres composées de 72% de cellulose, de 17 % d'hémicellulose et 6 % de pectines utilisé pour les fils chirurgicaux stériles non résorbables, de jute (60-70%) et de bois (40-50%) (**Robyrt, 1935 ; Merghem,2009**).

1.3.2. Structures de base

La cellulose est composée d'unités cycliques D-glucopyranose. Ces unités sont liées par des liaisons β -(1-4)-glycosidiques qui entraînent une rotation alternée de l'axe de la chaîne cellulosique de 180°. La cellobiose peut être considéré l'unité répétitive de la cellulose (Heinze, 2015).

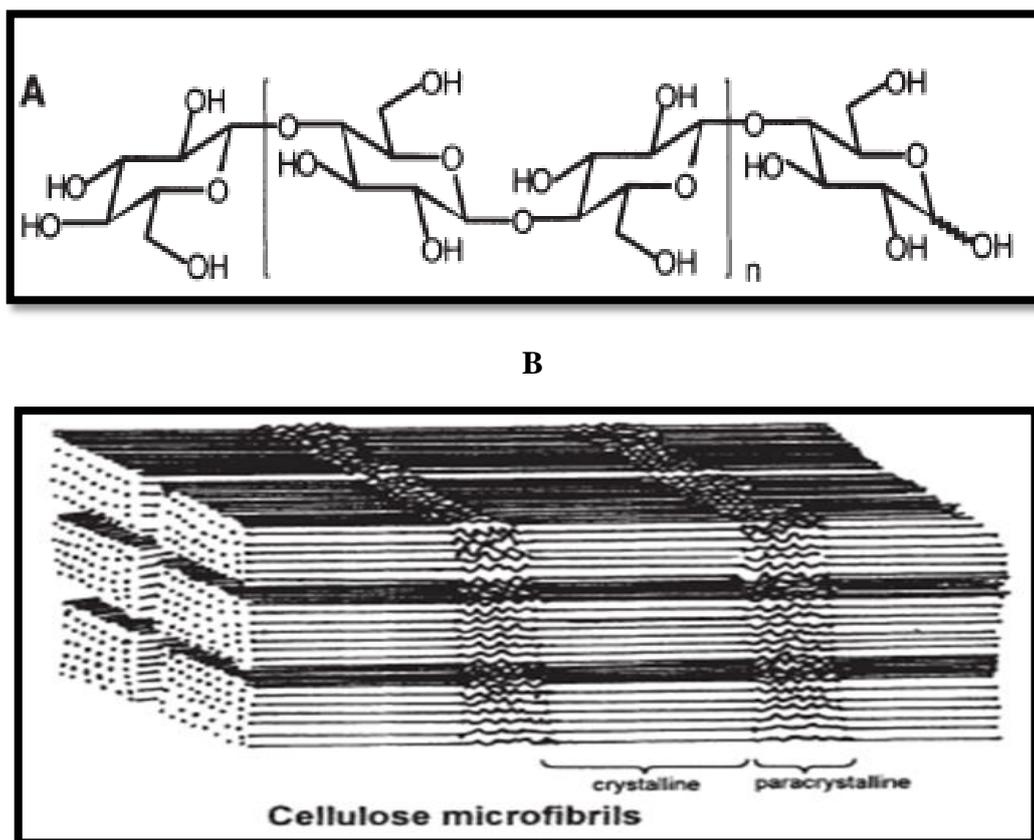


Figure 17 : (A). Structure de Cellulose, (B). Structure de Cellulose microfibrilles (Robyrt,1935).

II. 1.3.3. Fonctions et applications

La fonction principale de la cellulose est de maintenir la structure des plantes et d'autres organismes. C'est un glucide composé de chaînes linéaires de molécules de D-glucose liées entre elles pour former un polymère linéaire. Du fait de ces interactions intermoléculaires, la cellulose prend la forme de filaments produits par l'association linéaire. Ces entités, appelées "microfibrilles", forment l'unité structurelle de base des parois cellulaires végétales (Richards et Whistler, 1973).

La cellulose, utilisée dans l'industrie et l'alimentation, est un épaississant et stabilisant populaire, également connu sous le nom de E460. Cet additif est présent dans de nombreux produits achetés au quotidien, tels que les repas instantanés, les confitures, les crèmes, les

sauces, etc. Les fibres sont également utilisées dans les aliments diététiques et les compléments alimentaires spécialisés, tels que yaourts, smoothies et soupes (**Ciabach et Właściwości, 1991**).

La cellulose est utilisée dans l'industrie des textiles. Au cours des dernières décennies, l'industrie des biocarburants s'est également intéressée à la cellulose et a commencé à produire de l'éthanol à grande échelle à partir de cellulose issue des déchets des végétaux, de résidus du bois et du paille (**Ciabach et Właściwości, 1991**).

II.2. Polysaccharides hétérogènes

Les polysaccharides hétérogènes sont des constituants de la paroi des végétaux. Ils sont constitués essentiellement d'hémicellulose et de pectines (**Merghem, 2009**).

II. 2.1 Hémicellulose

Les hémicelluloses sont des polymères recouvrent un groupe assez complexe de polysaccharides. Historiquement, leur définition reposait sur leur solubilité en milieu alcalin dilué. Le nom désignerait les polysaccharides non cellulotiques et non pectiques de la paroi. Il s'agit essentiellement de xyloglucanes et de (glucurono)(arabino)xylanes, mais auxquels s'ajoutent souvent d'autres polymères, comme les bêta-glucanes et les (galacto)mannanes. Leurs origines anatomiques ne sont pas toujours parfaitement définies (**Jarrige et al., 1995 ; Scheller et Ulvskov, 2010**).

II. 2.1.1. Source

Les hémicelluloses représentent 25 à 30% du bois chez les conifères, la nature et la quantité d'hémicellulose présente dans les parois est très variable (**Jarrige et al., 1995 ; Merghem, 2009 ; Scheller et Ulvskov, 2010**).

II. 2.1.2. Structure de base

Les hémicelluloses contiennent plusieurs unités de sucres différentes, tandis que la cellulose ne contient que des unités β -(1-4) -D-glucopyranose. Les molécules des hémicelluloses contiennent un degré considérable de ramification de la chaîne, ce qui explique leur nature non cristalline, alors que la cellulose est un polymère linéaire (**Patel et Parsotam, 2018**).

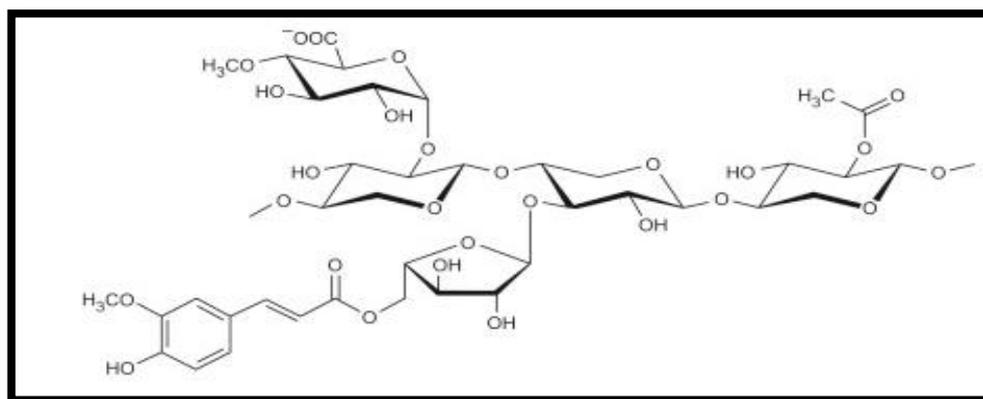


Figure 18 : structure d'hémicellulose (Machmudah et Goto, 2017).

II. 2.1.3. Fonctions et applications

Les hémicelluloses présentent les polysaccharides le plus répandus dans la nature après la cellulose et deviennent de plus en plus importants car ils proviennent de matières premières renouvelables. Dans le même temps, les hémicelluloses peuvent être utilisées pour des applications pharmaceutiques et médicales en raison de ses propriétés précieuses, de potentiel de modification chimique, de non-toxicité, de sa biodégradabilité et de biocompatibilité (Popa, 2011).

Les principales hémicelluloses comprennent les polysaccharides suivants : xylane, glucuronoxylane, arabinoxylane, mannane, glucomannane et galactoglucomannane, et leurs représentants sont différents selon les espèces végétales (Popa, 2011).

II. 2.1.1. Xyloglucanes

Les xyloglucanes sont les polysaccharides les plus abondant dans la paroi cellulaire primaire des plantes dicotylédones (Jarrige *et al.*, 1995 ; Scheller et Ulvskov, 2010 ; Poli *et al.*, 2014).

II. 2.1.1.1. Sources

Les xyloglucanes se retrouvent également en grande quantité dans l'endosperme des graines des Dicotylédones (Jarrige *et al.*, 1995 ; Scheller et Ulvskov, 2010 ; Poli *et al.*, 2014).

II. 2.1.1.2. Structure de base

Les xyloglucanes sont des hémicelluloses, avec des chaînes latérales contenant des substituants xylose, galactosyle et fucosyle. Deux types de xyloglucanes ont été identifiés chez les plantes : fucosylés, avec un rôle structural dans les parois cellulaires végétales, et non fucosylés, comme le xyloglucane issu de la graine de tamarin (**Urakawa *et al.*, 2002**).

Chez les Dicotylédones, les substitutions des chaînes linéaires de 1-4 β -D-glucane impliquent le plus souvent des ramifications de type 1-6 α -D-xylosyl, ou 1-6 α -D-xylose 1-2 β -D-galactosyl, et du fucose peut être associé, en position terminale, au galactose, soit une ramification latérale de type 1-6 α -D-xylose 1-2 β -D-galactose 1-2 α -L-fucosyl. Toujours chez les Dicotylédones, le résidu fucose est absent de l'endosperme, et il peut être remplacé par le résidu α -L-arabinose (**Lienart, 2001**).

Les xyloglucanes peuvent être divisés en deux types : XXXG, dans lequel trois unités glucose xylosylées sont séparées par une unité glucose libre ; et XXGG, dans lequel il existe deux séquences alternées xylosylées et deux non xylosylées d'unités glucose (**Poli *et al.*, 2014**).

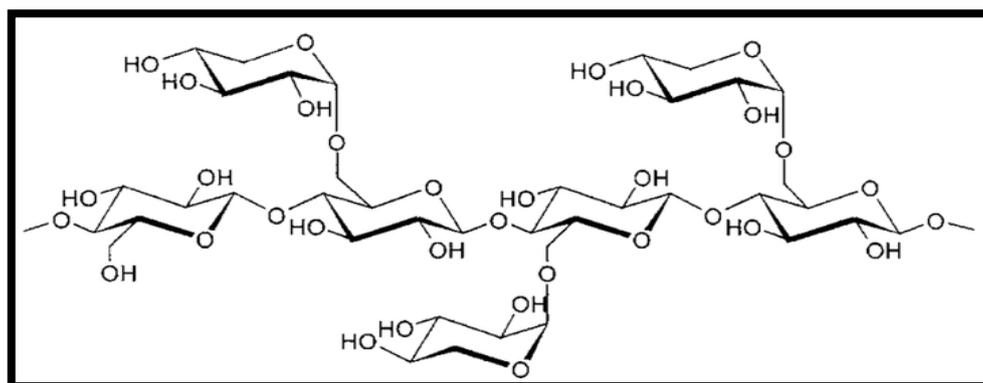


Figure 19 : structure de xyloglucanes (**Ebringerova *et al.*, 2005**).

II. 2.1.1.3. Fonctions et applications

Le xyloglucane est largement utilisé comme additif courant dans les aliments et les cosmétiques en tant qu'épaississant et stabilisant. Puisque les chaînes latérales jouent un rôle important dans la conformation des polymères, différentes relations structure-activité ont été identifiées dans leurs interactions avec d'autres polysaccharides. Par exemple, il a été démontré que la thiolation du xyloglucane améliore sa bioadhésion et la pénétration du médicament sans affecter les propriétés des gels résultants (**Mahajan *et al.*, 2013**).

De même, des gels de xyloglucane dégradés par voie enzymatique ont été étudiés en tant qu'automobile pour l'administration nasale et rectale. (Miyazaki *et al.*, 1998 ; Mahajan *et al.*, 2012).

II. 2.1.2. Xylanes

Les xylanes sont des composants principaux des hémicelluloses, et le deuxième polyoside naturel le plus abondant. Les xylanes sont des polymères de xyloses. (Spiridon et Popa, 2008)

II. 2.1.1.1. Source

Les xylanes ne se trouvent pas seulement dans le bois, mais aussi dans les plantes comme les graminées, les céréales et les herbes, ils constituent jusqu'à 30% du matériau de la paroi cellulaire (Spiridon et Popa, 2008).

Les dérivés de xylane sont récemment devenus de plus en plus importants que nouveaux matériaux à base de biopolymères et polymères fonctionnels (Ashter, 2018 ; Dewanjee et Bhowmik, 2023 ; Sharma et Tagad, 2022)

2.1.1.2. Structure de base

Le xylane est un polysaccharide avec un squelette composé de liaisons β -1-4 entre les résidus D-xylose. De plus, le squelette du xylane pourrait être ramifié avec de l'acide D-glucuronique et de l'acide D-glucuronique 4-O-méthyl α -(1-2) lié ou du D-arabinofuranose α -(1-2) ou α -(1-3) lié, et O- des groupes acétyle peuvent également être trouvés dans la chaîne principale du polymère xylane (Valdo *et al.*, 2017).

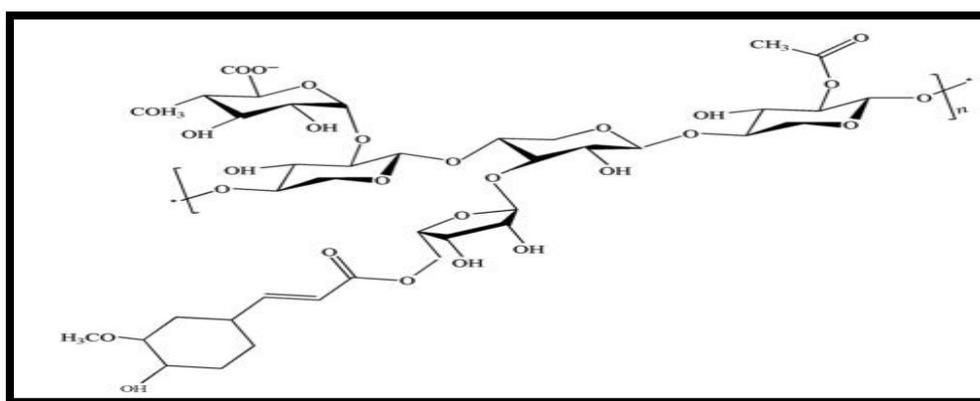


Figure20 : Structure de xylane (Shakeel, 2022).

II. 2.1.2.3. Fonctions et applications

Les xylanes sont non toxiques, biodégradables et biocompatibles, tout en offrant une adhérence et en agissant comme un agent épaississant. C'est pourquoi il est utilisé pour produire des formes avancées de microparticules pour un usage thérapeutique (**Jarrige *et al.*, 1995 ; Shakeel, 2022**).

Les xylanes sont également utilisés dans la production de matériaux de revêtement et de nanoparticules. La rupture de la liaison glycosidique en unités de sucre a fait du xylane un matériau attrayant pour l'administration de médicaments. Les xylanes sont également utilisés dans les industries de textile et des automobiles (**Shakeel, 2022**).

Les applications de la biotechnologie des xylanes sont élargies sensiblement : ces composants sont actuellement employés comme suppléments dans la fabrication du papier, l'alimentation animale, et dans la production de bioéthanol (**Shakeel, 2022**).

II. 2.1.3. Mannanes

Les mannanes présentent dans les parois végétales. Ce sont également les hémicelluloses les plus courantes dans les parois cellulaires du bois. Ils peuvent donc constituer jusqu'à 5% de la masse sèche du bois. Ils sont également abondants dans les bulbes de certaines plantes (gomme de konjac), Ils sont insolubles dans l'eau (**petera, 2016**).

II. 2.1.3.1. Source

Les mannanes sont des biopolymères complexes étroitement apparentés à la cellulose et à la lignine et sont largement répandus dans la nature dans la partie hémicellulose des feuillus et des conifères, des graines de légumineuses et des haricots. (**Moreira Filho, 2008 ; Furquim, 2013**).

II. 2.1.3.2. Structure de base

Les mannanes hémicellulosiques sont constitués d'un squelette principal d'unités D-mannopyranoses liées en β -(1-4), avec quelques branchements et/ou des groupements acétyles en position O-2 ou/et O-3(**Jarrige *et al.*, 1995**).

Ces mannanes sont le plus souvent des hétéromannanes, qui peuvent avoir deux voire trois structures, et sont également rencontrés comme substances de réserve. Ainsi, un glucomannane de très haute masse molaire constitué d'une alternance de résidus D-mannose et

D-glucopyranose liés en β -(1-4) et α -(1-6) est souvent substitué par un résidu D-galactopyranose (petera, 2016).

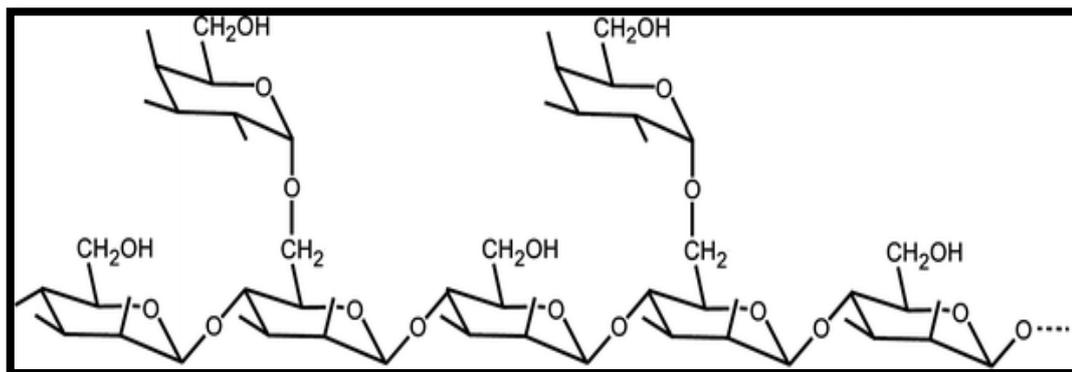


Figure21 : structure de mannane (Furquim, 2013).

II. 2.1.3.3. Types des mannanes

II. 2.1.3.3.1. Mannanes linéaires

Les mannanes linéaires ou mannanes purs sont des polysaccharides neutres et solubles dans l'eau constitués de résidus β -(1-4)-D-mannosyl présents comme principaux constituants structuraux dans les résineux et les graines. Ils contiennent jusqu'à 80 à 95% de sucre de mannose (Singh *et al.*, 2018).

II. 2.1.3.3.2. Galactomannanes

Les galactomannanes sont des polysaccharides neutres hétérogènes, ils existent dans des graines de légumineuses obtenues à partir de cultures annuelles, comme guar et fenugrec, et certains arbres et arbustes vivaces matures contenant des galactomannanes d'endosperme sous forme de polysaccharides de graines, tels que les arbustes de caroube (caroube) et de morue, les sources d'origine microbienne, telles que certains champignons et levures. (Mathur, 2012).

II. 2.1.3.3.2.1. Structure de base

Les galactomannanes sont composés par un squelette de β -(1-4) -D-mannanes avec une seule branche de D-galactose se ramifiant à chaque position C-6.

(Prajapati *et al.*, 2013).

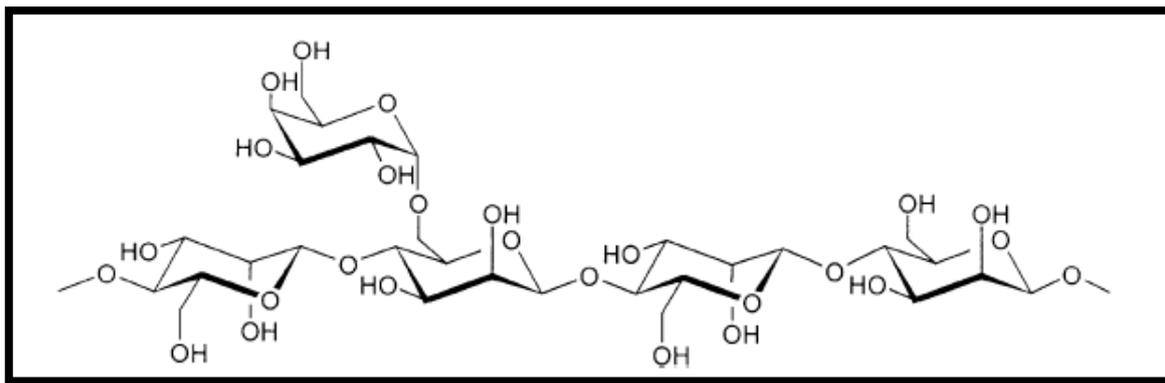


Figure 22 : Structure de Galactomannane (Ebringerova *et al.*, 2005).

II. 2.1.3.3.3. Glucomannane

Les glucomannanes sont des polysaccharides hydrophiles non cellulosiques. Les tissus du bulbe de la plante *Amorphophallus konjac* (konjac) sont une riche source de glucomannanes. Les glucomannanes sont présents dans les parois lignifiées des tissus ligneux des gymnospermes conifères. Les glucomannanes se trouvent également dans les parois cellulaires des feuilles de fougères telles qu'*Equisetum giganteum*, *Selaginella kraussiana*, *Adiantum raddianum* et *Microgramma squamuleuse* (Singh *et al.*, 2018).

II. 2.1.3.3.3.1. Structure de base

Les glucomannanes sont des copolymères linéaires de β -D-glucopyranose (~30%) et de son 2-épimère, le β -D-mannopyranose (~70%), reliés par des liaisons (1-4) pour former des chaînes linéaires allant de moins de 100 à plusieurs milliers. Dans certains exemples, le squelette a des substituants β -D-galactopyranosyle liés (1-6) et est généralement estérifié avec des groupes acétyle (Fincher et Stone, 2004).

L'étude a montré que les mannanes agissent comme un glycane de réticulation majeure chez les fougères, constituant également la paroi cellulaire primaire de type III chez les plantes vasculaires. Il comprend principalement des sucres de mannose et de glucose où le rapport mannose sur glucose dépend de la source botanique (Silva *et al.*, 2011).

Le rapport mannose : glucose (Man: Glu) varie d'environ 1-5 : 1 à 4-2 : 1 et il est de 1-6 : 1 dans le cas du konjac (glucomannane). Le squelette β -(1-4) -D-mannosyl est entrecoupé de 1-2 résidus β -D-glycosyle de manière aléatoire. Un certain degré d'acétylation est également présent dans le glucomannane qui a tendance à entraver la génération de liaisons hydrogène intramoléculaires, améliorant ainsi la solubilité du galactomannane (Chao *et al.*, 2012).

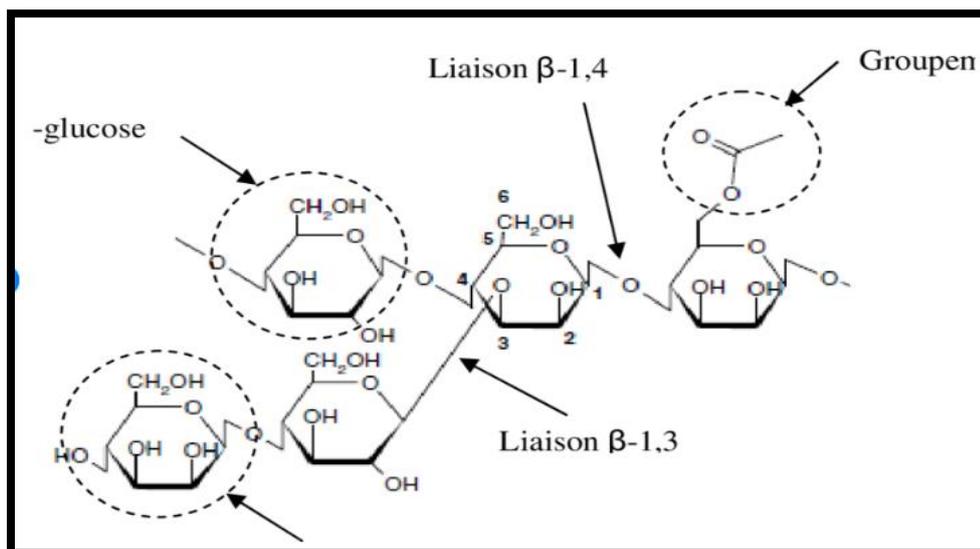


Figure23 :structure de glucomannane (De Ville d'Avray, 2010).

II. 2.1.3.3.4. Galactoglucomannane

Les galactoglucomannanes constituent le composant majeur de la fraction hémicellulosiques des résineux (conifères) et forme environ 15 à 25% du poids sec du bois (Malgas *et al.*, 2015).

II. 2.1.3.3.4.1. Structure de base

Les galactoglucomannanes sont des composants structuraux importants des parois cellulaires primaires et secondaires des plantes supérieures. Ils se distinguent par la présence de résidus β -(1-4)-D-mannosyle et D-glucosyle parfois substitués par environ 8% de groupes latéraux α -(1-6)-D-galactosyle où le rapport galactose/glucose/mannose est de 3 : 1:1. Les galactoglucomannanes ont attiré beaucoup d'attention en raison à leur applicabilité potentielle dans les matériaux d'emballage en tant que barrière à l'oxygène, en tant que stabilisateur d'émulsions dans les produits alimentaires et en tant qu'hydrogel dans le domaine biomédical (Krawczyk et Jönsson,2011)

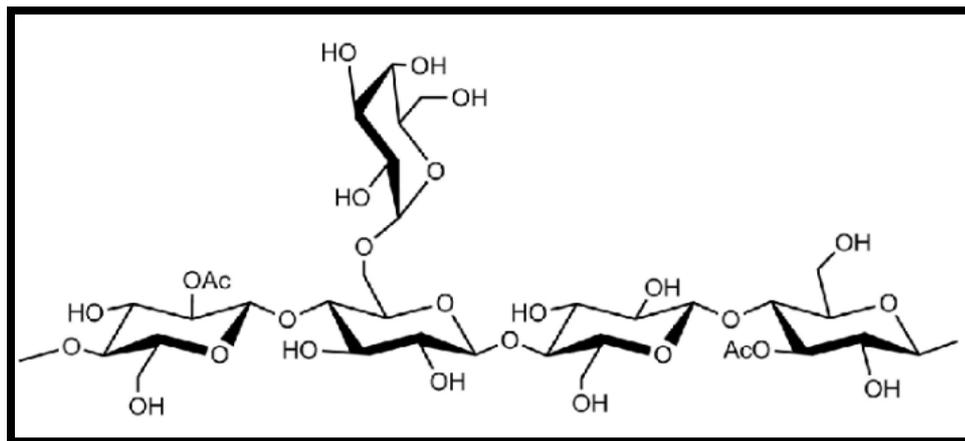


Figure24 :structure de galactoglucomannane (Hu *et al.*, 2020)

II. 2.1.3. Fonctions et applications « Mannanes »

L'utilisation des mannanes dans l'industrie alimentaire : avec la demande croissante des consommateurs pour des aliments plus sains et plus sûrs ainsi que l'évolution des tendances alimentaires, a accéléré l'utilisation des polysaccharides de mannane, en particulier la gomme de guar et la gomme de caroube dans les industries de transformation des aliments. Ces hydrocolloïdes riches en fibres servent non seulement d'épaississants, d'émulsifiants, de stabilisants, de modificateurs de texture, d'agents de revêtement en raison de leur grande accessibilité, de leur consommation sûre et de leur facilité de modification, mais possèdent également un potentiel prébiotique thérapeutique en agissant comme substrats de liaison à la lectine. Par conséquent, les aliments complétés par des mannanes ont le potentiel d'améliorer les propriétés sensorielles et l'attrait de l'aliment en plus de conférer certains avantages pour la santé (Singh *et al.*, 2018).

II. 2.1.4. Arabinogalactanes

Les arabinogalactanes agissent d'un groupe de macromolécules caractérisées par une forte proportion de glucides dans laquelle le galactose et l'arabinose sont les monosaccharides prédominants (Choct, 1997).

II. 2.1.4.1. Source

Les arabinogalactanes trouvent dans les plantes à fleurs de tous les groupes taxonomiques testés. Trouvés dans les représentants de 14 ordres d'angiospermes et sont particulièrement abondants dans les espèces des Combretaceae (Myrtales), Rutales et Proteales (Geoffrey *et al.*, 1983).

Les arabinogalactanes sont présents dans les feuilles, les tiges, les racines, les parties florales, les graines et en grande quantité dans les troncs de certaines gymnospermes. Les cellules cultivées dérivées des tissus de l'embryon, de l'endosperme, de la racine et de la feuille continuent de produire et de sécréter de l'arabinogalactane dans le milieu.

(Geoffrey *et al.*, 1983).

Certains types de cellules spécifiques sont capables de produire de grandes quantités d'arabinogalactane, par exemple, les cellules du canal styloïde et les cellules sécrétrices produisant des exsudats gingivaux (Geoffrey *et al.*, 1983).

II. 2.1.4.2. Structure de base

Les arabinogalactanes sont largement distribués dans les parois cellulaires végétales, caractérisés par une forte proportion de résidus β -D-Galp et α -L-Araf. Les arabinogalactanes peuvent être classés en deux principaux types structuraux (Mark *et al.*, 1988).

Type I : (\rightarrow 1) β -D-galactose ($4\rightarrow$) (chaîne principale), (\rightarrow 1) α -L-arabinose ($5\rightarrow$) (chaîne latérale) lié à la chaîne principale C (3).

Type II : (\rightarrow 1) β -D-galactopyranose ($3\rightarrow$) (chaîne principale) et (\rightarrow 1) β -D-galactopyranose-($6\rightarrow$) (chaîne latérale sur pratiquement toutes les unités de la chaîne principale) ou (\rightarrow 1) α -L-arabinofuranose ($3\rightarrow$) (moins fréquent) ou acide (\rightarrow 1) - D-glucopyranosyl uronique ($6\rightarrow$) (moins fréquent). Les substituants β -D-galactopyranose et α -L-arabinofuranose sont à leur tour substitués par (\rightarrow 1) β -D-glucopyranose-($6\rightarrow$) et (\rightarrow 1) β -L-arabinopyranose- ($3\rightarrow$) respectivement, pour donner une chaîne latérale à deux unités sur presque tous les résidus de la chaîne principale. L'arabinogalactane est dépourvu d'unités répétitives, mais contient des motifs, la liaison et la composition dépendent fortement de la source (Mark *et al.*, 1988 ; Daffe *et al.*, 1990).

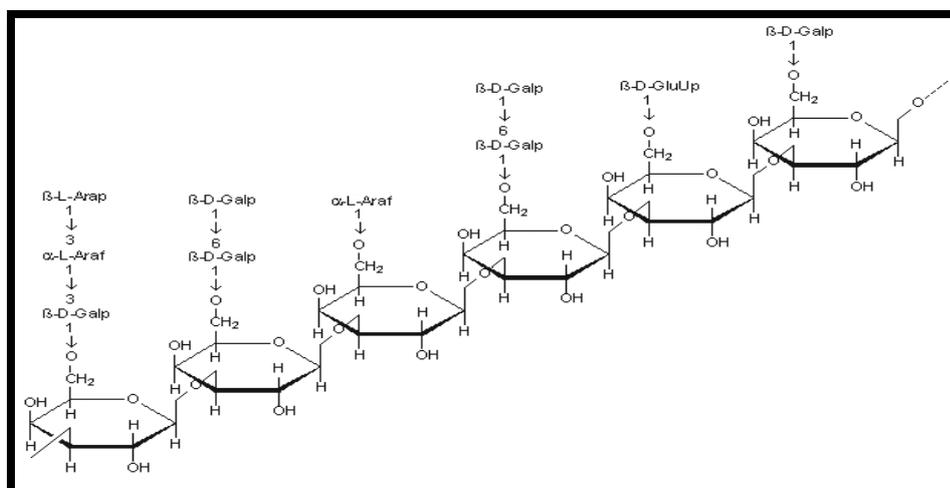


Figure 25 : structure de arabinogalactane (White, 1942)

II. 2.1.4.3. Fonctions et applications

Les arabinogalactanes ont suscité des intérêts scientifiques et commerciaux liés à leurs propriétés physico-chimiques en tant qu'ingrédient texturant en raison de leur : capacité de rétention d'eau, viscosité, capacité de liaison ou de gonflement (**Guillon et Champ, 2000**).

Les arabinogalactanes peut être reconnu comme sur par l'administration des aliments et des médicaments et être utilisé dans les aliments en quantité minimale requise pour induire leurs effets en tant qu'agent émulsifiant, stabilisant, liant ou agent d'enrobage dans les huiles essentielles, les arômes, les édulcorants non nutritifs, les vinaigrettes et les puddings (**Guillon et Champ, 2000**).

5. Glucuronoxylanes

Les glucuronoxylanes sont les principaux composants de l'hémicellulose trouve dans les bois durs, ce sont des polysaccharides de la paroi des cellules végétales hémicellulosiques, contenant de l'acide glucuronique et de la xylose comme principaux constituants (**Ebringerova et al., 2005**).

II. 5.1.5.1. Source

Les glucuronoxylanes ont été trouvés dans divers dicotylés tels que les coquilles d'arachide, la baste et l'écorce de jute, les coques de tournesol, la fibre de lin, les plantes médicinales *Althaea officinalis* et *Rudbeckia fulgida* et le kénaf (**Ebringerova et al., 2005**).

II. 2.1.5.2. Structure de base

Les branches latérales de l'acide 4-O-méthyl glucuronique sont liées par des liaisons α -(1-2), le rapport de la xylose à l'acide 4-O-méthyl glucuronique est généralement de 7 : 1 mais varie de 3 à 20 : 1. Environ 70 à 80 % des unités de xylose sont acétylées aux positions C-2 ou C-3, ces xylanes ont un DP de 40 à 200 et représentent 15 à 30 % des feuillus (**Bajpai, 2018**).

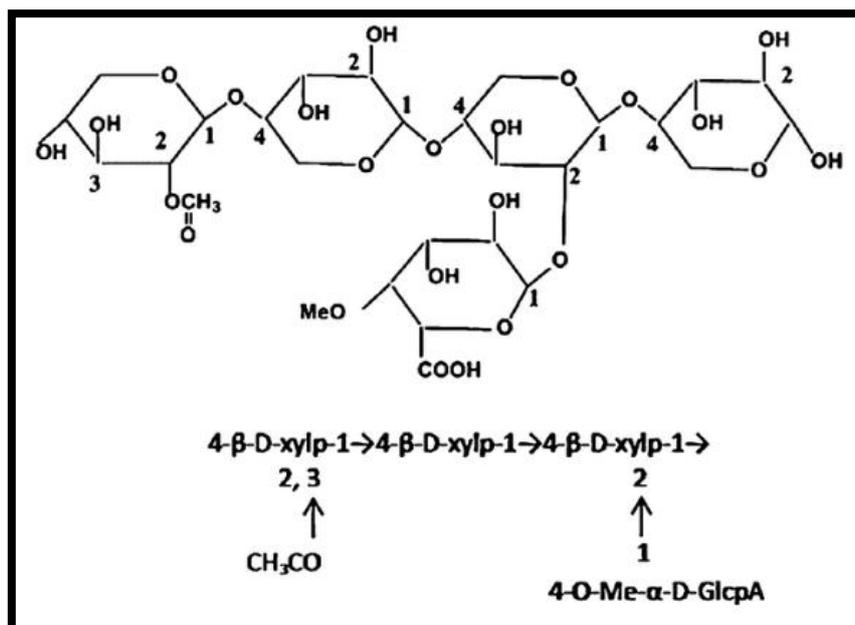


Figure 26 : Structure de glucuronoxylane (Sundberg et Holmbom, 2002)

II. 2.1.5.3. Fonctions et applications

Les glucuronoxylanes : A l'état natif, le xylane est supposé être *O*-acétylé. La teneur en groupes acétylé du l'acide 4-*O*-méthyl glucuronique isolé des feuillus des zones tempérées varie entre 3 et 13 %. Les groupes acétylé sont divisés pendant les conditions d'extraction alcalines nécessaires, ce qui entraîne une insolubilité partielle ou totale dans l'eau des préparations de xylane. Mais les groupements acétylé peuvent être, au moins en partie, conservés par traitement à l'eau chaude ou à la vapeur (Ebringerova *et al.*, 2005).

Les glucuronoxylanes ont montré des applications potentielles disponibles dans alimentaire, cosmétique, emballage et pharmacie en raison de leur biodégradabilité, renouvelable, non toxique et abondance (Hu *et al.*, 2021).

II. 2.1.6. Arabinoxylanes

Les arabinoxylanes représentent le principal composant hémicellulosiques des parois cellulaires de l'endosperme féculent (farine) et des couches externes du grain de céréale (Ebringerova et Hromadkova, 1999).

II. 2.1.6.1. Source

Les arabinoxylanes ont été identifié dans une variété des principales céréales commerciales : blé, seigle, orge, avoine, riz et maïs, sorgho ainsi que dans d'autres plantes telles

que le seigle, les pousses de bambou et le pangola. Les teneurs en Arabinoxylanes varient de 0,15 % dans l'endosperme du riz à ~ 13 % dans la farine de grains entiers d'orge et de seigle, et jusqu'à 30 % dans le son de blé (Ebringerova et Hromadkova, 1999).

II. 2.1.6.2. Structure de base

Les arabinoxylanes sont constitués d'un squelette d'unités β -D-xylopyranosyl substituées par des unités α -L-arabinofuranosyl uniques, situées en O-3 et O-2 des résidus xylopyranosyl, donnant montée en résidus xylopyranosyl qui peuvent être non substitués, monosubstitués ou substitués (Marcotuli *et al.*, 2016).

Dans les arabinoxylanes de blé et de seigle, seules des quantités mineures de résidus xylopyranosyl substitués par O-2 sont présentes par rapport aux autres céréales. La structure moléculaire adoptera donc une conformation en chaîne allongée similaire à la cellulose (Marcotuli *et al.*, 2016).

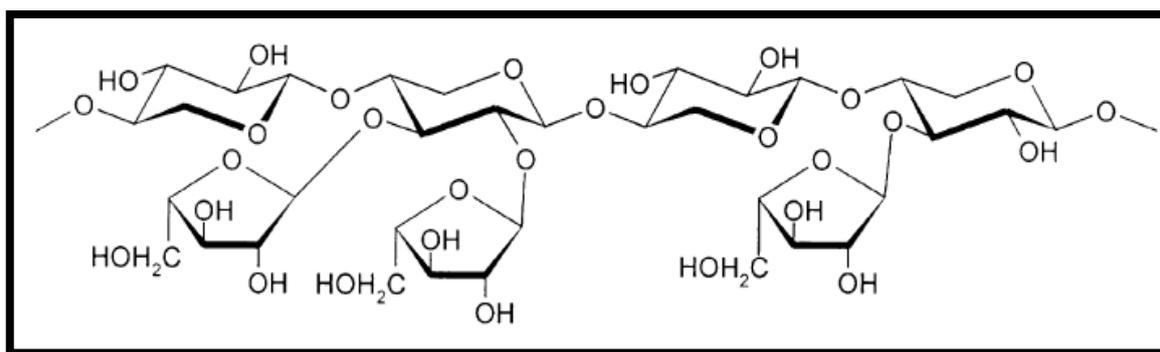


Figure 27 : Structure de arabinoxylane (Ebringerova *et al.*, 2005).

II. 2.1.6.3. Fonctions et applications

Les propriétés physicochimiques des arabinoxylanes sont la distribution des substituants arabinosyle le long du squelette xylane. Dans de nombreuses céréales, les modèles de substitution des arabinoxylanes semblent être non aléatoires, différentes régions présentant des modèles de substitution différents (Gruppen *et al.*, 1993)

Dans certaines régions, les résidus xylopyranosyl mono- et disubstitués sont regroupés, souvent séparés par 1 à 2 résidus xylopyranosyl non substitués. D'autres régions contiennent relativement peu de substituants arabinosyle et sont donc sensibles à l'hydrolyse par les xylanases (Gruppen *et al.*, 1993).

La structure arabinoxylane une grande variabilité, étant influencée par la source, l'état de germination, l'emplacement dans le grain, la méthode d'extraction et de purification, et tout autre traitement thermique, physique, chimique ou enzymatique. Malgré l'hétérogénéité structurelle de l'arabinoxylane, différents arabinoxylane présentent des avantages potentiels communs pour la santé, tels que la capacité antioxydante améliorée et une réponse sanguine réduite au glucose via différents mécanismes (**Zannini et al., 2022**).

II. 2.2 Pectines

Les pectines peuvent généralement être divisées en polymères neutres et acides, mais certaines caractéristiques structurelles sont communes entre les différents types de substances pectiques. Celles-ci seront décrites ci-dessous (**Waldron et Faulds, 2007**).

II. 2.2.1. Arabinanes

II. 2.2.1.1. Source

Les arabinanes attachés aux polysaccharides pectiques ont été trouvés dans une grande variété de tissus végétaux, les fruits, les feuilles et les cellules cultivées en suspension. Ils peuvent être libérés facilement avec de l'acide chaud et dilué (**Waldron et Faulds, 2007**).

II. 2.2.1.2. Structure de base

Le polymère d'arabinane forme un squelette linéaire de résidus L-arabinofuranosyle à liaison α -1,5, qui peuvent être substitués par des chaînes latérales L-arabinose à liaison α -1-2 et/ou α -1-3. L'hydrolyse de l'arabinane est facilitée par la synergie entre les endo-1-5- α -l-arabinanases et les α -l-arabinofuranosidases. Les endo-1,5- α -l-arabinanases hydrolysent les liaisons α -1-5-L-arabinofuranoside entre les unités arabinose de manière endo avec un mécanisme catalytique inverseur (**Yamada et al, 1985**)

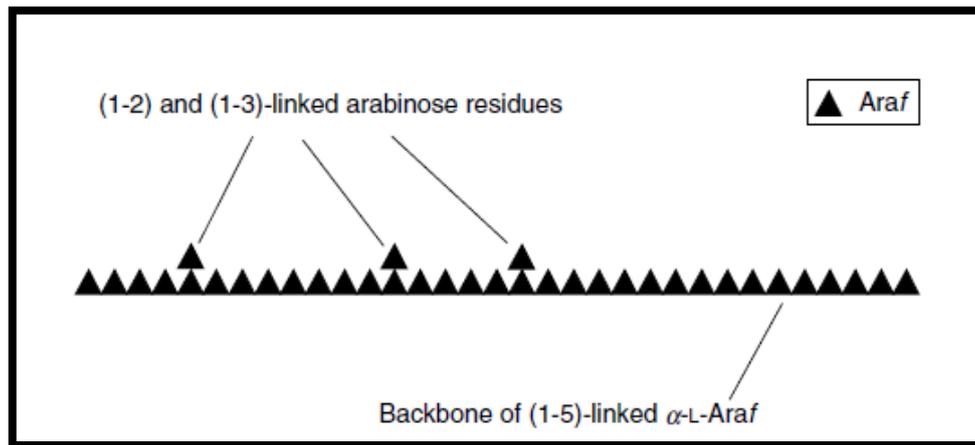


Figure 28 : Structure de arabinane (Waldron et Faulds, 2007).

II. 2.2.2. Arabinogalactanes Type I et II (AG-I et AG-II)

II. 2.2.2.1. Source

Les arabinogalactanes sont des polysaccharides que l'on trouve surtout dans le bois des mélèzes et qui donne par hydrolyse de l'arabinose et du galactose (Perez *et al.*, 2000).

II. 2.2.2.2. Structure de base

Les arabinogalactanes ont été plus fréquemment rapportés pour leur activité dans divers systèmes biologiques. Les arabinogalactanes sont souvent classés en deux groupes : arabino-4-galactanes (Type I) et arabino-3,6-galactanes (Type II).

Les arabinogalactanes I se trouve à des degrés variables dans la paroi cellulaire et est composé d'un squelette de galactane lié en β -1-4 avec des chaînes latérales d'arabinanes essentiellement liées par la position des unités de galactose.

Les structures AG-I se trouvent principalement en tant que constituant du complexe pectique RG-I (Heize, 2005).

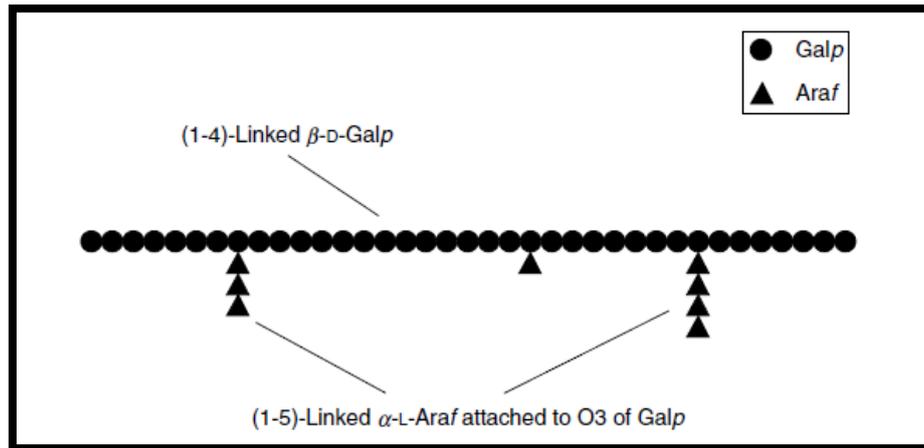


Figure 29 : structure de l'arabinogalactanes I (Waldron et Faulds, 2007).

Les arabinogalactanes II a comme noyau principal un galactane qui peut avoir 3 ou 6 liaisons dans la chaîne principale et est fortement ramifié avec les unités de galactose liées en 1,3,6 aux points de ramification (Heize, 2005).

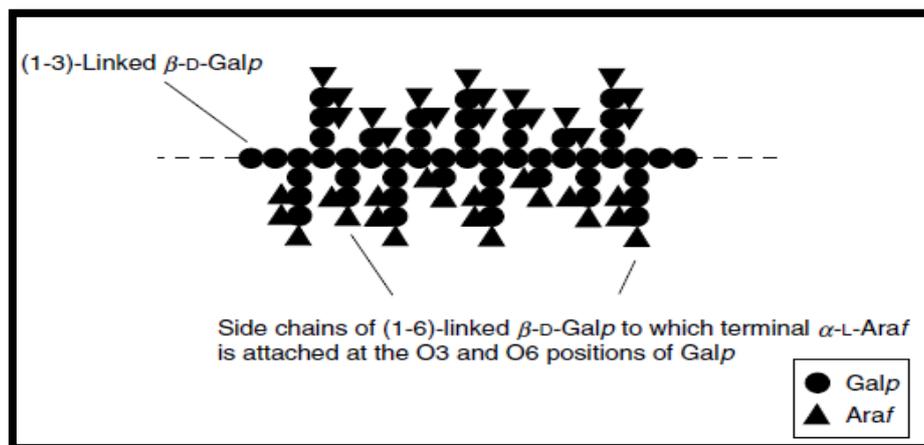


Figure 30 : Structure de l'arabinogalactanes II (Waldron et Faulds, 2007).

II. 2.2.3. Pectines

Les pectines sont des polysaccharides (glucides) dit polyacide ou polymère anionique, c'est un biopolymère dont le motif de base est l'acide galacturonique. Ils sont des macromolécules exclusivement végétales. (Walstra,2003 ; Alkorata *et al.*,1998 ; Blanco *et al.*,1999).

II. 2.2.3.1. Source

Les pectines présentent dans toutes les plantes, principalement dans les parois cellulaires, à des niveaux aussi bas que 1 % à 5 %. Cependant, ils sont particulièrement répandus dans les fruits, où leurs niveaux sont beaucoup plus élevés. Par exemple, la pulpe de pomme en contient 10 à 15 %. La pectine et les écorces d'orange et de citron en contiennent 20 à 30% (**Robyrt., 1935**).

Les pectines agissent comme un gel et est parfois appelée "solides cassants". Les pectines sont semi-soluble dans les liquides, ce qui signifie qu'elle absorbe les liquides. Ceci est particulièrement important lors de la maturation des fruits et légumes, car cela leur permet de ramollir pendant la maturation (**Flutto, 2003 ; Smith,2003 ; Jaqueline et al., 2013**).

II. 2.2.3.2. Structure de base

Les squelettes de la molécule des pectines sont constitués de 150 à 500 groupes d'acide α -D-galacturonique reliés par des liaisons 1-4-glycosidiques et sont partiellement acétylés ou estérifiés par des groupes méthyle. (**Chen et al., 2022**)

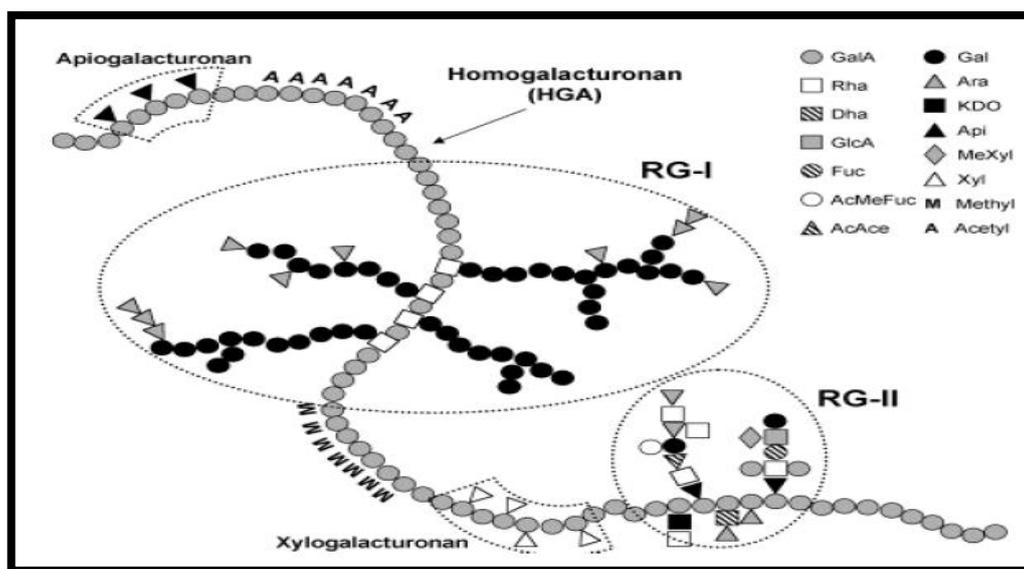


Figure31 : Structure de pectines (**Heize, 2005**)

Cette association permet de décrire la pectine comme constituée essentiellement de trois domaines distincts, les homogalacturonanes et le rhamnogalacturonan I et II (**Michel Combo et al., 2010**).

II. 2.3.3.2.1. Homogalacturonanes

II. 2.3.3.2.1.1. Source

L'acide homogalacturonique est le polymère le plus abondant dans la pectine, qui représente près de 60% de la pectine dans les parois cellulaires végétales. (Ochoa-villarreal *et al.*, 2012)

II. 2.3.3.2.1.3. Propriétés

Les homogalacturonanes constituent jusqu'à 60% des fragments pectiques de la paroi cellulaire dans les parois primaires des dicots et des monocotylétriques non graminacées (par exemple, les asperges) et sont une composante principale de la lamelle moyenne. Ils sont présents, voire pas du tout, en quantités très mineures dans les parois cellulaires secondaires (Waldron et Faulds, 2007).

La présence d'un groupe carboxyle chargé dans des homogalacturonanes faible ou non méthyl-estérifiés confère des propriétés polyélectrolytiques, dont la plupart des fonctions de la paroi et des caractéristiques de homogalacturonanes sont dépendantes. Cela inclut une réticulation ionique via le calcium et d'autres cations divalents (Waldron et Faulds, 2007).

II. 2.3.3.2.1.3. Structure

Les homogalacturonanes comprennent une chaîne linéaire de résidus α -D-acide galactopyranosyle liés en (1-4), dont certains sont méthyl-estérifiés en C6. Des esters supplémentaires peuvent également être présents sur les homogalacturonanes. Par exemple, les homogalacturonanes de la pomme de terre s'est avéré être partiellement O-acétylé et une cartographie détaillée des groupes acétylé et méthyle a récemment été réalisée dans les homogalacturonanes de la betterave sucrière (Ralet *et al.*, 2005).

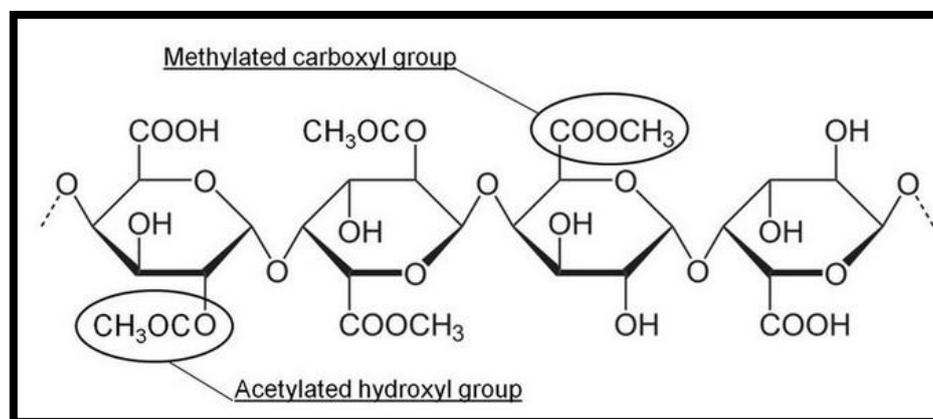


Figure 32 : Structure de homogalacturonanes (Schmidt, 2016).

II. 2.3.3.2.2. Rhamnogalacturonanes I

II. 2.3.3.2.2.1. Structure

Les rhamnogalacturonanes I contiennent un squelette d' α -L-rhamnopyranosyl alterné lié à la position 4 de α -D-acide galactopyranosyle, qui est à son tour liée à la position 2 du rhamnopyranosyl. Les résidus rhamnopyranosyl sont souvent substitués en O4 (jusqu'à 80 %) par une gamme d'oligosaccharides neutres et acides (Ralet *et al.*, 2005 ; Ishii *et al.*, 1987 ; Saulnier et Thibault, 1999).

Les rhamnogalacturonanes I ont été caractérisés en profondeur et se composent principalement de résidus linéaires et ramifiés α -L-arabinofuranosyle et β -D-galactopyranosyle de tailles différentes (entre 1 et 20). Une gamme d'autres résidus peut également être présente, notamment du fucose, de l'acide glucuronique et du 4-O-méthyl-acide glucuronique. Généralement, la composante acide galactopyranosyle de rhamnogalacturonanes I ne porte pas de chaînes latérales (Ralet *et al.*, 2005 ; Ishii *et al.*, 1987 ; Saulnier et Thibault, 1999).

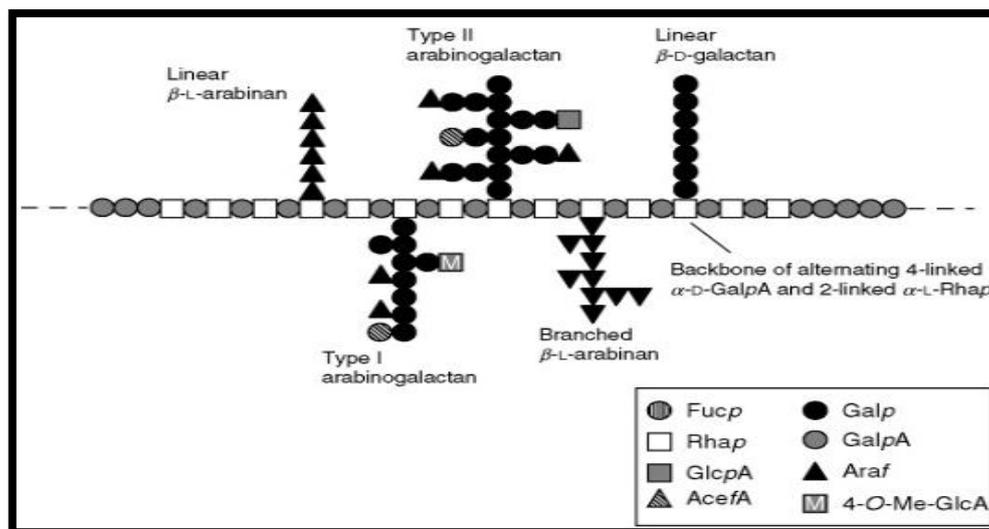


Figure 33 : Structure de Rhamnogalacturonan I (Waldron et Faulds, 2007)

II. 2.3.3.2.3. Rhamnogalacturonanes II

II. 2.3.3.2.3. Structure

Les rhamnogalacturonanes II est un polysaccharide pectique complexe identifier dans les parois de toutes les plantes supérieures. Les rhamnogalacturonanes II comprend au moins différents résidus glycosyle qui sont liés entre eux par différents liens (O'Neill et York, 2003 ; Heize, 2005)

La structure de Les rhamnogalacturonanes II est généralement conservée dans les ordres de plantes plus élevés et inférieurs et est présent dans la paroi cellulaire primaire des angiospermes, des gymnospermes, des lycophytes et des ptéridophytes. Décrit les rhamnogalacturonanes II comme probablement le polysaccharide végétal le plus complexe (O'Neill et York, 2003 ; Heize, 2005).

La fonction exacte de la réticulation RG-II n'est pas encore connue. Cependant, l'importance de cette molécule complexe, qui nécessitera des glycosyltransférases dans sa biosynthèse, est cohérente avec sa conservation dans tout le royaume végétal (Waldron et Faulds, 2007)

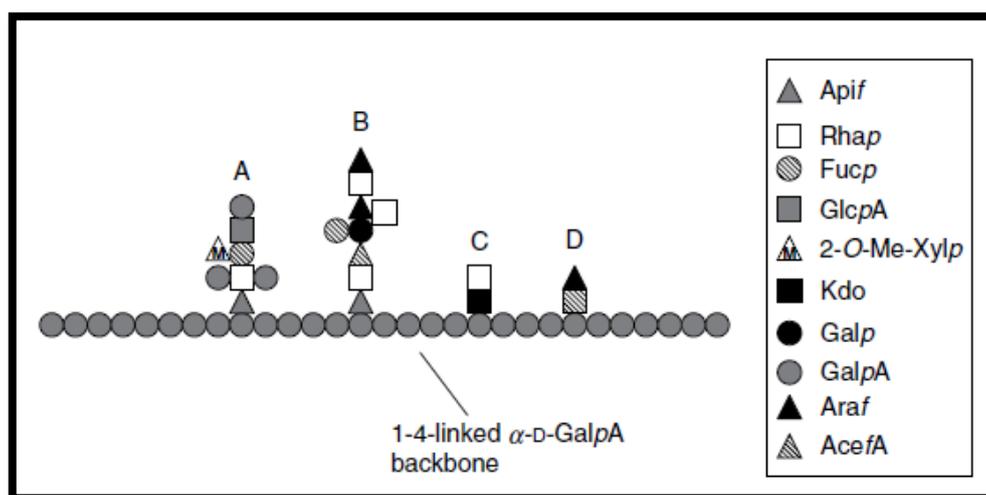


Figure 34 : Structure de rhamnogalacturonan II (Waldron et Faulds, 2007).

II. 2.2.4. Fonctions et applications « pectines »

Les pectines sont utilisées pour soigner les affections gastrointestinales ; ils sont anti-diarrhéiques car ils retiennent l'eau, protègent la muqueuse intestinale en fixant les toxines.

Leurs propriétés gélifiantes intéressent les industries agroalimentaires pour la fabrication des flans (Merghem, 2009).

II. 2.3 les gommages et mucilages

II. 2.3.1. Les gommages

Les gommages hydrocolloïdables sont des polymères, parfois composés d'un sucre simple, mais qui peuvent contenir jusqu'à cinq ou six types différents de sucres ou de dérivés du sucre (Merghem, 2009).

II. 2.3.2. Les mucilages

Le mucus est naturellement un produit du métabolisme normal formé dans les cellules. Ils permettent aux plantes de stocker de grandes quantités d'eau pour les utiliser en période de sécheresse. Sinon, le gonflement du mucus en présence de grandes quantités d'eau peut provoquer une rupture des tissus (Dellatre, 2005).

Les polymères constitutifs du mucus sont généralement des dérivés du xylane ou de la pectine, contenant souvent des sucres neutres (xylose, arabinose, galactose, rhamnose) et des acides uroniques (galacturonique, glucuronique) (Dellatre, 2005).

II. 2.3.3. Propriétés

Les gommages se dispersent toutes plus ou moins facilement dans l'eau pour former des solutions colloïdales et sont toutes insolubles dans les solvants organiques.

Les mucilages se déposent en couches superposées sur les parois des cellules végétales spécialisées dites cellules mucilagineuses. Ces fractions mucilagineuses ont la capacité de former des gels grâce à leurs propriétés absorbantes et semblent jouer un rôle clé dans l'aptitude de certains tissus à retenir l'eau.

(Merghem, 2009 ; FAO, 1980).

II. 2.3.4. Applications

Les gommages de plantes terrestres et d'algues trouvent de nombreuses utilisations dans la stabilisation des émulsions et comme épaississants, gélifiants, pour la fixation des prothèses dentaires et application dans l'industrie alimentaire et cosmétique.

Les légumineuses du genre *Acacia* produisent une gomme, la gomme arabique officinale *Acacia verek* se trouve dans la zone subdésertique de l'Afrique (soudan, Sénégal). Cette gomme est utilisée pour la préparation des sirops en alimentation, des adhésifs, des encres et textiles (Robyrt., 1935 ; Merghem., 2009).

Chapitre III.

Etude des polysaccharides issus des plantes médicinales



III. Etude de quelques polysaccharides issus des plantes médicinales

Dans cette partie, on classe les types des polysaccharides des plantes médicinales des leurs compositions biochimiques ainsi que activités biologiques.

III .1. Polysaccharides de *Acacia* (gomme arabique)**III. 1.1. *Acacia senegal*****III. 1.1.1. Composition biochimique**

Selon Defaye et Wong. (1986) L'exsudat de gomme d'*Acacia senegal* est la principale source de gomme arabique. C'est un polysaccharide type arabinogalactanes- protéines hautement complexe constitué d'un squelette de galactose ramifié à liaison β -(1-3) avec des ramifications liées par les positions (1-6), et avec de l'arabinose, du rhamnose et de l'acide glucuronique dans des chaînes latérales ramifiées (**Osman *et al.*, 1993**).

III. 1.1.2. Activités biologiques et applications

L'exsudat de gomme d'*Acacia senegal* contiennent des activités antimicrobiennes, anti-oxydants, anti-inflammatoires et utilisé notamment dans l'industrie alimentaire comme agent émulsifiant et stabilisant (**Binwei *et al.*, 2017**).

III. 1.2. *Acacia seyal***III. 1.2.1. Composition biochimique**

Flindt *et al.* (2005 ; Hassan *et al.* (2005) ; Siddig *et al.* (2005) ont montrent que la gomme *A. seyal* à une structure de squelette similaire à celle de la gomme *A. senegal*. C'est un polysaccharide type arabinogalactanes-protéines hautement complexe constitué d'un squelette galactose ramifié à liaison β -(1-3) avec des ramifications liées par les positions (1-6), et avec de l'arabinose, du rhamnose et de l'acide glucuronique dans des chaînes latérales ramifiées, mais possède un degré de ramification plus élevé, un poids moléculaire plus élevé et une viscosité intrinsèque moindre; il contient moins de protéines dans lesquelles la majorité des chaînes peptidiques sont situées en profondeur dans les macromolécules complexes de polysaccharides (**Hou *et al.*, 2017**).

III. 1.2.2. Activités biologiques et applications

La gomme d'Acacia seyal aussi comme la gomme *Acacia seyal* contiennent des activités antimicrobiennes, anti-oxydants, anti-inflammatoires. *A. Seyal* est largement utilisé dans l'industrie alimentaire et en cosmétique (Phillips *et al.*, 2003).

III. 1.3. *Acacia Tortilis ssp. Raddiana*

III. 1.3.1. Composition biochimique

Kumar et Lakhera a indiqué que les gommes exsudats d'*A. Tortilis ssp. Raddiana* était composée de L-Arabinose, D-Galactose, D-Glucose, L-Rhamnose et D-Mannose, avec certains rapports molaires autour de 78%, 18%, 0,6%, 1,7% et 0,7% respectivement (Kumar et Lakhera, 2017 ; Addoun, 2021).

III. 1.3.2. Activités biologiques et applications

A. tortilis a une activité anti- inflammatoire et les polysaccharides extraits d'*A. tortilis* sont utilisés dans des préparations médicinales contre la toux, le rhume, l'enrouement, la pharyngite, l'irritation et l'inflammation gastriques, la diarrhée, la tuberculose pulmonaire, les brûlures de la bouche et du tube digestif, les hémorragies, soulagement de la douleur dans les brûlures, etc. L'exsudat d'*A. tortilis* gomme est utilisé comme vermifuge, et est utilisé pour soigner les maladies de la peau, peut être un médicament potentiel pour le traitement du diabète sucré (Anonymous, 1995 ; Anonymous ,2006).

III. 1.4. *Acacia Glomerosa*

III. 1.4.1 Composition biochimique

D'après De Pinto *et al.* (2001) ; le polysaccharide isolé d'*A. Glomerosa gum* était très proche de ceux rendus par *A. Sénégal*. Les polysaccharides extraits d'*A. Glomerosa* possède un squelette carboné composé des résidus D-galactopyranosyle liés en β -(1-3) avec un α -L-Rhap terminal. Les chaînes latérales peuvent être composées de β -(1-3) -D-Galp liés en position O-6 sur la chaîne principale de galactane (De Pinto *et al.* 2001 ; Addoun, 2021).

III. 1.4.2. Activités biologiques et applications

A. glomerosa gomme comme *A. senegal* et *A. tortilis* a une activité anti- inflammatoire et utilisé dans l'industrie alimentaire et en cosmétique (León de Pinto *et al.*, 2001).

III. 1.5. *Acacia macracantha*

III. 1.5.1. Composition biochimique

La gomme brun clair soluble dans l'eau a été produite par l'espèce *A. macracantha*, trouvée près de Madagascar (Beltrán *et al.*, 2005). Les polysaccharides de cette espèce de gomme est un complexe arabinogalactane-protéine de type β -(1-3) -galactane avec composé monosaccharides : galactose, arabinose et acide glucuronique (Martinez *et al.*, 1996 ; Addoun, 2021).

III. 1.5.2. Activités biologiques et applications

En général, de nombreux polysaccharides isolés de *A. macracantha* ont d'excellentes activités antioxydantes et immunomodulatrices ; et utilisés comme sources de nouveaux antioxydants alimentaires potentiels pour des applications pharmaceutiques et alimentaires (Boual *et al.*, 2015).

III. 1.6. *Acacia mearnsii de Wild*

III. 1.6.1. Composition biochimique

Aspinall *et al.* (1968) ont montrant que les polysaccharides des exsudats de gomme *A. mearnsii de Wild* contiennent d'arabinogalactane composé de rhamnose, arabinose, galactose et d'acides uronique dans des rapports molaires de 7 :43 :46 :4 et la présence d'acide glucuronique et d'acides 4-O-méthylglucuroniques comme composants acides (Grein *et al.*, 2013).

D'après Gufe *et al.* (2023), l'analyse de la composition du xylane extrait de l'*Acacia mearnsii* a montré qu'il est composé d'un squelette de D-xylose substitué par des résidus d'acide 4-O-méthyl- D-glucuronique et des résidus mineurs d'arabinofuranosyl (Gufe *et al.*, 2023).

III. 1.6.2. Activités biologiques et applications

L'*Acacia mearnsii* xylane a montré une activité antioxydante, qui peut être utile pour un bon état de santé lorsqu'il est utilisé comme additif dans le secteur alimentaire pour animaux (Gufe *et al.*, 2023).

Tableau 1. Types des polysaccharides et les activités biologiques de quelques espèces d'Acacia

Espèces d'Acacia	Type de polysaccharide	Activités biologiques	Référence
<i>A. senegal</i>	Arabinogalactanes protéines (AGP)	Antimicrobienne	(Osman <i>et al.</i> , 1993)
		Antioxydante	
<i>A. Seyal</i>		Antimicrobienne	(Hou <i>et al.</i> , 2017)
		Antioxydants	
<i>A. tortilis</i> var. <i>raddiana</i>		Anti- inflammatoire	(Kumar et Lakhera, 2017)
<i>A. glomerosa</i>	Anti- inflammatoire	(De Pinto <i>et al.</i> 2001)	
<i>A. macracantha</i>		Antioxydant	(Boual <i>et al.</i> , 2015)
		Immunomodulatrice	
<i>A. mearnsii</i>	Arabinogalactanes protéines (AGP)	Antioxydante	(Grein <i>et al.</i> , 2013)
	Xylane	Antioxydante	(Gufe <i>et al.</i> , 2023)

III. 2. Polysaccharides de *plantago*

III. 2.1. *Plantago notata*

III. 2.1.1. Composition biochimique

Benaoun *et al.* (2017) ont rapporté que la fraction polysaccharidique a été extraite et purifiée des graines de *Plantago Notata* est un hétéroxylane, composé de β -(1-3), β -(1-4) -liés D-xylopyranosyl en tant que chaîne principale ; et ramifiée aux positions O-2 et O-3 de β -(1-4) - D-xylopyranosyl par résidus terminaux et oligosaccharides courts. La composition monosaccharidique du polysaccharide de *P. notata* L était principalement composée de xylose (77,4 %) et de petites quantités de rhamnose (9,20 %), d'arabinose (7,58 %), de galactose (2,58 %), de glucose (1,00 %) et d'acide glucuronique (2,2 %) ont également été détectées (**Huang *et al.*, 2014 ; Samuelsen *et al.*, 1999**). Xylose et arabinose ont été identifiés comme les principaux monosaccharides constitutifs de ces mucilages (**Yu *et al.*, 2017 ; Madgulkar *et al.*, 2015 ; Pawar et Varkhade, 2014**). D'autres monosaccharides ont également été signalés,

comme rhamnose, mannane, galactose et glucose, qui correspondent souvent à des polysaccharides non arabinoxylyanes (contaminants) (Yin, Chen *et al.*, 2016 ; Wang *et al.*, 2016).

A noter que les polysaccharides des feuilles étaient plus riches en acide uronique que ceux extraits des graines, avec des valeurs atteignant respectivement 20,3 % contre 4,9 %. Boual *et al.* (2015) ont étudié la composition en monosaccharides d'un polysaccharide soluble dans l'eau des feuilles de *P. notata*. Le polymère était constitué de galactose (44%), rhamnose (20%), Glucose (11%), arabinose (10%) et acide glucuronique (13%) (Boual *et al.* 2015).

III. 2.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de *Plantago notata* ont des potentiels prébiotiques. Les critères des prébiotiques comprennent trois aspects : (a) la résistance à l'acidité gastrique, l'hydrolyse par les enzymes de mammifères et l'absorption gastro-intestinale ; (b) fermentation par la microflore intestinale ; (c) stimulation sélective de la croissance et/ou de l'activité des bactéries intestinales associées à la santé et au bien-être (Akbar, 2020). *Plantago notata* est utilisé en médecine depuis des milliers d'années, principalement pour soulager le diabète, l'obésité, la constipation, la diarrhée et parfois comme agent anti-inflammatoire (Belorio et Gómez, 2020)

III. 2.2. *Plantago major*

III. 2.2.1. Composition biochimique

Yamada *et al.* (1986) montrent que les polysaccharides isolés des graines de *Plantago major* L. sont principalement des hétéroxylanes constitués d'un squelette β - D-xylopyranosyl lié en (1-4) avec de courtes chaînes latérales attachées à la position 2 dans certains résidus β - D-xylopyranosyl liés en (1-4) et à la position 3 dans d'autres résidus β - D-xylopyranosyl liés en (1-4). Les chaînes latérales sont constituées de β - D-Xylopyranosyl, α -L-arabinofuranosyl, α -L-arabinofuranosyl (1-3) β - D- xylopyranosyl et α - D-glucose (1-3) α -L- arabinofuranosyl. Des résidus α -D-acide galactopyranosyle liés en 1-4 ont également été détectés en plus de petites quantités de rhamnopyranosyl lié en 1,2,4 et d'acide galactopyranosyle lié en (1-3), (1-6) et 1,3,6. Les liaisons de ces derniers résidus de monosaccharide au squelette du xylane n'ont pas été déterminées, mais ils pourraient provenir d'un polysaccharide de pectines (Samuelsen *et al.*, 1999).

Les monosaccharides d'un polysaccharide extrait des feuilles de *Plantago major* L était principalement composée d'acide galacturonique (55,38%), glucose (21,50%), arabinose (9,88%), galactose (8,02%), rhamnose (3,17%), xylose (2,05%) (**Lukova et al., 2020**).

III. 2.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits des feuilles de *Plantago major* L. ont des activités biologiques, notamment une activité cicatrisante, anti-inflammatoire, analgésique, antioxydante, immunomodulatrice. Certains de ces effets peuvent être attribués à l'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle (**Samuelsen, 2000**).

Les feuilles de *Plantago major* L. ont été utilisées comme remède cicatrisant pendant des siècles dans presque toutes les régions du monde et dans le traitement d'un certain nombre de maladies en dehors des plaies. Il s'agit notamment des maladies liées à la peau, aux organes respiratoires, aux organes digestifs, à la reproduction, à la circulation, contre le cancer, pour le soulagement de la douleur et contre infections (**Samuelsen, 2000**).

III. 2.3. *Plantago asiatica*

III. 2.3.1. Composition biochimique

D'après Yin *et al.* (2012) le polysaccharide extrait des graines de *P. asiatica* L. était composé de rhamnose, arabinose, xylose, mannose, glucose et galactose. Son acide uronique était acide glucuronique. Les polysaccharides était un hétéroxylanes hautement ramifié qui constitué d'un squelette xylopyranosyl lié à β -(1-4) avec des chaînes latérales attachées à O-2 ou O-3. Les chaînes latérales consistaient en xylopyranosyl lié à β -T- arabinofuranosyl, α -T-acide glucopyranosyl lié à α -T- β -xylopyranosyl -(1-3) - α - arabinofuranosyl et α - arabinofuranosyl - (1-3) - β -xylopyranosyl (**Yin et al., 2012**).

Les monosaccharides d'un polysaccharide extrait des feuilles de de *Plantago asiatica* L était principalement composée d'acide galacturonique (36,5%), galactose (34,4%), arabinose (10,1%), rhamnose (8.4%) (**Yin et al., 2019**).

III. 2.3.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides des graines de *Plantago asiatica* se sont avérés inhiber l'activité de l' α -amylase et ralentir la diffusion du glucose. Cela aide à prolonger la glycémie, prévenant ainsi l'hyperglycémie postprandiale (**Hu et al., 2013**).

Le polysaccharide de *P. asiatica L.* avait des activités antioxydantes, *P. asiatica L.* exerce son effet curatif en médecine traditionnelle en partie grâce à l'action antioxydante de leurs polysaccharides (Yin *et al.*, 2010).

III. 2.4. *Plantago ciliata*

III. 2.4.1. Composition biochimique

Addoun *et al.* (2020) montrent les graines de *P. ciliata* disposent des polysaccharides type arabinoxylane neutre de haute masse molaire de 700 k Da, constitué d'un squelette principal composé majoritairement de β -(1-3) -D-xylopyranosyl, y compris également des résidus de D-xylopyranosyl liés en β -(1,4), substituée en positions O-2 et O-3 par des résidus d'arabinofuranosyl, et T- xylopyranosyl probablement liés en position O-3 de la chaîne principale. Des monosaccharides sont composés de xylose (78%), arabinose (18%), rhamnose (3%) et d'acide galacturonique (1%) (Addoun *et al.*, 2021).

III. 2.4.2. Activités biologiques et applications

En ethnobotanique, *P. ciliata* ainsi que leurs extraits sont largement utilisés pour traiter le diabète et les maladies souvent associés à l'inflammation (Addoun, 2021).

III. 2.5. *Plantago depressa Willd*

III. 2.5.1. Composition biochimique

D'après Zhao *et al.* (2014), des fractions de polysaccharides purifiées provenant de graines de *Plantago depressa* ont été étudiées. Ils semblaient être des hétéropolysaccharides homogènes liés à des protéines acides avec un poids moléculaire élevé de plus de 1000 kDa, et contenaient plus de liaisons glycosidiques de type β que de type α . Ils étaient riches en arabinose, fucose et acide galacturonique (Zhao *et al.*, 2014).

III. 2.5.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de *P. depressa* ont été signalés comme des composants efficaces pour leurs activités anti-oxydantes et leurs potentiels immunomodulateurs (Huang *et al.*, 2009 ; Hu *et al.*, 2012 ; Zhao *et al.*, 2014).

III. 2.6. *Plantago ovata* Forssk

III. 2.6.1. Composition biochimique

Patel *et al.* (2019) montrent que les polysaccharides extraits des graines et de l'enveloppe du psyllium sont composés de D-xylose, L-arabinose, D-glucose, D-galactose et L-rhamnose (Guo *et al.*, 2008) ; Patel *et al.*, 2019)

III. 2.6.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de psyllium sont peu coûteux et non toxiques. Le psyllium est considéré comme une riche source d'antioxydants naturels, et leurs feuilles sont recommandées pour être utilisées comme aliments fonctionnels.

Les feuilles de ces polysaccharides possèdent également des activités antioxydantes. Le psyllium est couramment utilisé comme laxatif dans le monde entier et comme complément alimentaire. En outre, les polysaccharides extraits ont montré une activité antioxydante (Patel *et al.*, 2019).

III. 2.7. *Plantago lanceolata* L.

III. 2.7.1. Composition biochimique

Selon Kardošová à partir de feuilles de *P. lanceolata* ont été isolés des polysaccharides pectiques, rhamnogalacturonan, arabinogalactane et α - D-glucane. (Kardošová, 1992 ; Lukova1 *et al.*, 2017). Des monosaccharides composés d'acide galacturonique (70,58%) et arabinose (29,42%) (Lukova1 *et al.*, 2017).

III. 2.7.2. Activités biologiques et applications

D'après Liu *et al* ; Jin *et al* ; Wang *et al*, l'extrait de polysaccharides de plantago possède diverses activités biologiques, telles que des activités antioxydantes immunostimulants, anti-inflammatoires, antivirales, antitumorales, et des effets cardioprotecteur, hépatoprotecteur et antifatigue (Jin *et al.*, 2013 ; Liu *et al.*, 2015) ; Wang *et al.*, 2016).

III. 2.8. *Plantago media* L..

III. 2.8.1. Composition biochimique

Lukova *et al.*, (2017) ont étudié la composition en polysaccharides des feuilles de *P. media*. Il est composé principalement d'acide galacturonique et de quantités mineures d'arabinose

et de rhamnose et des monosaccharides composés d'acide galacturonique (64,88%) et arabinose (35,12%) (Lukova1 *et al.*, 2017).

III. 2.8.2. Activités biologiques et applications

Les feuilles de *P. media* sont des sources naturelles prometteuses de polysaccharides biologiquement actifs qui peuvent être développés en tant que nouveaux antioxydants pour des applications dans les industries pharmaceutiques et alimentaires (Lukova1 *et al.*, 2017).

Tableau 02 : Les polysaccharides de certain espèce *Plantago*, activité biologique.

Espèce <i>Plantago</i>	de Partie étudiée	Composition en monosaccharides	Activités biologiques	Références
<i>P. asiatica L.</i>	Graines	Xyl (72.17%), Ara (20.65%), Rha (2.28%), Gal (3.90%), Glu (0.92%)	Antioxydante	Yin <i>et al.</i> , 2012a, b
<i>P. ciliata Desf</i>	Graines	Xyl (78%), Ara (18%), Rha (3%), GalA (1%)	Anti-inflammatoire	Addoun <i>et al.</i> , 2020 Addoun <i>et al.</i> , 2021
<i>P. depressa Willd</i>	Graines	Man (28.1%), Ara (27.9%), Fuc (16.0%), Xyl (10.1%), GalA (8.1%), Gal (4.2%), GluA (3.4%), Glu (1.4%), Rib (0.8%)	Immunomodulator Antioxydantes	Zhao <i>et al.</i> , 2014
<i>P. major L.</i>	Graines	Xyl (39.7%), Ara (13.1%), GalA (17.2%), GluA (15.5%), Rha	Anti-inflammatoire Antibiotique Antioxydante	Berit <i>et al.</i> , 1999

		(2.1%), Gal (2.5%), Glu (9.9%)		
<i>P. notata</i> Lag.	Graines	Xyl (77.4%), Rha (9.20%), Ara (7.58%), Gal (2.58%), GalA (2.21%), Glu (1.00%)	anti-inflammatoires anti-diabetic	Benaoun <i>et al.</i>, 2017
<i>P. ovata</i> <i>Forssk</i>	Graines	Xyl (68.94%), Ara (15.97%), Rha (9.89%), Gal (2.63%), Man (2.26%)	Antioxydantes	Guo <i>et al.</i>, 2008
<i>P. asiatica</i> L.	Feuilles	GalA (36.5%), Gal (34.4%), Ara (10.1%), Rha (8.4%)	Antioxydantes	Yin <i>et al.</i>, 2019
<i>P. lanceolata</i> L.	Feuilles	GalA (70.58%), Ara (29.42%)	Effets immunostimulants Anti-inflammatoires Antiviraux Antitumoraux cardioprotecteurs Antioxydantes	Lukova <i>et al.</i>, 2017
<i>P. major</i> L.	Feuilles	GalA (55.38%), Glu (21.50%), Ara (9.88%), Gal (8.02%), Rha (3.17%), Xyl (2.05%)	Anti-inflammatoire Antibiotique Antioxydante	Lukova <i>et al.</i>, 2020
<i>P. media</i> L.	Feuilles	GalA (64.88%), Ara (35.12%)	Antioxydantes	Lukova <i>et al.</i>, 2017

<i>P. notata</i> Lag	Feuilles	Gal (43.95%), Rha (20.28%), GalA (12.57%), Glu (11.30%), Ara (9.55%)	anti-inflammatoires anti-diabetic	Boual et al., 2015
<i>P. ovata</i> <i>Forssk</i>	Feuilles	Glu (64.3%), Rha (19.5%), Gal (7.5%), Ara, Xyl	Antioxydantes	Kumar et al., 2018

III. 3. Polysaccharides *Retama*

III. 3.1. *Retama raetam*

III. 3.1.1. Composition biochimique

La composition monosaccharidique d'extraits des hémicelloses de plant de *Retama raetam* montre la présence de xylose comme monosaccharide majeur (47,8 % pour les jeunes racines et 59,5 % pour les racines adultes), et la présence des homogalacturonanes et des rhamnogalacturonanes dans les pectines (**Bokhari-Taieb Brahimi et al., 2015**).

Selon Ishurd *et al.* (2004) les polysaccharides des graines de *R. raetam* constituées des galactomannanes qui composé par structure spécifique contenait occasionnellement des groupes β -(1-4) - D-mannopyranose avec un squelette principal de β -(1-3) - D-mannopyranose et quelques chaînes latérales de mono-D-galactopyranose. Des résidus ont également été signalés et semblaient être attachés aux positions O-6 de D-mannopyranose (**Addoun, 2021 ; Sarraf et al., 2021**).

III. 3.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extrait des gommés de *Retama reatam* peut réduire l'indice glycémique et inhibent l'augmentation de la glycémie postprandial (**Chouaibi et al., 2019**).

D'après Conforti *et al.* (2004) les graines et les extraits d'écorce de racine de *Retama reatam* ont des activités antioxydantes et anticancéreuses (**Chouaibi et al., 2019**).

III. 3.2. *Retama monosperma*

III. 3.2.1. Composition biochimique

Les polysaccharides extraits des tiges de *R. monosperma* sont constitués des pectines. Les pectines sont représentées par des chaînes homogalacturonanes et des rhamnogalacturonanes. L'extrait hémicellulosique a montré la présence de xylose (54,7 % de la paroi cellulaire brute et 46,7 % de la paroi cellulaire délignifiée) (**Bokhari et al., 2019**).

Les fibres de *R. monosperma* sont constituées de 87,3 % de cellulose, 7,5 % des hémicelluloses et 1 % de lignine (**AiZi et al., 2015**).

Selon Bouredja et al. (2014) l'extraction des celluloses, des hémicelluloses et des pectines des graines de *Retama monosperma* a donné de meilleurs rendements notamment en celluloses (52,66 %), comparativement aux hémicelluloses (14,33%) et aux pectines totales. (5,74 %). Les hémicelluloses des gousses de *Retama monosperma* sont constituées de xyloglucane qui est composé par une chaîne principale constituée de glucose et xylose. (**Bouredja et al., 2014**).

III. 3.2.2. Activités biologiques et applications

Selon Zefzoufi et al. (2021) les polysaccharides extraits de *R. monosperma* sont utilisés en médecine traditionnelle dans un large éventail de pays comme désinfectant, ainsi que pour traiter les lésions cutanées et la cicatrisation (**El Yadini et al., 2023**).

Tableau 03 : Les polysaccharides de certaine espèce de *Retama*, activité biologique.

Espèce de <i>Retama</i>	Partie étudiée	Type de polysaccharides	de	Activités biologiques	Références
<i>Retama raetam</i>	Graines	Cellulose		Antidiabétique	(Sarraf <i>et al.</i> , 2021)
		Hémicelluloses		Antioxydante	
		Pectines		Anticancéreuse	
		Homogalacturonanes			
		Rhamnogalacturonanes			
		Galactomannane			
<i>Retama monosperma</i>	Tiges	Cellulose	/		(Bokhari <i>et al.</i> , 2019)
		Hémicelluloses			
	Fibres	Pectines	/		(AiZi <i>et al.</i> , 2015)
		Homogalacturonanes			
		Rhamnogalacturonan			
	Xyloglucan				

III. 4. Polysaccharides d'*Astragalus*

III. 4.1. *Astragalus membranaceus*

III. 4.1.1. Composition biochimique

Selon Auyeung *et al.* (2016) les hétéropolysaccharides constitués de différents monosaccharides, à savoir le glucose, le galactose, l'arabinose, rhamnose, mannose, xylose, fucose, fructose et ribose, ils pourraient contenir l'acide glucuronique et l'acide galacturonique (Minglian *et al.*, 2014). La partie aérienne de la plante contiennent du β - D-(1-3) -galactane fractions ramifiées avec des chaînes latérales β -D-(1-6) -galactooligosaccharide (Auyeung *et al.*, 2016).

III. 4.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits des racines d'*A. membranaceus* a diverses bioactivités importantes, tels que l'immunomodulation, antioxydant, antitumoral, antidiabétique, antiviral, l'hépatoprotection, anti-inflammation et anti-athérosclérose (Minglian *et al.*, 2014).

III. 4.2. *Astragalus Radix*

III. 4.2.1. Composition biochimique

D'après Li *et al.* (2009) les polysaccharides de *Astragalus Radix* sont constitués de α -(1-4) -D-glucane contenant un simple α -D-glucose de tous les neuf résidus avec α -(1-6) ramification (Zhen-yuan *et al.*, 2011). Selon Li *et al.* (2020) les molécules des polysaccharides de *Astragalus Radix* sont principalement composées par les arabinogalactanes (Li *et al.*, 2020).

III. 4.2.2. Activités biologiques et applications

Selon Li *et al.* (2009) les polysaccharides de *Astragalus Radix* est connue pour avoir une variété d'activités biologiques, telles antitumorales, antidiabétiques, antiviraux, et des effets cardiovasculaires et neuroprotecteurs. (Li *et al.*, 2020).

III. 4.3. *Astragalus mongholicus* Bge

III. 4.3.1. Composition biochimique

Selon Ai *et al.* (2008) l'hétéropolysaccharide acide isolé de la racine d'*A. mongholicus* est composé de L-arabinose, D-acide galactose, D- acide galacturonique et D-glucuronique. Des études de Liao *et al.* (2018) montré qu'il est constitué de monosaccharides de type arabinose, xylose, acide glucuronique et rhamnose. Selon Kiyohara *et al.* (2010) les polysaccharides isolés de *Astragalus mongholicus* possède une ramification β -(1-6) - D-galactooligosaccharide β -(1-3) - D-galactose (Zheng *et al.*, 2020).

III. 4.3.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de la plante *Astragalus mongholicus* caractérisé par activités antitumorales (Zhen-yuan *et al.*, 2011).

III. 4.4. *Astragalus armatus*

III. 4.4.1. Composition biochimique

L'étude de Boual *et al.* (2015) porte sur l'extraction et purification d'une fraction brute de polysaccharides solubles dans l'eau à partir de graines d'*A. armatus*. Les polysaccharides était une fraction riche en galactomannane, avec un β -(1-4) -D-mannopyranose squelette avec des ramification α -(1-6) -D-galactopyranose et un rapport mannose, galactose de 1,13%.

L'étude de Ferhi *et al.* (2011) montre que les fibres lignocellulosiques des racines d'*Astragalus armatus*, présentent un faible pourcentage de lignine (environ 17%) et une teneur acceptable en polysaccharide (54%), avec un α -cellulose d'environ 35 % (Ferhi *et al.*, 2011).

III. 4.4.2. Activités biologiques et applications

L'étude de Moussaoui *et al.* (2011) ; Younes *et al.* (2011) a rapporté l'utilisation des racines d'*Astragalus armatus* comme matière première pour l'application de la pâte et du papier. Il a confirmé la pertinence de faire des feuilles de papier avec de bonnes caractéristiques physiques. Les polysaccharides présentent des activités complémentaires et le potentiel antioxydant (Boual *et al.*, 2015).

III. 4.5. *Astragalus gombo*

III. 4.5.1. Composition biochimique

D'après Chouana *et al.* (2017) les polysaccharides extraits à partir des graines d'*Astragalus gombo* possèdent des caractéristiques structurales constituées de galactomannane de rapport mannose/galactose de 1.7 formé par un squelette de résidus β -(1-4) -D-mannopyranosyle (63%) substitués en position O-6 par un seul α -galactopyranose résidu (37%) (Chouana *et al.*, 2017).

III. 4.5.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits à partir des graines d'*Astragalus gombo* ont des activités antioxydantes, probiotiques, agents de texture (Addoun, 2021 ; Sarraf *et al.*, 2021).

III. 4.6. *Astragalus senegalensis* Pers

III. 4.6.1. Composition biochimique

La partie principale qui est étudiée sont l'écorce et les racines, il est riche en polysaccharides de type glucane, semblable à la structure de la pectine (Sarraf *et al.*, 2021).

III. 4.6.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits de l'*Astragalus* peuvent avoir diverses activités biologiques importantes telles que l'activité antioxydante, l'activité immunomodulatrice, l'activité antitumorale, l'activité

Chapitre III. Etude des polysaccharides issus des plantes médicinales

antidiabétique, activité antivirale, activité hépato protectrice, et activité anti-inflammation et utilisé comme insecticide (Qing Sun *et al.*, 2017).

Tableau 04 : Les polysaccharides de certaine espèce d'*Astragalus*, activité biologique.

Espèce d' <i>Astragalus</i>	PartiE étudiée	Type des polysaccharides	Activités biologiques	Références
<i>A. membranaceus</i>	Racines	Galactane	Immunomodulatrice Antioxydant Antitumoral Antidiabétique Antiviral Anti-inflammation Anti-athérosclérose	(Auyeung <i>et al.</i> , 2016)
<i>A. Radix</i>	Racines	Glucane Arabinogalactanes	Immunomodulatrice Antitumoral Antidiabétique Antiviraux	(Zhen-yuan <i>et al.</i> , 2011)
<i>A. mongholicus</i> Bge	Racine		Antitumoral	(Zheng <i>et al.</i> , 2020)
<i>A. armatus</i>	Graines	Galactomannane	Anti-complément	(Bouala <i>et al.</i> , 2015)
	Racines	Cellulose Lignine	Antioxydant	(Ferhi <i>et al.</i> , 2011)
<i>A. gombo</i>	Graines	Galactomannane	Antioxydant	(Chouana <i>et al.</i> , 2017)
<i>A. senegalensis</i> Pers	L'Écorce	Glucane	Anti-complément	(Sarraf <i>et al.</i> , 2021)
	Racines	Pectine	Anti antispasmodique	

III. 5. Polysaccharides de *Cassia*

III. 5.1. *Cassia angustolia*

III. 5.1.1. Composition biochimique

Selon Alam et Gupta, (1986) les polysaccharides isolés des graines de *Cassia angustolia* sont composés de la chaîne principale du galactomannanes constituée d'unités mannoypyranosyl liées (1-4) ayant des liaisons β -glycosidiques tandis que les unités galactopyranosyl liées α -glycosidiques liées (1-6) forment la ramification points (Alam et Gupta, 1986).

Müller *et al.* (1989) indiquent que la principale fraction polysaccharidique acide des feuilles de *Cassia angustolia* constituée d'un squelette constitué de rhamnose lié en (1-2) et d'acide galacturonique lié en (1-4) et des monosaccharides composés par rhamnose (14,5%), galactose (15,8%), arabinose (15,3%) (Müller *et al.*, 1989).

III. 5.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides isolés des feuilles de *Cassia angustolia* présentent activité immunomodulation et différentes présentent une activité antitumorale plus ou moins prononcée (Müller *et al.*, 1989).

III. 5.2. *Cassia tora*

III. 5.2.1. Composition biochimique

Selon Varshney *et al.* (1973) le polysaccharide isolé des graines de *Cassia tora* semble être fortement ramifié et composé de D-galactose, D-glucose, D-mannose et D-xylose dans le rapport molaire de 2 :2 :7 :1 et contient probablement une liaison à D-galactopyranose et D-xylopyranose en tant que résidus terminaux attachés aux unités β -D-mannopyranose et glucopyranose liées en (1-4) et 1,4,6 de la chaîne principale (Varshney *et al.*, 1973).

III. 5.2.2. Activités biologiques et applications

D'après Huang *et al.* (2012) peut-être des polysaccharides pectiques et l'hémicellulose de *C. tora* composée d'arabinogalactane et de polysaccharides pectiques avaient des effets inhibiteurs sur les activités de l' α -amylase et de la lipase pancréatique, tout en entraînant une augmentation de l'activité de la protéase. Avait également la capacité de lier les acides biliaires et de réduire la quantité de cholestérol disponible pour l'absorption (Huang *et al.*, 2012).

L'utilisation des polysaccharides extrait de *c. tora* dans le développement de diverses formes galéniques pharmaceutiques car elles sont économiques, facilement disponibles, non toxiques, capables de modifications chimiques, potentiellement biodégradables également biocompatibles (Dee Snell et Snell, 1961).

III. 5.3. *Cassia obtusifolia*

III. 5.3.1. Composition biochimique

Selon Shang *et al.* (2012) L'extrait polysaccharidique de graine de *C. obtusifolia* est un galactomannanes de poids moléculaires différents, constitués d'un squelette β -D-mannopyranosyle lié en 1-4 avec des branches α -D-galactopyranosyle à une seule unité attachée à O-6 du mannose, et un acide linéaire (1-4)- α -polygalacturonique (Shang *et al.*, 2012). Avec des monosaccharides composés de rhamnose, mannose, acide glucuronique, acide galacturonique, glucose, galactose, xylose, et arabinose (Wu *et al.*, 2019).

III. 5.3.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides obtenus à partir du mucilage de graines de *Cassia obtusifolia* a une activité anti oxydant.il est utilisé pour formuler un film dégradable pour des applications d'administration de médicaments et comme matériau dans la médecine traditionnelle (Wu *et al.*, 2019).

III. 5.4. *Cassia fistula*

III. 5.4.1. Composition biochimique

D'après Dawood *et al.* (2021) les polysaccharides ont été extrait de la pulpe de fruits de *Cassia fistula* et contenait un faible pourcentage de protéines brutes (4,4%). L'acide aspartique, l'acide glutamique et la proline étaient les acides aminés les plus abondants. Le glucose et le mannose étaient les sucres prédominants suivis de l'arabinose et du rhamnose. La liaison glycane-peptide dans la structure polysaccharidique extraite a été classée comme un type O-glycosidique (Dawood *et al.*, 2021).

III. 5.4.2. Activités biologiques et applications

Les activités biologiques des polysaccharides extraits de la pulpe de fruits de *Cassia fistula* ont été rapportées et l'analyse structurale a montré que le polysaccharide présente une activité antitumorale (Dawood *et al.*, 2021).

III. 5.5. *Cassia uniflora***III. 5.5.1. Composition biochimique**

Selon Deore *et al.* (2021) les graines de *Cassia uniflora* sont riches en mucilage d'environ 10.8% w/w. Le mucilage isolé était neutre, confirme la présence de résidus de polysaccharides (β -D-glucose) sous forme pyranose. L'estimation quantitative de la teneur en polysaccharides s'est avérée être de $76,29 \pm 0,9$ % w/w (Deore *et al.*, 2021).

III. 5.5.2. Activités biologiques et applications

Utilisant le polysaccharide mucilagineux de la graine de *Cassia uniflora* comme agent gélifiant efficace dans les industries alimentaires et pharmaceutiques (comme agent gélifiant, émulsifiant, épaississant et filmogène, stabilisant, liant pour comprimés, désintégrant, etc.) (Deore *et al.*, 2021).

III. 5.6. *Cassia multijuga***III. 5.6.1. Composition biochimique**

Vargas Rechia *et al.* (1995) indiquent que les graines de *Cassia multijuga* ont été extraites et se sont avérées composées des galactomannanes (Mannane, Galactane). Il consiste en une chaîne principale de résidus β -D-mannopyranosyle liés en (1-4) substitués en O-6 par des chaînes latérales α -D-galactopyranosyle à une seule unité. Également composé était un O-acétyl-glucuronarabinoxylane (O-acétyl, acide glucuronique 11,7%, xylose et arabinose) (Rechia *et al.*, 1995).

III. 5.6.2. Activités biologiques et applications

Selon Mouecoucou, Villaume, Sanchez et Mejean, 2004 les polysaccharides présents dans les aliments ont joué un rôle important dans les fonctions physiologiques, telles que la réduction du cholestérol dans le sérum et des lipides dans le foie, l'amélioration de l'excrétion des stéroïdes et des acides biliaires dans les fèces et le contrôle des activités des enzymes digestives

En conséquence, les polysaccharides sont devenus un ingrédient populaire dans de nombreuses boissons fonctionnelles ou à base de plantes (Mouecoucou *et al.*, 2004).

Tableau 05 : Les polysaccharides de certaine espèce *Cassia*, activité biologique.

Espèce Cassia	de Parties étudiées	Composition en monosaccharides	Activites biologiques	Référence
<i>c. angustolia</i>	Graines	Rhamnose Glucose	Immunomodulation Antitumorale	(Alam et Gupta, 1986).
	Feuilles	Mannose Xylose		(Müller <i>et al.</i> , 1989)
<i>c. tora</i>	Graines	Galactose Glucose Mannose Xylose	Antioxydante	(Varshney et al., 1973)
<i>c. obtusifolia</i>	Graines	Rhamnose Mannane Acide glucuronique Avide galacturonique Xylose Arabinose	Antioxydante	(Wu <i>et al.</i> , 2019).
<i>c. fistula</i>	Pulpe de fruit	Glucose Arabinose Mannose Rhamnose	Antitumorale	(Dawood <i>et al.</i> , 2021)
<i>c. uniflora</i>	Graines	Glucose	Antioxydante	(Deore <i>et al.</i> , 2021)
<i>c. multijuga</i>	Graines	Mannane Galactane	Antioxydante	(Rechia <i>et al.</i> , 1995)

III. 6. Polysaccharides de *Melilotus*

III. 6.1. *Melilotus indica*

III. 6.1.1. Composition biochimique

Selon Gupta *et al.* (1986) l'extrait de polysaccharides de la graine de *M. indica* est un galactomannane, indique un squelette D-mannane composé de 36 % de résidus (1-4) et 10 % de résidus β - D-mannopyranosyle liés en (1-2). De courtes chaînes peu fréquentes de résidus α - D-galactopyranosyle liés (1-4) (composés de deux unités galactose) sont attachées au squelette D-mannane, en plus de groupes α - D-galactopyranosyle uniques attachés par des liaisons (1-6). Le galactomannane porte également une courte chaîne d'unités β -D-mannopyranosyle liées en (1-4) (constituées de trois résidus mannose) fixées en O-4 d'un résidu α - D-galactosyle (**Gupta *et al.*, 1986**)

III. 6.1.2. Activités biologiques et applications

La plante *Melilotus indica* a des propriétés anti-inflammatoires, antioedémateuses, phlébotoniques, diurétiques et sédatives propriétés tives. En médecine traditionnelle recommandé comme remède contre les troubles intestinaux et la diarrhée infantile (**Burlando *et al.*, 2010**).

III. 6.2. *Melilotus alba*

III. 6.2.1. Composition biochimique

Datta *et al.* (1999) montrent le Rhizobium sp, isolé des nodules racinaires de la légumineuse fourragère *M. alba*, produit de grandes quantités de polysaccharides extracellulaires et contient des monomères arabinose (11,73%), xylose (64,59%) et rhamnose (23,68%) (**Datta *et al.*, 1999**).

III. 6.2.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides isolés de nodules racinaires de *M. alba* a une activité antioxydant et utilisé dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques pour la formation de gels, colloïdes, crèmes (**Kennedy et White, 1983 ; Breedveld et Miller, 1994**).

Tableau 06 : Les polysaccharides de certaine espèce *Melilotus*, activité biologique.

Espèce Melilotus	Parties étudiées	Composition en monosaccharides	Activités biologiques	Référence
<i>M. indica</i>	Graines	Galactose	Anti- inflammatoires	(Gupta <i>et al.</i> , 1986)
<i>M. alba</i>	Nodules racinaire	Rhamnose Arabinose Xylose	Antioxydant	(Datta <i>et al.</i> , 1999).

III. 7. Polysaccharides de *Trigonella*

III. 7.1. Composition biochimique

Ktari et al. (2017) ; Tangri, (2014) indiquent que les graines de *fenugrec* sont une riche source de galactomannane polysaccharidique qui se compose principalement des unités monosaccharides mannose et galactose. Les éléments de mannose forment une chaîne linéaire de résidus (1-4) - β - D-mannopyranosyle, avec (1-6) des résidus α - D-galactopyranosyle liés comme chaîne latérale à des distances variables (Tangri, 2014; Ktari *et al.* 2017).

III. 7.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides présentent une forte activité biologique en termes de propriétés antimicrobiennes et antioxydantes in vitro et in vivo, réduisant les perturbations du profil hématologique, des paramètres biochimiques, des dommages histopathologiques et de l'ADN dans les tissus hépatiques (Feki *et al.* 2019).

Tableau 07 : Les polysaccharides de plante *Trigonella*, activité biologique.

Espèce Trigonella	Parties étudiées	Composition en monosaccharides	Activités biologiques	Référence
<i>Trigonella foenum- graecum</i>	Graines	Arabinose Xylose Fructose Glucose Galactose Mannose Rhamnose	Antioxydant Antimicrobiennes	(Ktari <i>et al.</i> , 2017)

III. 8. Polysaccharides de *malva*

III. 8.1. *Malva sylvestris*

III. 8.1.1. Composition biochimique

Classen et Blaschek, (2002) montrent une protéine d'arabinogalactane isolé à partir d'un milieu de culture en suspension de *Malva sylvestris*, elle a révélé les caractéristiques de la protéine d'arabinogalactane : une grande quantité de polysaccharide avec un rapport galactose/arabinose de 1.9 : 1, certains acides uroniques et une petite protéine fraction avec les principaux acides aminés sérine, alanine et hydroxyproline. Les analyses de liaison ont montré que la protéine arabinogalactane est composée d'un polysaccharide central hautement ramifié de résidus Galp liés en 3,6 et 3,6 avec Araf terminal, GlcAp et Galp (**Classen et Blaschek, 2002**).

Selon Gonda et al. (1990) une préparation principale de polysaccharides acides a été isolée des feuilles de *Malva sylvestris*. Il est composé de L-rhamnose, de β -galactose, d'acide β -galacturonique et d'acide β -glucuronique dans le rapport molaire de 22 :6 :22 :11, et il contient 7,7 % de peptide (**Gonda et al., 1990**).

8.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides isolés des feuilles de *Malva sylvestris* a un bienfait pour la santé en raison d'activité antioxydante, anti-inflammatoire, anticancéreuse, cicatrisante et une activité anti complémentaire considérable (**Toledo et al., 2004**).

III. 8.2. *Malva mohileviensis*

III. 8.2.1. Composition biochimique

Odontuya et al. 2012 indique que des études phytochimiques de l'eau froide des graines de *M. mohileviensis* ont révélé la présence d'un polysaccharide de type pectique peu commun. L'acide galacturonique (38 %) et le rhamnose (30 %) étaient présents en tant que principaux monosaccharides, et les analyses de liaison ont révélé que l'acide galacturonique était présent en tant qu'unités liées (1-4) et 1-3,4 et le rhamnose essentiellement sous forme d'unités liées (1-3) (**Odontuya et al., 2012**).

III. 8.2.2. Activités biologiques et applications

Ces polysaccharides à une activité anti-inflammatoire par exemple sur l'œdème de la patte induit par l'histamine (**Odontuya et al., 2012**).

III. 8.3. *Malva verticillata*

III. 8.3.1. Composition biochimique

D'après Gonda *et al.* (1990) des études chimiques ont démontré que le polysaccharide isolé de la graine de *Malva verticillata* est l'arabinogalactane est riche en résidus α -L-arabinofuranose et possède principalement un L-arabino- β -3,6-ramifié- D-galactane structure accompagnée d'unités de type rhamnogalacturonan. Les résidus de L-arabinopyranose à liaison α -(1-3) et de D-xylopyranose à liaison β -(1-4) ont également été identifiés en tant qu'unités constitutives. Est également avéré composé d'i-arabinose (60,5 %), de D-xylose (6,7 %), de D-galactose (19,4 %), de L-rhamnose (4,9 %) et d'acide D-galacturonique (8,6 %) et également de contenir une petite quantité de protéines (3,3 %) (Gonda *et al.*, 1990).

III. 8.3.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides isolés des graines de *Malva verticillata* il prouvé de bienfaits pour la santé en raison de son activité antioxydante, son activité anti-inflammatoire par exemple Il a été utilisé comme diurétique, laxatif (Mousavi *et al.*, 2021).

III. 8.4. *Malva aegyptiaca*

III. 8.4.1. Composition biochimique

Selon Fakhfakh *et al.* (2017) les polysaccharides extrait de *Malva aegyptiaca* montré les teneurs en sucres totaux (81,2%) et en groupes sulfatés (2,9%) mais avec la teneur en protéines totales la plus faible (8,7%). L'analyse des monosaccharides a révélé la dominance du galactose (40,3 à 43,7 %) et de l'acide glucuronique (25,9 à 30,9 %). Suivi du mannose, du glucose et du rhamnose avec une plus petite quantité d'arabinose (Fakhfakh *et al.*, 2017).

III. 8.4.2. Activités biologiques et applications

Namki, (1990); Wang *et al.*, (2010); Guoyun *et al.*, (2011) montrent Les polysaccharides extraits des feuilles de *Malva aegyptiaca*, les résultats obtenus ont révélé que les polysaccharides présentaient des activités antioxydantes et antibactériennes plus élevées. Il semble que la teneur relativement élevée en groupes sulfatés des polysaccharides extraits explique leurs activités antioxydantes et antibactériennes élevées. Le *M. aegyptiaca*, une plante spontanée et mucilagineuse, pourrait être considéré comme une source prometteuse de

polysaccharides aux bioactivités intéressantes dans les industries médicales et alimentaires (Namki, 1990 ; Wang *et al.*, 2010 ; Guoyun *et al.*, 2011).

III. 8.5. *Malva parviflora*

III. 8.5.1. Composition chimique

Boual *et al.* (2013) indique que les polysaccharides des feuilles de *Malva parviflora* ont la présence de galactose (56,86%), d'acide glucuronique (20,57%), d'arabinose (9,04%), de rhamnose (8,46%) et de mannose (5,05%) (Boual *et al.*, 2013).

III. 8.5.2. Activités biologiques et applications

Les mucilages extraits des feuilles et des fruits de *M. parviflora* pourraient être incorporés dans de nombreuses applications thérapeutiques significatives après des essais cliniques. Le traitement au mucilage a réduit la toux, l'inflammation et les ulcères chez les modèles animaux. Le mécanisme sous-jacent de la gastro-protection réside dans le potentiel antisécrétoire et protecteur du mucus du mucilage (Altyar *et al.*, 2022).

III. 8.6. *Malva mavritana*

III. 8.6.1. Composition biochimique

Paulsen *et al.* (2002) rapportent les polysaccharides hydrosolubles d'extrait des feuilles de *M. mavritana* composé 10% de rhamnose, 5% d'arabinose, 7,5% de galactose, 1,5% de mannose, 1% de glucose et 27% d'acide uronique.

Les polysaccharides des *Malvaceae* montrent une chaîne Rhamnogalacturonique et des ramifications par des acides uroniques et du galactose (Boual *et al.*, 2013).

III. 8.6.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits des feuilles de *M. mavritana* utilisés comme antioxydant naturel et agent antibactérien et comme agents biopesticides et phytosanitaires et un rôle dans la régulation de la coagulation sanguine (Boual *et al.*, 2013).

Tableau 08 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Malva*, activité biologique

Espèce <i>Malva</i>	de Parties étudiées	Composition en monosaccharides	en Activités biologiques	Référence
<i>M. sylvestris</i>	Feuilles	Galactose Glucose Mannose Rhamnose Acide galacturonique Arabinose	Antioxydant Anti inflammatoire	(Classen et Blaschek, 2002)
<i>M. mohileviensis</i>	Graines	Acide galacturonique Rhamnose	Anti inflammatoire	(Odontuya <i>et al.</i> , 2012)
<i>M. verticillata</i>	Graines	L-arabinose Rhamnogalacturonan	Antioxydant Anti inflammatoire	(Gonda <i>et al.</i> , 1990)
<i>M. aegyptiaca</i>	Feuilles	Galactose Acide glucuronique	Antioxydant Antibactériennes	(Fakhfakh <i>et al.</i> , 2017).
<i>M. parviflora</i>	Feuilles	Galactose Acide glucuronique Arabinose Rhamnose Mannose	Antisécrétoire Anti inflammatoire	(Boual <i>et al.</i> , 2013).
<i>M. mavritana</i>	Feuilles	Galactose Acide glucuronique arabinose Rhamnose Mannose	Antioxydant	(Boual <i>et al.</i> , 2013).

III. 9. Polysaccharides de *Medicago*

III. 9.1. *Medicago Sativa L*

III. 9.1.1. Composition biochimique

Selon Liu *et al.* (2019) *Medicago Sativa L.*, une plante riche en nutriments, les polysaccharides isolés des tiges de *M. sativa* étant une pectine de type rhamnogalacturonan I

(RG-I) étaient composés de rhamnose, arabinose, mannose et galactose avec un rapport molaire différent (Liu *et al.*, 2019).

III. 9.1.2. Activités biologiques et applications

Le polysaccharide de la tige de *M. sativa* des activités antioxydantes et neuroprotectrices fortes celles du polysaccharide naturel. Ils sont utilisés dans la recherche future et le développement de médicaments (Liu *et al.*, 2019).

III. 9.2. *Medicago arborea*

III. 9.2.1. Composition biochimique

Selon Femenia *et al.* (1998) *Medicago arborea* contient des polysaccharides pectiques dans toutes les fractions. Parmi les principaux polysaccharides de la fraction de pectine analysée figurent le galactose et l'arabinose, tandis que les niveaux de xylose sont faibles, indiquant ainsi la présence de xylogalacturonanes. Tandis que la teneur élevée en xylose observée dans la fraction d'hémicellulose peut être attribuée à la présence de xylanes ou de xyloglucanes. Comme pour la fraction cellulosique, la forme majoritaire de sucre détectée est le glucose (Femenia *et al.*, 1998 ; Endress *et al.*, 2009).

III. 9.2.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de *Medicago arborea* montré une activité antioxydante, activité neuroprotectrice, antihyperlipidémique, antidiabétique et anti-inflammatoire (Endress *et al.*, 2009).

Tableau 09 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Medicago* et leurs activités biologiques

Espèce de <i>Medicago</i>	Partie étudiée	Composition en monosaccharides	Activités biologiques	Référence
<i>M. Sativa L</i>	Tige	Rhamnose Arabinose Mannose Galactose.	Antioxydant Antidiabétique	(Liu <i>et al.</i> , 2019)
<i>M. arborea L</i>	Graines	Galactose Arabinose, Xylanes Glucose, Xyloglucanes	Antioxydante Anti-inflammatoire	(Endress <i>et al.</i> , 2009)

III. 10. Polysaccharides de *Nitraria*

III. 10.1. *Nitraria retusa*

III. 10.1.1. Composition biochimique

Zhang *et al.* (2017) ; Zhao *et al.* (2018) ont montré les polysaccharides extrait de plante *Nitraria retusa* composé par des monosaccharides arabinose, rhamnose, galactose, glucose, xylose, mannose, acide galacturonique et acide glucuronique, avec des pourcentages différents. Rjeibi *et al.* (2019) ont rapporté que les monosaccharides prédominants étaient glucose (41,4 %) et acide galacturonique (30,5 %) dans *Nitraria retusa* de Tunisie. Selon Du *et al.* (2015) jusqu'à présent, les études sur l'extraction, la caractérisation de la structure et l'activité biologique des polysaccharides de *Nitraria* sont encore très limitées par rapport aux alcaloïdes, polyphénols et flavonoïdes (Du *et al.*, 2015 ; Zhang *et al.*, 2017 ; Zhao *et al.*, 2018 ; Rjeibi *et al.*, 2019).

III. 10.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides de *Nitraria retusa* ont des activités biologiques et thérapeutiques importantes, y compris des effets antiprolifération, antihyperlipidémique, antitumoraux et la prévention des maladies cardiovasculaires et cérébrovasculaires (Yarley *et al.*, (2021).

III. 10.2. *Nitraria tangutorum* Bobr

III. 10.2.1. Composition biochimique

Zhang *et al.* (2017) ont rapporté que les polysaccharides du fruit de *Nitraria tangutorum* Bobr étaient composés de mannose, de rhamnose, d'acide galacturonique, de glucose, de galactose et d'arabinose avec des rapports molaires approximatifs de 9,2 ; 3,3 ; 1,1 ; 1 ; 1,9 ; 2,3 ;10 (Zhang *et al.*, 2017).

III. 10.2.2. Activités biologiques et applications

les polysaccharides extrait de *Nitraria tangutorum* Bobr est présenté des activités anti-fatigue, par la mobilisation des triglycérides pendant l'exercice et la protection de la membrane corpusculaire par la prévention de l'oxydation des lipides via la modification de plusieurs activités enzymatiques, et utilisées par les résidents locaux pour traiter les affections de la rate et de l'estomac, l'indigestion, la neurasthénie et les rhumes, et les feuilles étaient utilisées comme

agent antispasmodique, anti neuropathique et antiarythmique dans la médecine traditionnelle (Wang *et al.* 2007).

III. 10.3. *Nitraria sibirica*

III. 10.3.1. Composition biochimique

Selon Abuduwaili *et al.* (2021) trois fractions de polysaccharides obtenues à partir des fruits de *N. sibirica* étaient des polysaccharides homogènes avec un moyen de 21,5, 14,4 et 49,4 k Da, respectivement, et principalement composés de rhamnose, arabinose, mannose, glucose et galactose. Ils existent probablement sous la forme de liaisons glycosidiques liées 1→ ou 1 → 6, 1 → 2 ou 1 → 2,6, et 1 → 3, 1→ 3,6 ou 1 → 2,3 selon l'hydrolyse acide partielle (Abuduwaili *et al.*, 2021).

III. 10.3.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides issus des fruits de *N. sibirica* aux propriétés physicochimiques et biologiques différentes (le polysaccharide extrait de *Nitraria sibirica* a présenté une meilleure activité antitumorale et anti-inflammatoire et utilisé dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique (Golovchenko *et al.* 2012 ; Abuduwaili *et al.*, 2021).

Tableau 10 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Nitraria*, activité biologique, propriétés physiques et chimiques

Espèce	de Partie	Composition en	Activités	Référence
<i>Nitraria</i>	étudiée	monosaccharides	biologiques	
<i>N. retusa</i>	Fruits	Glucose	Antitumoral	(Song <i>et al.</i> , 2023)
	Feuilles	Acide galacturonique	Antiinflammatoire	
<i>N. tangutorum</i> <i>Bohr</i>	Fruit	Rhamnose Arabinose Mannose Glucose Galactose	Anti-fatigues	(Zhao <i>et al.</i> , 2018)

<i>N. sibirica</i>	Feuilles	Rhamnose Arabinose Mannose Glucose Galactose	Antiinflammatoire Antitumoral	(Golovchenko <i>et al.</i> , 2012)
--------------------	----------	--	----------------------------------	---------------------------------------

III. 11. Polysaccharides d'*Opuntia*

III. 11.1. *Opuntia polyacantha*

III. 11.1.1. Compositions biochimique

D'après Schepetkin *et al.* (2008) les polysaccharides des fruits et les tiges de d'*Opuntia polyacantha* principalement constitués de galactose, acide galacturonique, xylose, arabinose, rhamnose (Schepetkin *et al.*, 2008).

III. 11.1.2. Activités biologiques et applications

L'*Opuntia polyacantha* comme des nombreuses espèces d'*Opuntia* ont été signalés la présence des activités hypoglycémiant, antioxydant, anti-inflammatoire, immunomodulateur (Schepetkin *et al.*, 2008).

III. 11.2. *Opuntia spp.*

III. 11.2.1. Compositions biochimique

D'après de Zhaoa *et al.* (2007) ; Cai *et al.* (2008) ont montré que les polysaccharides dérivés d'*Opuntia spp* contiennent de l'arabinose, xylose, fructose, glucose, acide galacturonique et des unités de rhamnose (Zhaoa *et al.*, 2011).

III. 11.2.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extrait de plant *Opuntia spp* possède une activité anti-inflammatoire, activité antitumorale, effets hypolipidémiant sanguin, activité de cicatrisation et antidiabétiques (Zhaoa *et al.*, 2011).

III. 11.3. *Opuntia ficus indica*

III.11.3.1. Cladodes

III. 11.3.1.1. Compositions biochimique

Selon **Kaewmanee et al. (2014)** ; **Wang et al. (2007)** ; **Ridelley et al. (2001)** ont montré que la fraction totale de mucilage pectique d'*Opuntia ficus indica* Cladodes est un polysaccharide complexe présent par plusieurs monosaccharides qui constituée des pectines. Il conçoit par des unités d'acide α -(1-4) - D-galacturonique (homogalacturonanes) interrompue par des résidus de L-rhamnose avec des chaînes latérales de D-galactose, L-arabinose (rhamnogalacturonanes I et II) (**Bayara et al., 2016**).

III. 11.3.2.2. Activités biologiques et applications

Selon **Galati et al. (2001)** ; **Galati et al. (2002)** ; **Kaur et al. (2012)** les polysaccharides des plantes d'*Opuntia ficus indica* Cladodes peuvent être utilisés comme agents mucoprotectifs en raison de leur capacité à former un réseau moléculaire et à énorme quantité d'eau. Ainsi, ils peuvent agir comme une couche de protection sur les surfaces muqueuses accélérant la réépithélisation dermique (**Lorenzoa et al., 2017**) et possède une activité antioxydante (**Bayara et al., 2016**).

III. 11.4. *Opuntia ficus-indica*

III. 11.4.1. Fruits

III. 11.4.1.1. Compositions biochimique

Selon **Habibi et al. (2004)** montré que les polysaccharides pectiques extraits de l'écorce des fruits constitués des sucres (rhamnose, arabinose et galactose) et acide galacturonique. La cellulose représentée par 27 %. La fraction soluble dans l'eau était constituée d'une unité répétitive de $\rightarrow 2$)- α -L-rhamnopyranosyl α -(1-4) - D-acide galacturonique -(1 \rightarrow squelette, avec des chaînes latérales des résidus rhamnosyle contenaient de l'arabinane et du galactane (**Habibi et al., 2004**). Le squelette des résidus β - D-galactopyranosyle liés (1-4) avec 39,5 % de ces unités ramifiées en O-3. Les groupes latéraux étaient composés de α -(1-5) arabinogalactane (**Habibi et al., 2004**).

III. 11.4.2.2. Activités biologiques et applications

D'après **Sarraff et al. (2021)** les plants d'*Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits possède des activités antioxydants (**Sarraff et al., 2021**).

Tableau 11 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Opuntia*, activité biologique.

Espèce d' <i>Opuntia</i>	Partie étudiée	Composition monosaccharides	en Activités biologiques	Référence
<i>O. polyacantha</i>	Fruits	Galactose Acide galacturonique	Hypoglycémiant antioxydant Anti-inflammatoire Immunomodulateur	(Schepetkin <i>et al.</i> , 2008)
	Tiges	Xylose Arabinose Rhamnose	Antioxydant Anti-inflammatoire	(Schepetkin <i>et al.</i> , 2008)
<i>O. Opuntia spp</i>		Xylose Arabinose Rhamnose Fructose Glucose Acide galacturonique	Anti-inflammatoire Antitumorale Antidiabétiques	(Zhaoa <i>et al.</i> , 2011)
<i>O. ficus indica</i> <i>Cladodes</i>		Acide galacturonique Arabinose Rhamnose	Antioxydant	(Bayara <i>et al.</i> , 2016)
<i>O. ficus-indica</i> <i>prickly pear</i> <i>fruits</i>	L'Écorce	Xylose Arabinose Rhamnose	Antioxydant	(Habibi <i>et al.</i> , 2004)
	Fruit	Galactose Acide galacturonique	Antioxydant	(Habibi <i>et al.</i> , 2004)

III. 12. Polysaccharide de *phoenix*

III. 12.1. *Phoenix dactylifera* L.

III. 12.1.1. Compositions biochimique

Selon Ishurda et Kennedy, (2005) le glucane a été isolé à partir de dattes libyennes (*Phoenix dactylifera* L) composé par un laissions β -(1-3)-D-glucane (Ishurda et Kennedy, 2005 ; Addoun, 2021). D'après Noorbakhsh et Khorasgani, (2022) montré que Les polysaccharides de la chair des dattes sont constitués d'un résidu (1-3) - β - D-glucopyranosyl avec des résidus de saccharide ramifiés liés (1-6). La graine de datte contient du xylane. Le xylane consiste structurellement en β -(1-4) D-xylose avec différentes chaînes latérales les groupes L-arabinose, D-galactose (Noorbakhsh et Khorasgani 2022). Ishurd *et al.* (2003) signalé glucose et galactomannane à partir des graines. Les fibres non extractives contenaient 9,6 % de lignine et les trois fractions d'hémicellulose et des matériaux résiduels riches en cellulose (Ishurd *et al.*, 2003).

III. 12.1.2. Activités biologiques et applications

Selon Ishurda et Kennedy, (2005) les polysaccharides de la plant *Phoenix dactylifera L* présentaient de puissants activité antitumorale (**Ishurda et Kennedy, 2005; Addoun, 2021**).

Tableau 12 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Phoenix*, activité biologique.

Espèces de Phoenix	Partie étudiée	Types des polysaccharides	des Activités biologiques	Références			
<i>Phoenix dactylifera</i>	Graines	Glucanes	Antitumorale	(Ishurda et Kennedy, 2005)			
		Xylane					
		Glucomannane Galactomannane					
Fibre	Hémicellulose Lignine Cellulose	Antitumorale	(Noorbakhsh et Khorasgani 2022)				
				La chair de datte	Glucanes	Antitumorale	(Ishurd et al., 2003).

III. 13. polysaccharide de *Zizyphus*

III. 13.1. *Zizyphus Jujuba cv. Jinsixiaozao*

III. 13.1.1. Compositions biochimique

Selon Li *et al.* (2011) Les tests immunobiologiques indiqué que deux fractions de polysaccharides de plante *Zizyphus* sont riche en pectine (**Li et al., 2011**).

III. 13.1.2. Activités biologiques et applications

Les polysaccharides extraits de *Zizyphus Jujuba cv. Jinsixiaozao* a une activité anticcomplémentair potentielle (**Li et al., 2011**).

III. 13.2. *Zizyphus mauritiana*

III. 13.2.1. Compositions biochimique

Selon Malgras, (1992) ; Yansambou, (2002) ; Fortin *et al.* (1997) ; Yamada *et al.* (1985) montré que Certains polysaccharides étaient isolés des feuilles de *Z. mauritiana* constituée de arabinanes (**Chebouat et al., 2013**). D'après Diallo *et al.* (2004) Les polysaccharides qui constituée de ce plant sont composés de glucose, des acides galacturonique et glucuronique, de rhamnose et de galactose (**Diallo et al., 2004**).

III. 13.2.2. Activités biologiques et applications

Les feuilles de *Ziziphus mauritiana* sont utilisées comme antiseptique, anti-diarrhéique et antidiabétique. Différentes activités de la plante ont été confirmées anti-inflammatoire, anticomplémentaire, diurétique, émolliente et hypotensive (**Chebouat et al., 2013**).

Tableau 13 : Les polysaccharides de certaine espèce de plante *Ziziphus*, activité biologique.

Espèces de <i>Ziziphus</i>	Parties étudiées	Types des polysaccharides	Activités biologiques	Références
<i>Ziziphus Jujuba</i> <i>cv. Jinsixiaozao</i>		Pectines	Anticomplémentaire	(Li et al., 2011)
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Feuilles	Arabinanes	Antiseptique Antidiarrhéique Antidiabétique Antiscorbutique Anti-inflammatoire	(Diallo et al., 2004)

III. 14. Polysaccharide d'*Argania*

III. 14.1. *Argania spinosa*

II. 14.1.1. Compositions biochimique

Selon Ray et al. (2004) montré que les polymères d'hémicelluloses ont été isolés des feuilles d'*Argania spinosa* constituée à xylan et xyloglucan. Le xylan est composé par β -(1-4) -D-xylopyranose substituée aux résidus d'acide 4-O-méthyl-D-glucuronique. Le Xyloglucane composé par β -(1-4) -D-glucane (**Ray et al., 2004**).

Tableau 14 : Les polysaccharides de plante *Argania*, activité biologique.

Espèces d' <i>Argania</i>	Parties étudiées	Types des polysaccharides	Références
<i>Argania spinosa</i>	Feuilles	Hémicelluloses Xyloglucan Xylan	(Ray et al.,2004)

CONCLUSION



Conclusion

Ce travail est une Rivue bibliographique. Elle est structurée en trois chapitres comme suit :

Le premier chapitre consiste en revue générale sur les polysaccharides que sont les macromolécules les plus abondantes sur terre et dans les océans et forment un groupe diversifié de glucides et peuvent être classés selon leur origine c'est-à-dire animale, bactérienne, marin ou végétale et leur nature soit de réserve ou, leur solubilité dans l'eau ou leur digestion dans le système gastro-intestinal humain d'après leur taille et de structure des molécules. Également mettre en évidence la fonction des polysaccharides qu'ils peuvent agir comme des substances squelettiques dans les parois cellulaires des plantes et des algues, et leur application dans l'industrie alimentaire, cosmétique et la production de médicaments.

Le deuxième chapitre portera sur les polysaccharides végétaux et leurs classifications de sorte les polysaccharides végétaux sont des macromolécules, constitués de longues chaînes linéaires ou ramifiés de monosaccharides, liées entre elles par des liaisons glycosidiques. Ils peuvent être classés en homopolysaccharides ou hétéropolysaccharides selon leurs unités de construction (galactomannane, glucomannane, hémicellulose, pectines et les gommages), ou selon le rôle qu'ils exercent comme réserve énergétique ou structurel. Les sources de polysaccharides végétaux sont multiples. Il se distingue les polysaccharides de réserve (amidon, caroube), les polysaccharides de structures (cellulose, hémicellulose, pectines), les polysaccharides exsudats (gomme arabique) et enfin les mucilages. Le potentiel de ces composés réside dans leur diversité de structure, leur conférant un panel de propriétés biologiques intéressantes pour les applications en santé (utilisés dans nombreuses industries notamment en cosmétiques, en pharmaceutiques, en agroalimentaires et dans le textile).

Et en fin dans le troisième chapitre l'étude des compositions biochimique et les activités biologiques des polysaccharides extraits des plantes médicinales. Dans notre étude, 14 espèces sont étudiés : *Acacia*, *Plantago*, *Astragalus*, *Retama*, *Cassia*, *Melilotus*, *Trigonella*, *Malva*, *Medicago*, *Nitraria*, *Opuntia*, *Phoenix*, *Zizyphus*, *Argania*.

Les polysaccharides les plus abondants trouvés dans ces espèces sont l'arabinogalactane, les galactomannanes et les polysaccharides pectiques qui ont été extraits (aériens ou souterrains) de plante médicinale par différentes méthodes.

Les polysaccharides extraits de plantes médicinales ont montré de nombreuses activités biologiques qui se sont avérées efficaces contre le cancer, l'inflammation et les tumeurs et leur application dans l'industrie alimentaire, cosmétique et énergétique. Ils ouvrent la voie à de nouvelles études sur les polysaccharides dans le futur.

Références bibliographies



Références bibliographiques

1. Abdoulaye, F. (2008). Rheophysique des fluides complexes : écoulement et blocage de suspensions. SEMATIC SCHOLAR. Physics.ResearchGate.1-26.
2. Abuduwaili, A., Mutailifu, P., Nuerxiati, R., Gao, Y., Aisa, H. A., Yili, A. (2021). Structure and biological activity of polysaccharides from *Nitraria sibirica* pall fruit. Food Bioscience, 40, 100903.
3. Addoun, N. (2021). Caractérisation, comportement rhéologique et activités biologiques de polysaccharide hydrosoluble issu des graines de *Plantago ciliata* Desf. Récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est Algérien). Thèse de Doctorat. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. OUARGLA.
4. Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Chouana, T., Gardarin, C., Dubessay, P., Benaoun, F., Addaoud, S., Ould El Hadj, M.D., Michaud, P. & Pierre, G. (2021). Beneficial Health Potential of Algerian Polysaccharides Extracted from *Plantago ciliata* Desf. (Septentrional Sahara) Leaves and Seeds. Applied Sciences, 11(9):4299.
5. Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Ursu, A. V., Desbrières, J., Le Cerf, D., Gardarin, C., Hentati, F., Ould El Hadj, M.D., Michaud, P. & Pierre, G. (2020). Structural features and rheological behavior of a water-soluble polysaccharide extracted from the seeds of *Plantago ciliata* Desf. International Journal of Biological Macromolecules, 155, 1333–1341.
6. Akbar, S. (2020). In Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications (pp. 1455–1463). Cham: Springer International Publishing.
7. Akroun, S & Tellab, L., (2020). Extraction, purification et caractérisation des polysaccharides végétaux. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention d'un diplôme de master. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Tizi-Ouzou.
8. Alam, N & Gupta, P. (1986). Structure of a Water-Soluble Polysaccharide from the Seeds of *Cassia angustifolia*. Planta Medica, 52(04), 308–310.
9. Alkorata, I & Elguero, J 2002 *J. Chem. Phys.* 117 6463.
10. Altyar, A.E, Munir, A, Ishtiaq, S, Rizwan, M, Abbas, K, Kensara, O, Elhady, S.S, Rizg, W.Y, Youssef, F.S, Ashour, M.L. (2022). Malva parviflora Leaves and Fruits Mucilage as Natural Sources of Anti-Inflammatory, Antitussive and Gastro-Protective Agents: A Comparative Study Using Rat Models and Gas Chromatography. Pharmaceuticals, 15, 427.
12. Andany, M.M.A; Lucán, M.G; -García, C.D; Fernández, C; Rodríguez, E.A. (2016). Glycogen metabolism in humans. Journal.5. P85-p100.
13. Anonymous, (1995) The Wealth of India: Raw Materials, vol. 1, revised edition, Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), New Delhi, pp. 46–51.
14. Anonymous, (2006) The Wealth of India: A Dictionary of Indian Raw Material and
17. Araki, C. (1956). Structure of the Agarose Constituent of Agar-agar. Articl.29. P543-p544.
18. Armisen, R ; Galatas, F ; Spain, H.S.A. (2009). Agar.Articl. P82-p107.

Références bibliographies

19. Ashter, S.A. (2018). Direct derivatives of polymer from biomas. ELSEVIER.USA.
20. Aspinall, G. O;(1970). Polysaccharides.Pegamon Paess Oxford. Toronto.Sydey. Braunschweig.New York.
21. Aspinall, G. O, Carlyle, J. J, Young, R. (1968). Acacia mearnsii gum. Carbohydrate
22. Bajpai, P, (2018). Wood and fiber fundamentals, biemann's handbook of pulp and paper (third edition), raw material and pulp making 1:19-74.
23. Bastiaens, L; Soetemans, L; D'Hondt, E; Kathy, E. (2019). Sources of Chitin and Chitosan and their Isolation.p1-p34.
24. Bauer, W.J ; Badoud, R ; Loliger, J ; Etournaud, A ;(2010). Science et technologie des aliments principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Presses polytechniques et universitaires romandes. Italie.
25. Bauer, W.J, Badoud, R, Loliger, J. (2010). Science et technologie des aliments. Presses polytechnique et universitaire romandes, Italie.719 p.
26. Belorio, M., & Gómez, M. (2020). Psyllium: A useful functional ingredient in food systems. Critical Reviews in Food Science and Nutrition., 21, 1–12.
27. Beltrán, O, Leon de Pinto, G, Martínez, M, Rincón, F. (2005). Comparación de los datos analíticos de las gomas d'Acacia macracantha, Acacia tortuosa y otras Gummiferae. Afinidad. 62, 237–241.
28. Benaoun, F, Delattre, C, Boual, Z, Ursu, A. V, Vial, C, Gardarin, C, ... Pierre, G. (2017). Structural characterization and rheological behavior of a heteroxylan extracted from *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) seeds. Carbohydrate Polymers, 175, 96–104.
29. Binwei, B, Yang, H, Fang, Y, Nishinari, K, Phillips, G.O. (2017). Characterization and emulsifying properties of b-lactoglobulin-gum Acacia seyal conjugates prepared via the Maillard reaction. Food Chem. 214, 614–621.
30. Blanco, P., Sieiro, C., & Villa, T. G. (1999). Production of pectic enzymes in yeasts. FEMS Microbiology Letters, 175(1), 1–9.
31. Blanshard, L, eds, Chichester, New York (1987)
32. Botineau, M;(2009). Pharmacognosie phytochimie plantes medicinales. Lavoisier. Paris.
33. Boual, Z, Chouana, T, Kemassi, A, Hamid Oudjana, A, Daddi Bouhoun, M, Michaud, P. Ould El Hadj, M.D. (2015). Chemical composition and bioactivity of water-soluble polysaccharides from leaves of *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae). Phytothérapie.13, 396–402.
34. Boual, Z, Pierre, G, Delattre, C, Benaoun, F, Petit, E, Gardarin, C, Michaud, P, Ould El Hadj, M.D. (2015). Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* as a source of bioactive galactomannan. Bioact. Carbohydr. Diet. Fibre, 5, 10–18.
35. Boucias, D & Paul Latagé, J ;(1990). Fungal Cell Wall and Immune Response.Spring-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.France.

Références bibliographies

36. Breedveld, M. W, Miller, K. J. (1994). Cyclic pglucans of members of the family Rhizobiaceae. *Microbiol. Rev.* 58,2, 145-161.
37. Burlando, B, Vertta, L, Cornara, L, Bottini-Massi, E. (2010). *Herbal Principles in Cosmetics Properties and Mechanisms of Action*. CRC Press. Taylor and francis. United states of America.
38. Campo, L.V; Kawano, D.F; da Silva Jr, D.B.D; Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis. *Review*.77. p167-p180.
39. Carpio, M. A, 2021.climat : l'extension des zones arides n'est pas une fatalité. *National Geographic*,10 :43.
40. Chakrabarti, B; Park, J.W. (1980). Glycosaminoglycans: Structure and INTERACTION.*Review*.8. P225-p313.
41. Chao, W, Mei, X, Wen-ping, L.V, Pei, Q, Yuan-yuan, G, Dong-sheng, L.I. (2012). Study on Rheological Behavior of Konjac Glucomannan, *Phys. Proc.* 33: 25–30.
42. Chen, X ; Fu, X ; Huang, L ; Xu, J ; Gao, X. (2021). Agar oligosaccharides: preparation, structures, bioactivities and application. *Review*. 265.p2-p9.
43. Choct, M, (1997). Feed Non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed milling international*. June issue pp.13-26.
44. Chopra, I.C, Abrol, B.K, Handa, K.L(1960). Les plantes médicinales des région arides considérés surtout du point de vue botanique. L'organisation des nation unies pour l'éducation, la science et la culture, place de Fontenoy. Paris. P 97.
45. Ciabach J., Właściwości i zastosowanie eterów celulozy, dans : *Ochrona Zabytków* (1991), 43/4 (171), 222-224.
46. Classen, B & Blaschek, W. (2002). An Arabinogalactan-Protein from Cell Culture of *Malva sylvestris*. *Planta Medica*, 68(3), 232–236.
47. Crini, G et Badot, P.M;(2007). Traitement et épuration des eaux Industrielles Polluées Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. *AnalytikjenaAG AG Serlabo Technologies*. Presses universitaires de Franche-Comté.
48. Da Cruz, A. (2013). Mannan-Degrading Enzyme System. *Fungal Enzymes*. ResearchGate.
49. Daffe, M., Brennan, P.J., McNeil, M. (1990). Predominant Structural Features of the Cell Wall Arabinogalactan of *Mycobacterium tuberculosis* as Revealed Through Characterization of Oligoglycosyl Alditol Fragments by Gas Chromatography/Mass Spectrometry and by ¹H and ¹³C NMR *Analyses*
J. Biol. Chem. **265** 6734-6743
50. Datta, C., & Basu, P. S. (1999). Production of extracellular polysaccharides by aRhizobium species from the root nodules of *Melilotus alba*. *Acta Biotechnologica*, 19(4), 331–339.
51. Dawood, D. H., Darwish, M. S., El-Awady, A. A., Mohamed, A. H., Zaki, A. A., & Taher, M. A. (2021). Chemical characterization of *Cassia fistula* polysaccharide (CFP) and its potential application as a prebiotic in synbiotic preparation. *RSC Advances*, 11(22), 13329–13340.

Références bibliographiques

52. De Pinto, G.L, Martinez, M, Sanabria, L. (2001). Structural features of the polysaccharide gum from *Acacia glomerosa*. *Food Hydrocoll.* 15, 461–467.
53. De Ville d'Avray, M. A. (2010). Contribution to the elaboration of a process simulator for the physicochemical transformation of bio-based materials: application to the reactive extrusion of biopolymers. ResearchGate.
54. Dee Snell, F & Snell C.T. (1961). *Colorimetric Method of Analysis*, Vol.VIII A, D. Van Nostrand Company Inc. Princeton, New Jersey, New York, 162.
55. Defaye, J, Wong, E. (1986). *Carbohydr. Res.*, 150 (1986) 221-231.
56. Dellatre, C. (2005). *Strategie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par degradation enzymatique de glucuronanes*. Thèse de doctorat. Université de picardie jules verne.
57. Denise, F & Petri, S. (2015). Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. *Review.* 132.p1-p13.
58. Deore, U. V., & Mahajan, H. S. (2021). Isolation and structural characterization of mucilaginous polysaccharides obtained from the seeds of *Cassia uniflora* for industrial application. *Food Chemistry*, 351, 129262.
59. Derek J.; King, M.B.; John, G; Kelton, M.D; Hamilton. (1984). Heparin Associated Thrombocytopenia. *Journal.* 100.P535-P540.
60. Desbrières, J. (2002). Chitine et Chitosane.Reviwe. P1-p6
61. Dewanjee, S, Chakraborty, P, Dey, A, Bhattacharya, H, Bhattacharya, H, Sanyal, R, Bhowmik, M. (2023). Plant polysaccharides for colon-targeted drug delivery. *plant polysaccharides as pharmaceutical excipients.*329-368.
62. Dochmans, P. (1960). Mise en Evidence du Glycogène dans la Cellule Hépatique par Microscopie Electronique. *Journal.* p553–p558.
63. Dolz1, M; Corrias, F.O; Díez, S.A; Casanovas; Hernández, M.J. (2009). Influence of Test Times on Creep and Recovery Behavior of Xanthan Gum Hydrogels. *Journal.* P-1.
64. Draget, K.I; Bræk, G.S; Smidsrød, O. (1997). Alginate based new materials. *Articl.*21. p47-p55.
65. Du, Q.H, Xin, H.L, Peng, C. (2015). Pharmacology and phytochemistry of the *Nitraria* genus. *Mol. Med. Rep.* 11, 11–20.
66. Duckworth, M, Yaphe, W. (1970). The Structure of Agar.Review.16. P189-p197.
67. Ebringerova A & Hromadkova Z (1999) In: Harding SE (ed) *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*. Intercept, England, vol. 16, p. 325
68. Ebringerová, A., Hromádková, Z., & Heinze, T. (2005). Hemicellulose. *Advances in Polymer Science*, 1–67.
69. Endress, V., Barriuso, J., Ruperez, P., Martin, J. P., Blazquez, A., Villa-Lobos, N., ... Martin, L. (2009). Differences in cell wall polysaccharide composition between embryogenic and non-embryogenic calli of *Medicago arborea* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 97(3), 323–329.

70. Etude FAO : Alimentation en nutrition rapport sous le patronage conjoint de la FAO (les glucides en nutrition humaine. Rome, Italie.
71. Etude Fao : Alimentation et nutrition. (1980). Les glucides en nutrition humaine. Organisation des nation unies pour l'alimentation et l'agriculture.
72. Fabrégat, S, (2011). Préservation des écosystèmes : Actu-environnement Co Giterra.2107-6677.
73. Fakhfakh, N., Abdelhedi, O., Jdir, H., Nasri, M., Zouari, N. (2017). Isolation of polysaccharides from *Malva aegyptiaca* and evaluation of their antioxidant and antibacterial properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1519–1525.
74. Feki, A., Jaballi, I., Cherif, B., Ktari, N., Neifar, M., Kallel, R., ... Ben Amara, I. (2019). Therapeutic potential of polysaccharide extracted from fenugreek seeds against thiamethoxam induced hepatotoxicity and genotoxicity in Wistar adult rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 1–1.
75. Femenia, A, Waldron, K.W, Robertson, J.A, Selvendran, R.R. (1999). Compositional and structural modification of the cell wall of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var botrytis) during tissue development and plant maturation. *Carbohydr Polym* 39:101–108.
76. Fincher, G.B & Stone, B.A. (2004). CEREALS/chemistry of nonstrach polysaccharides, *Encyclopedia of Grain science* p 206-223.
77. Flindt, C, Al-Assaf, S, Phillips, G. O, & Williams, P. A. (2005). Studies on Acacia exudate gums. Part V. Structural features of Acacia seyal. *Food Hydrocolloids*, 19(4), 687e701.
78. Florin, M, Stotz, E.H;(1963). *Comprehensive Biochemistry*. Elsevier Publishing Company. London, New York.
79. Flutto, L. (2003). PECTIN | Properties and Determination. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 4440–4449.
80. Gacesa, P. (1987). Alginates. *Articl.8*. P161-p 182.
81. Gálisová, A; Jiráťová, M; Rabyk, M; Sitcovà, E; Hruby, M. (2020). Glycogen as an advantageous polymer carrier in cancer théragnostiques: Straightforward *in vivo* evidence. Article.
82. Gandhi, S.N & Mancera, R.L. (2008). The Structure of Glycosaminoglycans and their Interactions with Proteins. *Review articl.72*. p 455–p482.
83. GarcõÂa, O. F; Santosa, V.E; Casasb, J.A; GoÂmeza, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Review*. 18. 549 -579.
84. Gazengel, J.M & Orecchioni, A.M. (2013). *Préparateur en pharmacie-Guide théorique et pratique*.TEC&DOC.Paris.
85. Geffrey, B, Fincher, A, Brunce, A, Clark, A. E. (1983). ARABINOGALACTAN-proteines: structure, biosynthesis, and frunction, *Annual review plant physical* 34:47-70.
86. Gioele, C, Sanfilippo, M ; Aliko, V ; Spano, N.C; Spinelli, A ; Manganaro, A. (2017). *Gracilaria gracilis*, Source of Agar.*Review.21*. p380-p386.

87. Golovchenko, V. V, Khramova, D. S, Shashkov, A. S, Otgonbayar, D, Chimidsogzol, A., & Ovodov, Y. S. (2012). Structural characterisation of the polysaccharides from endemic Mongolian desert plants and their effect on the intestinal absorption of ovalbumin. *Carbohydrate Research*, 356, 265–272.
88. Gonda, R., Tomoda, M., Shimizu, N., & Kanari, M. (1990). Characterization of an Acidic Polysaccharide from the Seeds of *Malva verticillata* Stimulating the Phagocytic Activity of Cells of the RES1. *Planta Medica*, 56(01), 73–76.
89. Gonda, R., Tomoda, M., Shimizu, N., & Yamada, H. (1990). Structure and anticomplementary activity of an acidic polysaccharide from the leaves of *Malva sylvestris* var. *mauritiana*. *Carbohydrate Research*, 198(2), 323–329.
90. Graham, S. (2021). Xanthan gum. *Journal*. p1-p27.
91. Grainger, A. (2013). *The threatening desert: Controlling desertification*. Ed. Kindle,
92. Grein, A, da Silva, B. C, Wendel, C. F, Tischer, C. A, Sierakowski, M. R, Moura, A. B. D., ... Riegel-Viotti, I. C. (2013). Structural characterization and emulsifying properties of polysaccharides of *Acacia mearnsii* de Wild gum. *Carbohydrate Polymers*, 92(1), 312–320.
93. Gruppen, H.; Kormelink, F. J. M.; Voragen, A. G. J. (1993) Water-unextractable cell-wall material from wheat-flour .3. A structural model for arabinoxylans. *J. Cereal Sci.*,18.
94. Gufe, C, Thantsha, M.S, Malgas, S. (2023). Recovery of xylan from *Acacia mearnsii* using ultrasound-assisted alkaline extraction. *Biofpr*.1-12. First published: 14 March 2023.
95. Guo, Q., Cui, S. W., Wang, Q., Young, J. C. (2008). Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. *Carbohydrate Polymers*, 73(1), 35–43.
96. Guo, Q; Ai Steve, L; Cui, S. W; (2018). *Methodology for Structural Analysis of Polysaccharides*. Springer. Canada, China.
97. Guoyun, L, Chenb, S, Wanga, Y, Xuea, Y, Changa, Y, Li, Z, Wanga, J, Xuea, C. (2011). A novel glycosaminoglycan-like polysaccharide from abalone *Haliotis discus hannai* Ino: Purification, structure identification and anticoagulant activity, *Int. J. Biol. Macromol.* 49:1160–1166.
98. Gupta, A. K., & Bose, S. (1986). Structure of the d -galacto- d -mannan isolated from the seeds of *Melilotus indica* All. *Carbohydrate Research*, 153(1), 69–77.
99. Hassan, E. A., Al-Assaf, S., Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2005). Studies on Acacia gums: Part III molecular weight characteristics of *Acacia seyal* var. *seyal* and *Acacia seyal* var. *fistula*. *Food Hydrocolloids*, 19(4), 669e677.
100. Heinze, T ; Liebert, T ; Heublein ; Hornig, S. (2006). *Functional Polymers Based on Dextran*. 205. p199-p291.
101. Heinze, T ; Liebert, T ; Heublein, B ; Hornig, S. (2006). *Functional Polymers Based on Dextran*. Review. 205. p199–p291.

Références bibliographies

102. Heinze, T. (2015). cellulose: structure and properties. spring international publishing Switzerland.1-52.
103. Heize T., (2005). springer. polysaccharides I structure, characterization and Use. 186 ed., Germany 181.
105. Hennen, G. (2006). Biochimie approche bioénergétique et médicale.4^{ème}Ed : Dunod.p17-p18.
106. Hers, G.H. (1976). The Control of Glycogen Metabolism in the Liver. Review Biochemisery.45. p167-p185.
107. Hou, C, Wu, S, Xia, Y, Phillips, G. O, & Cui, S. W. (2017). A novel emulsifier prepared from Acacia seyal polysaccharide through Maillard reaction with casein peptides. Food Hydrocolloids, 69, 236–241.
108. Hu, J. L., Nie, S. P., Min, F. F., & Xie, M. Y. (2012). Polysaccharide from seeds of *Plantago asiatica* L. increases short-chain fatty acid production and fecal moisture along with lowering pH in mouse colon. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60, 11525–11532.
109. Hu, J.-L., Nie, S.-P., Li, C., & Xie, M.-Y. (2013). In vitro effects of a novel polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. on intestinal function. International Journal of Biological Macromolecules, 54, 264–269.
110. Hu, L.S., Fang, X. Z, Du, M.H., Luo, F and Guo, S.H. (2020) Hemicellulose-Based Polymers Processing and Application. American journal of plant sciences,11,2066-2079.
111. Hu, Z., Wang, C., Xiang, Z., et Lu, F.2021. Amino-functionalized glucuronoxylan as an efficient biobased emulsifier. Cellulose,28(6),3677-3689.
112. Hua xie, J. Liang jin, M, Morris, G, Qiang Zha, X, Chen, H, Yong, Y. Jing En, L; wang, Z, Ping Nie, S, Ming, p, Yong, X, (2016). Advances on bioactive polysaccharides from Medicinal plant. Reviews in food science and nutrition .56. s 61-s 84.
113. Huang, D. F., Tang, Y. F., Nie, S. P., Wan, Y., Xie, M. Y., & Xie, X. M. (2009). Effect of phenylethanoid glycosides and polysaccharides from the seed of *Plantago asiatica* L. on the maturation of murine bone marrow-derived dendritic cells. European Journal of Pharmacology, 620, 105–111.
114. Huang, D., Nie, S., Jiang, L., Xie. M. (2014). A novel polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. induces dendritic cells maturation through toll-like receptor 4. International Immunopharmacology, 18, 236-243.
115. Huang, Y.-L., Chow, C.-J., & Tsai, Y.-H. (2012). Composition, characteristics, and in-vitro physiological effects of the water-soluble polysaccharides from Cassia seed. Food Chemistry, 134(4), 1967–1972.
116. Hudson, S.M & Smith, C. (1998). Polysaccharides: Chitin and Chitosan: Chemistry and Technology of Their Use as Structural materials. Review In: Kaplan, D.L. (eds) Biopolymers from Renewable Resources.p96-p118.

Références bibliographies

117. Inamuddin; Ahmed, M. I; Boddula, R; Altalhi, T;(2021). Polysaccharides Properties and Applications. Wiley Publishing Scrivener.Philippines.
118. Industrial Products, vol. 1, National Institute of Sciences Communication and Information Resources (NISCAIR) and Council of Scientific and Industrial.
119. Ishii, T.; Thomas, J. R.; Darvill, A. G.; Albersheim, P. (1989). Structure of plant cell walls. XXVI. The walls of suspension-cultured sycamore cells contain a family of rhamnogalacturonan-I-like pectic polysaccharides. *Plant Physiol.* 89, 421–428.
120. IUCN, Gland, Suisse, 238p.
121. Jin, M, Huang, Q, Zhao, K, Shang, P, Biol, I. J. (2013). *Macromol.* 54, 16.
122. Joanne L. Slavin, PhD, RD, "Mechanisms for the Impact of Whole Grain Foods on Cancer Risk," *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 19, No. 90003, 300S-307S (2000)
123. Kardošová, A. (1992) *Chem. Pap.*, 46, 127.
124. Kawakami, A., Yoshida, M., & Van den Ende, W. (2005). Molecular cloning and functional analysis of a novel 6&1-FEH from wheat (*Triticum aestivum* L.) preferentially degrading small graminans like bifurcose. *Gene*, 358, 93-101.
125. Kennedy, J.F, White, C. A. (1983). *Bioreactive Carbohydrate in Chemistry, Biochemistry and Biology*. Chichester, West Sussex (England) : Ellis Horwood Ltd,305-31 1.
126. KESSOUS, C. (1987). *Biochimie structurale*. Office des publication universitaires.14 -ème Édition.
127. Khalikova, E ; Susi, P ; Korpela, T. (2005). *Microbial Dextran-Hydrolyzing Enzymes: Fundamentals and Applications*.*Reviw.* 69. P 306–p325.
128. Kouadriboudjeltia, A. (2006). *Cours de biochimie général*. Office des publication universitaires. Ben-Aknoun Alger.
129. Krawczyk, H & Jönsson, A.S. (2011). Separation of dispersed substances and galactoglucomannan in thermomechanical pulp process water by microfiltration, *Sep. Purif. Technol.* 79:43–9.
130. Ktari, N., Feki, A., Trabelsi, I., Triki, M., Maalej, H., Slima, S. B., ... Ben Salah, R. (2017). Structure, functional and antioxidant properties in Tunisian beef sausage of a novel polysaccharide from *Trigonella foenum-graecum* seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 169–181.
131. Kuen, Y.L et Mooneya, D.J. (2012). Alginate: Properties and biomedical applications. *Review*.37. p 106-p126.
132. Kumar Lakhera, A & Kumar, V. (2017). Monosaccharide composition of acidic gum exudates from Indian *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* (Savi) Brenan. *Int. J. Biol. Macromol.* 94, 45–50.

Références bibliographies

133. Lahaye, M. et Kaeffer, B. (1997). Seaweed dietary fibers: structure, physico-chemical and biological properties relevant to intestinal physiology. *Journal*.17. p563-p 584.
134. Lau, J. M.; McNeil, M.; Darvill, A. G.; Albersheim, P. (1987). Treatment of rhamnogacturonan I with lithium in ethylenediamine. *Carbohydr. Res.*168, 245–274.
135. León de Pinto, G, Martínez, M, Sanabria, L. (2001). Structural features of the polysaccharide gum from *Acacia glomerosa*. *Food Hydrocolloids*, 15(4-6), 461–467.
136. Lienart, Y, (2001). Utilisation de polymères et d'oligomères de xyloglucane, et de composés dérivés, en tant que produits phytosanitaires et engrais biologiques. European patent office.
137. Linhardt, J.R & Toida, T. (2004). Role of Glycosaminoglycans in Cellular Communication. *Articl.* 37. p431-p438.
138. Linhardt, R.J et Toida, T. (2004). Role of Glycosaminoglycans in Cellular Communication. *Journal*.37. p431-438.
140. Liu, J, Willför, S, Xu, C. (2015). Bioact. *Carbohydr. Diet. Fibre*, 5, 31.
141. Liu, X., Xu, S., Ding, X., Yue, D., Bian, J., Zhang, X., ... Gao, P. (2019). Structural characteristics of *Medicago Sativa L.* polysaccharides and Se-modified polysaccharides as well as their antioxidant and neuroprotective activities. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1-30.
142. Lukova, P., Nikolova, M., Petit, E., Elboutachfai, R., Vasileva, T., Katsarov, P., ...Delattre, C. (2020). Prebiotic activity of poly-and oligosaccharides obtained from *Plantago major L.* leaves. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8), 2648.
143. Lukova, P.K, Karcheva-Bahchevanska, D.P, Nikolova, M.M, Iliev, I.N, Mladenov, R.D. (2017). Comparison of structure and antioxidant activity of polysaccharides extracted from the leaves of *Plantago major L.*, *P. media L.* and *P. lanceolata L.* *Bulgarian Chemical Communications*, Volume 49, Special Issue D (pp. 282– 288).
144. Machmudah, S., Wahyudiono, Kanda, H., & Goto, M. (2017). Hydrolysis of Biopolymers in Near-Critical and Subcritical Water. *Water Extraction of Bioactive Compounds*, 69–107.
145. MacNeely, J.A., & Mainka, S.A. (2009). *Conservation pour une ère nouvelle*. Ed.
146. Madgulkar, A. R., Rao, M. R. P., & Warriar, D. (2015). Characterization of *Psyllium (Plantago ovata)* polysaccharide and its uses. In K. G. Ramawat, J. -M. Mérillon (Eds.), *Polysaccharides* (pp. 871-890). Switzerland: Springer International Publishing.
147. Magnus, H. (1984). Cell-Surface Glycosaminoglycans. *Review*.53. p 847-p869.
148. Mahajan HS, Tyagi V., Lohiya G., Nerkar P. (2012) Gels de xyloglucane thermiquement réversibles comme véhicules pour l'administration nasale de médicaments. *Déliv.* 19 : 270–276.
149. Mahajan HS, Tyagi VK, Patil RR. (2013) *Dusunge SB Xyloglucane thiolé : Synthèse, caractérisation et évaluation en tant qu'agent gélifiant mucoadhésif in situ*. *Glucides. Polym.* 91: 618–625.

150. Malgas, S, van Dyk, J.S, Pletschke, B.I. (2015). β -Mannanase (Man 26A) and D-galactosidase (Aga27A) synergism –A key factor for the hydrolysis of galactomannan substrates, *Enz. Micro. Tech.*70 :1–8.
151. Marcotuli, I, Hsieh, Y. S.-Y., Lahnstein, J., Yap, K., Burton, R. A., Blanco, A., Gadaleta, A. (2016). Structural Variation and Content of Arabinoxylans in Endosperm and Bran of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(14), 2883–2892.
152. Marcus, J.B. (2013) *food science basics: Healthy cooking demystified*. Academic Press is an imprint of Elsevier.USA.677 P.
154. Marie-Amelie De Ville d'Avray,2010. Contribution à l'élaboration d'un outil de simulation de procédés de transformation physico-chimique de matières premières issues des agro ressources :application aux procédés de transformation de biopolymères par extrusion réactive. *Chemical and Process Engineering*. Ecole Centrale Paris, 2010.fransh.
155. Mark, H.F., Bikales, N.M., Overberger, C.G., Menges, G., Kroschwitz, J.I. (1988). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering* 2. ed. John Wiley & Sons.
156. Martin, G & Peter, A.B. (1995). Applications and Environmental Aspects of chitin and chitosan. *Jornal of Macromolecular Science*.32. p 629 -p 640.
157. Martinez, M.C, De Pinto, L.G, Rivas, C, Ocando, E. (1996). Chemical and spectroscopic studies of the gum polysaccharide from *Acacia macracantha*.
158. Mathur, N. K; (2012). *Industrial Galactomannan polysaccharides*.CRC Press Taylor & Francise Group Boca Raton London New York. United States of America.
159. Mathur, N.K.(2012). *industrial galactomanan polysaccharides*. CRC Press Taylor & Francis Group.NEW YORK.
160. Mattheus, F.A & Goosen, Ph. D; (1997). *application of chitine and chitosan*.CRC Press. United States America.
161. Merghem, R. (2009). *Élément de biochimie végétale*. Bhaeddine Editions, Algérie.
162. Michel COMBO, A.M, AGUEDO, M, PAQUOT, M. (2011). « Les oligosaccharides pectiques : production et applications possibles », *BASE* [En ligne], Volume 15, numéro 1, 153-164.
163. Mikami, T & Kitagawa, H. (2013). Biosynthesis and function of chondroitin sulfate. *Review*. P4719-p4733.
164. Miyazaki S., Suisha F., Kawasaki N., Shirakawa M., Yamatoya K., Attwood D. (1998) Gels de xyloglucane thermiquement réversibles comme véhicules pour l'administration rectale de médicaments. *J. Contrôle. Libérer*. 56: 75–83.

165. Mohammed, A. S; Naveed, M; Jost, N. (2021). Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of pharmacology and Biological Medicine. Review of Current Applications and Upcoming Potentialities). 29. P2359-p2371.
166. Moreira, L. R. S., & Filho, E. X. F. (2008). An overview of mannan structure and mannan-Degrading enzyme systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79(2), 165–178.
167. Moreira, L. R. S., & Filho, E. X. F. (2008). An overview of mannan structure and mannan-Degrading enzyme systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79(2), 165–178.
168. Morris, E.R; Nishinari, K; Rinaudo, M. (2012). Gelation of gellan. Review. 28. P 373-P 411.
169. Mouecoucou, J., Villaume, C., Sanchez, C., Mejean, L. (2004). b-Lactoglobulin/polysaccharide interactions during in vitro gastric and pancreatic hydrolysis assessed in dialysis bags of different molecular weight cut-offs. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1670, 105112.
170. Mousavi, S.M, Hashemi, S.A, Behbudi, G, Mazraedoost, S, Omidifar, N, Gholami, A, Chiang, W.H, Babapoor, A, Rumjit, N.P. (2021). A Review on Health Benefits of *Malva sylvestris* L. Nutritional Compounds for Metabolites, Antioxidants, and Anti-Inflammatory, Anticancer, and Antimicrobial Applications Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 1:13 p.
171. Müller, B., Kraus, J., Franz, G. (1989). Chemical Structure and Biological Activity of Water-Soluble Polysaccharides from *Cassia angustifolia* Leaves. *Planta Medica*, 55(06), 536–539.
172. Namki, M. (1990) Antioxidants/antimutagens in food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 29: 273–300.
173. Napolitano, G. (2023). Foresterie dans les terres arides. Organisation des nation unies pour l'alimentation et l'agriculture. FAO.
174. Navard, P;(2012). the European polysaccharides Network of Excellence (EPNOE). Springer. Wien G.
175. Necas, J & Bartosikova, L. (2013). Carrageenan. Review. 58. P187–p205.
176. O'Neill, M. A.; York, W. S. (2003). The composition and structure of plant primary cell walls. In *The Plant Cell Wall*, Rose, J. K. C., Ed.; Blackwell, 2003; pp 1–54.
177. Ochoa-Villarreal, M., Aispuro-Hernandez, E., Vargas-Arispuro, I., & Angel, M. (2012). Plant Cell Wall Polymers: Function, Structure and Biological Activity of Their Derivatives. *Polymerization*.
178. Ortiz Basurto, R.I. (2008). Caractérisation de l'aguamiel et fractionnement des fructanes de jus d'agave par technologie membranaire. Thèse de doctorat. Marie-Pierre Belleville - Montpellier 2.
179. Osmałek, T; Froelich, A; Tasarek, S. (2014). Application of gellan gum in pharmacy and medicine. *Journal*. 466. p328-p340

Références bibliographies

180. Osman, M. E., Menzies, A. R., Williams, P. A., Phillips, G. O., & Baldwin, T. C. (1993). The molecular characterisation of the polysaccharide gum from *Acacia senegal*. *Carbohydrate Research*, 246(1), 303–318.
181. Ould El Hadj, M.D., Hadj-Mahammed, M., Zabeirou, H., & Chehma, A. (2003). Importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional-Est algérien). *Sciences & Technologie*, 20, 73-78.
182. Park, J. K, khan, T, (2009). other microbial polysaccharides: pullulan, scleroglucan, elsinan, levan, alternat, dextran. *handbook of hydrocolloids (second edition)*.
183. Park, J. K & Khan, T. (2009). Other microbial polysaccharides: pullulan, scleroglucan, elsinan, levan, alternant, dextran. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*.592-614.
184. Patel, J. P., & Parsania, P. H. (2018). Characterization, testing, and reinforcing materials of biodegradable composites. *Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites*, 55–79.
185. Patel, M. K., Tanna, B., Gupta, H., Mishra, A., Jha, B. (2019). Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata* Forssk) husk and seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*.
186. Paulsen, B.S., Olafsdottir, E.S. et Ingolfssdottir, K. (2002). Chromatography and electrophoresis in separation and characterization of polysaccharides from lichens. *Journal of Chromatography A*, 967: 163–171.
187. Pauly M, Albersheim P, Darvill A, York WS (1999) *Plant J*, 20 (6): 629-39).
188. Pawar, H., Varkhade, C. (2014). Isolation, characterization and investigation of *Plantago ovata* husk polysaccharide as superdisintegrant. *International Journal of Biological Macromolecules*, 69, 52-58.
189. Payton, M; Mccullough, W; Roberts, C.F. (1976). Agar as a Carbon Source and its Effect on the Utilization of Other Carbon Sources by Acetate Non-utilizing (acu) Mutants of *Aspergillus nidulans*. *Journal of General Microbiology*.94. P228-p233.
190. Perez, S.; Mazeau, K.; duPenhoat, C. H. (2000) The three-dimensional structures of the pectic polysaccharides. *Plant Physiol. Biochem.* 38,37–55.
191. Phillips, G.O, Du, P.T.A, Al-Assaf, S, Williams, P.A. (2003). Biopolymers Obtained by Solid State Irradiation in an Unsaturated Gaseous Atmosphere. U.S. Patent 6610810.
192. Piotr, T. (2003) chemical and functional properties of food components series. Taylor & Francis.illustrée.440 p.
193. Popa, V. (2011) polysaccharides in Medicinal and Pharmaceutical application. *iSmithers – A Smithers Group Company*. United Kingdom. 430 p.

Références bibliographies

194. Prajapati, D; Maheri, P.M; Jini, G. K; Solanki, H.K. (2014). Carrageenan: A natural seaweed polysaccharide and its applications. 105.p97-p112.
195. Prajapati, V. D., Jani, G. K., Moradiya, N. G., Randeria, N. P., Nagar, B. J., Naikwadi, N. N., & Variya, B. C. (2013). Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 83–92.
197. Quentin, F, Gallet, P, Guillolon, M, Quintard, B. (2011). *Biochimie en 83 Fiches Dound*, paris, P152.
198. Ralet, M.-C. ; Andre-Leroux, G. ; Quemener, B. ; Thibault, J.-F. (2005). Sugar beet (*Beta vulgaris*) pectins are covalently cross-linked through diferulic bridges in the cell wall. *Phytochemistry*, 66, 2800–2814 (and references therein).
199. Raththagala, M; Brewer, M. K; VanderKooi, C. W; Gentry, M.S. (2015). Structural Mechanism of La forin Function in Glycogen Dephosphorylating and Lafora Disease. Article. 57. p261–p272.
200. Rees, A.D. (1969). Structure, conformation, and Mechanism in the Foration of polysaccharide Gels and Networks.Reviev. p267-p331.
201. Reguieg, L. (2011). Using medicinal plants in Algeria. *Am. J. Food. Nutr*, 1(3).126-127.
202. Richards G.N & Whistler R.L. (1973). Isolation of two pure polysaccharides from the hemicellulose of slash pine (*Pinus elliottii*) *Carbohydrate Research*. 31: 47-55.
203. Richards, H. L., Baker, P. G. L., & Iwuoha, E. (2012). Metal Nanoparticle Modified Polysulfone Membranes for Use in Wastewater Treatment: A Critical Review. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 02(03), 183–193.
204. Rjeibi, I, Feriani, A, Hentati, F, Hfaiedh, N, Michaud, P. (2019). Pierre, G. Structural characterization of water-soluble polysaccharides from *Nitraria retusa* fruits and their antioxidant and hypolipidemic activities. *Int. J. Biol. Macromol.* 129, 422–432.
205. Roach, P.J. (2002). Glycogen and its Metabolism. Review Article. 2. p101-p120.
206. Robyrt, J.F. (1935). *essential of carbohydrate Chemistry*.chartes R.cautor.springer.USA.385 P.
207. Roger, P. (2007). *Expérimentation en biologie et physiologie végétales*. Quae Edition. Paris.
208. Sabat, M.Y, Ruslana, I. (2016). chemical structure, biological properties and metabolism by interstinal microflora. *studies biologica*. 10(2):203-214.
209. Saeidy, S ; Petera, B ; Pierre, G ; Fenoradosoa, A. T ; Djmodi, D ; MichauJd, P. (2021). Review.p1-p21.

Références bibliographies

210. Saeidy, S, Petera, B, Pierre, G, Fenoradosoa, T.A, Djomdi, D, Michaud, P, Delattre, C. (1992). Plants arabinogalactans: From structures to physico-chemical and biological properties. *Biotechnology Advances*.1-21.
211. Saluri, K & Tuvikene, R. (2020). Anticoagulant and antioxidant activity of lambda- and theta-carrageenans of different molecular weights. *Journal*.24. p2-p5.
212. Samuelsen, A. B. (2000). The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(1-2), 1–21.
213. Samuelsen, A. B., Cohen, E. H., Paulsen, B. S., Brüll, L. P., Thomas-Oates, J. E. (1999). Structural studies of a heteroxylan from *Plantago major* L. seeds by partial hydrolysis, HPAEC-PAD, methylation and GC–MS, ESMS and ESMS/MS. *Carbohydrate Research*,315, 312-318.
214. Sarraf, A., Verton, E., Addoun, N., Boual, Z., Ould El Hadj, M. D., El Alaoui-Talibi, Z., ... Pierre, G. (2021). Polysaccharides and Derivatives from Africa to Address and Advance Sustainable Development and Economic Growth in the Next Decade. *Applied Sciences*, 11(11), 5243.
215. Saulnier, L & Thibault, J. F. (1999). Ferulic acid and diferulic acids as components of sugar-beet pectins and maize bran heteroxylans. *J. Sci. Food and Agr.*79, 396–402.
216. Scheller, H.V, Ulvskov, P. (2010). Hémicellulose. *Plant Biology*.61 :263-289.
217. Schmidt, U. (2016). citrus pectin as a hydrocolloid emulsifier: emulsifying and emulsion stabilizing properties. *ResearchGate*.
218. Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, Vol. XX.309-320.Jarrige, R, Ruckebusch, Y, Demarquilly, C, Farce, M.H, Journet, M. (1995). Nutrition des ruminants domestique. Institut national de la recherche agronomique. Paris.
219. Serge, P. (2000). Article structure et morphologie du grain d'amidon. *ResearchGate*.1.1-27.
220. Shakeel, A. (2022). *Advanced green Materials a review*. Woodhead Publishing-ELSEVIER.1-13.
221. Shang, M., Zhang, X., Dong, Q., Yao, J., Liu, Q., Ding, K. (2012). Isolation and structural characterization of the water-extractable polysaccharides from *Cassia obtusifolia* seeds. *Carbohydrate Polymers*, 90(2), 827–832.
222. Sharma, L, Tagad, C. (2022). Biosynthèse of polysaccharides-stabilized metal nanoparticles for chemical and biosensing applications. *ResearchGate*.553-583.
223. Shimokawa, T., Togawa, E., Kakegawa, K., Kato, A., & Hayashi, N. (2015). Film formation and some structural features of hemicellulose fractions from *Pinus densiflora* leaves. *Journal of Wood Science*, 61(1), 53-59.
224. Sicard, P.J. (2002). Article la chimie de l'amidon. *L'actualité chimique*.23-26

225. Siddig, N. E, Osman, M. E, Al-Assaf, S, Phillips, G. O, & Williams, P. A. (2005). Studies on acacia exudate gums, part IV. Distribution of molecular components in *Acacia seyal* in relation to *Acacia Senegal*. *Food Hydrocolloids*, 19(4), 679e686.
226. Sidebotham, R.L. (1974). *Dextrans*.p371_P442.
227. Silva, G.B, Ionashiro, M, Carrara, T.B, Crivellari, A.C, Tiné, M.A.S, Prado, J, Carpita, N.C, Buckeridge, M.S. (2011). Cell wall polysaccharides from fern leaves: Evidence for a mannan-rich Type III cell wall in *Adiantum raddianum*, *Phytochemistry* 72 :2352–2360.
228. Sindic, M, Massausc, C, Pridaens, A.M, Lenartz, J, Vancutem, F, Bodson, B, Sinnaeve, G. (2009). Valorisation de l'amidon de blé. *Presse Agronomique de Gembloux.Belgique*.72 p.
229. Singh, S, Singh, G, Kumar, SH. (2018). Mannans: an overview of properties and application in food products, accepted manuscript p 70.
230. Smith, D. A. (2003). JAMS AND PRESERVES | Methods of Manufacture. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3409–3415.
231. Spiridon, I., & Popa, V. I. (2008). Hemicelluloses: Major Sources, Properties and Applications. *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*, 289–304.
232. sulphate ions, *Int. J. Adv. Res. Chem. Sci.* 1,34–42.
233. Sundberg, A., Holmbom, B. (2002). "Wood and fibre chemistry." *Laboratory of Forest Products Chemistry, Faculty of Chemical Engineering, Åbo Akademi University, Åbo.*
234. Sutherland, I.W. (1994). Structure-Function Relationships in Microbial Exopolysaccharides. *Journal*. 12. P 393-P448.
235. Sworn, G et Stouby, L. (2021). Gellan gum. p855-p885.
236. Tangri, A. (2014). *Trigonella foenum-graecum* mucilage: an adsorbent for removal of
237. Tennesseean, H.H; et Karlsen, J. (2002). Alginate in Drug Delivery Systems.*Review*.28. p 621-p 630.
238. Toledo, M. D. G. T. D, Alquini, Y, Nakashima, T. (2004). "Caracterização anatômica das folhas de *Cunila microcephala* Benth. (Lamiaceae)," *Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas*, vol. 40, no. 4, pp. 487–493.
239. Tomulescu, C, Stoica, R, Sevcenco, C, Cășărică, A, Moscovicia, M, Vamanu, D. (2016). LEVAN - A MINI REVIEW.
240. Trius, A & Sebranek, J. G. (1996). Carrageenans and Their Use in Meat Products.*Journal*.36. p69-p85.
241. Ulvskov, P;(2011). *Plant Polysaccharides, Biosynthesis and Bioengineering*. Wiley-Blackwell. United Kingdom.
242. Urakawa H., Mimura M., Kajiwarra K. (2002). Diversité et polyvalence du xyloglucane de semences végétales. *Tendances glycosci. Glycotechnol*.14: 355–376/tigg.14.355.

Références bibliographies

243. Valdo, J. V, Contesini, F. J, Calzado, F, Robio, M. V, Zubieta M. P, Lopes, D. B, Rodrigues de melo, R. (2017). agro-industrial residues and microbial enzymes, biotechnology of microbial enzymes p 475-511.
244. Vanbellinghen, Q. (2015). Mass spectrometry imaging of substances. ResearchGate.
245. Vargas Rechia, C. G., Sierakowski, M. R., Ganter, J. L. M. S., & Reicher, F. (1995). Polysaccharides from the seeds of *Senna multijuga*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 17(6), 409–412.
246. Varki, A; Cummings, R; Esko, J; Freeze, H; Hart, G; Marth, J; (1999). *Essentials of Glyco biology*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. United States of America.
247. Varshney, S. C., Rizvi, S. A. I., Gupta, P. C. (1973). Structure of a polysaccharide from *Cassia tora* seeds. *I. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21(2), 222–226.
248. Venugopal, V, (2011). *Marine polysaccharides food applications*. CRC press .in the United States of America.
249. Vijn, I, Smeekens, S. (1999). Fructan: more than a reserve carbohydrate. *Plant physiol.*120(2):351-60.
250. Vijn, I. and Smeekens, S. (1999). "Fructan: more than a reserve carbohydrate?" *Plant Physiol.*120(2): 351-60.
251. Waldron, K.W, Faulds, C.B,2007. *Cell Wall Polysaccharides: composition and structure, chemistry to systems biology.*1:181-201.
252. Walstra, P. (2003). *Physical chemistry of foods*. (Food science and technology; No. 121). Marcel Dekker.
253. Walter, H.R; (1998). *Polysaccharide Dispersions Chemistry and Technology in Food*. Academic Press. United States of America, London.
254. Wang, H. L, Suo, Y. R, Wang, X. Y. (2007). *Purif. Technol.*56, 371–377.
255. Wang, H.-L, Chen1, W.-Y, Tsai, P.-J, Lin, C.-Y, Hsu1, Y.-T, Chen, L.-F, Wu1, W.-Z, Wang, W.-C, Yang, W.-J, Chang, C.-L, Liao, W.-T, Am, J. (2016). *Plant Sci.*, 7, 780.
256. Wang, Y, Peng, Y, Wei, X, Yang, Z, Xiao, J, Jin, Z. (2010). Sulfation of tea polysaccharides: Synthesis, characterization and hypoglycemic activity, *Int. J. Biol. Macromol.* 46 :270–274.
257. Waterhouse, A, Chatterton, N.J. (1993). *Glossary of fructane terms*. ResearchGate.1:1-84.
258. White, E.V. (1942). The constitution of arabo-galactan. II. The isolation of heptamethyl- and octamethyl-6-galactosidegalactose through partial hydrolysis of methylated arabogalactan *J. Am. Chem. Soc.* **64** 302-306
259. Whitfield, C. (1988). Bacterial extraction Polysaccharides. *Review.*34. p415-p420.

260. 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.
261. Xu, Z;(2017). Solubility of polysaccharides. BOD Books on DEMAND. Croatia
262. Yamada H, Nagai T, Cyong JC, Otsuka Y, Tomoda M, Shimizu N, Shimada K (1985) *Carbohydr Res* 144 :101.
263. Yamada, H, Nagai, T, Cyong, J. C, Otsuka, Y, Tomoda, M, Shimizu, N, Gonda, R. (1986). Relationship between chemical structure and activating potencies of complement by an acidic polysaccharide, *Plantago Mucilage A*, from the seed of *Plantago asiatica*. *Carbohydr. Res.*, 156,137-145.
264. Yamada, S; Kazuyuki, S; Özbek, S. (2011). Evolution of Glycosaminoglycans Comparative Biochemical study. *Journal.4*. P150-p158.
265. Yamada, S; Sugahara, K; Özbek, S. (2011). Evolution of glycosaminoglycans Comparative biochemical study. *Review.4*. p150-p158.
266. Yang, J.S; Xie, Y.J; He, W. (2011). Research progress on chemical modification of alginate. *Review .84*. p33-p39.
267. Yarley, O.P.N, Kojo, A.B, Zhou, C.S, Yu, X.J, Gideon, A, Kwadwo, H.H, Richard, O. (2021). Reviews on mechanisms of in vitro antioxidant, antibacterial and anticancer activities of water-soluble plant polysaccharides. *Int. J. Biol. Macromol.* 183, 2262–2271.
268. Yin, J. Y., Chen, H. H, Lin, H. X., Xie, M. Y., Nie, S. P. (2016). Structural features of alkaline extracted polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. and its rheological properties. *Molecules*, 21, 1-11.
269. Yin, J., Huang, X., Wang, L., Guo, J., Xie, M., Wu, J., & Nie, S. (2019). Molecular properties and immunomodulatory activities of a water-soluble heteropolysaccharide isolated from *Plantago asiatica* L. leaves. *Natural Product Research*, 33(11), 1678 -1681.
270. Yin, J., Lin, H., Li, J., Wang, Y., Cui, S. W., Nie, S., Xie, M. (2012). Structural characterization of a highly branched polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Carbohydrate Polymers*, 87(4), 2416–2424.
271. Yin, J.-Y., Nie, S.-P., Zhou, C., Wan, Y., & Xie, M.-Y. (2010). Chemical characteristics and antioxidant activities of polysaccharide purified from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 210–217.
272. Yin, J.Y., Wang, J.Y., Lin, H.X., Xie, M.Y., Nie, S.P. (2016). Fractionation, physicochemical properties and structural features of non-arabinoxylan polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Food Hydrocolloids*, 55, 128-135.
273. Yip, G.W; Smollich, M; Go, M. (2006). Therapeutic value of glycosaminoglycans in cancer. *Review.5*. p2139–p2148.

Références bibliographies

274. Yong, X, Anqi, L; Xiuxiu, L; Lijun, S; Yurong, G. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. Review. 102.p1-p 15.
275. Yu, L., Yakubov, G.E., Zeng, W., Xing, X., Stenson, J., Bulone, V., Stokes, J.R. (2017). Multi-layer mucilage of *Plantago ovata* seeds: Rheological differences arise from variations in arabinoxylan side chains. Carbohydrate Polymers, 165, 132-141.
276. Zannini, E, Nuez, A.B, Sahim, A.W, Arendt, E.K, (2022). Arabinoxylans as functional food ingredient: a review, journal food.11(7):1026
277. Zhang, Q.L, Gao, H.Q, Ling, L.J, Cong, M, Lu, Y, Chen, D.F. (2017). Crude polysaccharides extracted from three characteristic plants in Qinghai province and their activities. Nat. Prod. Res. 29, 34–39.
278. Zhao, B.T, Liu, J, Chen, X, Wang, J.L. (2018). Purification, structure, and anti-oxidation of polysaccharides from the fruit of *Nitraria tangutorum* Bobr. RSC Adv. 8, 11731–11743.
279. Zhao, H., Wang, Q., Sun, Y., Yang, B., Wang, Z., Chai, G., ... Kuang, H. (2014). Purification, characterization and immunomodulatory effects of *Plantago depressa* polysaccharides. Carbohydrate Polymers, 112, 63–72.